

To Cite This Article: Matpay, B. (2024). Büyükdere havzasına (Hizan-Bitlis) ait alt havzaların hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılıklarının korelasyonu. *International Journal of Geography and Geography Education (IGGE)*, 53, 242-261. <https://doi.org/10.32003/igge.1482830>

BÜYÜKDERE HAVZASINA (HİZAN-BİTLİS) AİT ALT HAVZALARIN HİDROMORFOMETRİK ANALİZLERLE TAŞKIN DUYARLILIKLARININ KORELASYONU

Correlation of Flood Sensitivity of Sub-Basins of the Büyükdere Basin (Hizan-Bitlis) with Hydromorphometric Analyses

Bülent MATPAY 

Öz

Çalışma alanı, Dicle havzası içinde Bitlisi'in Hizan ilçesinin güney kesiminde bulunan beş alt havzayı kapsamaktadır. Bu havzalar insan aktivitelerinin yoğun yapıldığı (üzüm bağcılığı, bahçe işleri, pirinç çeltikleri, fındık yetiştiriciliği, arıcılık faaliyetleri, hayvancılık gibi), nüfus ve yerleşmenin fazla olduğu konumdadır. Alt havzalar farklı özelliklere (litoloji, yükselti, eğim, morfoloji gibi) sahiptir. Havzalarda farklı zamanlarda sel ve taşkınlar meydana gelmiş olup can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Kendine özgü coğrafi koşullara sahip alt havzaların hidromorfometrik indislerle taşkın duyarlılıkları korele edilmiştir. Bu doğrultuda sayısal yükselti modelinden, 1/25000 ve 1/100000 ölçekli haritalardan, uzaktan algılama teknikleri ve arazi gözlemlerinden faydalanılarak Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımı üzerinden morfometrik analizler yapılmıştır. Hidromorfometrik hesaplama sonuçları havzalar için kıyaslandığında havzaların maruz kaldığı iç ve dış etmenler benzerlik gösterse de taşkın için kullanılan indis sonuçları farklılık göstermektedir. Bu sonuçlara göre alt havzaların taşkın duyarlılığı sınıflaması birbirlerine göre kıyaslandığında fazladan aza doğru sırasıyla Ağılözü havzası, Pürtük Deresi havzası, Hizan havzası, Kesen Deresi havzası ve Cemeceli Deresi havzasıdır. İklim değişikliğinin tesiriyle gitgide su baskınlarının artış gösterebileceği öngörülen alt havzalarda olumsuz etkileri en aza indirmek için proaktif bir bakışın oluşturulması gereklidir. Bu durum doğal ortam-insan ilişkisinin doğru kurgulanması bakımından önemlidir. Kısaca bu çalışmada ulaşılan indis sonuçları ile alt havzaların karşılaştırılmalı analizi, taşkın bakımından havza önceliklendirilmesi, coğrafi planlaması (yerleşim yeri, tarımsal aktiviteler gibi) yapılabilir. Bu haliyle çalışma havza yönetim planlamalarına ve literatüre katkı sunacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Fiziki Coğrafya, Havza, Hizan, Morfometri, Taşkın Duyarlılığı

Abstract

The study area covers five sub-basins located in the southern part of Bitlis (Hizan) within the Dicle basin. These basins are located where human activities (grape cultivation, gardening, rice, hazelnut cultivation, beekeeping activities, animal husbandry), population and settlement are high. Sub-basins have different characteristics (lithology, elevation, slope, morphology). Floods have occurred in the basins at different times and loss of life and property has been experienced. Flood susceptibility of sub-basins with unique geographical conditions was correlated with hydromorphometric indices. In this direction, morphometric analyses were carried out through Geographic Information System (GIS) software by using digital elevation model, 1/25000 and 1/100000 scale maps, remote sensing techniques and field observations. When the results of hydromorphometric calculations are compared for the basins, although the internal and external factors to which the basins are exposed are similar, the index results used for flooding differ. According to these results, when the flood susceptibility classification of the sub-basins are compared according to each other, they are Ağılözü basin, Pürtük river basin, Hizan basin, Kesen river basin and Cemeceli river basin respectively. In the sub-basins where flooding is predicted to increase gradually due to climate change, it is important to minimise the negative effects and to establish a proactive perspective in terms of the correct construction of the natural environment-human relationship. Briefly, in this study, it is thought that taking into account the results of comparative analyses of hydromorphometric indices for sub-basins will contribute to geographical planning (settlements, agricultural activities) and basin management studies and will contribute to the literature.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Physical Geography, Basin, Hizan, Morphometry, Flood Sensitivity

* Öğr. Gör. Dr., Van YYÜ, bulentmatpay@yyu.edu.tr

GİRİŞ

Bir yere ait topoğrafyanın şekillenmesi iç ve dış dinamiklerin tesiri ölçüsündedir. Bu dinamiklerden fiziki coğrafya özellikleri (jeoloji, hidrografya, iklim, bitki örtüsü, toprak özellikleri) ile beşeri faaliyet ve unsurlar o yerin jeomorfolojisinin gelişimine ve değişimine etkisi olduğu bilinmektedir. Dünya oluşumundan bu yana adı geçen bu faktörlerin tesiriyle sahip olduğu ilksel jeomorfolojiyi dolayısıyla jeomorfolometrik özelliklerindeki duraylılığı koruyamamaktadır. Bunda yerin yapısının her yerde homojen bir özelliğe sahip olmamasının rolü de şüphesizdir. Bu yüzey oluşmaya başladığı ilk andan itibaren iç ve dış etmenlerin tesiriyle devamlı değişen rölyef koşullarına sahip olmuştur (Tunçdilek, 1985, s.47). Yer bilimlerinde morfometri, değişen yeryüzü şekillerinin yükselti, derinlik, uzunluk, genişlik gibi şekilsel özelliklerinin nicel verilerle ifadesi olarak tanımlanmaktadır (Chavare ve Shinde, 2013, s.224; Hoşgören, 2017, s.219; Said vd., 2018, s.131). Morfometrik analizler drenaj havzasının geometrik özellikleri ve davranışı hakkında önemli bilgiler sunmaktadır. Bu analizlerden elde edilen sonuçlarla taşkınlar hakkında da bilgiler edinilip yorumlanabilir.

Taşkın, şiddetli sağanak yağışlar neticesinde akışa geçen suyun kanalından çıkıp taşması veya miktarca fazla su kütlesinin akarsuyun yatağından taşarak kontrolsüzce çevredeki alanlara yayılması olarak tanımlanır. Meteorolojik, topoğrafik ve antropojenik gibi etmenlerin sonucunda oluşan taşkınlar can ve mal kayıplarına neden olabilmektedir. Böyle bir durumda taşkınlar doğal afet olarak nitelendirilmektedir. Son yıllarda 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 (Duong ve Gourbesville, 2016). Taşkınların etki alanı yağışın türü, zaman ve süresindeki değişimlere bağlıdır (Fural vd., 2019). Bunun yanında arazinin fiziki coğrafya özellikleri ve beşeri faktörlerin de etkisi göz ardı edilmeyecek büyüklüktedir (Rentschler ve Salhab, 2020). Dünya nüfusunun yaklaşık 1.47 milyarlık kesimi (%19) taşkın yaşanma olasılığı olan bölgelerde yaşamlarını sürdürmektedir (Rentschler ve Salhab, 2020). Her yıl milyonlarca insan taşkınlardan etkilenmektedir. 2030 yılına gelindiğinde sadece akarsu kaynaklı taşkınlara maruz kalan insan sayısının bile 132 milyona yükselmesi beklenmektedir (Kamuş ve Dutucu, 2023, s.2).

Türkiye sahip olduğu coğrafi özellikleri nedeniyle sel ve taşkınların yaşandığı ülkedir. Ülkede afet boyutuna ulaşan taşkınların sıklıkla yaşanması bu yargıyı destekler niteliktedir. Doğa kaynaklı afet istatistiklerine bakıldığında 2022 yılında deprem ve heyelandan sonra 450 olayla en fazla sel/su baskını olayı yaşanmıştır (AFAD, 2022). Çalışma alanının içinde bulunduğu Bitlis İli için 1950 yılından günümüze kadar meydana gelen sel/su baskını olaylarının dağılımı incelendiğinde 247 olayın yaşandığı görülmektedir (AFAD, 2018; 53). Bu doğrultuda bakıldığında sel ve taşkınların fazlalığı ve neden olduğu/olacağı zararlar göz önüne alındığında taşkınlar için risklerin belirlenmesi ve önleme politikalarının geliştirilmesi önemlidir.

Günümüzde yer bilimi araştırmacıları tarafınca birçok morfometrik indis üretilmiş olup bunlardan faydalanılarak havzaların taşkın tehlike ve risk analizleri yapılmaktadır. CBS yazılımı üzerinden havzaların morfometrik özelliklerini ortaya koyan birçok çalışma mevcuttur (Cürebal ve Erginal, 2007; Özdemir, 2006, 2007, 2011; Turoğlu,2007; Youssef vd., 2011; Dawod vd., 2011; Avcı ve Sunkar, 2015; Maduna ve Koçyiğit, 2018; Uzun, 2019; Duman ve İrcan, 2022; Kamuş ve Dutucu, 2023; Polat vd., 2023). Araştırmacılar taşkınla ilgili çalışmalarda analitik hiyerarşi süreci (AHY), bulanık mantık, yapay sinir ağları, frekans oranı, kanıt ağırlıkları ve hidromorfometrik analiz gibi yöntemleri kullanabilmektedir. Bu çalışmada ise hidromorfometrik analiz yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem akarsu havzalarının hidrolojik ve morfometrik özelliklerinin pratik ve kolay biçimde ortaya konulmasından ötürü araştırmacılarca tercih edilmektedir (Biswas vd., 1999). Bu çalışmada da hidromorfometrik analiz yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma alanı yakın çevresi topoğrafik ve hidro-meteorolojik özellikler açısından hassas bir konumdadır. Yörede yılda 1206 mm'lik yağışla Türkiye'de en çok yağış alan yerlerden biridir (Alkan, 2015: 20). Aşırı yöresel yağışlardan, kar ve buz erimelerinden sonra akarsu taşkınları fazlaca gerçekleşmektedir. Bitlis en çok taşkın tehlikesine maruz kalan on ilden biridir. Taşkınların yıllık frekans oranı 0,132 olup riske maruz nüfus 10.000 olduğu belirlenmiştir (Işık ve Özlük, 2012:7). 1987-2017 yılları arasında Bitlis ilinde 124 sel olayı gerçekleşmiştir (Çelik vd. 2017). Sel ve taşkınlar Bitlis ili için afet riski oluşturmaktadır (Arınç, 2013; Uğur ve Işık, 2020: 103). Çalışma alanı olarak seçilen Bitlis'in Hizan ilçesinin güney kesimindeki beş alt havza Büyükdere'nin

yan kollarındandır. Bu yörede sel ve taşkınların yaşandığı ve bunun can ve mal için tehdit oluşturduğu bilinmektedir (Matpay vd., 2023). Çoğunlukla yerleşim yerleri, tarım sahaları, üzüm bağları, fındık ağaçları ile küçükbaş ve büyükbaş hayvanlar sel ve taşkınlardan etkilenmektedir.

