

ARAŞTIRMA MAKALESİ



Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi
The Journal of International Social Sciences

Cilt: 28, Sayı: 2, Sayfa: 15-41, TEMMUZ – 2018

Makale Gönderme Tarihi: 25.05.2018 **Kabul Tarihi:** 27.07.2018

BULANCAK'TA (GİRESUN) SEL VE TAŞKIN OLAYLARINA NEDEN OLAN PAZARSUYU, İNCÜVEZ, KARA VE BULANCAK DERELERİNİN MORFOMETRİK ANALİZLERİ

*Morphometric Analysis of Pazarsuyu, İncüvez, Kara and Bulancak Streams Which Cause
Flood and Overflow Events in Bulancak (Giresun)*

Vedat AVCİ*

Murat SUNKAR**

ÖZ

Bu çalışmada, Giresun batısında yer alan Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan akarsu havzalarının morfolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Bulancak, kaynağını güneydeki Giresun Dağları'ndan alan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak derelerinin neden olduğu sel ve taşkın riski altında bir yerleşmedir. Pazarsuyu Deresi Havzası diğer akarsulara göre çok daha geniş olup sel ve taşkın riski yüksektir. Diğer derelerin havzaları küçük olmasına rağmen dere yataklarına yapılan müdahaleler nedeniyle bu akarsularda risklidir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) verilerine göre 1948-2012 yılları arasında bu akarsu havzalarında 19 su baskını olayı yaşanmıştır. Jeomorfolojik gözlemlere göre hızlı nüfus artışıyla yerleşmenin kıyıda iç kesimlere doğru genişleyerek akarsu vadilerini işgal ettiği görülmüştür. Akarsu vadilerinde dere yataklarının kullanılması dere enkesitlerinin daralmasına neden olmuştur. Aşağı havzada görülen bu durum ile havzaların morfolojik özellikleri birleştiğinde afete dönüşen sel ve taşkınların frekansının arttığı belirlenmiştir. Bulancak'ta yaşanan sel ve taşkın oluşumunda jeomorfolojik özelliklerin etkisini belirlemek amacıyla havzaların alansal ve relief morfolojisi analiz edilmiştir. Dört akarsu havzasının alansal morfolojik özelliklerini belirlemek amacıyla drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, havza şekli, uzunluk oranı ve Gravelius indeksi analizleri yapılmıştır. Relief morfolojisi özelliklerini belirlemek amacıyla havza reliefi, relief oranı, engebelilik değeri, akım toplanma zamanı, hipsometrik eğri ve integral analizleri uygulanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yapılan analizlerde inceleme alanını kapsayan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve jeoloji haritaları temel data olarak kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre tüm havzaların drenaj yoğunluğu, akarsu sıklığı, engebelilik değeri yüksek olup, havza şekilleri ise dar ve uzun çıkmıştır. Hipsometrik eğri ve integral değerleri havzaların gençliğe yakın olgunluk safhasında olduğunu göstermektedir. İncüvez Dere ve Bulancak Deresi havzalarının sel ve taşkın potansiyelinin diğer havzalara göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Giresun, Bulancak, Sel ve Taşkın, Morfolojik Analizler

ABSTRACT

In this study, the morphometric characteristics of the river basins causing flood and overflow in Bulancak, west of Giresun, were evaluated. Bulancak is a settlement under the flood and overflow risk caused by the Pazarsuyu, İncüvez, Kara and Bulancak streams, which takes its source from the Giresun Mountains in the south. Pazarsuyu stream basin is much wider than other rivers and the flood and overflow risk is higher. Although the other basins have small basins, they are at risk for these streams due to the interventions made on the stream beds. According to the data from the Disaster and Emergency Management Authority (AFAD), nineteen floods occurred in these river basins between 1948 and 2012. According to geomorphological observations, with rapid population increase, the settlement was seen to expand from the coast to the inner parts and to occupy the river valleys. The use of stream beds in river valleys has caused narrowing of stream sections. When the morphometric features of the basins are combined with this situation seen in the lower basin, it has been determined that the frequency of the floods and overflows that turn into a disorder increases. Area and relief morphometry analyses of the basins were analyzed in order to determine

* Dr. Öğr. Üyesi., Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, BİNGÖL, yavci@bingol.edu.tr

