



Morfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi: Şanlıurfa örneği

Mustafa Recep İrcan¹, M. Murat Kale^{*2}, Neşe Duman³

¹Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Mezunu, Çankırı/Türkiye, mustafarecepircan@gmail.com

²Çankırı Karatekin Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çankırı/Türkiye, mmuratkale@gmail.com

³Çankırı Karatekin Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Çankırı/Türkiye, neseduman@karatekin.edu.tr

Kaynak Göster: İrcan, M. R., Kale, M. M., & Duman, N. (2024). Morfolojik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirilmesi: Şanlıurfa örneği. Geomatik, 9 (3), 361-374

DOI: 10.29128/geomatik.1506840

Anahtar Kelimeler

Şanlıurfa
Sel ve Taşkın
Akarsu Havzası
Morfometrik Analiz
Coğrafi Bilgi Sistemleri
(CBS)

Araştırma Makalesi

Geliş: 28.06.2024
Revize: 18.07.2024
Kabul: 23.07.2024
Yayınlanma: 02.12.2024



Öz

Yeryüzünde beşerî etkilere bağlı olarak doğal afetlerin şiddet ve sıklığı artmaktadır. Bu doğal felaketlerden biri sel ve taşkınlardır. Sel ve taşkınların oluşumu üzerinde genel olarak litolojik, iklim, morfolojik ve beşerî müdahalelerin etkili olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Şanlıurfa büyükşehir yerleşim alanı içerisinde yer alan Karakoyun, Cavsak ve Karaköprü-Sırrın Deresi Havzalarının taşkın oluşumunda etkili olan morfolojik nedenlerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu amaç dahilinde havzaların taşkın üretmedeki potansiyelleri tek boyutlu (*çizgisel*), iki boyutlu (*alansal*) ve üç boyutlu (*relief*) olarak açıklanmıştır. Çalışmada, bir Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı olan ArcGIS for Desktop 10.5 kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre akarsu havzaları olgun bir arazi yapısına sahiptir. Morfolojik parametrelerin analiz sonuçlarına göre oluşturulan duyarlılık haritasında Karaköprü-Sırrın Deresi ile Karakoyun Deresi Havzalarının taşkın üretme potansiyellerinin yüksek olduğu görülmektedir.

Flood susceptibility assessment with morphometric analyses: the case of Şanlıurfa

Keywords

Sanliurfa
Flood and Flood
River Basin
Morphometric Analysis
Geographic Information
Systems (GIS)

Research Article

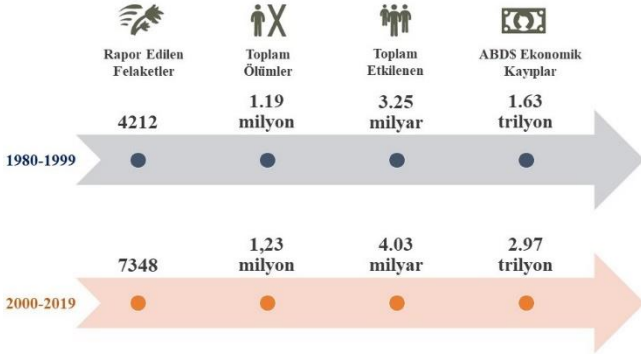
Received: 28.06.2024
Revised: 18.07.2024
Accepted: 23.07.2024
Published: 02.12.2024

Abstract

The severity and frequency of natural disasters are increasing due to human impacts on the earth. One of these natural disasters is floods and floods. It is seen that lithological, climate, morphological and human interventions are generally effective in the formation of floods and floods. In this study, it is aimed to reveal the morphometric reasons that are effective in the flood formation of Karakoyun, Cavsak and Karaköprü-Sırrın Stream Basins located in Şanlıurfa metropolitan settlement area. For this purpose, the flood generating potentials of the catchments are explained in one dimensional (linear), two dimensional (areal) and three dimensional (relief) terms. ArcGIS for Desktop 10.5, a Geographic Information Systems software, was used in the study. According to the results obtained, the river basins have a mature land structure. According to the results of the morphometric parameters analyses, the susceptibility map shows that Karaköprü-Sırrın Stream and Karakoyun Stream Basins have high flood generating potentials.

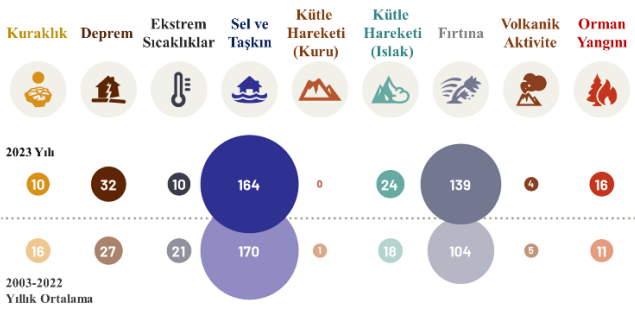
1. Giriş

Yeryüzündeki doğa olayları artan insan etkisine bağlı olarak afet boyutunda büyük tahribatlara neden olmaktadır. EM-DAT tarafından yayınlanan raporlarda 1980- 1999 yılları arasında küresel ölçekte 4212; 2000-2019 yılları arasında ise 7348 doğal felaketin yaşandığı tespit edilmiştir (Şekil 1). 2024 yılında yayınlanan başka bir raporda 2003-2022 yıllık ortalamalar ile karşılaştırıldığında, 2023 yılında 399 doğal felaketin yaşandığı rapor edilmiştir. 2023 yılında gerçekleşen bu doğal afetlerin 2003-2022 yıllık ortalamasının üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 2).



Şekil 1. 1980-1999 ile 2000-2019 yılları arasında afet etkileri (URL-1).

Doğal afetlerde yaşanan bu artış gerek ekonomik kayıpların gerekse bundan etkilenen kişi sayısının artmasına neden olmuştur. Raporlarda özellikle afetlerin sıklığında yaşanan bu artışın ekstrem hava olaylarına bağlı olarak gelişen iklimle ilgili olduğu (meteorolojik, klimatolojik veya hidrolojik) ifade edilmektedir. Oluşum kökeni itibarıyla meteorolojik, hidrolojik veya hidrometeorolojik olarak ifade edilen sel ve taşkınlar, son yirmi yılda bu doğal afetler arasında en sık yaşanan felaketlerden biridir (URL-1).



Şekil 2. 2003-2022 Yıllık ortalama ile karşılaştırıldığında 2023 yılında gerçekleşen afetler (URL-2).

İklim değişikliğine bağlı olarak yaşanan ekstrem hava olaylarındaki artış (özellikle yağışın mekânsal ve zamansal şiddeti ve sıklığının değişmesi) sel ve taşkınlar başta olmak üzere birçok doğal felaketin boyutlarının artmasına neden olmaktadır (Türkeş ve ark., 2000; Milly ve ark., 2002; Kundzewicz ve Schellnhuber, 2004; Kleinen ve Petschel-Held, 2007; Kadioğlu ve Özdamar, 2008; Türkeş ve Acar-Deniz, 2010; Türkeş ve Tatlı, 2011;

Akgül, 2018; Utlu ve Özdemir, 2018; Ege ve Duman, 2019; Kadioğlu, 2019; Oğuz ve ark., 2022; Demir ve Ülke Keskin, 2022).

Sel ve taşkın birbiriyle sıklıkla karıştırılan kavramları oluşturmaktadır. Sel, genel olarak çeşitli nedenlerle su kütlesi ve hızı artan bir akarsuyun çevresindeki alanlara zarar vererek sosyal ve ekonomik yönden sorunların yaşanmasına neden olabilecek ölçüde artış büyüklüğü oluşturması olayı olarak ifade edilmektedir (Şahin ve Sipahioğlu, 2013). Taşkın ise akarsuyun çeşitli nedenlere bağlı olarak yatağından taşması sonucu çevresindeki alanlara yayılarak zarar vermesi olarak tanımlanmaktadır (Şahin ve Sipahioğlu, 2013). Kısaca sel ve taşkın, birbirlerini tamamlayan ve neden-sonuç ilişkisinde incelenen iki kavram olup ortak özelliği artış büyüklüğü ile ortaya çıkan olaylardır (Erkal ve Taş, 2013).

Türkiye’de gerçekleşen sel ve taşkınlar depremlerden sonra en yıkıcı doğa kaynaklı afet türlerinden olup (Kadioğlu, 2019), gelişen taşkınlar; meteorolojik, zemin/litolojik, topoğrafya ve yatak morfometri özelliklerin (Şahin, 2002; Turoğlu, 2010; Bahadır, 2014; Tekkanat, 2015; Utlu ve Özdemir, 2018; Aghayev, 2018; Kadioğlu, 2019; Turoğlu, 2019; Oğuz ve ark., 2022; Duman ve İrcan, 2022) yanı sıra beşerî etkilere (taşkın ovalarının yerleşime açılması, dere yataklarının veya menfezlerinin daraltılması vs.) bağlı olarak (Milly ve ark., 2002; Karabulut ve ark., 2007; Sunkar ve Tonbul, 2010; Akıncı ve Erdoğan, 2014; Sunkar ve Toprak, 2016; Kadioğlu, 2019; Duman ve İrcan, 2022; Kalbani ve Rahman, 2022; Köroğlu ve Akıncı, 2023; İrcan ve Duman, 2024) yaşanmaktadır.

Akarsu havzalarında akışa geçen suyun taşkın üretmedeki rolü, sahanın litolojik özellikleri, morfolojisi ve zemin-toprak geçirimsizlik ilişkisi oldukça önemli bir yere sahiptir. Bu özelliklerin ortaya çıkarılmasında havza-morfometri araştırmaları, hidroloji ve taşkın çalışmalarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır (Özdemir, 2011; Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019).