Çalışma alanında sel ve taşkınların oluşumuna etkisi olan unsurlardan doğal faktörlerin yanında beşeri faktörlerin de etkisi fazladır (Arınç, 2013: 120; Matpay vd., 2023: 803). Dünya genelinde küresel iklim değişikliğinin de rolüyle sel ve taşkınların arttığı göz önüne alınırsa çalışma alanında da sel ve taşkın frekansında farklılıklar olması mümkündür. Çalışma alanına ait havzalar; eğim koşulları, yükselti ve iklim özellikleri bakımından taşkın için riskli noktalara sahiptir. Bunun yanında orman örtüsü ve orman altı floranın tahribatı bu alanda doğal süksesyonun tam aksine bir döngüye girmesine ve ekosistemin bozulmasına neden olacağı açıktır (Şekil 1). Bu durum dolaylı olarak sel ve taşkınların tesirini artırabilir. Nihai olarak geçmiş geleceğin aynasıdır ilkesinden hareketle, çalışma alanında yaşanmış sel ve taşkınların gelecek dönemde de aynı bölgede şiddeti artarak (iklim değişikliği ve beşeri müdahalelerin rolüyle) yaşanması kuvvetle muhtemel olması yüzünden bu çalışmanın ortaya konulması önemlidir.



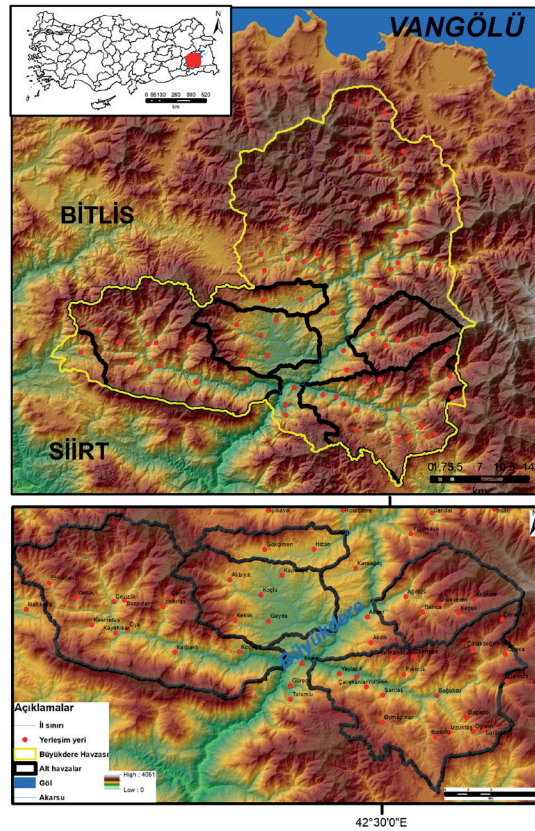
Şekil 1: Taşkınlardan etkilenen fındıklıklar, köprü, taşkınları etkileyen orman örtüsü tahribatı, yamaçta orman altı flora tahribatı.

Bu çalışmada Bitlis ilinin Hizan ilçesinin güney kesiminde yer alan beş havzanın taşkın duyarlılıkları hidromorfometrik analizlerle karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu havzaların seçilmesinin en önemli nedeni burada nüfus ve yerleşim yerlerinin yoğun olması ve insan aktivitelerinin (üzüm bağcılığı, bahçecilik, fındık yetiştiriciliği, pirinç çeltikleri, arıcılık

faaliyetleri, hayvancılık gibi) fazla olmasıdır. Ayrıca bu havzalarda geçmişte su baskınlarının yaşanması ve jeomorfometrik bir çalışmanın yapılmamış olması tercih nedenlerindedir. Keza iklimsel değişikliklere bağlı taşkın frekansının arttığı/artacağı ve beşeri müdahalelerin rolü düşünüldüğünde bu çalışmanın yapılması önem arz etmektedir. Çalışmada havzaların taşkın özellikleri, hidromorfometrik indislerle izah edilerek benzerlik ve farklılıkları korele edilerek ortaya konulmuştur. Böylece havzaların jeomorfolojik değişimi, drenaj ağı özellikleri ve topoğrafyayla ilişkisi açıklanmıştır. Alt havzaların nicel sonuçları bazı indislerde benzerlik gösterirken bazı indislerde ise farklılık göstermiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bölgede yer bilimiyle ilgili yapılacak çalışmalara (jeomorfolojik uygulamalar, coğrafi risk analizi ve değerlendirmesi, hidrografik planlamalar vb. fikir sunması bakımından önemlidir.

ÇALIŞMA ALANI

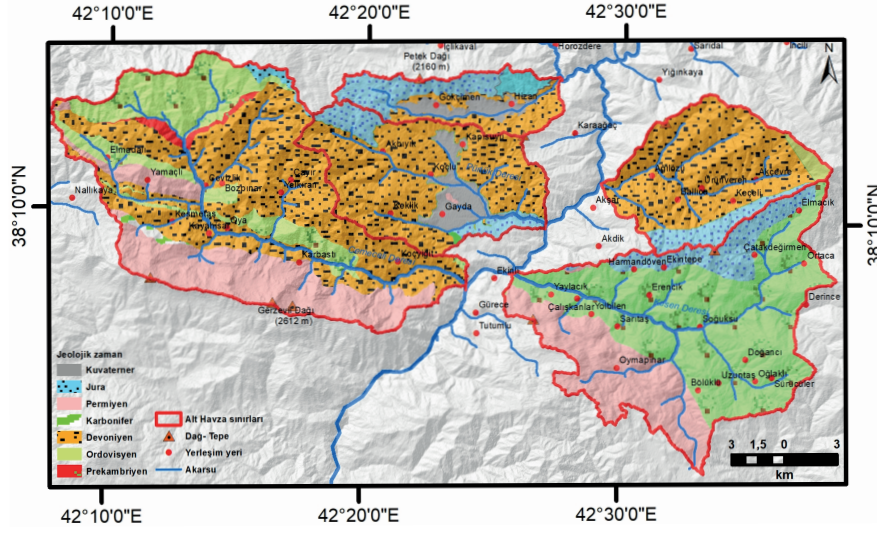
Çalışma alanı Vangölü havzasının güney kesiminde Dicle havzası içinde olup Hizan ve yakın güneyini kapsamaktadır. Havza sınırları su bölümü çizgisine göre belirlenmiştir. Bu havzalara ait akarsular yüzeysel sularını eğime uyumlu akmakta (Konsekan) olan Büyükdere'ye drene etmektedir. Havza sularını bünyesine alan Büyükdere ise Heşteri Dağı ve Gerzevil Dağı arasında gelişen dar vadiden geçerek baraj gölüne (Çetin HES barajı) katılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Çalışma alanı lokasyon haritası.

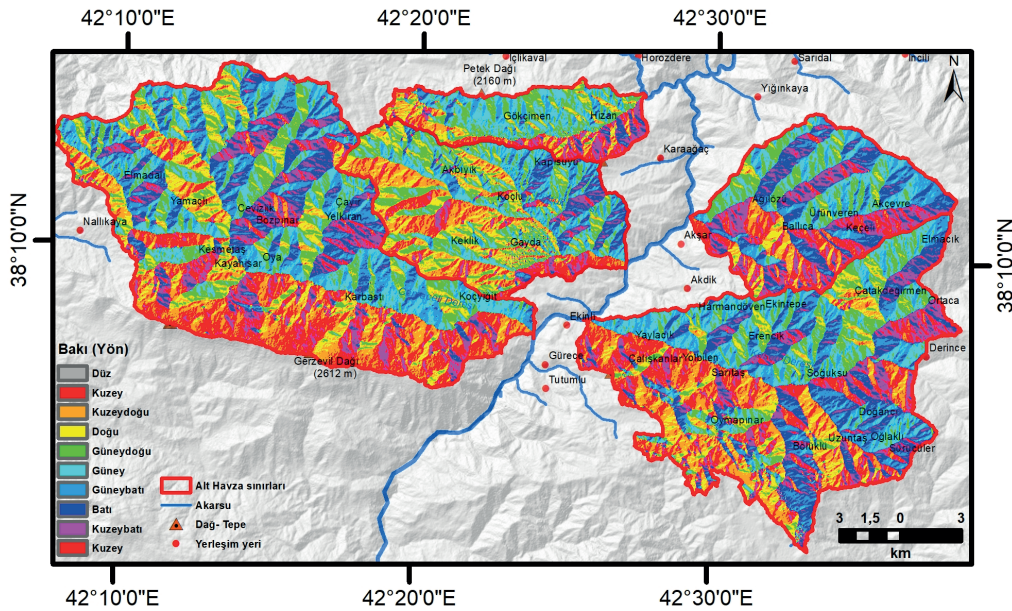
Jeolojik olarak Kıta-kıta çarpışma zonunda bulunan saha, Bitlis masifinin orta bölümünün doğu kısmında olup güneyde ise kenar kıvrımlarına komşuluk etmektedir. Havzada bulunan ana kayaların çoğu metamorfik (şist, gnays, mermer vb) ve sedimanter (çakıltaşı, kumtaşı vb) kayalardır. Cemeceli Deresi havzasının güney kesiminde bulunan Gerzevil Dağı açılmış antiklinalin (komb) kuzey kanadını oluşturmaktadır (Bircik, 2012, s.247). Bu dağın litolojik yapısını rekristalize mermer,

kalker ve dolomit kayaları oluşturmaktadır. Buna karşın Kesen Deresi havzasının güney kesiminde bulunan Heşteri Dağı'nın yüksek kesimleri mermer ve fillatlar oluştururken aşağı kesimlere doğru ise amfibolit, gnays gibi metamorfik kayalar oluşturmaktadır (Şekil 3). Çalışma alanında prekambriyenden kuvaternere kadar çeşitli yaşlarda kayalar bulunmaktadır (Şengün, 1984; Çağlayan ve Şengün, 2002, s.2; Matpay, 2022, s.29). Havzalara ait akarsu kollarının aşağı çıkışında güncel alüvyon, kumtaşı ve çamurtaşı bulunmaktadır. Bu birimler yüksek kesimlerden taşınan parçalanmış, fiziksel ufalanmaya uğramış unsurlardır.