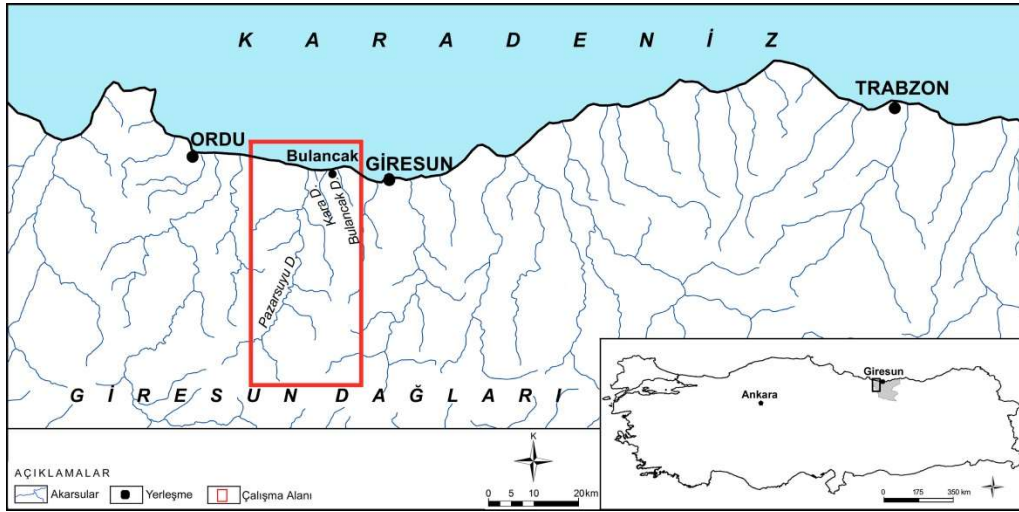
** Prof. Dr., Fırat Üniversitesi, İnsani ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Coğrafya Bölümü, ELAZIĞ, msunkar@firat.edu.tr

the effect of geomorphological features on flood and overflow formation in Bulancak. Drainage density, stream frequency, basin form, length ratio and Gravelius index analyses were made to determine the spatial morphometric properties of the four river basins. In order to determine Relief morphometry properties, basin relief, relief ratio, ruggedness value, Time of Concentration, hipsometric curve and integral analyses were applied. In the analyses made using Geographic Information Systems (GIS), Digital Elevation Model (DEM) and geology maps covering the study area were used as basic data. According to the results of the analysis, the drainage density, stream frequency and ruggedness of all basins are high and basin shapes are narrow and long. Hipsometric curves and integral values indicate that the basins are at the stage of maturity close to bloom. İncüvez Dere and Bulancak Stream basins are seen to have higher flood and overflow potential according to the other basins.

Key words: Giresun, Bulancak, Flood and Overflows, Morfometric analyses

1. GİRİŞ

Bulancak, Giresun'un 17 km batısında yer almakta olup 2017 TÜİK verilerine göre 44.900 kişi yaşamaktadır. Kaynağını güneydeki Giresun Dağları'ndan alan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak dereleri şiddetli yağışlar sonrasında Bulancak'ta afet boyutunda sel ve taşkınlara neden olmaktadır (Şekil 1). Bulancak'ın kurulduğu alanın topografik özellikleri, Giresun'a olan yakınlığı ve Karadeniz Sahil Yolu üzerinde yer alması nedeniyle son 20-30 yıllık dönemde hızlı ve plansız bir gelişme göstermiştir. Bu süreçte yerleşmeler dere yataklarına doğru genişlemiştir. Son yıllarda da derelerin kıyı kuşağında kalan yatakları yerleşme ve sanayi tesisleri tarafından işgal edilmektedir. Dere yataklarının yerleşmeler tarafından işgali ve yatakların daraltılması sonrasında sel ve taşkın frekansı artmıştır. Bulancakta yaşanan sel ve taşkın oluşumunda havza özelliklerinin etkisini belirlemek amacıyla Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak dereleri havzalarının morfometrik analizleri yapılmıştır.



Şekil 1. Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak derelerinin lokasyon haritası.

Akarsu havzalarının morfometrik analizleri drenaj şebekesini sayısal olarak tanımlamayı sağlamaktadır (Strahler, 1964). Bu analizler hidrolojik ve çevresel süreçler arasındaki etkileşimin anahtarı durumundadır (Kaliraj ve diğ., 2014). Morfometrik analizler havza süreçlerini ve alt havza karakteristiklerini karşılaştırmak için kullanılmaktadır (Mesa, 2006). Ayrıca bu analizlerle drenaj şebekesi ile iklim, jeoloji, relief ve yapısal özellikler arasındaki ilişkiler belirlenmektedir (Miller, 1953; Strahler, 1957; Doornkamp ve Cuchlaine, 1971; Nag, 1988). Havza morfometrik özellikleri, havzadaki jeomorfolojik süreçlerin tahmini ve açıklanmasında kullanılan özelliklerden biridir. Özellikle taşkınların tahmini, sediment miktarlarının belirlenmesi ve erozyonun tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Baumgardner, 1987; Gardnier, 1990; Özdemir ve Bird, 2008).