Sel ve taşkınla ilgili hazırlanan çalışmalarda morfometrik analizler, havzalardaki sediman yükünün değerlendirilmesi, taşkın piklerinin ve akarsu hidrograflarının tahmini ile erozyon derecesinin tespit edilmesi için kullanılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle araç olarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) yöntemleri tercih edilmiştir, taşkın ve morfometri analizleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için Patton’un (1988) çalışması referans alınarak bunun üzerinden farklı alanlarda çalışmaların (Özdemir, 2011; Avcı ve Sunkar, 2015; Avcı ve Kıranşan, 2017; Köle, 2017; Elbaşı ve Özdemir, 2018; Şakir, 2018; Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019; İmamoğlu, 2020; Avcı ve Sunkar, 2023; Kulaz ve Göl, 2023; Kamuş ve Atalay Dutucu, 2023) hazırlandığı görülmektedir. Bu konuda en çok kullanılan morfometrik indisler drenaj yoğunluğu, çatalanma oranı, akarsu sıklığı, toplam akarsu uzunluğu, havza uzunluğu, havza alanı, havza genişliği, havza çevresi, yüzeysel akış uzunluğu, hipsometrik eğri ve integral, rölatif relief, relief oranı, şekil indeksi, tekstür oranı ve engebelilik değeridir (Elbaşı ve Özdemir, 2018).

Bu çalışmanın amacı, Şanlıurfa büyükşehir yerleşim alanı içerisinde yer alan (*Karaköprü, Haliliye ve Eyyübiye İlçelerinden geçen*) Karakoyun, Cavsak ve Karaköprü-Sırrın Deresi Havzalarının taşkın oluşumunda etkili olan faktörlerden sadece morfolojik karakterlerinin tek boyutlu (*çizgisel*), iki boyutlu (*alansal*) ve üç boyutlu (*relief*) nedenlerinin ortaya konulması ve araştırılmasıdır. Bu amaç dahilinde hazırlanan çalışmanın veri ve yöntem bölümünde, kullanılan araçlar, veriler ve yöntemin açıklaması yapılmıştır. Bulgular bölümünde analiz sonucu elde edilen verilerin çizgisel, alansal ve relief morfolojik özellikleri taşkın üretmedeki rolü açıklanmış ve sahanın taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir. Sonuçlar bölümünde ise bulguların genel bir değerlendirmesi yapılmıştır.

2. Veri ve Yöntem

15 Mart 2023 tarihinde Şanlıurfa'da gerçekleşen sel ve taşkın oluşumunda hem fiziki hem de beşerî coğrafya koşulları etkili olmuştur. Bu çalışmada Şanlıurfa büyükşehir yerleşim alanı içerisinde yer alan akarsu yataklarının (*Karakoyun, Cavsak ve Karaköprü-Sırrın Deresi*) taşkın üretmedeki etkisi jeomorfolojik faktörler kapsamında havza morfolojik özellikleri incelenmiştir. Bu amaç dahilinde hazırlanan çalışmada Karakoyun, Cavsak ve Karaköprü-Sırrın Deresi havzaları ele alınmıştır (*Şekil 3*).

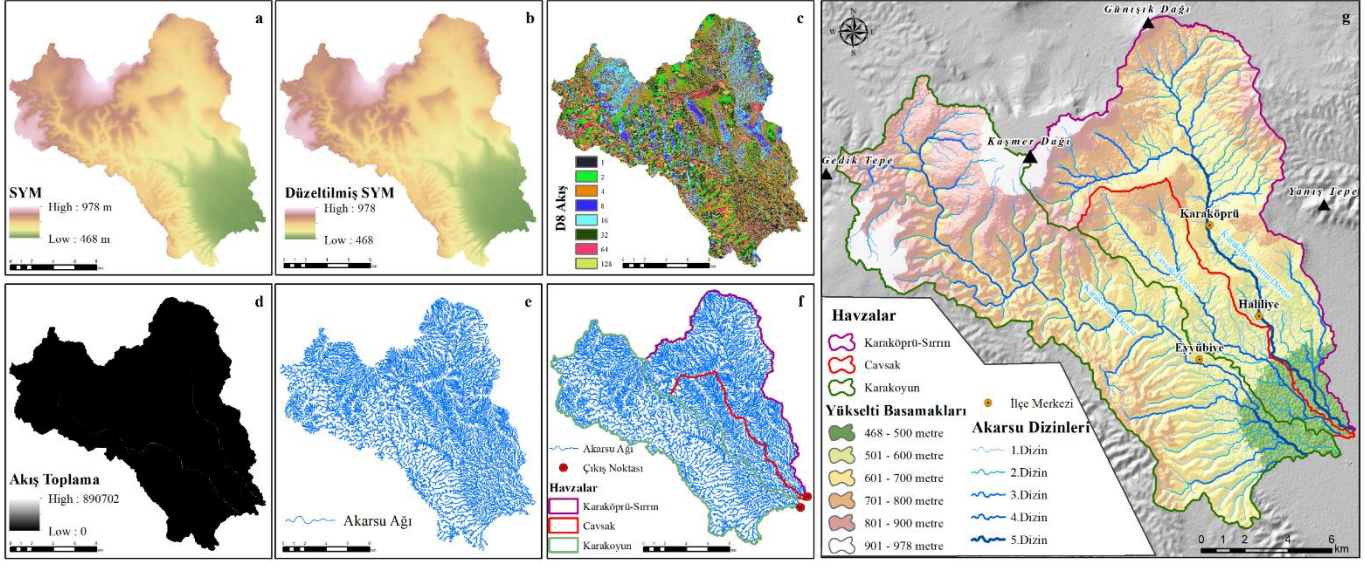
Çalışmada temel olarak kullanılan veriler Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritaları ile Alaska Fairbanks Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü'nün web sitesinden alınan ([URL-3](#)) 12,5 m çözünürlüğe sahip Sayısal Yükselti Modeli (SYM) verisidir. Çalışmada akarsuların havzalarının morfolojik analizinde ArcGIS 10.5 sürümü kullanılmıştır.



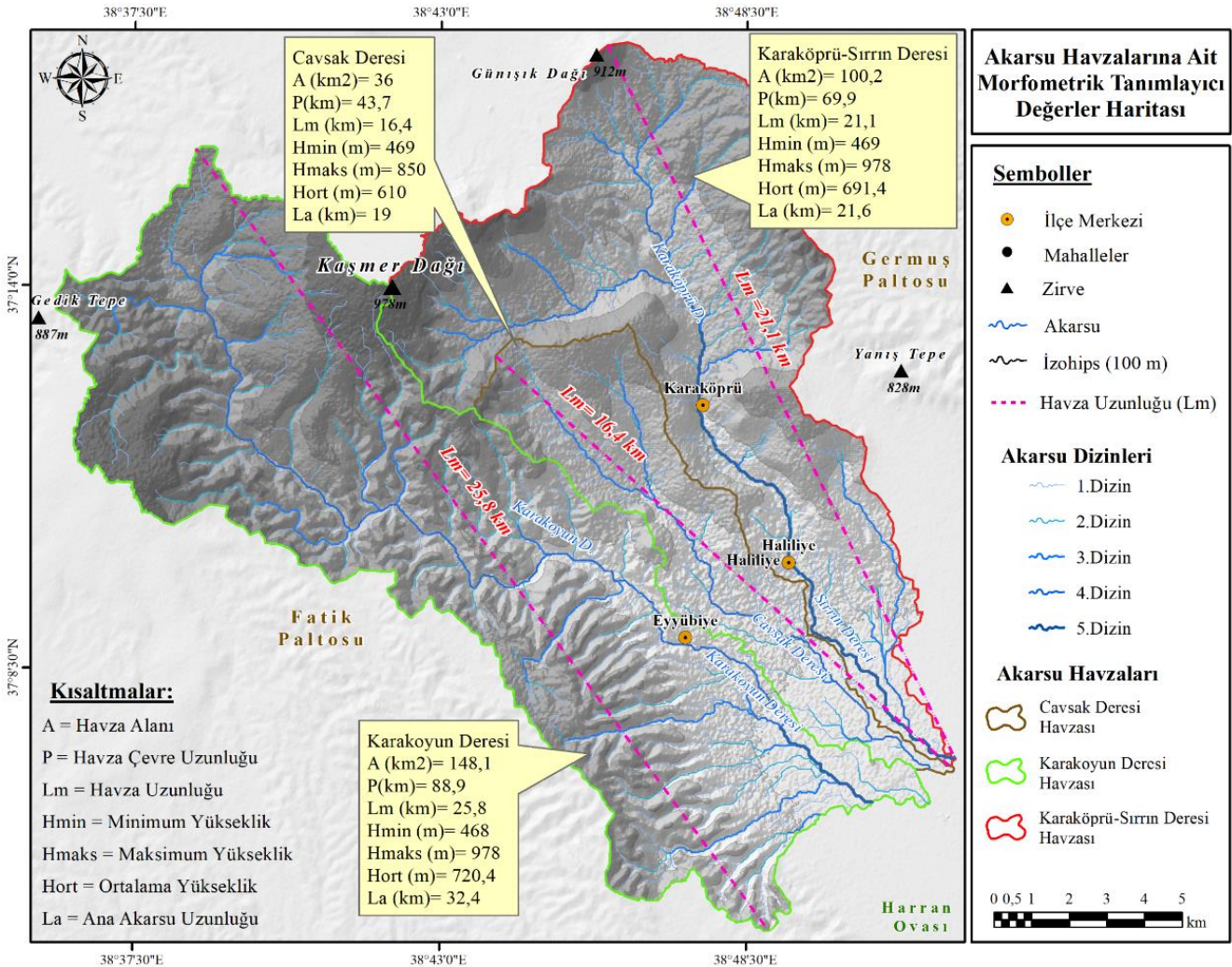
Şekil 3. Araştırma sahasının lokasyon haritası.