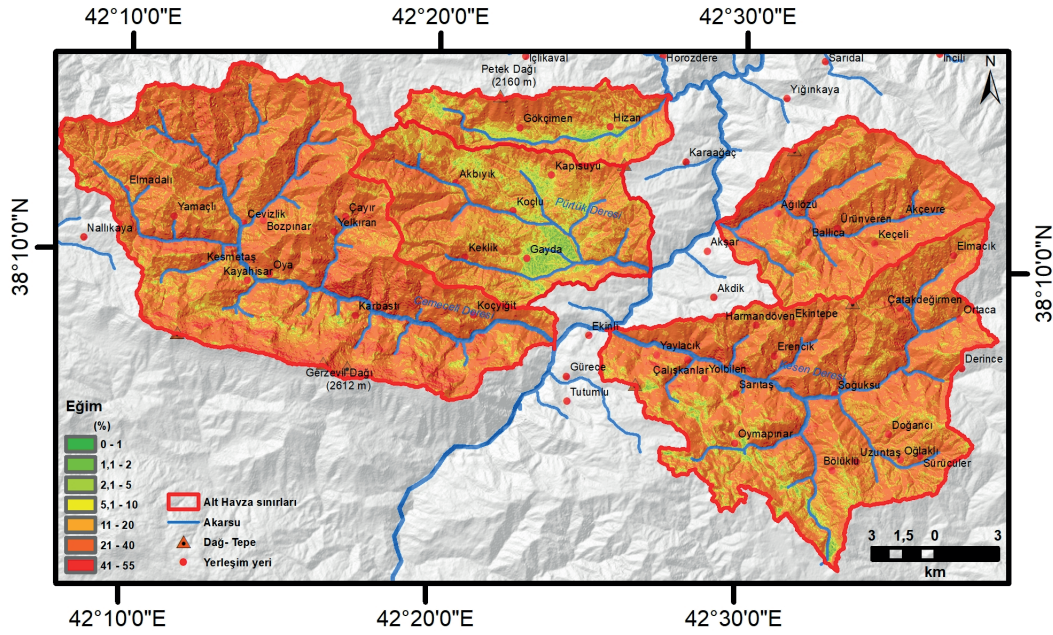


Şekil 3: Çalışma alanı jeoloji haritası (Şengün, 1984)

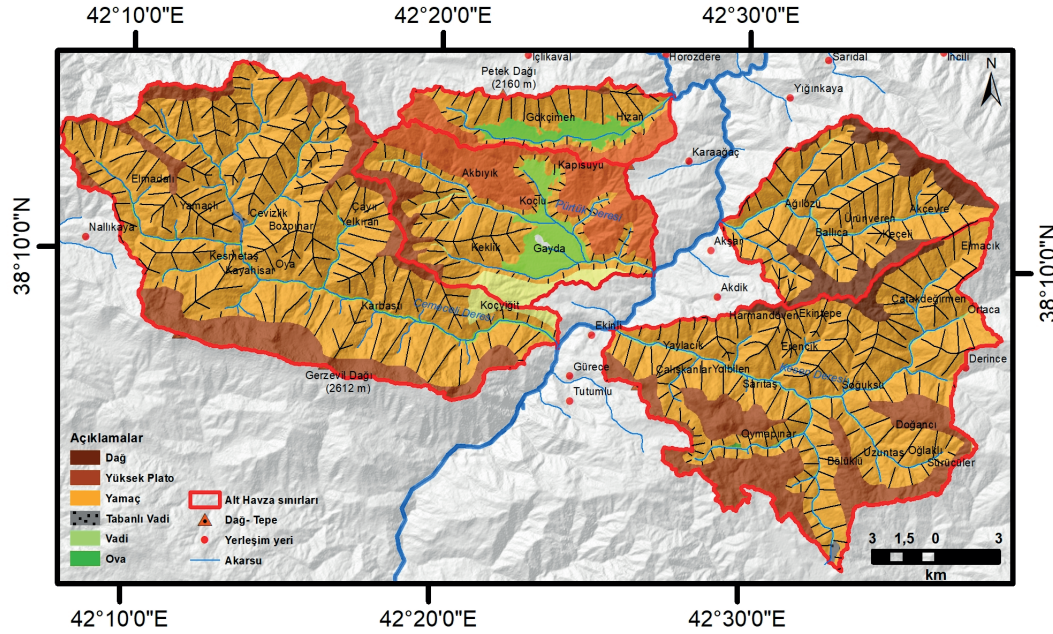
Çalışma alanı jeomorfolojisi daha çok jeolojik özelliklerin yansıması olarak gözlenmekte olup kısa mesafelerde değişiklik gösteren yükselti, eğim ve baki özelliklerine sahiptir (Şekil 4,5 ve 6). Bir sahanın yükselti, eğim vb. jeomorfolojik özellikleri meydana gelmesi muhtemel hidrometeorolojik afetlerin türü üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır (Turoğlu ve Özdemir, 2005; Özdemir, 2007).



Şekil 4: Çalışma alanı baki haritası



Şekil 5: Çalışma alanı eğim haritası.



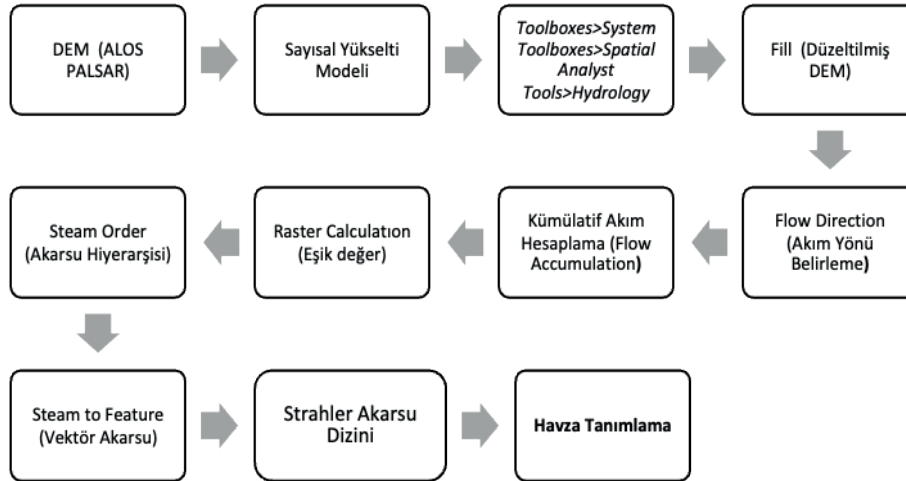
Şekil 6: Çalışma alanı jeomorfoloji haritası

Doğu Anadolu yüksek platosunun sert karasal iklim özelliklerinin görüldüğü konumda olan havza, çoğunlukla güneyde Toroslar üzerinden Bitlis'e doğru Akdeniz'den gelen nemli hava kütlelerinin etkisinde olup özellikle kış ve ilkbahar aylarında iç kısımlara sokulmasına müsait topoğrafyaya sahiptir (Erinç, 1953, s.23). Keza araştırmacıların Türkiye genelinde yaptıkları Akdeniz biyoiklim katlarının ve alt tiplerinin dağılışına bakıldığında, çalışma alanı yarı kurak Akdeniz biyoiklim katı ve alt tipi ise kışları çok soğuk olarak analiz edilmiştir (Baylan ve Ustaoglu, 2020, s.173). Alt havzalar birbirinden farklı bitki

varyete ve endemik türleri barındırmaktadır. Bunda doğal ortam özelliklerinden morfolojinin (yükselti ve eğim gibi) kısa mesafede değişmesinin rolü ön plandadır. Sahada İran-Turan bölgesi, Akdeniz bölgesi ve Avrupa-Sibirya bölgesine ait bitki topluluklarını görmek mümkündür. Bitki örtüsü katlarını bozkır, ot-çalı formasyonu, orman formasyonu ve yüksek dağ çayırları oluşturmaktadır. Bunun yanında topoğrafyanın bitki yetişme koşullarına uygun olan korunaklı yerlerinde farklı bitki çeşitleri de mevcuttur. Havza yakın çevresine göre orman formasyonu bakımından zengindir (Matpay, 2022, s.82). Bu formasyon içinde en fazla görülen meşe ve türleridir. Toprak örtüsü bakımından çeşitliliği fazla olan havzalarda eğimin fazla olduğu yerde toprak katmanları tam olarak gözlemlenmez iken, eğimin az olduğu çoğu yerde toprağın tüm katmanları gözlenmektedir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada taşkın duyarlılığını ortaya koymada sıklıkla kullanılan hidromorfometrik analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada arazi gözlem ve bulguları, haritalar (jeoloji, topoğrafya gibi), fotoğraflama, literatür araştırması, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama (UA) tekniklerinden faydalanılmıştır. Havzaların hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılıklarını ortaya koymak için arazinin kendine özgü coğrafi özellikleri dikkate alınarak daha önce yapılmış benzer çalışmalardan (Yaylak, 2016; Koçyiğit ve Akay, 2018; Turoğlu ve Aykut, 2019; Esen, 2022; Kamuş ve Dutucu, 2023; Kuşcu ve Özdemir, 2023) faydalanılmıştır. Çalışmada Alaska Fairbanks Üniversitesi Jeofizik Enstitüsü'nün web sitesinden temin edilen (ASE, 2023) 12,5 m yersel çözünürlüğe sahip Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) (*Digital Elevation Model (DEM)*) CBS ortamında Arc GIS yazılımı üzerinden oluşturulmuştur. Elde edilen SYM verisinden faydalanılarak lokasyon, eğim, fiziki ve topoğrafya haritası üretilmiştir. Bunun yanında Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasından faydalanılarak jeoloji haritası düzenlenmiştir. Bu aşamadan sonra su bölümü çizgisine göre sınırları belirlenen havzalarda SYM kullanılarak ArcHydro modülü aracılığıyla havzaların Strahler akarsu dizinleri hazırlanarak havza tanımlaması yapılmıştır. Böylece 5 alt sınıfa ayrılan havzalar (Şekil 7) analize tabi tutulmuştur.



Şekil 7: Çalışma alanı alt havzaları ve akarsu dizinleri oluşturma iş akış şeması

Havzalar için üretilen haritalar analiz edilerek hidromorfometrik hesaplamalara geçilmiştir. Bunun için ihtiyaç duyulan hidromorfometrik indislerden (çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi) taşkın hakkında bilgi verenlerden faydalanılmıştır (Tablo 1). Son olarak her alt havza için elde edilen veriler taşkın duyarlılık bakımından yorumlanmış olup alt havzalar kendi arasında korele edilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan morfometrik indisler ve formülleri.

Çizgisel morfometri (Linear)	Formül ve simge	Kaynak
Çatallanma Oranı (R_b)	$R_b = N_u / N_{u+1}$ (N_u : Toplam dizin sayısı)	Strahler, (1952)
Akarsu uzunluk oranı (R_L)	$R_L = L_U / L_{U+1}$ (L_U : Toplam dizin uzunluğu)	Strahler, (1964); Patton, (1988)
Tekstür Oranı (R_t)	$R_t = (\sum_{i=1}^N N_i) / P$ (N : Dizin sayısı)	Horton, (1945)
Alansal Morfometri (Areal)	Formül ve simge	Kaynak
Drenaj yoğunluğu (D_d)	$D_d = (\sum L) / A$ (L : Akarsu uzunluğu)	Horton, (1932, 1945)
Akarsu Sıklığı (F_s)	$F_s = (\sum_{i=1}^N N) / A$ (N : Dizin)	Reddy vd., (2004)
Havza Şekli (R_f)	$R_f = A / L_b^2$ (L_b : Havza uzunluğu)	Horton, (1932); Strahler, (1957)
Uzunluk Oranı (R_c)	$(2/P) * (A/\pi)^{1/2}$	Schumm, (1956)
Rölyef Morfometri (Relief)	Formül ve simge	Kaynak
Havza Rölyefi (B_h)	$B_h = H_{max} - H_{min}$ (H_{max} : Maksimum yükseklik; H_{min} : Minimum yükseklik)	Schumm, (1956)
Relief Oranı (R_h)	$R_h = B_h / L_{maks}$ (L_{maks} : Maksimum havza uzunluğu)	Schumm, (1956)
Engebelik değeri (R_n)	$R_n = B_h * D_d$	Schumm, (1956)
Akım toplanma zamanı (T_C)	$T_C = 0,0195 * L^{0,77} / S^{0,385}$ (S : Havza ortalama eğimi)	Kirpich, (1940)
Hipsometrik integral (H_i)	$H_i = (H_{ort} - H_{min}) / (H_{max} - H_{min})$	Strahler, (1952)

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanına ait alt havzaların çevre uzunluğu, alan, havza uzunluğu, maksimum yüksekliği, minimum yüksekliği, akarsu dizinleri, toplam dizin sayıları ve uzunlukları karşılaştırmalı olarak hazırlanmıştır (Tablo 2). Çalışma alanının en yüksek noktası 3120 m olup Ağılözü'nün doğu kesimi iken en alçak noktası Büyükdere'nin aşağı çığırlı olup 1038 m'dir. Bunun yanında en büyük çevre uzunluğuna sahip havza Cemeceli Deresi havzası iken buna karşın en küçük havza Hizan havzasıdır.