Morfolojik parametrelerin değerlendirilmesi, akarsu dizinleri, havza alanının ölçülmesi, havza çevresinin ölçülmesi, akarsu kanal uzunluğu, akarsu yoğunluğu, akarsu sıklığı, çatallanma oranı,

SYM, çalışma alanına ait eşyüksele eğrilerinden üretilmiştir. Bu işlem Arc-GIS 10.1 Programı 3D Analiz modülü ile yapılmıştır. Elde edilen SYM'den Arc-SWAT programı kullanılarak havzalar otomatik olarak belirlenmiştir. 1/25.000 ölçekli topografya haritaları dikkate alınarak hatalı havzalar düzeltilmiş ve son havza sınırları belirlenmiştir. Bulancak yerleşmesinin sel ve taşkın riski dikkate alınarak dört akarsu havzasının alansal ve relief morfometrisi özelliklerini belirlemek amacıyla Tablo 1 ve 2'de verilen formüller kullanılmıştır. Akarsu havzalarının morfometrik özelliklerini belirlemede kullanılan bu formüller, sel ve taşkın çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Tablo 1. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Alansal Morfometri Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Formüller

Alansal Morfometri Özellikleri		
İndis	Formül	Kaynak
Drenaj Yoğunluğu (D_d)	$D_d = \frac{\sum L}{A}$ D_d = Drenaj yoğunluğu, $\sum L$: Toplam drenaj uzunluğu (km), A : Havza alanı (km ²)	Horton, 1932;1945
Akarsu Sıklığı (F_s)	$F_s = \frac{N}{A}$ N : Toplam dizin sayısı, A : Havza alanı (km ²) dir.	Strahler, 1964; Reddy ve diğ., 2004
Havza Şekli (R_f)	$R_f = \frac{A}{L_b^2}$ A : Havza alanı (km ²), L_b : Havza uzunluğu (km)	Horton, 1932; 1945
Uzunluk Oranı (R_e);	$R_e = \frac{2}{L_m} \times \left[\frac{A}{\pi}\right]^{0.5}$ L_m : Maksimum havza uzunluğu (km), A : Havza alanı (km ²)	Schumm, 1956
Gravelius İndeks (K_G);	$K_G = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \approx 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$ K_G : Gravelius indeksi, P : Havzanın çevre uzunluğu (km), A : Havza alanı (km ²)	Gravelius, 1914