Morfometri analizi kapsamında bir boyutlu (Çizgisel), iki boyutlu (alansal) ve üç boyutlu (relief) morfometrik özellikler hesaplanarak kendi aralarında taşkın etki düzeyleri ve potansiyelleri yorumlanmıştır. Havza sınırının belirlenmesi için öncelikle hidroloji analizi yapılmıştır. İlgili analizde akarsu drenaj ağı, akış yönü,

drenaj yoğunluğu ve akarsu havza sınırları tespit edilmiştir (Şekil 4). Akarsu ağı Strahler (1952a)'e göre dizinlere ayrılmış ve hesaplamaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 4 ve Tablo 1). Havzalara ait morfometrik tanımlayıcı değerler ise Tablo 1 ve Şekil 5'te yer almaktadır.



Şekil 4. Hidroloji analizi aşamaları (a. Sayısal Yükselti Modeli, b. Düzeltilmiş SYM, c. Akış yönü, d. Akış toplama, e. Akarsu ağı, f. Ana kola katılan derelerin çıkış noktalarına bağlı havzalar, g. Strahler yöntemine göre akarsu dizinleri).



Şekil 5. Akarsu havzalarına ait morfometrik tanımlayıcı değerler haritası.

Tablo 1. Araştırma sahasındaki havzalara ait bazı morfolometrik tanımlayıcıların değerleri.

	Havza Özellikleri						
	(A) Havza Alanı (km ²)	(P) Havza Çevre Uzunluğu (km)	(L _m) Havza Uzunluğu (km)	(H _{min}) Minimum Yükseklik (m)	(H _{max}) Maksimum Yükseklik (m)	(H _{ort}) Ortalama Yükseklik (m)	(L _a) Ana Akarsu Uzunluğu (km)
Akarsu Havzaları							
Karakoyun Deresi	148,1	88,9	25,8	468	978	720,4	32,4
Çavsak Deresi	36	43,7	16,4	469	850	610	19
Karaköprü-Sırrın Deresi	100,2	69,9	21,1	469	978	691,4	21,6
	Akarsu Dizin Sayısı						Toplam Dizin Sayısı
	1. Dizin	2. Dizin	3. Dizin	4. Dizin	5. Dizin		
Karakoyun Deresi	173	88	24	57			342
Çavsak Deresi	54	17	22	13			106
Karaköprü-Sırrın Deresi	144	60	28	22	32		286
	Akarsu Dizin Uzunlukları (km)						Toplam Dizin Uzunluğu
	1. Dizin	2. Dizin	3. Dizin	4. Dizin	5. Dizin		
Karakoyun Deresi	125,5	73,5	19,7	31,7			250,4
Çavsak Deresi	27,8	11,4	8,2	13,1			60,4
Karaköprü-Sırrın Deresi	91,9	46,8	13,4	8,6	17,7		178,4

2.1. Morfolometrik parametreler

Bu bölümde havzaların çizgisel, alansal ve relief morfolometri analizinde kullanılan parametrelerin formüllerine aşağıda yer verilmiştir.

2.1.1. Çizgisel morfolometri

Çizgisel morfolometri kapsamında araştırma sahasında yer alan havzaların Çatallanma Oranı (R_b), Akarsu Uzunluk Oranı (R_l), Tekstür Oranı (T), Drenaj Tekstür Oranı (R_t), Yüzeysel Akış Uzunluğu (J_o) hesaplanmıştır. Çizgisel morfolometri kapsamında yer alan bu parametrelere ait formüller sırasıyla şu şekildedir:

Çatallanma oranı (R_b), akarsu dizin sayısının (N_u) bir sonraki akarsu dizin sayısına (N_{u+1}) oranlanmasıyla elde edilir (Formül 1) (Schumm, 1956; Strahler, 1964).

$$R_b = N_u / N_{u+1} \quad (1)$$

Akarsu uzunluk oranı (R_l), akarsudaki belirli bir dizin sayısının toplam uzunluğunun (L_u) bir sonraki dizin sayısının toplam uzunluğuna (L_{u+1}) oranlanmasıyla elde edilir (Formül 2) (Strahler, 1964; Patton, 1988).

$$R_l = L_u / L_{u+1} \quad (2)$$

Tekstür oranı (T), 1.dizinlerin toplam sayısının (N_{u1}) havza çevre uzunluğuna (P) oranlanmasıyla elde edilir (Formül 3) (Horton, 1945).

$$T = N_{u1} / P \quad (3)$$

Drenaj tekstür oranı (R_t), havzadaki dizinlerin toplam sayısının (N_{u1}) havza alanına (A) oranlanmasıyla elde edilir (Formül 4) (Horton, 1945).

$$R_t = N_{u1} / A \quad (4)$$

Yüzeysel akış uzunluğu (J_o), havzanın drenaj yoğunluğu (D_d) ile ilişkili bir durumu ifade etmekte olup Formül 5'e göre elde edilmektedir (Özdemir, 2011).

$$J_o = 1/2 D_d \quad (5)$$

2.1.2. Alansal morfolometri

Alansal morfolometri kapsamında Uzunluk Oranı (R_e), Havza Şekli (R_f), Gravelius İndeks (K_g), Drenaj Yoğunluğu (D_d), Akarsu Sıklığı (F_s) hesaplanmıştır. Alansal morfolometri kapsamında yer alan parametreler ve formüller sırasıyla şu şekildedir:

Uzunluk oranı (R_e), havza ile aynı alana sahip bir dairenin çapıyla maksimum havza uzunluğu (L_m)

arasındaki oranla elde edilmektedir (Formül 6) (Schumm, 1956).

$$R_e = \frac{2}{L_m} * \left[\frac{A}{\pi} \right]^{0.5} \quad (6)$$

Havza Şekli (R_f), havza alanının (A) maksimum havza uzunluğuna (L_m^2) oranıyla elde edilmektedir (Formül 7) (Horton, 1932; Horton, 1945).

$$R_f = A/L_m^2 \quad (7)$$

Gravelius İndeks (K_g), havzanın çevre uzunluğu ile havza alanı değerleri ile Formül 8'e göre elde edilmektedir (Gravelius, 1914).

$$K_g = \frac{P}{2\sqrt{\pi * A}} \quad (8)$$

Drenaj Yoğunluğu (D_d), Toplam akarsu uzunluğunun (ΣL) havza alanına (A) oranı ile elde edilmektedir (Formül 9) (Horton, 1932; Horton, 1945; Verstappen, 1983).

$$D_d = \Sigma L/A \quad (9)$$

Akarsu Sıklığı (F_s), havzadaki dizinlerin toplam sayısının (N_u) havza alanına (A) oranıyla elde edilir (Formül 10) (Horton, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964; Reddy ve ark., 2004).

$$F_s = N_u/A \quad (10)$$

2.1.3. Relief morfometri

Relief morfometri kapsamında Havza Reliefi (B_h), Relief Oranı (R_h), Engebelilik Değeri (R_n), Akım Toplama Zamanı (T_c), Hipsometrik İntegral (H_i), Hipsometrik Eğri (H_c), değerleri hesaplanmıştır. Bu kapsamında yer alan parametreler ve formüller sırasıyla şu şekildedir:

Havza Reliefi (B_h), havzadaki maksimum (H_{max}) ve minimum (H_{min}) yükselti farkına göre elde edilmektedir (Formül 11) (Schumm, 1956).

$$B_h = H_{max} - H_{min} \quad (11)$$

Relief Oranı (R_h), havza relief değerinin (B_h) maksimum havza uzunluğuna (L_m) oranıyla elde edilir (Formül 12) (Schumm, 1956; Patton, 1988).

$$R_h = B_h/L_m \quad (12)$$

Engebelilik Değeri (R_n), Havza reliefi (B_h) ile drenaj yoğununun (D_d) çarpılmasıyla elde edilir (Formül 13) (Schumm, 1956; Melton, 1957).

$$R_n = B_h * D_d \quad (13)$$

Akım Toplama Zamanı (T_c), Ana akarsu uzunluğu ile havza eğimi değerleri kullanılarak Formül 14'e göre elde edilmektedir (Kirpich, 1940; Verstappen, 1983).

$$T_c = 0.0195 * L_a^{0.77} / S^{0.385} \quad (14)$$

Hipsometrik İntegral (H_i), Ortalama (H_{ort}), maksimum (H_{max}) ve minimum (H_{min}) yükselti değerleri kullanılarak Formül 15'e göre elde edilmektedir (Strahler 1952b; Strahler, 1952c; Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990).

$$H_i = \frac{(H_{ort} - H_{min})}{(H_{max} - H_{min})} \quad (15)$$

Hipsometrik Eğri (H_c), rölatif yükseltinin (h), toplam yükseltiye (H), oranı ve rölatif alanın (a), toplam alana (A), oranıyla Formül 16'ya göre elde edilir (Strahler 1952b; Strahler 1952c; Pike ve Wilson, 1971; Mayer, 1990; Keller ve Pinter, 2002).