Tablo 2. Havzaların akarsu ağına ait bazı nicel veriler.

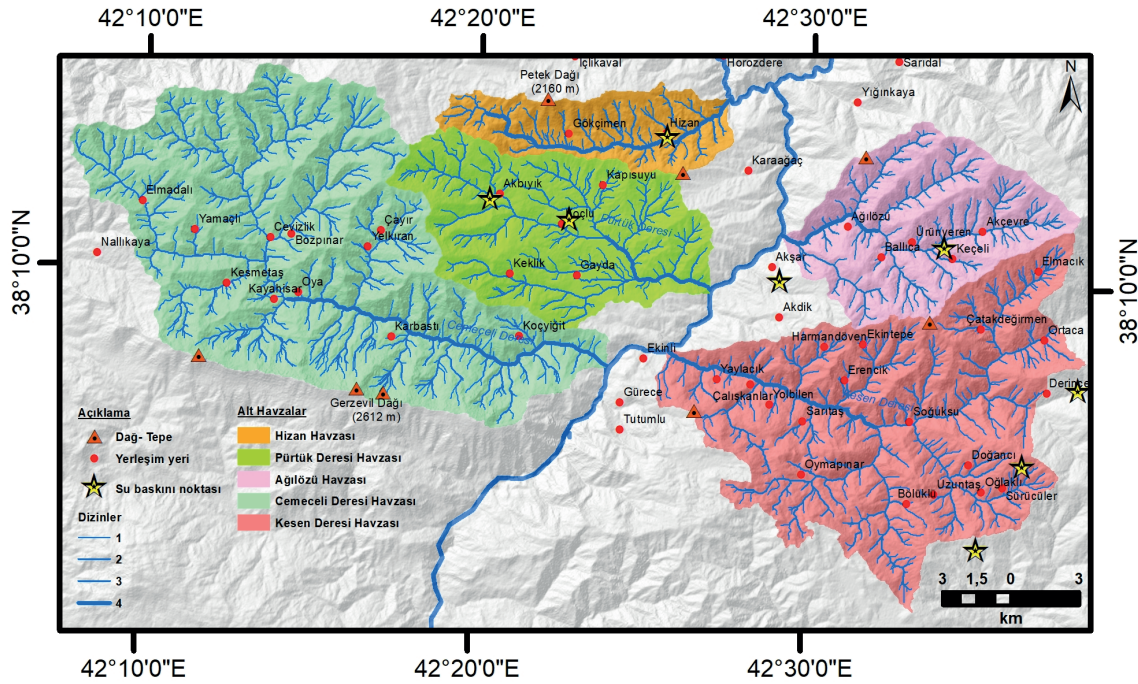
Havza Adı	Çevre (km)	Alan (km ²)	Maks. Yükseklik (m)	Min. Yükseklik (m)	Dizin sayısı (N_n)				Toplam dizin sayısı (N_r)	Toplam dizin uzunluğu (km)
					N_1	N_2	N_3	N_4		
Cemeceli	77	196	2790	1038	37	9	5	1	52	104,1
Kesen	77	155	2969	1059	25	13	4	1	43	81,2
Ağılözü	37	67	3120	1144	37	12	5	1	55	65,2
Pürtük	44	80	2635	1094	44	16	7	1	68	87,8
Hizan	35	34	2294	1344	78	28	4	1	111	79,9

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 göstermektedir (Turoğlu, 1997). Alt havzalara ait yan kollar K-G eksenli uzanan Büyükdere'ye (ana kol) bağlanmaktadır.

Dizin çatallanma oranı (R_b)

Çatallanma oranı hesaplaması için Strahler akarsu dizin sistemi esas alınmıştır. Hesaplama ilk önce bir dizindeki toplam dizin sayısının (N_u) bir üst dizinde bulunan toplam dizin sayısına (N_{u+1}) oranlanması yapılır. Bundan sonra ise dizinler için bulunan oranların aritmetik ortalaması alınarak R_b değeri belirlenir. R_b değeri havzada bulunan dizin sayısına göre değişir (Özdemir, 2011). Strahler (1964)'e göre keskin ve pik noktasının yüksek olduğu ve dar görünümlü hidrograflarda çatallanma oranı düşük iken aksi hidrograflarda çatallanma oranı yüksektir. Çalışma alanı havzaları için çatallanma oranı 2,29-3,44 arasında değişim göstermektedir. Verstapen (1983)'e göre R_b değeri 3-5 arasında hesaplanırsa saha jeolojik olarak homojendir. Keza R_b arttıkça dere/yarıntı ve dar/derin vadilerin sayısı artmaktadır (Verstapen, 1983; Kamuş ve Dutucu, 2023:10). Havzalar içinde en düşük çatallanma oranına sahip havza Kesen Deresi havzası iken en büyük çatallanma oranına sahip havza Hizan havzasıdır. Bu bilgiler ışığında havzalar jeolojik olarak homojen olmadığı gibi dizinler arası çatallanma oranı farkının yüksek olduğu söylenebilir. Çatallanma oranı düştükçe sel ve taşkın duyarlılığının artacağı düşünülürse (Turoğlu ve Aykut, 2019:7) taşkın üretme potansiyeli en yüksek havza Kesen Deresi havzasıdır.



Şekil 8: Strahler metodu ile hazırlanmış akarsu dizinleri ve haritası.

Akarsu uzunluk oranı (R_L)

R_L değeri, bir dizinin segment uzunluğunun (L_u) kendinden sonraki dizinin segment uzunluğuna (L_{u+1}) bölünmesiyle hesaplanmaktadır (Horton, 1945; Patton, 1988). Akarsu uzunluk oranlarının aritmetik ortalaması ise havzanın R_L değerini ifade etmektedir. R_L değeri yüzeysel akış ve akarsuyun drene olmasına bağlı olarak taşkın duyarlılığı hakkında bilgi vermektedir (Babu vd., 2016). R_L değerinin düşük hesaplanması, akarsuyun kolayca drene olduğu dar ve uzun havzayı işaret etmektedir (Özdemir, 2011). R_L değerinin yüksek hesaplanması ise yüzeysel akışlarda daha az kayıp olduğunu ve ana koldaki birikime bağlı taşkın duyarlılığının arttığı dairesel havzayı temsil etmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışma alanı için R_L değerleri 1,24-2,96 arasında değişmektedir. R_L değeri fazla olan havzalarda alt dizinlerden gelen suyun aynı anda bir araya gelmesi, büyük hacimdeki su kütesine ulaşması ve kanal dışına çıkma olasılığının fazla olması nedeniyle taşkın duyarlılığı fazla olacaktır (Turoğlu ve Aykut, 2019: 8). Bu doğrultuda Hizan havzasının R_L değeri en fazla olduğundan taşkın duyarlılığı yüksektir.

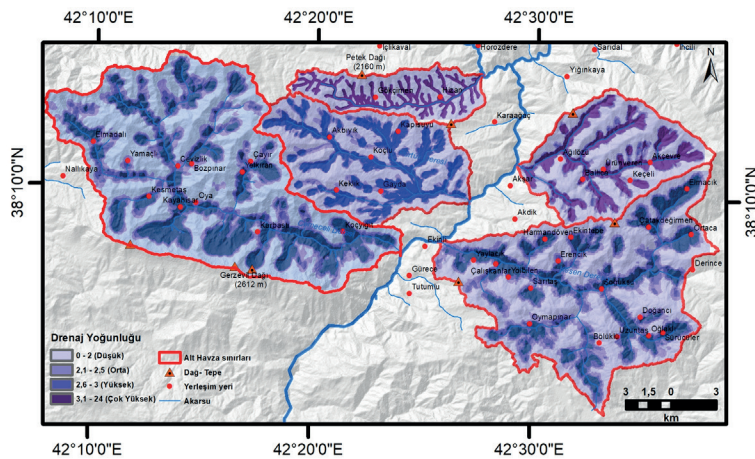
Tekstür oranı (T)

Tekstür oranı hidromorfometrik analizlerde sıklıkla kullanılan önemli bir indistir. Bu indis havzada bulunan birinci dizin sayısının, çevre uzunluğuna oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Horton, 1945; Biswas vd., 1999; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Tekstür oranı havzanın litolojisine, zeminin sızma kapasitesine ve rölyef özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösterir (Rana vd., 2016). Tekstür oranı dairesel görünümlü havzalarda yüksek iken, uzunlamasına görünümlü havzalarda düşüktür (Reddy vd., 2004; İmamoğlu, 2020, s.874). T değerinin yüksek çıkması ana kola bağlanan 1. düzeydeki dizinlerin sayısının çok yani dizin sıklığının fazla olduğuna işaret eder. Aksi durumda yani T değerinin düşük çıkması ise dizin sıklığının az olduğunu göstermektedir (Özdemir, 2011; Rana vd., 2016; Turoğlu ve Aykut, 2019). Tekstür oranı sonucunu yorumlamada Smith (1959)'nin drenaj yoğunluğuna bağlı oluşturduğu ölçek kullanılabilir. Buna göre $T < 2$ ise “çok geniş”, T değeri 2-4 arası ise “geniş”, T değeri 4-6 arasında ise “Orta”, T değeri 6-8 arası ise “dar”, $T > 8$ olması halinde “çok dar” drenaj dokusuna sahip olduğu söylenebilir (Smith, 1950; Turoğlu ve Aykut, , 2019). Tekstür oranı alt havzalar için 0,48-2,22 arasında değişmektedir. En küçük tekstür oranına sahip havza Cemeceli Deresi havzası iken en büyük orana sahip havza Hizan havzasıdır. Buna göre diğer havzalara kıyasla Hizan havzasında ana kola bağlanan 1. düzeydeki dizin sayısı ve sıklığının fazla olduğu söylenebilir. Keza drenaj dokusu bakımından Hizan havzası “geniş” nitelikte kıyasla taşkın duyarlılığı yüksektir.