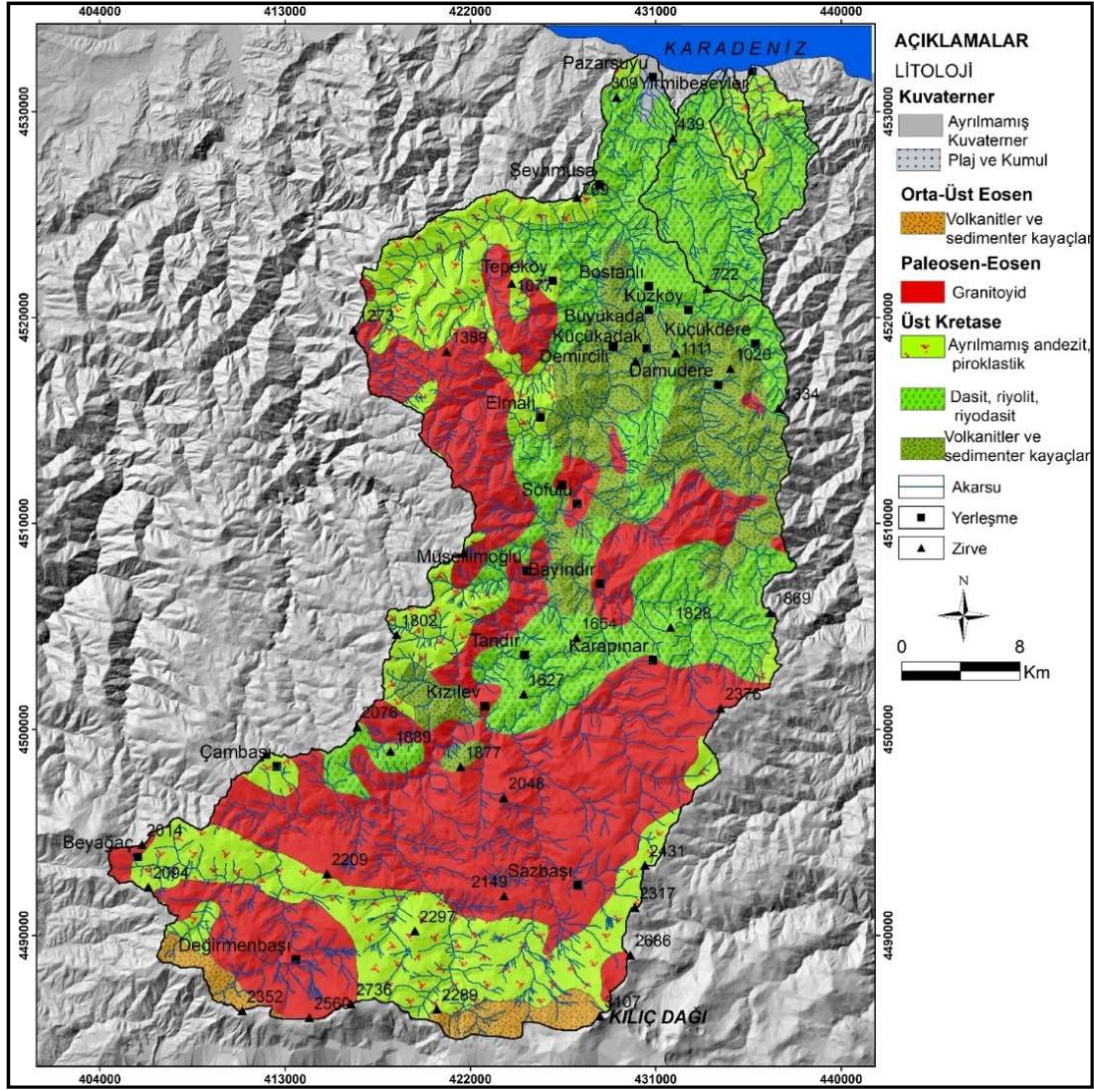
Sel ve taşkın ile ilgili çalışmalarda havzalara ait hidrolojik karakterlerin incelenmesinde 1) Drenaj ağlarına ait morfometrik özellikler, 2) İnfiltrasyon ilişkisi bakımından toprak karakteristikleri, 3) Sahanın yapısal ve erozyonel karakteri bakımından jeolojisi ve morfolojisi, 4) Erozyon, infiltrasyon ve yüzeyin su tutmasını etkilemesi bakımından bitki örtüsü özellikleri ve 5) Yağış girdisi bakımından iklimsel şartlar önemli yer tutmaktadır (Pattaon, 1988). Bu özellikler, havzalarda doğal olarak meydana gelen sel ve taşkınların oluşmasında önemli rol oynamaktadır. Bulancak'ta sel ve taşkın oluşumunda morfometrik özellikler dışında diğer faktörlerin etkisini ortaya koyabilmek amacıyla önce Bulancak ve yakın çevresinin genel coğrafi özellikleri değerlendirilmiş, daha sonra morfometrik analizler verilmiştir.

Tablo 2. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Relief Morfometrisi Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Formüller.

Relief Morfometrisi Özellikleri		
İndis	Formül	Kaynak
Havza Reliefi (B_h);	$B_h = H_{max} - H_{min}$ H_{max} : Havzadaki maksimum yüksekliği, H_{min} : Havzadaki en düşük yükseltiyi ifade etmektedir.	Schumm, 1956
Relief Oranı (R_h);	$R_h = \frac{H(m)}{L(m)}$ $H(m)$: Maksimum havza reliefi, $L(m)$: Ana akarsuya paralel maksimum havza uzunluğudur.	Schumm, 1956
Engebelilik değeri (R_n)	$R_n = B_h \times D_d$ B_h : Havza reliefi (km), D_d : Drenaj yoğunluğunu (km/km ²) göstermektedir.	Melton, 1957
Akım Toplanma Zamanı (Time of Concentration, T_c);	$T_c = \frac{0.0195 \times L^{0.77}}{S^{0.385}}$ T_c : Akım toplanma zamanı (dakika), L : Ana akarsu uzunluğu (m), S : Havza eğimidir (m/m) dir.	Kirpich, 1940
Hipsometrik Eğri (H_e);	$y = \frac{h}{H}$ $x = \frac{a}{A}$ h : Değerlendirmeye alınan yükseklik (m), H : Havza reliefi (maksimum yükseklik–minimum yükseklik)(m), a : Alınan yükseklik üzerindeki gerçek alan değeri (m ²), A : Havzanın gerçek alanıdır (m ²).	Strahler, 1952
Hipsometrik İntegral (H_i);	$H_i = \frac{H - H_{min}}{H_{max} - H_{min}}$	Strahler, 1952