$$H_c = h/H \text{ ve } a/A \quad (16)$$

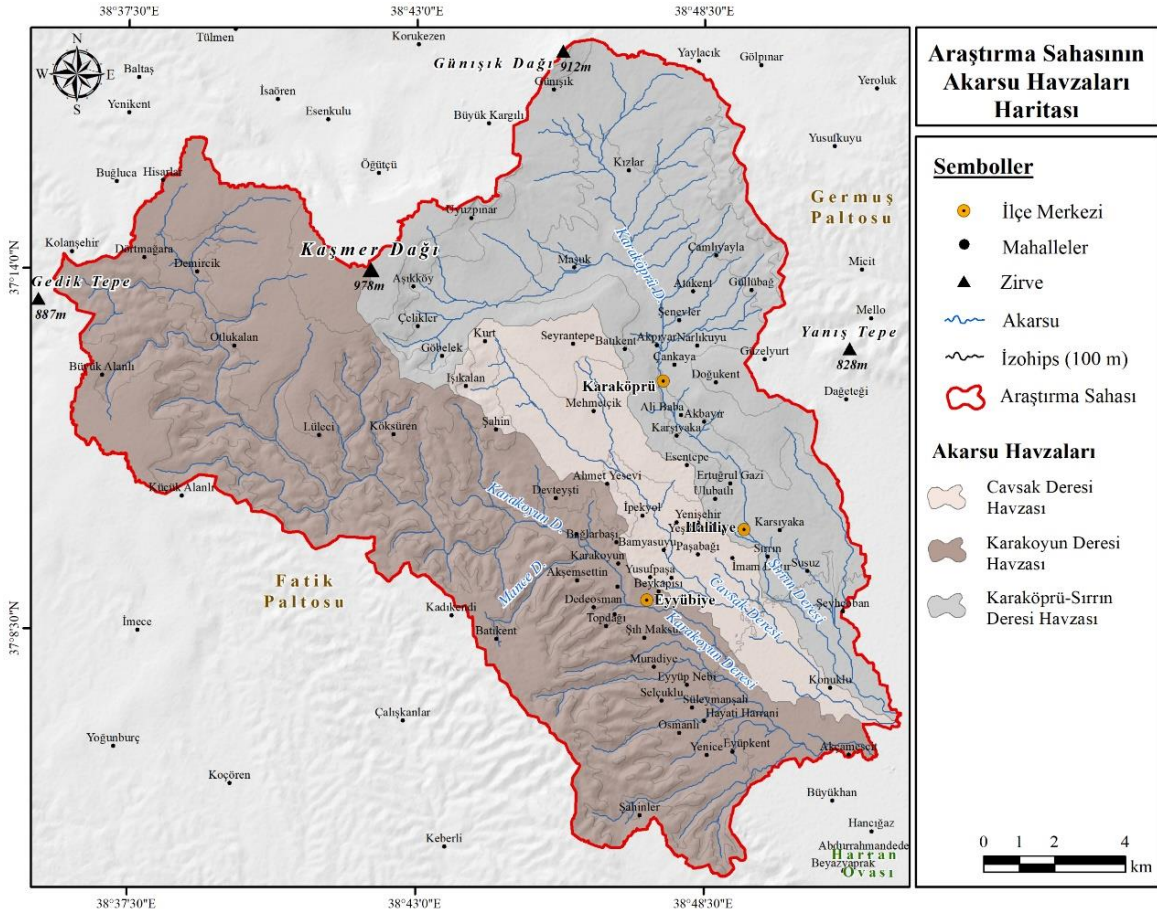
3. Bulgular

Araştırma sahasının taşkın üretme potansiyeli, Karakoyun, Cavsak ve Karaköprü (Akçıyır) -Sırrın Derelerinin havzaları oluşturularak belirlenmiştir (Şekil 6). Bu potansiyeli belirlemede morfometrik parametrelerden olan çizgisel (*bir boyutlu*), alansal (*iki boyutlu*) ve relief morfometrisi (*üç boyutlu*) havzaya uyarlanmıştır. Elde edilen bu parametrelerin analiz sonuçlarına göre de araştırma sahasının taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuştur.

3.1. Çizgisel morfometrik özellikleri

Çizgisel morfometri, havza üzerinde ilk bakışta göze çarpan birtakım çizgilerden oluşan şekillerin analiz edilmesiyle ortaya çıkan özellikler arasında yer almaktadır. Bu özelliklerin temelinde havzanın çevre uzunluğu, akarsu dizinleri sayısı gibi birtakım parametreler yer almaktadır (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Bu bölümde çizgisel morfometri kapsamında, çatallanma oranı (R_b), akarsu uzunluk oranı (R_l), tekstür oranı (T), drenaj tekstür oranı (R_t), ve yüzeysel akış uzunluğu (J_o) analiz sonuçları yorumlanmıştır.

Çatallanma oranı (R_b), akarsu durumunun belirlenmesi açısından oldukça önemlidir. R_b değeri havzadaki yağışın, topoğrafya, bitki örtüsü ve yüzey geçirimsizliği ile ilişkisini ortaya koymaktadır. R_b değeri düşük olan havzalarda düşük infiltrasyon ve buna bağlı olarak yüksek yüzeysel akış gösteren keskin bir hidroğrafya özelliği hakimdir. Yüksek R_b değerine sahip havzalarda ise tam tersi bir durum görülmektedir (Strahler, 1964; Strahler, 1975; Verstappen, 1983; Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). Buna göre araştırma sahasındaki havzaların çatallanma oranları Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'nda 1,63; Cavsak Deresi Havzası'nda 1,88; Karakoyun Deresi Havzası'nda ise 2,02'dir. Bu oranlar havzaların homojen olduğunu, düşük R_b değeriyle de sel ve taşkın üretme potansiyellerinin yüksek olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 2).



Şekil 6. Araştırma sahasında yer alan akarsu havzaları.

Akarsu uzunluk oranı (R_l), havza içindeki ana akarsu ve ona bağlı kollarının uzunluğunu ifade etmektedir. Bu oran, üst kollardan gelecek suyun taşınması noktasında alt kolların bunu taşıyıp taşıyamaması hakkında bilgi vermektedir. R_l değerinin yüksek çıkması, ana akarsuya bağlı üst kolların fazlalığını ifade etmektedir. Bu durum ise ana akarsuya bağlı üst kolların fazlalığını, alt kolların ise yetersizliğini ifade etmektedir (Strahler, 1964; Patton, 1988; Özdemir, 2011; Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019). Araştırma sahasındaki havzaların akarsu uzunluk oranı Cavsak Deresi Havzası'nda 1,49; Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'nda ise 1,87; Karakoyun Deresi Havzası'nda ise 2,02'dir. Ana kola su taşıyan üst kolların sayısının ve uzunluğunun fazla olmasından dolayı bu değer Karakoyun Deresi Havzası'nda yüksek çıkmıştır. Bu nedenle R_l değerine göre Karakoyun ve Karaköprü-Sırrın Derelerinin taşkın üretme potansiyeli daha yüksektir (Tablo 2).

Tekstür oranını (T), havzanın relief özellikleri, sızma kapasitesi ve litolojisi belirlemektedir (Rana ve ark., 2016). Bu oran Cavsak Deresi Havzası'nda 1,23; Karakoyun Deresi Havzası'nda ise 1,95; Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'nda ise 2,06'dır. Bu durum 1. Düzeyde su toplayan akarsu kollarının fazla olmasına bağlı olarak Karaköprü-Sırrın ile Karakoyun Derelerinde sel ve taşkın etkisinin yüksek olmasını sağlamıştır (Tablo 2).

Drenaj tekstür oranı (R_d), havzadaki infiltrasyon kapasitesini açıklamakta kullanılmaktadır (Horton, 1945). Düşük R_d değeri, yüksek geçirgenliği düşük yüzeyel akışı, yüksek R_d değeri ise düşük geçirgenliği yüksek yüzeyel akışı temsil etmektedir (Smith, 1950;

Özdemir, 2011). Havzaların drenaj tekstür oranı, Karakoyun Deresi Havzası'nda 2,31; Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'nda 2,85; Cavsak Deresi Havzası'nda ise 2,95'tir. Bu oran Cavsak Deresi Havzası alanın akarsu drenaj ağına oranla daha yoğun olması nedeniyle infiltrasyon kapasitesinin düşük yüzeyel akışının ise yüksek olmasına neden olarak taşkın üretme potansiyelini arttırmıştır (Tablo 2).

Yüzeysel akış uzunluğu (J_o), havzadaki drenaj yoğunluğuna bağlı olarak yüzeydeki erozyonu ortaya koymaktadır. Bu değer, dairesel ve drenaj ağı sık olan havzalarda, akarsu oyalanmasının fazla olmasına bağlı olarak, dairesel havzalarda düşük, uzunlamasına olan havzalarda ise daha yüksek çıkmaktadır (Özdemir, 2011). Yüzeysel akış uzunluğu Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'nda 0,28; Cavsak ve Karakoyun Deresi Havzalarında ise 0,30'dur (Tablo 2).

Tablo 2. Araştırma sahasındaki havzalara ait çizgisel morfometri analizinin sonuçları.

Çizgisel Morfometri (Linear Morphometry) Özellikleri	Karakoyun Deresi Havzası	Cavsak Deresi Havzası	Karaköprü - Sırrın Deresi Havzası
(R_b) Çatallanma Oranı	2,02	1,88	1,63
(R_l) Akarsu Uzunluk Oranı	2,02	1,49	1,87
(T) Tekstür Oranı	1,95	1,23	2,06
(R_d) Drenaj Tekstür Oranı	2,31	2,95	2,85
(J_o) Yüzeysel Akış Uzunluğu	0,30	0,30	0,28

3.2. Alansal morfometrik özellikleri

Alansal morfometri, havzaya düşen yağışların bir bütün halinde değerlendirilerek bunun birikimi ve yüzeysel akışının açıklanması açısından oldukça önemlidir. Bu bölümde alansal morfometri kapsamında; uzunluk oranı (R_e); havza şekli (R_f); gravelius indeks (K_g); drenaj yoğunluğu (D_d) ve akarsu sıklığı (F_s) analizi sonuçları yorumlanmıştır.