Alansal Morfometri

Drenaj yoğunluğu (D_d)

Havzaya düşen yağışın akarsu kanalıyla (çizgisel akış) ne derece drene edildiğini açıklayan bu indis, topoğrafyanın parçalanma derecesi hakkında fikir vermektedir. Bu indis havzadaki akarsuların tüm dizinlerinin toplam uzunluğunun havza alanına oranlanmasıyla hesaplanmaktadır (Horton, 1945, s.283; Ödeker ve Türkoğlu, 2020, s.25). Drenaj yoğunluğu yarılma derecesi, jeoloji, iklim ve bitki örtüsü hakkında bilgi vermektedir (Hoşgören, 2001; Utlı ve Özdemir, 2018, s.57). Permeabilitesi yüksek kayaların olduğu yerlerde yeraltına sızma potansiyeli fazla ve yüzeyde aşınım az olacağından drenaj yoğunluğu düşük değerler sunacaktır. Buna karşın permeabilitesi düşük kayaların yoğun olduğu yüzeylerde yer altına sızma düşük olacağından yüzeysel akış fazla ve aşınımın fazlalığı ortaya çıkacaktır. Bu yüzden yüksek drenaj yoğunluğu değerleri hesaplanacaktır (Patton ve Baker, 1976, s.942; Utlı ve Özdemir, 2018, s.57). Özetle drenaj yoğunluğu ve taşkınlar arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Utlı ve Özdemir, 2018: 9). Drenaj yoğunluğu 4 sınıfta değerlendirilir. Drenaj yoğunluğu 0-2 arası hesaplanırsa “Düşük”, 2-2,5 arası hesaplanırsa “Orta”, 2,5-3 hesaplanırsa “Yüksek”, drenaj yoğunluğu 3'ten büyük hesaplanırsa “Çok Yüksek” olarak ifade edilmektedir (Malik vd., 2011: 114). Çalışma alanına ait havzalar için drenaj yoğunluğu 0,53-2,35 arasında değişim göstermektedir. Çalışma alanında Hizan alt havzası “orta” sınıfta yer alırken diğer alt havzalar “Düşük” sınıfta yer almaktadır. Drenaj yoğunluğunun havzalara ait mekânsal dağılımı haritasına (Şekil 9) bakıldığında taşkın duyarlılıklarının yüksek olduğu görülmektedir.



Şekil 9: Çalışma alanı drenaj yoğunluğu haritası.

Akarsu Sıklığı (F_s)

Havzadaki drenaj sisteminin gelişim seviyesini gösteren bu indis havzadaki toplam dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilir (Horton, 1945). Yani km^2 bazında dizin sayısını tanımlamaktadır. F_s üzerinde, arazinin litolojik özellikleri, jeomorfolojik özellikleri, bitki örtüsü, iklim, zaman ve beşeri etmenlerin rolü vardır (Peltier, 1950: 214). Yüksek hesaplanan F_s değerleri; seyrek bitki örtüsü, yüksek rölyef özellikleri ve arazinin permeabilitesinin düşük olduğunu gösterirken, Düşük hesaplanan F_s değerleri ise sık bitki örtüsünü, düşük rölyef özelliklerini ve arazinin permeabilitesinin yüksek olabileceğini göstermektedir (Özdemir, 2007: 463). Bunun yanında iklim özelliklerinin yükselti koşullarına göre (ovadan dağlık alana doğru) değiştiği dikkate alındığında, dağlık alanların ovaya kıyasla akarsu sıklığı fazla olacaktır. Keza akarsu sıklığı ve drenaj yoğunluğu arasında doğru orantı bulunmaktadır (Utlu ve Özdemir, 2018: 9). Bu bilgiler ışığında F_s değerinin yüksek çıkması yüksek akıma ve dolayısıyla yüksek taşkın potansiyeline işaret etmektedir (Turoğlu ve Aykut, 2019). Çalışma alanında F_s değeri 0,26-3,26 arasında değişmektedir. Çalışma alanında en yüksek F_s değeri Hizan havzasına aittir. Buna göre taşkın duyarlılığı en yüksek havza Hizan havzası olduğu söylenebilir.

Havza Şekli (R_f)

Havza alanının, maksimum havza uzunluğunun karesine bölünmesiyle hesaplanan bu indis havza şekli hakkında fikir vermektedir. Bu indisle havzaların geometrisi (dairesellik, uzunlamasına) hakkında bilgi edinilebilir. Hesaplama R_f değeri 0 – 1 arasında değişmektedir. 0'a yakın olması dar ve uzun havzayı, 1'e yakın olması ise dairesel havzayı temsil etmektedir (Horton, 1932). Ayrıca R_f değerinin düşüklüğü havzada kısa zamanda yan kollardan gelen az akımla, uzun süreli gelişen yüksek ana akımın görüleceğini ortaya koyar. R_f değerinin yüksekliği ise aksi durumun göstergesidir. Bu indis ayrıca havzanın aşındırma gücü ve etkisinin yorumlanabilmesini sağlamaktadır. Keza yağışla biriken suyun yüksek debilerini ve taşkın gibi hidrografik özelliklerini değerlendirmek için kullanılır (Biswas vd., 1999, s.164-166; Reddy vd., 2004, s.9; Utlu ve Özdemir, 2018, s.57). Alt havzalar için R_f değeri 0,19-0,5 arası hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarına göre R_f değerinin en düşük hesaplandığı Hizan havzası kısa zamanda yan kollardan gelen az akımla, uzun süreli gelişen yüksek ana akımın görülebileceği konumda olduğu söylenebilir. Buna karşın R_f değeri en yüksek hesaplanan havza ise Pürtük Deresi havzasıdır.

Uzunluk oranı (R_c)

Havzayla aynı alana sahip daire çapının, maksimum havza uzunluğuna oranı olarak tanımlanan bu indis permeabilite ve yüzeysel akış hakkında bilgi vermektedir (Schumm, 1956; Özdemir, 2011). Havzadaki iklim ve jeolojik şartlara bağlı olarak genellikle 0,6-1 arasında değişmektedir (Schumm, 1956). Hesaplanan değer 1'e yaklaştıkça taşkına duyarlılık artar (Turoğlu, 1997). Düşük hesaplanan R_c değeri arazide yüksek permeabilite ve düşük yüzeysel akışı ifade ederken, Yüksek hesaplanan R_c değeri ise yüzeysel akışın fazla olduğunu bu yüzden de erozyonun ve sediman taşınımının çok olduğunu göstermektedir (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004; Özdemir, 2011). Çalışmada alt havzaların R_c değeri 0,49 – 0,80 arası değişmektedir. En düşük değer Hizan havzası için hesaplanırken en yüksek değer Pürtük Deresi havzası için hesaplanmıştır. Buna göre Pürtük Deresi havzası kıyasla taşkın duyarlılığı yüksektir.

Rölyef Morfometrisi

Havza rölyefi (B_h)

Bir havzadaki en yüksek nokta ile en alçak nokta arasındaki yükseklik farkını ifade eden bu indis (Schumm, 1956) yüksek hesaplanması yamaçların dikliğini, engebe ve akarsu yatak eğiminin fazla olduğunu göstermektedir (Baker vd., 1988; Turoğlu ve Aykut, 2019). B_h değerinin yüksek hesaplandığı havzada akım toplanma zamanı kısıllanacağı ve akım hızının artacağı açıktır. Buna paralel olarak taşkın piki ve duyarlılığı fazla olacaktır (Özdemir, 2011). Havzalara ait yükselti verilerine bakıldığında en fazla yükseltinin çalışma alanının doğu kesiminde ve Ağılözü havzasında bulunan dağlık (3120 m) alandır. En düşük

yükseltinin (1038 m) ise Büyükdere'nin aşağı çığırında bulunan Cemeceli alt havzasında bulunmaktadır. Havzaların B_h değerleri 950 – 1976 m arasında değişmektedir. Tüm havzaların ortalama B_h değeri 1625,8 m'dir. Pürtük Deresi, Hizan ve Ağilözü havzaları bu ortalamanın altındadır. Kesen Deresi havzasının yamaç diklikleri, akarsu yatak eğimi ve taşkın duyarlılığı daha fazladır. Saha çalışmalarında Kesen Deresi havzasında bulunan Çalışkanlar ve Tutumlu arası kesime ait ve fındık ağaçları bakımından zengin olan bu yerlerde eğim diklikleri dikkat çekici olup bu alanda taşkın pikleri ve duyarlılığı fazladır. Keza bu alanda taşkınlardan etkilenen yol, köprü ve fındıklıklar gözlemlenmiştir.

Rölyef oranı (R_h)

Havza rölyefinin, ana akarsuya paralel olacak biçimde çizilen maksimum havza uzunluğuna oranlaması ile edilen bu indis (Schumm,1956; Patton, 1988) topoğrafya hakkında bilgi ve farklı havzaları karşılaştırmaya olanak vermesi bakımından önemlidir (Strahler, 1957). R_h değeri yüksek hesaplanan havzalar engebeli araziye, düşük hesaplanan havzalar ise geniş vadileri işaret etmektedir (Rajasekhar vd., 2020; Coşkun ve Öztürk, 2022: 7). Yapılan hesaplamalarda havzalara ait R_h değeri 0,067-0,156 arasında değişmektedir. En düşük değere Cemeceli Deresi havzası sahipken en yüksek değer Ağilözü havzasına aittir. Bu sonuçlara göre Ağilözü havzasının taşkın duyarlılığı kıyasla daha fazladır.

Engelibelik değeri (R_n)

Havzanın yarılma derecesi, akım gravitesi, yüzeysel akış durumu, arazinin permeabilitesi ve erozyon süreci hakkında bilgi veren bu indis (Verstappen, 1983; Reddy vd., 2004) drenaj yoğunluğunun havza rölyefiyle çarpılmasıyla hesaplanmaktadır (Melton, 1957). Yüksek hesaplanan R_n değeri su kaybının az ve yüzeysel akışın fazla olduğunu göstermekle birlikte havzanın sel potansiyeline sahip olduğunu ifade etmektedir (Baker vd., 1988; Özdemir, 2011; Avcı ve Sunkar, 2015: 112). Düşük hesaplanan R_n değeri ise su kaybının arttığını ve yüzeysel akışın azaldığını, dolayısıyla taşkın duyarlılığının düşük olduğunu ifade etmektedir (Kamuş ve Dutucu, 2023: 13). Alt havzalara R_n değeri 0,43 – 2,23 arasında değişmektedir. Hizan havzasında R_n değerinin kıyasla yüksek hesaplanması bu havzada taşkın potansiyelinin yüksek olabileceğini göstermektedir.

Akım toplanma zamanı (T_c)

Akım toplanma zamanını hesaplamada FAA (U.S. Federal Aviation Administration) ile ASCE (American Society of Civil Engineers) tarafından önerilen Kirpich denklemi kullanılmıştır (Eraydın, 2015: 25). Bu denklem akarsu havzasında yüzeysel akışa geçen suyun havzanın en uzak köşesinden ana kola ya da havza çıkışındaki yere kadar geçen zamanı hesaplamada kullanılmaktadır (Kirpich, 1940; Avcı ve Sunkar, 2015: 95). Akım toplanma zamanının yüksek bulunması havza büyüklüğü, topoğrafyadaki arızalı yapı, eğim koşulları, zemin geçirirliliği, bitki örtüsü yoğunluğu, şehirleşme vb. koşullarla ilgilidir. Örneğin doğal yatağa sahip akarsularda suyun yüzeyde oyalanması ve sızma kapasitesi fazla iken, müdahale edilmiş yapay yataklarda suyun emlimi ve oyalanma süreci azalacaktır. Keza eğimin fazla olduğu yamaçlarda akmakta olan su emilime fırsat bulmadan hızlanarak çıkış noktasına çabuk ulaşacaktır. Buna bağlı taşkın duyarlılığı artacaktır (Özdemir, 2011; Turoğlu ve Aykut, 2019; Kamuş ve Dutucu, 2023: 14). Hesaplamalara göre havzaların akım toplanma zamanı eğim koşulları ve havza uzunluklarına uyumlu olarak değişkenlik göstermekte olup 9,4-14,5 arasında değişmektedir. En küçük hesaplanan değer Pürtük Deresi havzasına ait olduğundan diğer havzalara kıyasla taşkın duyarlılığı fazladır.