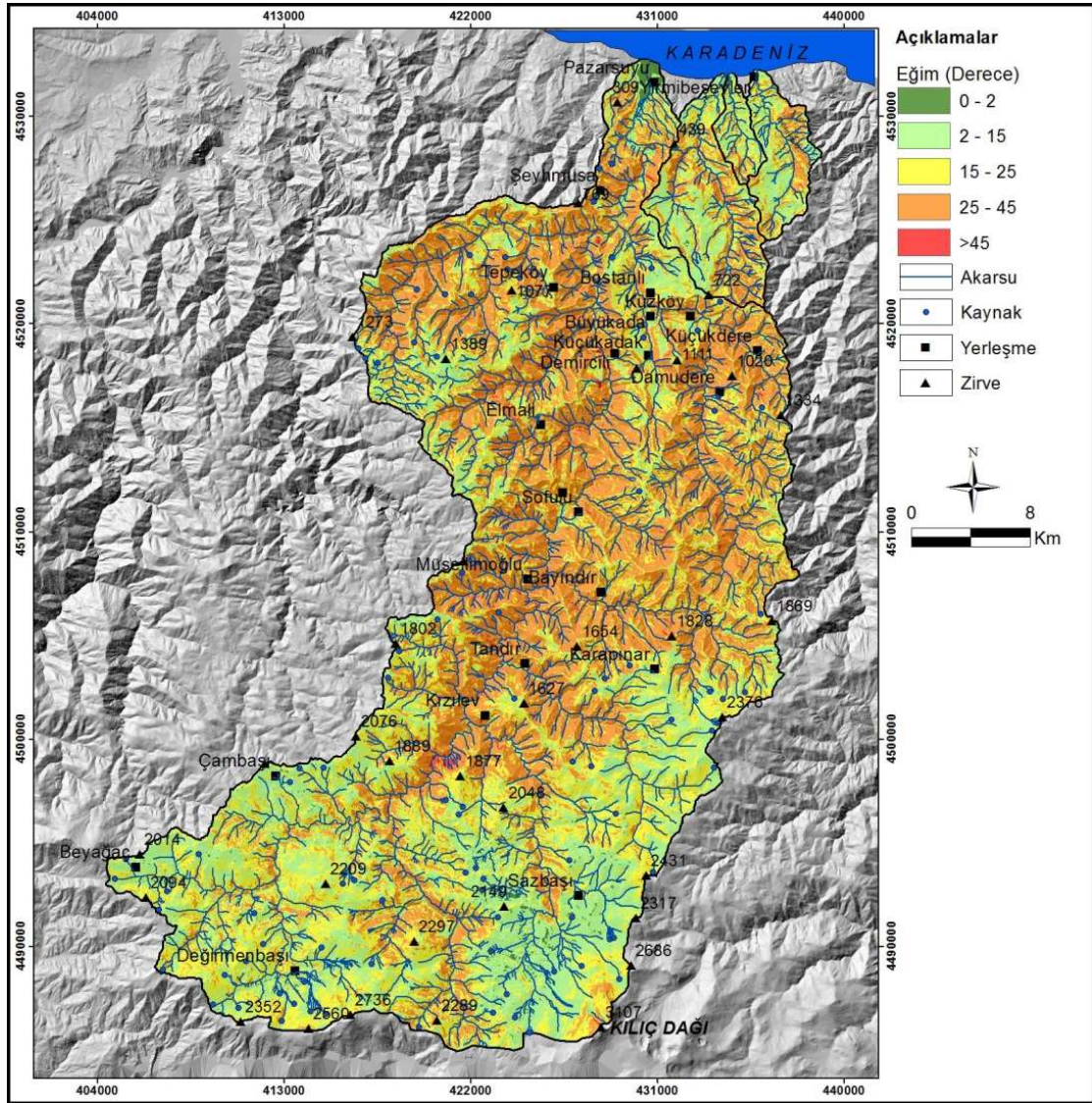
3. ÇALIŞMA ALANI VE GENEL COĞRAFİ ÖZELLİKLERİ

Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi havzaları ve çevresinde Üst Kretase'den Kuvaterner'e kadar farklı dönemlerde oluşmuş birimler yüzeylenmektedir (Şekil 3). Üst Kretase'ye ait ayrılmamış andezit, proklastik kayalar, dasit, riyolit, riyodasit, volkanitler ve sedimanter kayalar en geniş yüzeylenme alanına sahiptir. Bu birimlerin içerisine sokulmuş Paleosen-Eosen granitoidleri ikinci sırada gelmektedir. Orta-Üst Eosen volkanit ve sedimanterlerden oluşan birimler Pazarsuyu Havzası'nın en güney bölümünde yüzeylenmektedir. Akarsuların denize döküldüğü alanlarda ve kıyıda 40-50 m yüksekte alüvyonlar, kıyıda plajlar Kuvaterner birimlerini oluşturmaktadır (Hakyemez ve Papak, 2002). Pazarsuyu Havzası'nda litolojik çeşitlilik diğer havzalara göre daha fazladır. Bu durum havzada sızmanın artmasına, drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığının düşük olmasına neden olmuştur. Alansal olarak küçük olan diğer havzalarda litolojik çeşitlilik azdır. Bu havzalarda litoloji daha çok dasit, riyolit ve riyodasitten oluşmaktadır. Bu litolojinin de etkisiyle drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı daha yüksektir.