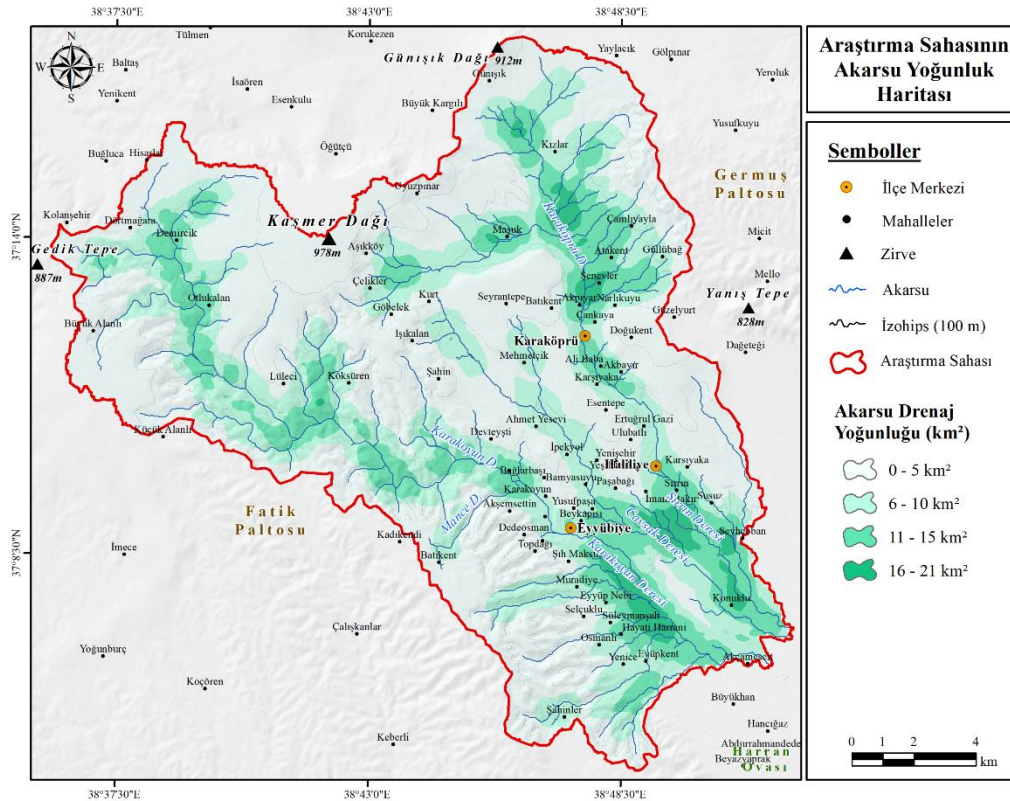
Uzunluk oranı (R_e), havzadaki yüzeysel akış ve infiltrasyon kapasitesi hakkında bilgiler vermektedir. R_e değerinin düşük olması, yüksek infiltrasyonu düşük yüzeysel akışı ifade ederken, yüksek olması aşınım ve taşınım süreçlerinin yüksek olduğunu ifade etmektedir (Reddy ve ark., 2004; Özdemir, 2011). Ayrıca R_e değerinin 1'e yaklaşması havzanın dairesel bir geometriye sahip olduğunu gösterir (Biswas ve ark., 1999). Araştırma sahasındaki havzaların R_e değerleri Cavsak Deresi Havzası'nda 0,41; Karakoyun ve Karaköprü-Sırrın Deresi Havzalarında ise 0,53'tür. Buna göre Cavsak Deresi uzunlaşmasına bir yapıya sahip olup düşük yüzeysel akış özelliğine sahip iken, Karakoyun ve Akpıyar-Sırrın Dereleri Cavsak Deresi'ne göre dairesel bir yapıya sahip olup yüksek yüzeysel akış özelliğine sahiptir (Tablo 3).

Havza şekli (R_f), akarsu havzasının geometrik şekli hakkında bilgiler vermektedir. R_f değeri düşük olan akarsularda yan kollardan kısa sürede toplanan suyun düşük akımlar, uzun süreli yüksek ana akımın oluşmasına neden olmaktadır. Yüksek R_f değerinin görüldüğü havzalarda ise ana kola bağlı yan kolların uzun olmasından dolayı yüzeysel akışa geçen suların ana kola ulaşması daha geç sürecektir. Ancak, bu uzun kollu yan kollardan gelen yüksek akımlar çok kısa sürede yüksek akımların oluşmasına neden olacaktır (Biswas ve ark.,

1999; Reddy ve ark., 2004; Özdemir, 2011; Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019). R_f değeri Cavsak Deresi Havzası'nda 0,13; Karakoyun ve Karaköprü-Sırrın Deresi Havzalarında 0,22'dir. Bu durum Cavsak Deresi Havzası'nda yan kollarından kısa zamanda gelen akımlarla yüksek ana akımın görüleceği bir hidrografiya sunmasının yanı sıra havza geometrisinin uzunlaşmasına geometrik şekle sahip olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 3).

Gravelius indeksi (K_g), havzanın şekli hakkında bilgi vermektedir. Ayrıca bu indeks değerinin büyüklüğü aşınım faaliyetleri üzerinde rölyef etkisinin yüksek olduğunu göstermektedir (Ajay ve ark., 2014). Buna göre havzaların K_g değerleri Karaköprü-Sırrın Deresi Havzasında 1,97; Karakoyun ve Cavsak Deresi Havzalarında ise 2,06'dır (Tablo 3). Bu sonuçlar Karakoyun ve Cavsak Derelerinde aşınım faaliyetleri üzerinde rölyefin daha etkili olduğunu göstermektedir.

Drenaj yoğunluğu (D_d), genel olarak havzanın strüktürel yapısının yanı sıra, havza jeolojine bağlı arazinin yarıma derecesi hakkında bilgiler vermektedir (Al Saud, 2009; Eesterbrooks, 1969; Horton, 1932; Rana ve ark., 2016; Tarboton ve ark., 1992). Drenaj yoğunluğu ile taşkın hidrolojisi açısından pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Çünkü drenaj ağı yoğun olan akarsularda uzun süreli pik akımlar meydana gelebilmektedir (Horton, 1932; Verstappen, 1983; Özdemir, 2011; Rana ve ark., 2016; Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019). Araştırma sahasında yüzeysel akışın yüksek, infiltrasyonun düşük, yarıma ve suyu iletme kapasitesinin yüksek olduğu havza Karaköprü-Sırrın Deresi (1,78); en düşük olan havza ise Cavsak Deresi (1,68) havzasıdır (Tablo 3). Havzaların drenaj ağındaki yoğunluğu akarsuyun aşağı çığırındaki alanlarda daha yüksektir (Şekil 7).



Şekil 7. Araştırma sahasının akarsu yoğunluk haritası.

Akarsu sıklığı (F_s), değerinin yüksek olduğu alanlar, yüksek relief, seyrek bitki örtüsü, düşük infiltrasyon kapasitesi özelliğine sahip havzaları ifade ederken bu değer düşük olduğu alanlar tersi bir durumu ifade etmektedir (Patil ve Mali, 2013; Rana, 2016; Utlu ve Özdemir, 2018). Akarsu sıklık değeri Cavsak Deresi Havzası'nda 2,95; Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'nda 2,85; Karakoyun Deresi Havzası'nda ise 2,31'dir. Buna göre Karaköprü-Sırrın Deresi (2,85) ve Cavsak Deresi (2,95) yüksek relief, düşük infiltrasyon ve seyrek bitki örtüsü özelliklerine sahip havzaları oluşturmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Araştırma sahasındaki havzalara ait alansal morfometri analizinin sonuçları.

Alansal Morfometri (Areal Morphometry) Özellikleri	Karakoyun Deresi Havzası	Cavsak Deresi Havzası	Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası
(R_e) Uzunluk Oranı	0,53	0,41	0,53
(R_f) Havza Şekli	0,22	0,13	0,22
(K_g) Gravelius İndeks	2,06	2,06	1,97
(D_d) Drenaj Yoğunluğu	1,69	1,68	1,78
(F_s) Akarsu Sıklığı	2,31	2,95	2,85

3.3. Relief morfometrik özellikleri

Relief morfometrisi, yükseklik ve eğim değerlerinin içinde yer aldığı üçüncü boyutlu morfometrik özellikleri içermektedir. Bu özellikler arasında relief oranı (R_h), havza reliefi (B_h), engebelilik değeri (R_n), akım toplanma zamanı (T_c), hipsometrik eğri (H_e), ve hipsometrik integral (H_i) yer almaktadır.

Relief oranı (R_h), havzalardaki erozyon ve taşınan sediment miktarını açıklamakta kullanılmaktadır. Ayrıca bu oran, ana akarsuyun maksimum yüksekliği ile havzanın maksimum yükseklik değeri arasındaki farkın çok az olduğu havzalarda, ana akarsuyun yatak eğiminin tahmininde de kullanılmaktadır (Zavoianu, 1978; Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019). R_h değeri Karaköprü-Sırrın Deresi Havzasında oldukça yüksektir (0,024). Bu durum Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'ndaki drenaj yoğunluğunun, havzanın genel eğiminin ve uzunluk oranının diğer havzalardan daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır (Tablo 4).

Havza reliefi (B_h), drenaj ağının kuruluş ve gelişimi, akım toplanma zamanı, yüzeysel akış miktarı ile taşkın pik değerlerinin tespit edilmesi açısından önemli bir parametredir (Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019). Havzanın yukarı ve aşağı çığı arasında yükselti farkının fazla olması akımı doğrudan arttırmaktadır. Araştırma sahasında relief değeri en yüksek olan havzalar Karakoyun (510) ve Karaköprü-Sırrın Deresi (509) havzalarıdır. Yüksek havza reliefi bu havzalarda taşkın pikinin artmasına, akım toplanma zamanının kısalmasına, akışa geçen suyun tutulmadaki azalmaya bağlı olarak infiltre olmadan yüzeysel akışa geçmesine neden olmaktadır (Tablo 4).