Hipsometrik integral (H_i)

Hipsometri eğrisi altında kalan alan Hipsometrik integrali temsil etmekte olup (Strahler, 1952) havzadaki yükseklik değişiminin ortalama değere göre konumunu ifade etmektedir (Keller ve Pinter, 2002). H_i havzanın aşınım evresi (Singh, 2008) ve yamaç gelişimi (Andreani, 2014) hakkında bilgi vermektedir. Hesaplamalar neticesinde bulunan H_i değeri ortalama ve düşük hesaplanırsa bu havzanın büyük oranda aşındırıldığına ve parçaladığına işaret etmektedir (Özdemir, 2011). $H_i < 0,35$ hesaplanırsa arazinin “yaşlılık” evresinde olduğu, $H_i 0,35 \leq H_i \leq 0,60$ hesaplanırsa “olgunluk”, $H_i > 0,6$ hesaplanırsa “Gençlik”

evresinde olduğu söylenebilir (Singh vd., 2008). Taşkın duyarlılığı bakımından öne çıkan evre ise “Olgunluk” aşamasıdır (Turoğlu ve Aykut, 2019). En yüksek H_i Cemeceli Deresi Havzası için H_i 0,49, hesaplanırken en küçük değer Pürtük Deresi Havzası için 0,33 olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler ve yukarıda verilen bilgiler birlikte yorumlandığında havzaların taşkın duyarlılığının yüksek olduğu söylenebilir.

Bu çalışmada kullanılan indislerin hesaplama bulguları ortaya konulduktan sonra literatürde yapılmış benzer çalışma sonuçları ile ilişkilendirilmiştir. Turoğlu ve Aykut (2019)’da Ergene Havzasında hidromorfometrik analizde havzayı 14 alt havzada incelemiştir. Her havza için taşkın duyarlılık seviyesini nicel olarak ortaya koymuştur. Koçyiğit ve Akay (2018)’de yaptıkları çalışmada havzada muhtemel taşkın potansiyeli olan yerleri iki ana gruba ayırarak incelemiştir. Kamuş ve Dutucu (2023)’te yaptıkları çalışmada 12 farklı hidromorfometrik indisi işleme alarak analiz yapmıştır. Bu analizde alt havzalar için taşkın duyarlılığını 1-3 arasında puan vererek nicel etki tablosu oluşturmuştur. Bu çalışmada ise her indisin etki düzeyi tanımlanarak havzalar arasında korelasyon yapılmıştır. Sonraki aşamada ise morfometrik indislerden taşkın duyarlılığını yorumlamada bilgi sunan hidromorfometrik indislerden 12 adet (R_b , R_L , T_p , D_a , F_s , R_p , R_e , B_h , R_h , R_n , T_c ve H_i) hidromorfometrik indisin nicel analizi yapıldıktan sonra hesaplanan değerler tabloya aktarılmıştır (Tablo3).

Tablo 3. Çalışma alanında kullanılan hidromorfometrik indislerin nicel analiz sonuçları tablosu.

Morfometrik İndisler / Alt Havzalar	Cemeceli	Kesen	Ağılözü	Pürtük	Hizan
Çizgisel Morfometri (Linear Morphometry)					
Çatallanma Oranı (Bifurcation ratio)	2,72	2,29	2,62	3,00	3,44
Akarsu Uzunluk Oranı (Length ratio)	1,41	1,24	1,48	1,48	2,96
Tekstür Oranı (Texture ratio)	0,48	0,32	1,00	1,00	2,22
Alansal Morfometri (Areal Morphometry)					
Drenaj Yoğunluğu (Drainage density)	0,53	0,22	0,97	1,09	2,35
Akarsu Sıklığı (Stream frequency)	0,26	0,27	0,82	0,85	3,26
Havza Şekli (Basin shape)	0,29	0,46	0,32	0,50	0,19
Uzunluk Oranı (Elongation ratio)	0,61	0,76	0,64	0,80	0,49
Rölyef Morfometrisi (Relief Morphometry)					
Havza Rölyefi (Basin relief)	1752	1910	1976	1541	950
Rölyef Oranı (Relief ratio)	0,06	0,10	0,15	0,10	0,07
Engebelilik Değeri (Ruggedness number)	0,93	0,43	1,92	1,69	2,23
Akım Toplanma Zamanı (Time of concentration)	14,5	13,5	10,4	9,4	11,2
Hipsometrik İntegral (Hypsometric integral)	0,49	0,41	0,48	0,33	0,41

Hesaplaması yapılan her morfometrik indis taşkın bakımından değerlendirilmiş olup havzalar için karşılaştırmaları yapılmış olup, taşkın duyarlılığı korelasyon tablosunda indis değeri toplamı 0-26 arası olan için “Çok Düşük”, 27-32 arası “Düşük”

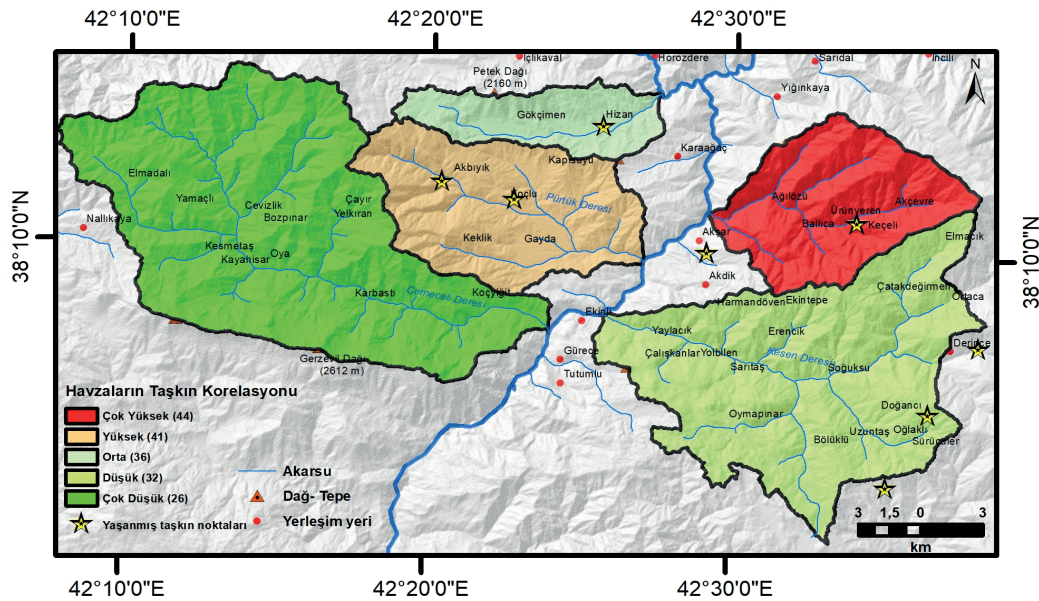
33-41 arası “Orta”, 42-44 arası için hesaplanan değerler için “ Yüksek” ve 44 üzeri değerler için “Çok Yüksek” sınıflaması yapılmıştır (Tablo 4). Böylece indislerin havzalar için taşkın duyarlılık önem düzeyi karşılaştırmalı olarak ortaya konulmuştur. Ağılözü ve Pürtük Deresi havzalarının hidromorfometrik bakımdan taşkın duyarlılığının sırasıyla “Çok Yüksek” ve “ Yüksek” olduğu, Hizan havzasının “Orta”, Kesen Deresi havzasının “düşük” ve Cemeceli Deresi havzasının “Çok Düşük” duyarlı olduğu anlaşılmıştır. Keza bu çalışmada tespit edilen yüksek duyarlı havzaların geçmiş dönemde yaşanmış su baskını noktalarıyla örtüştüğü görülmektedir. Ayrıca bölgede farklı metotlarla yapılan çalışmalarda da saha ve çevresinin taşkın riski taşıdığı ifade edilmiştir (Arınç, 2013; Aydın ve Yaylak, 2016; Ekinci vd., 2020; Matpay ve Doğu, 2021; Matpay vd., 2023). Kısaca bu çalışmada havzaların taşkın duyarlılığı hiyerarşisi hidromorfometrik olarak ortaya konulmuştur. Taşkın olayının fazla olduğu yerler ile bu çalışmadan elde edilen “Çok Yüksek” ve “Yüksek” hesaplanan havzalar yerleşim yerlerinin ve insan yoğunluğunun ve aktivitelerinin fazla olduğu yerlerdir.

Tablo 4. Havzalara ait taşkın duyarlılığı nicel etki korelasyon tablosu.

Alt Havzalar	R_b	R_L	T	D_d	F_s	R_f	R_e	B_h	R_h	R_m	T_c	H_i	Σ	Sınıfı
Cemeceli	3	2	2	2	1	2	2	3	1	2	1	5	26	Çok Düşük
Kesen	5	1	1	1	2	4	4	4	4	1	2	3	32	Düşük
Ağılözü	4	3	3	3	3	3	3	5	5	4	4	4	44	Çok Yüksek
Pürtük	2	4	3	4	4	5	5	2	3	3	5	1	41	Yüksek
Hizan	1	5	5	5	5	1	1	1	2	5	3	2	36	Orta

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma alanı sahip olduğu coğrafi özellikleri bakımından sel ve taşkınların yaşandığı konumdur. Değişen iklim koşullarının tesiriyle dünyada artan taşkın frekansının çalışma alanında da artabileceği öngörüsüyle bu alanda alt havzaların taşkın bakımından kıyaslanması önemli görülmüştür. Böylece alt havzalara ait jeomorfolojik uygulama ve planlamalar daha sağlıklı gerçekleştirilebilir. Çalışmada Bitlis iline bağlı olan Hizan ilçesinin güney kesiminde bulunan ve yerleşimin ve insan faaliyetlerinin fazla olduğu beş alt havzanın çizgisel, alansal ve rölyef morfometrisi başlıkları altında bulunan 12 hidromorfometrik indisin analizi yapılmıştır. Hidromorfometrik indis hesaplamaları yapılarak havzaların taşkın sınıflandırması yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre Ağılözü havzası ve Pürtük Deresi havzası taşkın duyarlılığı bakımından yüksek olduğu anlaşılmıştır. Keza geçmişte yaşanmış taşkınlar incelendiğinde alt havzalar içinde bu iki havzanın ön plana çıktığı görülmektedir. Buna karşın D-B eksenli uzanan Cemeceli Deresi çevresinde bulunan yerleşmeler ise taşkın duyarlılığının en düşük olduğu konumdur. Bunda Kerzevil Dağı'nın litolojik özellikleri (Kalker) ön plandadır. Çalışma alanına ait alt havzaların drenaj ağı özellikleri, litolojisi, eğim koşulları ve bitki örtüsü gibi coğrafi özellikleri taşkın duyarlılığı üzerinde belirleyici olduğu anlaşılmıştır. Ancak çevresine kıyasla orman ve çalı formasyonu bakımından zengin olan çalışma alanında bilinçsiz ve kontrolsüz orman tahribatı taşkın duyarlılığını tetikleyeceği açıktır. Bu çalışma taşkın risk değerlendirmesi çalışması olmasa da yörede yapılacak jeomorfolojik çalışmalara temel teşkil etmesi bakımından önemlidir. Sel ve taşkınların dikkate alınması gereken her türlü planlamada beş alt havzanın taşkın karşı duyarlılık ölçütlerinin göz önünde bulundurulması önerilmektedir. Bu sayede doğal ortam-insan ilişkisi kurgulanmasında proaktif bir bakış sağlanarak can ve mal kayıpları en aza indirilecektir. Kısaca çalışma bu haliyle literatüre katkı sağlayacağı gibi coğrafi planlama ve havza yönetim çalışmalarına katkı sunacağı düşünülmektedir.