Şekil 3. Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan akarsu havzalarının jeoloji haritası (Hakyemez ve Papak, 2002'den yararlanılmıştır).

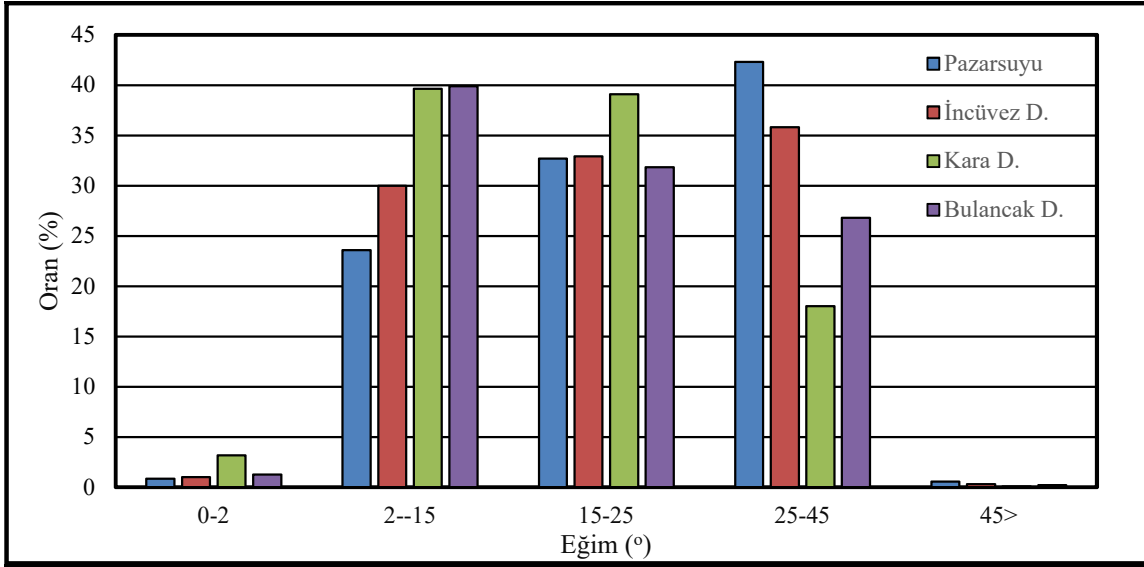
Bulancak, Giresun batısında Karadeniz kıyı kuşağında kurulmuş ve son 20 yıllık dönemde hızlı gelişmiş bir yerleşmedir. Bu yerleşmeyi etkileyen Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak derelerinin aşağı ve yukarı havzalarında farklı jeomorfolojik özellikler görülmektedir. Bulancak kıyıda yer alan ve eski yelpaze dolgularından oluşan taraçalar üzerinde kurulmuştur. Kısmen alçak platolarla çevrelenmiş bu alan dışında güneye doğru tamamen dağlık alanlara geçilmektedir. Genel olarak inceleme alanı kıyıda taraça ve alçak düzlükler, daha geride ise yüksek dağlık alanlardan oluşmaktadır. Kıyıdaki düzlükler ve dağlık alanlar akarsular tarafından derince yarılmış durumdadır (Şekil 4). Kıyı kuşağında düzlüklerin geniş alan kaplamasında Pazarsuyu Deresi'nin oluşturduğu küçük delta önemlidir. Bu morfolojik yapı nedeniyle sel ve taşkınlar kıyıya yakın sahalarda daha geniş alanları etkilemektedir.



Şekil 4. Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan akarsu havzalarının eğim haritası.

Bulancak batısında yer alan Pazarsuyu Deresi kaynağını güneydeki Giresun Dağları'ndan almakta olup, 773 km²'lik alanı ile inceleme alanındaki en büyük havzaya karşılık gelmektedir. Pazarsuyu Deresi'nin kaynak ile ağız kısmı arasında yükselti farkı 3055'ye ulaşmaktadır (Şekil 2). Havzada ortalama yükselti ise 1395 m'dir. 48 km uzunluğunda olan havzada eğim değerleri 0-64° arasında değişmektedir. Ortalama eğim değeri ise 22.76°'dir. Eğimin 25-45° arasında olduğu sahalar havzanın % 42.3'üne tekabül etmektedir. 0-2° eğim grubu % 0.8, 5-15° % 23.5, 15-25° % 32.6, 45° ve üzeri ise % 0.56 oran kaplamaktadır (Şekil 5).