Engelibelik değeri (R_n), havzadaki aşındırma etmen ve süreçleri ile birlikte infiltrasyon ve sızma kapasitesi hakkında da bilgiler vermektedir (Verstappen, 1983; Reddy ve ark., 2004; Özdemir, 2007). R_n oranı yüksek olan havzalarda selin meydana gelme olasılığı yüksektir

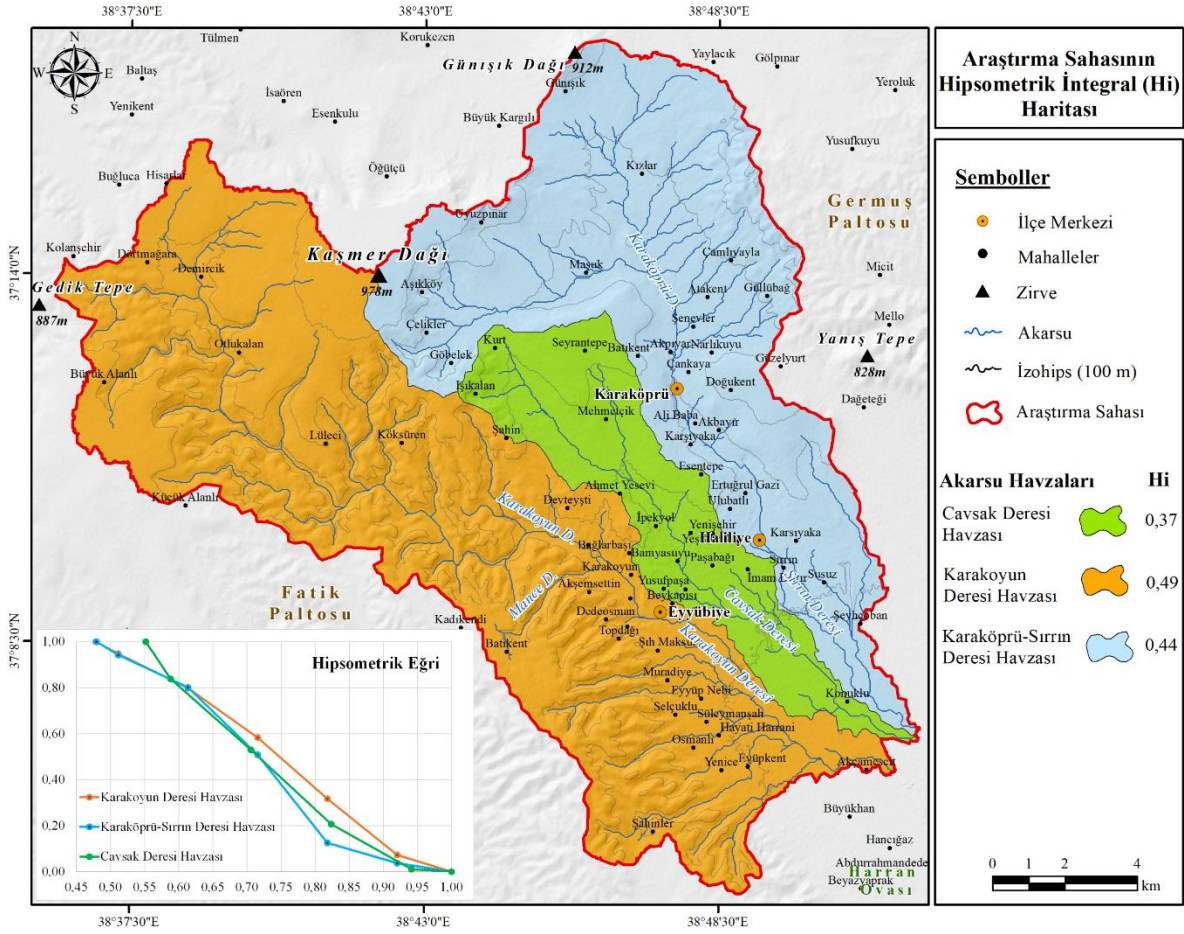
(Baker, ve ark., 1988; Ritter ve ark., 1995; Özdemir, 2007; Turoğlu ve Aykut, 2019). Araştırma sahasında R_n değeri en yüksek havzalar Karaköprü-Sırrın Deresi (0,91) ve Karakoyun Deresi (0,86) Havzalarıdır. Dolayısıyla bu iki havzada da taşkın üretme potansiyeli yüksektir (Tablo 4).

Akım toplanma zamanı (T_c), yağış sonrası yüzeysel akışa geçen akarsuyun üst çığından alt çığına ulaşmaya kadar geçen süreyi ortaya koymak amacıyla oluşturulan ampirik metotlardandır (Kirpich, 1940; Mockus, 1961; Fang, ve ark., 2007; Özdemir, 2007; Grimaldi ve ark., 2012). Bu sürenin hesaplanmasında Kirpich (1940) formülünden yararlanılmıştır. Araştırma sahasında en düşük akım toplama zamanına sahip akarsu havzası Cavsak Deresi (163,4 (dk) / 3,12 (saat)) ve Karaköprü-Sırrın Deresi (177,8 (dk) / 3,36 (saat))'dir. Akım toplama zamanındaki gecikmenin en fazla olduğu havza ise Karakoyun Deresi (262,8 (dk) / 4,38 (saat))'dir (Tablo 4).

Hipsometrik eğri (H_e), ve Hipsometrik integral (H_i), değeri drenaj havzasının toplam yükseklik değerinin toplam alanına olan oranı ile elde edilir (Strahler, 1952a; Strahler 1952b; Strahler 1952c). Hipsometrik eğri drenaj ağında meydana gelen aşındırma etmen ve süreçleri ile havzanın jeomorfolojik yüzeyinin evresi (genç-yaşlı-olgun) hakkında bilgiler verir (Mahmoud ve Gloguen, 2012; Andreani ve ark., 2014). Hipsometrik integral değeri 0 ile 1 arasında değişmektedir. H_i değerinin, 0 ile 0,30 arasında olması arazinin yaşlı bir yapıda olduğunu; 0,35 ile 0,60 arasında olması arazinin olgunluk evresinde olduğunu; 0,60 ile 1 arasında olması ise arazinin yaşlılık evresinde olduğunu göstermektedir (Strahler, 1964; Mayer, 1990; Ramu ve Mahalingam, 2012; Utlu ve Özdemir, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019; Ege, ve Duman, 2020). Bu değer düşük ya da yüksek çıkması havzanın aşınım, birikim ya da taşınım süreçlerinden hangisine karşılık geldiğini ortaya koymaktadır. H_i değerleri Karakoyun Deresi Havzası'nda 0,49; Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'nda 0,44; Cavsak Deresi Havzası'nda 0,37'dir. Buna göre Karakoyun Deresi Havzası'ndaki aşındırma süreçleri diğer havzalara göre daha baskındır (Şekil 8 ve Tablo 4).

Tablo 4. Araştırma sahasındaki havzalara ait relief morfometri analizinin sonuçları.

Relief Morfometri (Relief Morphometry) Özellikleri	Karakoyun Deresi Havzası	Cavsak Deresi Havzası	Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası
(R_h) Relief Oranı	0,020	0,023	0,024
(B_h) Havza Reliefi	510	381	509
(R_n) Engebelilik Değeri	0,86	0,64	0,91
(T_c) Akım Toplama Zamanı (dk./s.)	262,8 / 4,38	163,4 / 3,12	177,8 / 3,36
(H_i) Hipsometrik İntegral	0,49	0,37	0,44



Şekil 8. Araştırma sahasının hipsometrik integral (Hi) haritası.

3.4. Taşkın duyarlılık sınıflandırılması

Araştırma sahasındaki 15 morfometrik parametrelerin analiz sonuçları taşkın duyarlılık açısından değerlendirilmiştir. Analize tabi tutulan havzalara 1 ile 3 arasında değerler verilerek sayısal etki tablosu oluşturulmuştur (Tablo 5). Bu değerler, taşkın duyarlılığı açısından havzaların kendi aralarında sıralanması amacıyla yapılmıştır. Havzalara ait değerlerin verildiği Tablo 5'teki yüksek değerler ilgili parametredeki taşkın duyarlılığının yüksek, düşük değerler ise taşkın duyarlılığının düşük olduğunu ortaya koymaktadır. Bu parametrelerin tamamının havza bazlı toplanması sonucunda elde edilen değerler taşkın duyarlılığını ortaya koymaktadır. Bu kapsamda araştırma sahasındaki taşkın duyarlılığı 26 ile 33 arasında değişmektedir (Tablo 6). Bu aralıkta yer alan değerler temelde en düşük değere sahip havza ile en yüksek değere ait havza arasındaki farkın 3 eşit aralıklı duyarlılık sınıfına ayrılmasıyla belirlenmiştir (Tablo 6).

Elde edilen sonuçlara göre araştırma sahasında taşkın duyarlılığının en yüksek olduğu havza Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası; en düşük olduğu havza Cavsak Deresi Havzası'dır. Karakoyun Deresi Havzası ise Karaköprü-Sırrın Deresi Havzası'ndan sonra en yüksek değere sahip yüksek taşkın duyarlılığına sahip havzadır (Şekil 9 ve Tablo 7).

Tablo 5. Araştırma sahasındaki havzaların sayısal etki tablosu.