Şekil 10 : Hidromorfometrik analiz sonuçlarına göre alt havzaların taşkın duyarlılık korelasyonu haritası.

| EXTENDED ABSTRACT |

Correlation of flood sensitivity of sub-basins of the Büyükdere basin (Hizan-Bitlis) with hydromorphometric analyses

Bülent MATPAY 

INTRODUCTION

In geographical science, morphometry is defined as the expression of the shape characteristics of features, such as height, depth, length and width, using quantitative data (Chavare & Shinde, 2013, p.224; Hoşgören, 2017, p.219; Said et al., 2018, p.131). The shaping of the topography of a place is to the extent of the influence of internal and external dynamics. Among these dynamics, it is known that physical geography features (geology, hydrography, climate, vegetation, soil properties) and human activities have an effect on the development and change of the geomorphology of that place. Since the formation of the Earth, it has not been able to protect its primordial geomorphology as well as its geomorphometric features due to the influence of these factors. The fact that the structure of the earth does not have a homogenous characteristic everywhere is undoubtedly a factor in this. From the beginning of the formation of the earth, it has had constantly changing relief conditions under the influence of internal and external factors. Flood is defined as the overflow of the water flowing out of its channel as a result of heavy downpours or the uncontrolled spread of excess water from the bed of the river to the surrounding areas.

Floods can cause loss of life and destruction of property as a result of meteorological, topographical and anthropogenic factors. Floods, which have started to be experienced more frequently in recent years with the climate change, are one of the natural hazards that cause serious loss of life and property in the world. The impact area of floods depends on changes in the type, time and duration of rainfall. Besides, the physical geography features of the land and human factors also have a strong influence on the formation of floods.

Approximately 1.47 billion (19%) of the world's population live in flood-prone areas. Millions of people are affected by floods every year. By 2030, the number of people exposed to fluvial flooding alone is expected to rise to 132 million. Turkey is a country where floods are occurred due to its geographical features. This statement is supported by the frequent occurrence of floods reaching disaster proportions in the country. According to statistics on natural disasters, after earthquakes and landslides, the highest number of floods was experienced in 2022 with 450 incidents. When the distribution of flood events occurring since 1950 for Bitlis Province is examined, it is seen that 247 events have occurred. In this respect, it is important to determine the risks for floods and to develop prevention policies considering the high number of floods and the damages they cause.

The study area is in a sensitive position in terms of topographical and hydro-meteorological characteristics. The study area is one of the most precipitated places in Turkey with an annual precipitation of 1206 mm. Due to rainfall, snow and ice melts, river floods occur very much. Bitlis is one of the ten provinces most exposed to flood hazard. The annual frequency rate of flooding is 0.132 and the population exposed to risk is determined to be 10.000. Between 1987-2017, 124 flood events occurred in Bitlis province (Çelik et al. 2017). Floods pose a disaster risk for Bitlis province (Arınç, 2013; Uğur and Işık, 2020: 103). The five sub-basins in the southern part of Hizan district of Bitlis, which was selected as the study area, are the branch streams of Büyükdere. It is known that floods and floods occur in this region and pose a threat to life and property (Matpay et al., 2023). Mostly living areas, agricultural fields and animals are affected by floods.

In addition to natural factors, human factors have a great impact on the occurrence of floods in the study area (Arınç, 2013: 120; Matpay et al., 2023: 803). The sub-basins of the study area have risky points for flooding in terms of slope conditions, elevation and climate characteristics. In addition, it is clear that the destruction of forest cover and sub-forest flora will cause the natural succession in this area to enter a cycle contrary to the natural succession and disrupt the ecosystem. This situation may indirectly increase the impact of floods. As a result, it is possible that floods may be experienced in the future in the region with increasing intensity (with the role of climate change and human interventions). Therefore, it is important to present this study. In this study, the flood sensitivity of five basins located in the southern part of Hizan district of Bitlis province was investigated comparatively by hydromorphometric analyses. The most important reason for the selection of these basins is the high population density, settlements and human activities (such as agriculture and animal husbandry). In addition, the fact that floods have been carried out in these basins in the past and that a geomorphometric study has not been carried out in these basins are among the reasons for preference.

MATERIAL AND METHOD

Many morphometric indices have been produced by earth science researchers and flood hazard and risk analyses of basins are made by making use of them. There are many studies that use geographic information systems (GIS) software to reveal the morphometric features of the basins. In this study, hydromorphometric analysis method, which is frequently used to reveal flood susceptibility, was used. In this direction, land observations and findings, maps (such as geology, topography), photography, literature research, GIS and remote sensing techniques, which have an important place in such studies, were used. In order to reveal the flood sensitivity of the basins by hydromorphometric analyses, the similar previous researches were utilised by taking into account the specific geographical features of the land. In the study, a Digital Elevation Model (DEM) with 12.5 m spatial resolution obtained from the website of the Geophysical Institute of the University of Alaska Fairbanks (ASF, 2023) was created in the GIS using Arc GIS software. Location, slope, physical and topography maps were produced by modelling the DEM data. In addition, a geological map was prepared by making use of the 1/100.000 scale geological map. After this stage, basin identification was made by preparing Strahler stream line indexes of the basins through ArcHydro module by using DEM in the basins whose boundaries were determined according to the water division line. Thus, the AREA divided into 5 sub-basins was subjected to analysis. The maps produced for the basins were analysed and hydromorphometric calculations were started. For this purpose, the hydromorphometric indices (linear, areal and relief morphometry) that provide information about flooding were used. In this direction, after the quantitative analysis of 12 hydromorphometric indices from morphometric indices, the calculated values were transferred to the table. In conclusion, the data obtained for each sub-basin were interpreted in terms of flood susceptibility and the sub-basins were compared among themselves.

FINDINGS AND DISCUSSION

The perimeter length, area, basin length, maximum elevation, minimum elevation, stream orders, total number of orders and lengths of the sub-basins of the study area were prepared comparatively. The highest elevation of the study area is 3120 m in the eastern part of Ağılözü, while the lowest elevation is 1038 m in the lower section of Büyükdere. In addition, the basin with the highest perimeter length is Cemeceli River basin, while the basin with the lowest perimeter length is Hizan

basin. After the calculations of the indices used in this study, they were correlated with the results of similar studies in the literature. In this study, the impact level of each indices was defined and a comparison was made between the basins. In the later stage, quantitative analyses of 12 hydromorphometric indices (R_b , R_L , T_r , D_d , F_s , R_p , R_e , B_h , R_h , R_n , T_c , H_l) which are among the morphometric indices that provide information in flood susceptibility interpretation, were performed and the calculated values were transferred to the table. Each calculated morphometric indices were evaluated in terms of flooding and comparisons were made for the basins, and in the flood susceptibility correlation table, “Very Low” for the sum of the indices between 0-26, “Low” between 27-32, “Medium” between 33-41, “High” for the values calculated for 42-44 and “Very High” for the values above 44. Thus, the flood susceptibility importance level of the indices for the basins was comparatively analysed. It was found out that the flood sensitivity of Ağılözü and Pürtük Creek basins are “Very High” and “High” respectively, Hizan basin is “Medium”, Kesen River basin is “Low” and Cemeceli River basin is “Very Low” in terms of hydromorphometric sensitivity. Similarly, it is seen that the highly sensitive basins identified in this study coincide with the flood points experienced in the past. In addition, it has been stated that the site and its surroundings have flood risk in studies conducted with different methods in the region (Arınç, 2013; Aydın and Yaylak, 2016; Ekinci et al., 2020; Matpay and Doğu, 2021; Matpay et al., 2023). In this study, the flood sensitivity hierarchy of the basins was revealed hydromorphometrically. The places where the flood event is high and the basins calculated as “High” and “Very High” obtained from this study are the places where settlements and human density and activities are high.

RESULTS

The study area is in a position where floods and floods are frequently experienced due to its geographical characteristics. It is important to compare the sub-basins in terms of flooding in this area with the estimation that the flood frequency, which increases in the world with the effect of changing climatic conditions, may also increase in the study area. Thus, geomorphological applications and planning of sub-basins can be carried out in a healthier way. In this study, 12 hydromorphometric indices under the titles of linear, areal and relief morphometry were analysed in five sub-basins located in the southern part of Hizan district of Bitlis province, where settlement and human activities are high. Flood classification of the basins was made by making hydromorphometric indices calculations. According to the results of the analyses, it is understood that Ağılözü basin and Pürtük River basin are high in terms of flood sensitivity. Likewise, when the floods experienced in the past are analysed, it is seen that these two basins stand out among the sub-basins. On the other hand, the settlements around Cemeceli Stream, which extends on the D-W axis, have the lowest flood susceptibility. The lithological features of Kerzevil Mountain (Limestone) are at the leading role in this. It is understood that geographical features such as drainage system features, lithology, slope conditions and vegetation cover of the sub-basins belonging to the study area are determinant on flood susceptibility. However, it is obvious that unconscious and uncontrolled forest destruction in the study area, which is rich in forest and shrub formation compared to its environment, will cause flood sensitivity. Although this study is not a flood risk assessment study, it is important in terms of providing a basis for geomorphological researches to be carried out in the region. It is recommended that the flood sensitivity criteria of the five sub-basins should be taken into consideration in all kinds of planning where floods and floods should be taken into account. In this way, the loss of life and property will be minimised by providing a proactive perspective in building the natural environment-human relationship. In short, it is thought that this study will contribute to the literature as well as geographical planning and basin management studies.