İncüvez Deresi Havzası'nda yükselti 0-780 m arasında değişmekte, ortalama yükselti ise 356 m'dir. Eğim değerleri 0-52.4° arasında değişirken, ortalama değer 21°'dir. Eğimin 25-45° arasında olduğu alanların oranı % 35.8'dir. 0-2° eğim grubu % 0.98, 2-15° eğim grubu % 29.9, 15-25° eğim grubu % 32.9, 45° ve üzeri ise % 0.28 orana sahiptir (Şekil 5).



Şekil 5. Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak deresi havzalarında eğimin oransal dağılımı.

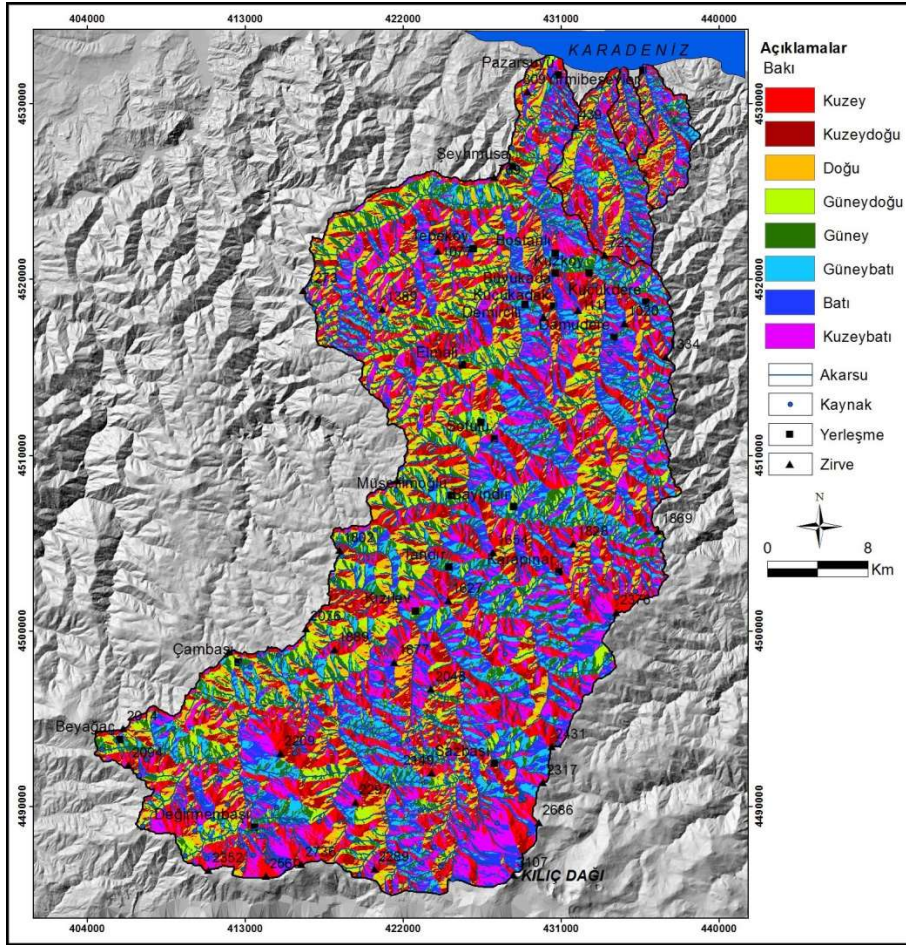
Kara Dere Havzası'nda minimum yükselti 0 m, maksimum 574 m ve ortalama yükselti ise 188.8 m'dir. Havzada minimum eğim 0°, maksimum eğim 48.6°, ortalama eğim ise 17.4°'dir. Eğimin 25-45° arasında olduğu alanlar havza alanının % 18'ine karşılık gelmektedir. 0-2° eğime sahip alanların oranı % 3,1, 2-15° % 39.6, 15-25° arası eğimli alanların oranı % 39'dur. Bulancak Deresi Havzası'nda yükselti 0-618 m arasında değişirken, ortalama değer 262 m'dir. Eğim 0-53.4° arasında değişmekte olup ortalama eğim 18.6°'dir. Eğimin 25-45° arasında olduğu alanların oranı % 26.8'dir. 0-2° eğime sahip alanların oranı % 1.25, 2-15° % 39.8, 15-25° % 31.8, 45 ve üzeri % 0.2 orana sahiptir (Şekil 5).

Eğimin fazla olduğu yerlerde, toprağın su tutma kabiliyetinin az olması, sızmanın ve buharlaşmanın da az olması nedeniyle yağmur suyunda meydana gelen kayıplar azalmaktadır. Bu nedenle akarsuya katılan yağmur suyu miktarı, diğer koşullar da elverişli ise o ölçüde artmaktadır. Yüzeysel akıştaki bu durum nedeniyle eğimin fazla olduğu alanlarda akışa geçen su miktarı artarak taşkın oluşumuna zemin hazırlamaktadır (Hoşgören, 2001). Eğim değerlerinin yüksek olması aynı zamanda havzaya düşen yağışın çok hızlı bir şekilde yüzeysel akışa geçmesine (Strahler, 1964), drenaj yoğunluğu ve akarsu frekansının da yüksek olmasına neden olmaktadır (Reddy ve diğ., 2004).