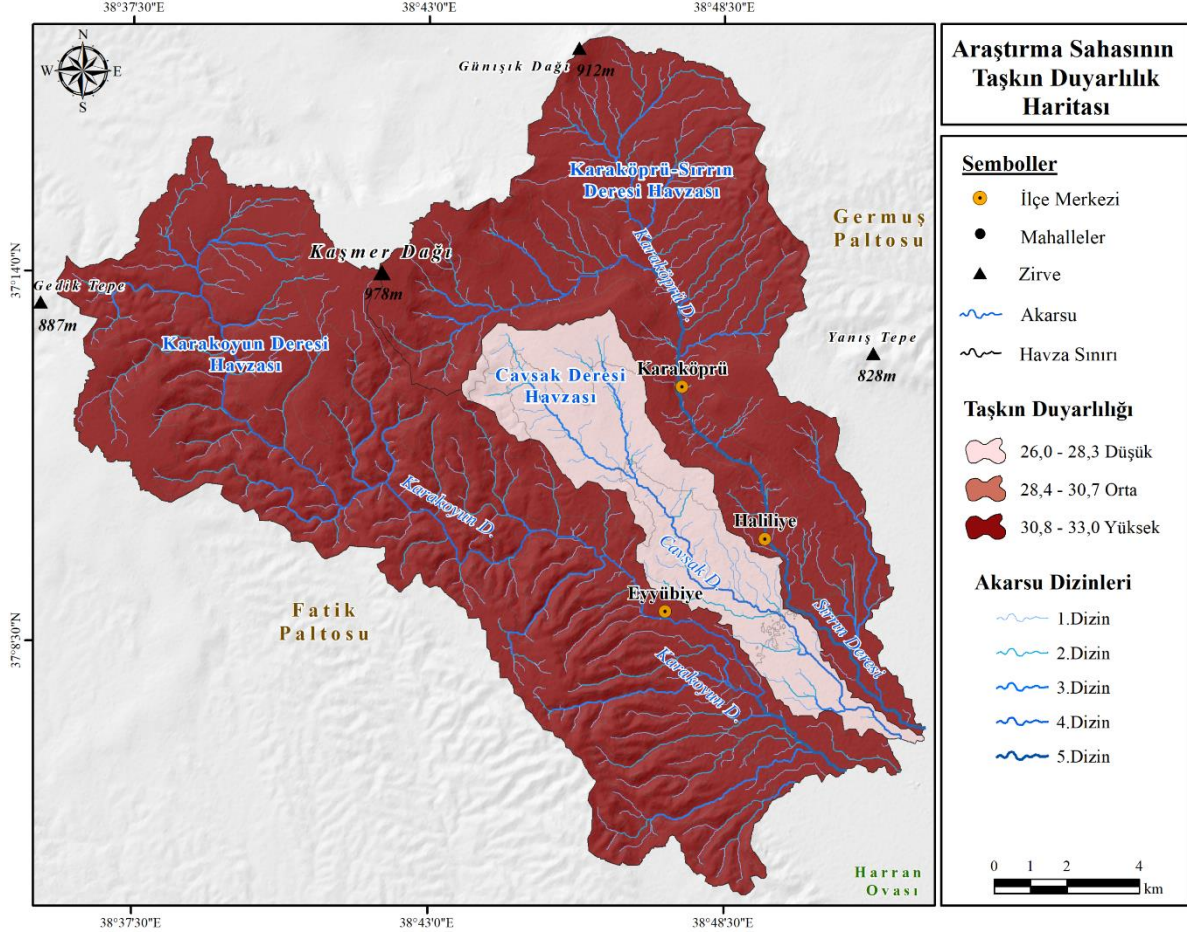
	Karakoyun Deresi	Cavsak Deresi	Karaköprü-Sırrın Deresi
(Rb)	3	2	1
(Rl)	3	1	2
(T)	2	1	3
(Rt)	1	3	2
(Ro)	2	3	1
(Re)	2	1	3
(Rf)	2	1	3
(Kg)	3	2	1
(Dd)	2	1	3
(Fs)	1	3	2
(Rh)	1	2	3
(Bh)	3	1	2
(Rn)	2	1	3
(Tc)	1	3	2
(Hi)	3	1	2
Σ	31	26	33

Tablo 6. Taşkın duyarlılık sınıflarına karşılık gelen duyarlılık tanımları.

Seviye Aralığı	Tanımı
26,0-28,3	Düşük
28,4-30,7	Orta
30,8-33,0	Yüksek

Tablo 7. Araştırma sahasındaki havzaların taşkın duyarlılık sınıfları.

Havzalar	Duyarlılık Değeri	Tanımı
Karakoyun Deresi	31	Yüksek
Cavsak Deresi	26	Düşük
Karaköprü- Sırrın Deresi	33	Yüksek

**Şekil 9.** Araştırma sahasının taşkın duyarlılık haritası.

4. Sonuçlar

Sel ve taşkınlar Türkiye’de sık görülen doğal afetlerden biridir. Bu doğa olayının şiddet ve sıklığı son yıllarda önemli ölçüde artmaktadır. Çarpık kentleşme, doğal bitki örtüsünün tahribi ve dere yataklarına yapılan yanlış müdahaleler, sel ve taşkınların neden olduğu can ve mal kayıplarını arttırmaktadır. Bu etkileri nedeniyle son yıllarda sel ve taşkın üzerine hazırlanan çalışmalar önem kazanmaktadır. Bu çalışmalarda sel ve taşkınların oluşumunda daha çok meteorolojik faktörler dikkate alınmış olup morfolometrik özellikler incelenmemiştir. CBS teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak morfolometrik analizler daha pratik ve kullanılabilir ölçeklerde hazırlanabilmektedir.

Bu çalışmada ise Şanlıurfa büyükşehir yerleşim alanı içerisinde yer alan akarsu havzalarının (*Karakoyun, Cavsak ve Karaköprü-Sırrın Deresi*) morfolometrik özellikleri ele alınmıştır. Buna göre sahadaki akarsu havzalarının çizgisel, alansal ve relief morfolometrik parametreleri genel olarak yakın değerlere sahiptir. Parametreler bir bütün halinde değerlendirildiğinde çizgisel morfolometri

kapsamında en yüksek değerlere sahip havzalar Karakoyun ve Karaköprü-Sırrın Deresi Havzalarıdır. Alansal morfolometri özelliklerine göre uzunluk oranı, havza şekli ve drenaj yoğunluğu değerlerinin en yüksek olduğu havzalar Karakoyun ve Karaköprü-Sırrın Deresi; Gravelius indeksi değerlerinin en yüksek olduğu havza Karakoyun ve Cavsak Deresi; akarsu sıklığının en yüksek olduğu havzalar ise Cavsak ve Karaköprü-Sırrın Deresi Havzalarıdır. Relief morfolometri özelliği kapsamında havza reliefi, engebelilik değeri, akım toplama zamanı (dk./s.) ve hipsometrik integral değerleri Karakoyun ve Karaköprü-Sırrın Deresi Havzaları iken relief oranının en yüksek olduğu havza Karaköprü-Sırrın Deresi havzasıdır.

Morfolometrik parametrelerden havza reliefi ve engebelilik değerlerinin yüksek olması havzadaki erozyonel süreçlerin ve taşınan malzeme miktarının yoğun olduğunu göstermektedir. Bu süreç akarsu havzalarının aşağı çığırında sutaşıma kapasitelerini azaltarak sel ve taşkın oluşumuna neden olmaktadır.

Araştırma sahasında tüm parametrelerde Karaköprü-Sırrın Deresi ile Karakoyun Deresi havzalarına ait morfolometrik parametrelerin yüksek çıkması, bu iki

havzasının taşkına daha duyarlı olmasına neden olmuştur. 15 Mart 2023 tarihinde bu havzalarda sağanak yağışın gerçekleşmesi, yanlış arazi kullanımıyla birleştiğinde duyarlılığın daha da artarak sel ve taşkınların yaşanmasına neden olmuştur.

Araştırmacıların katkı oranı

Mustafa Recep İrcan: Literatür taraması, Haritaların çizilmesi; **M.Murat Kale:** Düzenleme, Analiz, Makale yazımı; **Neşe Duman:** Düzenleme, Analiz, Makale yazımı

Çatışma Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aghayev, A. (2018). Determining of different inundated land use in Salyan plain during 2010 the Kura River flood through GIS and remote sensing tools. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3(3), 80-86. <https://doi.org/10.26833/ijeg.412348>.
- Akgül, M. A. (2018). Sentetik açıklıklı radar verilerinin taşkın çalışmalarında kullanılması: Berdan Ovası Taşkını. *Geomatik Dergisi*, 3, 154-162.
- Akıncı, H., & Erdoğan, S. (2014). Designing a flood forecasting and inundation-mapping system integrated with spatial data infrastructures for Turkey. *Natural Hazards*, 71(1), 895-911. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0939-9>.
- Al Saud, M. (2009). Morphometric analysis of wadi aurnah drainage system, Western Arabian Peninsula. *The Open Hydrology Journal*, 3, 1-10.
- 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. *Remote Sensing*, 6(9), pp. 7971-8001.
- Ajay, P., Mahmoud, K., Vijay, S., Paru, T. P., Joy, J, Nayan, P., & Kalubarme, M. H. (2014). Morphometric and land use analysis for watershed prioritization in Gujarat State, India. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(2), 1-7.
- 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.
- Avcı, V. & Kıranşan, K. (2017). Darköprü Deresi Havzası'nda (Bingöl) Tektonik Etkinin Morfometrik Analizlerle Belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10 (48), 1307-9581.
- Avcı, V. & Sunkar, M. (2023). Jeomorfik indislerle Varto Havzası'nı (Muş) denetleyen fayların göreceli tektonik aktivitesinin belirlenmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13 (4), 1046-1072.
- Bahadır, M. (2014). Samsun'da 4 Temmuz ve 6 Ağustos 2012 Taşkınlarının Klimatik Analiz. *Coğrafya Dergisi*, 29, 28-50.
- Baker, V.R., Kochel, R.C., & Paton, P.C. (1988). *Flood geomorphology*. NewYork, NY: Wiley-Interscience.
- Biswas, S., Sudhakar, S., & Desai, V. R. (1999). Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 27(3), 155-166.
- Eesterbrooks, D. J. (1969). *Principles of geomorphology*. New York, NY: McGraw Hill.
- Ege, İ. & Duman, N. (2019). Kurudere (Dazkırı/AFYONKARAHİSAR) Havzası'nın Sel Potansiyelinin Morfometrik Analizlerle Değerlendirilmesi, UCEK-2019 II. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Sempozyumu, 3 - 05Ekim 2019, Eskişehir.
- Ege, İ., & Duman, N. (2020). Maymun Dağı (Çardak-Denizli/Dazkırı-Afyonkarahisar)'nın morfotektonik özelliklerinin CBS ile belirlenmesi, *Turkish Studies - Social Sciences*, 15(1), 277-307. <https://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.39211>.
- Elbaşı, E., & Özdemir, H. (2018). Marmara denizi akarsu havzalarının morfometrik analizi. *Coğrafya Dergisi*, 36, 63-84. <https://doi.org/10.26650/JGEOG418790>.
- Erkal, T., & Taş, B. (2013). Jeomorfoloji ve İnsan Uygulamalı Jeomorfoloji. İstanbul: Yeditepe Yayınevi.
- Fang, X., Thompson, D.B., Cleveland, T.G. & Pradhan, P. (2007) Variations of Time of Concentration Estimates Using NRCS Velocity Method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, DOI: 10.1061/(ASCE)0733-437,133(4), pp. 314-322.
- Demir, V., & Ülke Keskin, A. (2022). Yeterince akım ölçümü olmayan nehirlerde taşkın debisinin hesaplanması ve taşkın modellemesi (Samsun, Mert Irmağı örneği). *Geomatik*, 7(2), 149-162.
- Duman, N. & İrcan, M.R. (2022) Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çankırı Merkez İlçesinin Taşkın Duyarlılık Analizi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, (9), 50-66 Doi: 10.46453/jader.1165963.
- Gravelius, H. (1914). *Grundrifi Der Gesamten Gewcisserkunde*. Band I: Flufikunde (Compendium of Hydrology, vol. I).
- Grimaldi, S., Petroselli, A., Tauro, F., & Porfiri, M. (2012). Times of concentration: A paradox in modern hydrology. *Hydrological Sciences Journal*, 57(2), 217-228.
- Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 13, 350-361.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 56, 275-370.
- İmamoğlu, A. (2020). Alaca Çayı Havzası Erozyon Durumunun Morfometrik Ölçümler ile İlişkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 868-878.
- İrcan, M.R., & Duman, N. (2024). 15 Mart 2023'te Şanlıurfa'da Meydana Gelen Sel ve Taşkın Oluşumunda Etkili Olan Coğrafi Faktörlerin Değerlendirilmesi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 10(2), 1-15, DOI: 10.21324/dacd.1458127.
- Kadioğlu, M., & Özdamar, E. (2008). *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*. Ankara: JICA Türkiye Ofisi Yayını (no:2).
- Kadioğlu, M. (2019). *Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi*. İstanbul: Marmara Belediyeler Birliği Yayınları.
- Kalbani, K. A. & Rahman, A. A. (2022). 3D city model for monitoring flash flood risks in Salalah, Oman.