KAYNAKÇA / REFERENCES

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) (2022). *2022 Yılı Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri*, https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2022-Yili-Doga-Kaynakli-Olay-Istatistikleri.pdf adresinden edinilmiştir.
- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) (2018). *Türkiye’de Afet Yönetimi ve Doğa Kaynaklı Afet İstatistikleri*.
- Alkan, A. (2015). Bitlis Şehrinin Çevre Sorunları ve Alınması Gereken Önlemler. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33), 11. <https://doi.org/10.17295/dcd.07140>

- 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.
- Arınç, K. (2013). Bitlis'te taşkın ve sel felaketi (01-02 Mayıs 1995). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 25. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunisobd/issue/2793/37564>
- ASF (Alos Palsar). (2023). *Alaska Uydu Tesisi-Dağıtılmış Aktif Arşiv Merkezi*. Erişim Tarihi: 16.12.2023, <https://asf.alaska.edu/datasets/daac/alos-palsar/>
- 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.
- Babu, K. J., Sreekumar, S., & Aslam, A. (2016). Implication of drainage basin parameters of a tropical river basin of South India. *Applied Water Science*, 6(1), 67-75. <https://doi.org/10.1007/s13201-014-0212-8>
- Baylan, K. A., & Ustaoglu, B. (2020). Emberger biyoiklim sınıflandırmasına göre Türkiye'de Akdeniz biyoiklim katlarının ve alt tiplerinin dağılışı. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(3), 158-174.
- 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, 155-166.
- Chavare, S. ve Shinde, S. D. (2013). Morphometric Analysis of Urmodi Basin, Maharashtra Using Geo-Spatial Techniques. *International journal of geomatics and geosciences*, 4(1), 224-231.
- Coşkun, M., & Öztürk, A. (2021). Havza önceliklendirmesi bakımından Ermenek Çayı Havzası ve Gökçay Havzasının karşılaştırmalı morfometrik analizi. *Turkish Journal of Forestry*, 23(1), 1-10.
- Cürebil, İ., & Erginal, A. E. (2007a). Mıhlı çayı havzası'nın jeomorfolojik özelliklerinin jeomorfik indislerle analizi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(19), 126-135.
- Çağlayan M. A. ve Şengün M. (2002). 1:100.000 Ölçekli Açınama Nitelikli Türkiye Jeolojisi Haritaları Yayını Van-L48 Paftası Raporu (Rapor no: 66), Ankara: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi.
- Çelik, M. A., Bayram, H., & Özüpekçe, S. (2017). Türkiye'de son 30 yılda (1987-2017) meydana gelen klimatolojik, meteorolojik ve hidrolojik afetler üzerine bir değerlendirme. *Uluslararası Coğrafya ve Coğrafya Eğitimi Dergisi*, (38), 295-310.
- Dawod, G. M., Mirza, M. N., & Al-Ghamdi, K. A. (2011). GIS-based spatial mapping of flash flood hazard in Makkah City, Saudi Arabia. *Journal of Geographic Information System*, 3(03), 225.
- Duman, N., & İrcan, M. R. (2022). Coğrafi Bilgi Sistemleri Tabanlı Çankırı Merkez İlçesinin Taşkın Duyarlılık Analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 9, 50-66.
- 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.
- Eraydın, E. (2015). *Uzaktan algılama ve CBS yöntemleri kullanılarak akış eğri numaralarından Eşen çayı havzası için taşkınların belirlenmesi* [PhD Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü]. <https://polen.itu.edu.tr/bitstreams/54911e9c-9c75-46c6-9f6e-8cf2ddcd46/download>
- Eriñç, S. (1953). *Doğu Anadolu Coğrafyası* (C. 15). İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü.
- Esen, F. (2022). Ayancık Çayı Havzası'nda (Sinop) meydana gelen taşkın olaylarının havza morfometrisi açısından değerlendirilmesi. *International Journal of Geography and Geography Education*, 47, 233-257.
- Fural, Ş., Cürebil, İ. & İnan, F. (2019). Elmalıda (Antalya) yağışın tetiklediği sel taşkın ve çamur akıntısı afetlerinin jeomorfolojik analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 3, 49-61.
- Horton, R. E. (1932). Drainage Basin Characteristics. *American Geophysics Union*, 13(1), 350- 361.
- Horton, R.E. (1945). Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins: Hydro-Physical Approach to Quantitative Morphology. *Geological Society of American Bulletin*, 56, 275-370.
- Hoşgören, M.Y. (2017). *Jeomorfoloji Terimleri Sözlüğü* (3.baskı). İstanbul: Çantay Yayınları.
- Işık, E., & Özlük, M. H. (2012). Bitlis ilinin doğal afetler açısından incelenmesi ve öneriler. *Uluslararası Bilim, Teknoloji ve Mühendislik Konferansı*, 13-15.
- Kamuş, A. O., & Atalay Dutucu, A. (2023). Hidromorfometrik Analizlerle Esmahanım Deresi Havzasının Taşkın Duyarlılığının Belirlenmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*(11), 1-21. <https://doi.org/10.46453/jader.1182773>
- Keller, E.A. & Pinter, N. (2002). *Active tectonics* (2nd edition), Upper Saddle River. New Jersey: Prentice Hall.
- Kirpich, Z. P. (1940). Time of concentration of small agricultural watersheds. *Civil Engineering* 10(6), 362.
- Koçyiğit, M. B., & Akay, H. (2018). Morfometrik parametreler yardımıyla havzada muhtemel taşkın riskinin tahmin edilmesi: Akçay Havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 1321-1332.
- Kuşcu, İ., & Özdemir, H. (2023). Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan parametreler üzerine bir değerlendirme. *Türk Coğrafya Dergisi*, (84), 67-83.

- Maduna Koçyiğit, M., & Akay, H. (2018). Morfometrik parametreler yardımıyla havzada muhtemel taşkın riskinin tahmin edilmesi: Akçay Havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 1321-1332. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416429>
- Malik, M. I., Bhat, M. S., Kuchay, N. a. (2011). Watershed based drainage morphometric analysis of Lidder catchment in Kashmir valley using geographical information system. *Recent Research in Science and Technology*, 3(4), 118-126.
- Matpay, B., & Doğu, A. F. (2021). Pürtük Deresi Havzası (Hizan-Bitlis)'nin Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfik İndislerle Analizi. *Vankulu Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8, 35-56.
- Matpay, B., Doğu, A. F., & Seyitoğulları, M. A. (2023). Hizan ve Çevresinin (Bitlis) Drenaj Ağı Özellikleri, Yüzeysel Suları ve Çevresel Riskleri. *Afet ve Risk Dergisi*, 6(3), 797-818.
- Melton, M. (1957). *An Analysis of The Relations Among Elements of Climate, Surface Properties and Geomorphology*. New York: Department of Geology, Columbia University, Technical Report, 11, project nr 389-042.
- Ödeker, B. ve Türkoğlu, N. (2020). Sabuncular Deresi Havzası'nın (Rize/Çayeli) Morfometrik Özelliklerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) İle Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 60(1), 14-38.
- Özdemir, H. (2006). Havran Çayı'nın (Balıkesir) Taşkın Sıklık Analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III Dağılımlarının Karşılaştırılması. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 6(1), 41-52.
- Özdemir, H. (2007). Havran çayı havzasının (Balıkesir) CBS ve uzaktan algılama yöntemleriyle taşkın ve heyelan risk analizi. *Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, İstanbul*.
- Özdemir, H., 2011, Havza Morfometrisi ve Taşkınlar, Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel (Ed: Deniz Ekinci), İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları No: 6, Sayfa: 507-526, İstanbul.
- Patton, P.C. (1988). Drainage Basin Morphometry and Floods. In: Baker, VR, Kochel, R. and Patton, P., Eds., *Flood Geomorphology*, Wiley, New York, 51-65.
- Peltier, L. C. (1950). The Geographic Cycle in Periglacial Regions as it is Related to Climatic Geomorphology. *Annals of the Association of American Geographers*, 40(3), 214-236. <https://doi.org/10.1080/000.456.05009352070>
- Polat, P., Kopar, İ., & Yalçın, F. (2023). Günebakan (Erzincan) Seli Örneği ile Esence Dağları'nın Güney-Güneybatı Aklanında Oluşan Moloz Yüklü Eski ve Yeni Selleri Denetleyen Morfometrik Faktörler. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 9(2), 279-294. <https://doi.org/10.21324/dacd.1258129>
- Rajasekhar, M., Raju, G.S., Raju, R.S., 2020. Morphometric analysis of the Jilledubanderu River Basin, Anantapur District, Andhra Pradesh, India, using geospatial technologies. *Groundwater for Sustainable Development*, 11: 1-30. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100434>
- Rana, N., Singh, S., Sundriyal, Y. P., Rawat, G. S., 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.ve Maji, A. K. ve Gajbhiye, K. S. (2004). Drainage Morphometry and Its Influence on Landform Characteristics in A Basaltic Terrain, Central India-A Remote Sensing and GIS approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 6(1), 1-16.
- Rentschler, J., & Salhab, M. (2020). *People in harm's way: Flood exposure and poverty in 189 countries*.
- Said, S., Siddique, R., & Shakeel, M. (2018). Morphometric analysis and sub-watersheds prioritization of Nagmati River watershed, Kutch District, Gujarat using GIS based approach. *Journal of Water and Land Development*. <https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-d583c6ef-b972-4e16-aa18-af627f5bb3b7> adresinden edinilmiştir.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Am. Bul*, 67, 597 - 646.
- Selçuk Biricik, A. (2012). *Yer İlimlerinde Arazi Gözlemleri Ve Uygulamalı Çalışmalar Cilt (2)*. İstanbul: Nesil Matbaacılık.
- Singh, O., Sarangi, A., & Sharma, M. C. (2008). Hypsometric integral estimation methods and its relevance on erosion status of north-western lesser Himalayan watersheds. *Water Resources Management*, 22, 1545-1560.
- 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.
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *Handbook of applied hydrology*.
- Şengün, M. (1984). *Tatvan göneyinin (Bitlis masifi) jeolojik/peetrografik incelenmesi*.
- Tunçdilek, N. (1985). *Türkiye'de relief şekilleri ve arazi kullanımı* (C. 3). İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi.
- Turoğlu, H. (1997). İyidere havzasının hidrografik özelliklerine sayısal yaklaşım. *Türk Coğrafya Dergisi*, 32, 355-364.
- Turoğlu, H. (2005). *Bartın'da Sel ve Taşkınlar: Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri*. Çantay Kitabevi.
- Turoğlu, H. (2011). Flashfloods and floods in Istanbul. *Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi*, 3(1), 39-46.

- Turoğlu, H., & Aykut, T. (2019). Ergene nehri havzası için hidromorfometrik analizlerle taşkın duyarlılık değerlendirmesi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 2, 1-15.
- Uğur, A., & Işık, M. (2020). *Türkiye'nin afetlere hazırlık politikalarının toplum algısı üzerinden karşılaştırmalı analizi: Van-Bitlis illeri örneği*. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/882553>
- Utlu, M., & Özdemir, H. (2018). Havza morfometrik özelliklerinin taşkın üretmedeki rolü Biga Çayı havzası örneği. *Coğrafya Dergisi*, 36, 49-62.
- Uzun, S. (2019). Dilderesi havzasında (kocaeli) morfometrik indislerle flüvyal süreçler ve drenaj şebekesi yerleşiminin değerlendirmesi. *International journal of geography and geography education (Online)*, 40.
- Verstappen, H.Th. (1983) Applied geomorphology. ISBN 0 – 444-42181-5, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Yaylak, M. M. (2016). *Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yardımıyla Bitlis Deresi taşkın risk analizi* [Master's Thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü].
- Youssef, A. M., Pradhan, B., & Hassan, A. M. (2011). Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*, 62(3), 611-623.