- International Journal of Engineering and Geosciences*, 7(1); 17-23 DOI: 10.26833/ijeg.857971.
- Kamuş, A.O. & Atalay Dutucu, A. (2023). Hidromorfometrik Analizlerle Esmahanım Deresi Havzasının Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi, *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* (11): 1-21. doi: 10.46453/jader.1182773.
- Karabulut, M., Sandal, E. K. & Gürbüz, M. (2007). 20 Kasım-9 Aralık Mersin sel felaketleri: Meteorolojik ve hidrolik açıdan bir inceleme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10 (1), 13-23.
- Keller, E. A., & Pinter, N. (2002). *Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and Landscape*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering*, 10(6), 362.
- Kleinen, T., & Petschel-Held, G. (2007). Integrated assessment of changes in flooding probabilities due to climate change. *Climate Change*, 81, 283-312.
- Köle, M. M. (2017). Devrez Çayı Vadisinin Tektonik Özelliklerinin Morfometrik İndisler ile Araştırılması. *Coğrafya Dergisi* (33), 20-36.
- Köroğlu, B., & Akıncı, H. (2023). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi ile Giresun İli Dereli İlçesinin Taşkın Duyarlılık Analizi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Mühendislik Ve Fen Bilimleri Dergisi*, 1(2), 62-81.
- Kulaz, Y. C. & Göl, C. (2023). Alparsarı Göleti Havzasının (Çankırı) Morfometrik Özellikleri ve Arazi Kullanımı. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Karatekin Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 22-32.
- Kundzewicz Z. W, & Schellnhuber H.J. (2004). Floods in the IPCC TAR perspective. *Nat Hazards*, 31(1), 111-128. <https://doi.org/10.1023/B:NHAZ.0000020257.09228.7b>.
- Mahmoud, A. S., & Gloaguen, R. (2012). Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis. *Geoscience Frontiers, China University of Geoscience*, 3(4), 407-428.
- Mayer, L. (1990). *Introduction to quantitative geomorphology*. Englewood Cliffs, New Jersey, NJ: Prentice-Hall International.
- Melton, M.A. (1957) An analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology, Department of Geology, Columbia University, New York. Technical Report, 11, Project NR 389-042. Office of Navy Research, New York.
- Milly, P. C. D., Wetherald, R. T., Dunne, K. A., & Delworth, T. L. (2002). Increasing risk of great floods in a changing climate. *Nature*, 415(6871), 514-517.
- Mockus, V. (1961) Watershed lag. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service, ES-1015, Washington, DC.
- Oğuz, E., Oğuz, K., & Öztürk, K. (2022). Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi. *Geomatik*, 7(3), 220-234.
- Özdemir, H. (2007). Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi. (Doktora Tezi). İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Özdemir, H. (2011). Havza morfometrisi ve taşkınlar. D. Ekinci (Ed.), *Fiziki coğrafya araştırmaları: Sistematik ve bölgesel içinde* (s. 507- 526). İstanbul: Babil.
- Patil, P. S. V., & Mali, P. S. (2013). Watershed characterization and prioritization of Tulasi subwatershed: A geospatial approach. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2(6), 2182-2188.
- Patton, P. C. (1988). Drainage basin morphometry and floods. In V. Baker, C. Kochel and P. Patton (eds.), *Floods Geomorphology* (pp. 51-64). New York, NY: Wiley-Interscience.
- Pike, R. J., & Wilson, S. E. (1971). Elevation-relief ratio, Hypsometric integral and geomorphic area-altitude analysis. *Geological Society of America Bulletin*, 82, 1079-1083.
- Ramu., & Mahalingam, B. L. (2012). *Hypsometric properties of drainage basins in Karnataka using geographical information system*. *New York Science Journal*, 5(12), 156-158.
- Rana, N., Singh, S., Sundriyal, P. Y., Rawat, S. G., & Juyal, N. (2016). Interpreting the geomorphometric indices for neotectonic implications: An example of Alaknanda valley. *Journal of Earth System Science*, 125(4), 841-854.
- Reddy, G.P.O., Maji A.K., & Gajbhiye, K.S. (2004). Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in basaltic terrain, central India—a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6(1), 1-16.
- Ritter, D.F., Kochel, R.C., & Miller, J.R. (1995). *Process geomorphology*. Dubuque, IA: William C. Brown.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *GSA Bulletin*, 67, 597-646.
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248, 655-668.
- Strahler, A. N. (1952a). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transamer Geophys Union*, 38, 913-920.
- Strahler, A.N. (1952b) Hypsometric (area-altitude curve) analysis analysis of erosional topography, *Geological Society of America Bulletin*, 63, pp. 1117-1141.
- Strahler, A.N. (1952c) Dynamic Basis of Geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, 63, pp. 923-938.
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V.T. (ed.), *Handbook of applied hydrology* (pp. 439-476). New York, NY: McGraw Hill.
- Strahler, A. N. (1975) *Physical Geography* (4th Edition). John Wiley & Sons Inc.
- Şakir, F. (2018). Acısu Çayı'nın (Serik-Antalya) Drenaj Özelliklerinin Morfometrik Analizi. *The Journal of Academic Social Science Studies, International Journal of Social Science*, 72, 541-556. Doi: <http://dx.doi.org/10.9761/JASSS7914>.
- Sunkar, M. & Toprak, A. (2016). Sel ve Taşkın Çalışmalarında Tarihi Veri Kaynaklarının Önemi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13- 14 Ekim 2016, Ankara.

- Sunkar, M. & Tonbul, S. (2010). İluh Deresi Havzası'na (Batman) Yönelik Sel ve Taşkın Riski Analizleri, e-Journal of New World Sciences Academy, 5 (4), 255-273.
- Şahin, C. & Sipahioğlu, Ş. (2013). Doğal Afetler ve Türkiye. Ankara: Gündüz Eğitim ve Yayıncılık.
- Şahin, K. (2002). Çarşamba Ovası ve Yakın Çevresinde Sel Afeti (27 Mayıs 2000). Türk Coğrafya Dergisi, 39, 79-95.
- Tarboton, D. G., Bras, R. L., & Rodriguez-Iturbe, I. (1992). A physical basis for drainage density. Geomorphology, 5(1-2), 59-76. doi:10.1016/0169-555x(92)90058-v.
- Tekkanat, İ. S. (2015). Porsuk çayı havzasında yağış şiddeti ile akarsu akımları arasındaki ilişki ve eğilimlerin analizi. (Yüksek Lisans Tezi). Çanakkale 18 Mart Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.
- Turoğlu, H. (2010) Şehirsel gelişmenin İstanbul selleri üzerindeki etkisi. İstanbul'un Afetlerden Zarar Görebilirliği Sempozyum Bildiriler Kitabı içinde (s.55-59). İstanbul.
- Turoğlu, H. (2019). Şehir seli ve taşkın araştırmalarında sayısal yüzey modellemesi (SYM) ve insansız hava aracı (İHA) verisi kullanımı. E. Akköprü, M. F. Döker (Edt) Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları, (s. 01-28), Ankara.
- 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>.
- Türkes, M., Sümer, U. M. & Çetiner, G. (2000). 'Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri', *Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları*, 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkes, M. & Acar Deniz, Z.. (2010). Klimatolojik/ meteorolojik ve hidrolojik afetler ve sigortacılık sektörü, *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7 (2), 996-1020.
- Türkes, M., & Tatlı, H. (2011). Türkiye yağış bölgelerinin spektral kümeleme tekniğiyle belirlenmesi. In Proceedings of the National Geographical Congress with International Participation (CD-R). İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu.
- Utlu, M., & Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Coğrafya Dergisi*, 36, 49-62, <https://doi.org/10.26650/JGEOG408101>.
- URL-1: <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019> Accessed date: 24 Kasım 2024.
- URL-2: <https://files.emdat.be/reports/2023 EMDAT report.pdf> Accessed date: 24 Kasım 2024.
- URL-3: <https://search.asf.alaska.edu/#/?dataset=ALOS> Accessed date: 05 Ocak 2024.
- Verstappen, H.T.H. (1983) Applied geomorphology. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands ISBN 0-444-42181-5.
- Zavoianu, I. (1985). Morphometry of drainage basins. In Developments in water science (Vol. 20). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.