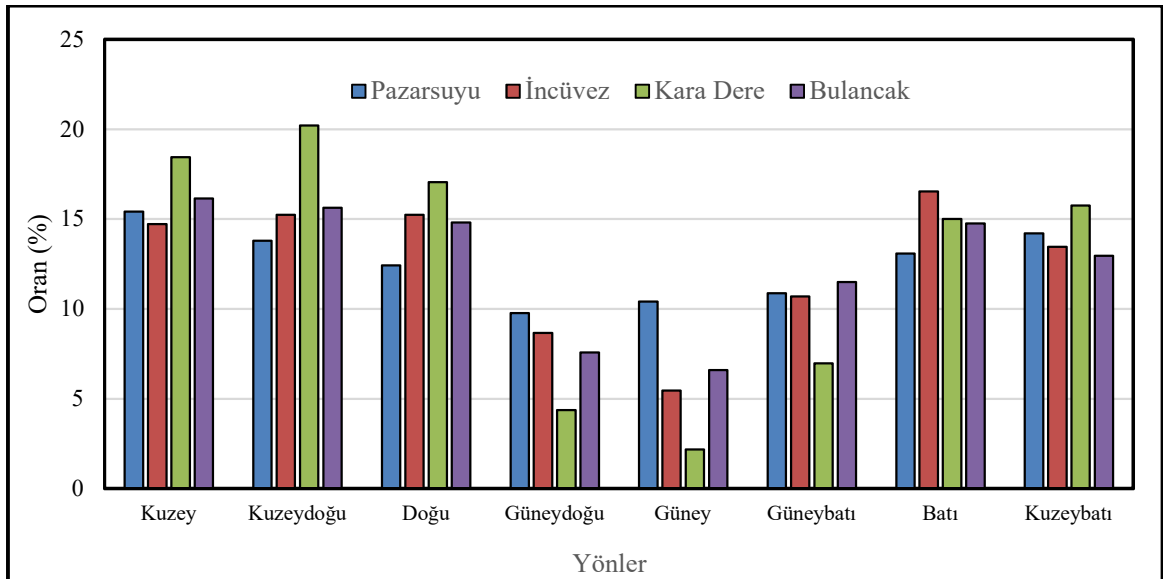
Bulancak'ı etkileyen akarsu havzalarında ortalama eğim değerleri 20°'ye yaklaşmaktadır. Maksimum değerler dikkate alındığında Pazarsuyu ve Bulancak Deresi havzalarında eğimin nispeten daha fazla olduğu görülmektedir. Yüksek eğim yüzeysel akış miktarını artırarak, pik akımın kısa sürede gerçekleşmesine ve taşkın süresinin kısılmasına neden olmaktadır. Eğim değerleri arttıkça yan kolların ana akarsuya ulaşma süresi kısalarak maksimum akım artmaktadır. İncelenen alandaki havzaların eğim değerleri dikkate alındığında düşen yağışın kısa sürede yüzeysel akışa geçerek sel ve taşkın oluşumunu etkilediği görülmektedir.

Teorik olarak, toprak nemi arttıkça infiltrasyon azalmakta ve yüzeysel akış artmaktadır. Toprak nemini belirleyen faktörlerden biri de bakı şartlarıdır. Kuzeye bakan yamaçlarda güneşlenme süresinin daha kısa ve şiddetinin daha düşük olması, yağış etkinliğinin tür, şiddet, süre ve frekans özellikleri açısından özellikle güneye bakan yamaçlara göre daha fazla olmasını sağlamıştır. Bu nedenle kuzeye bakan yamaçlar üzerindeki toprakların infiltrasyon kapasiteleri de düşüktür. Kuzeye bakan yamaçların oranı ne kadar fazla ise sızma ile su kaybı o oranda azalacak ve yüzeysel akışa geçen su miktarı artacaktır (Turoğlu ve Özdemir, 2005). İnceleme alanındaki akarsu havzalarının bakı haritasına göre havzalarda kuzeye bakan yamaçların oranının daha fazla

olduğu görülmektedir (Şekil 6, 7). Karadeniz'in etkisine açık olan havzalarda bakı özelliklerine bağlı olarak yağış miktarı ve toprak nemi yüksek olduğu için infiltrasyon düşerek, yüzeysel akış miktarı artmaktadır.



Şekil 6. Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak deresi havzalarının bakı haritası.



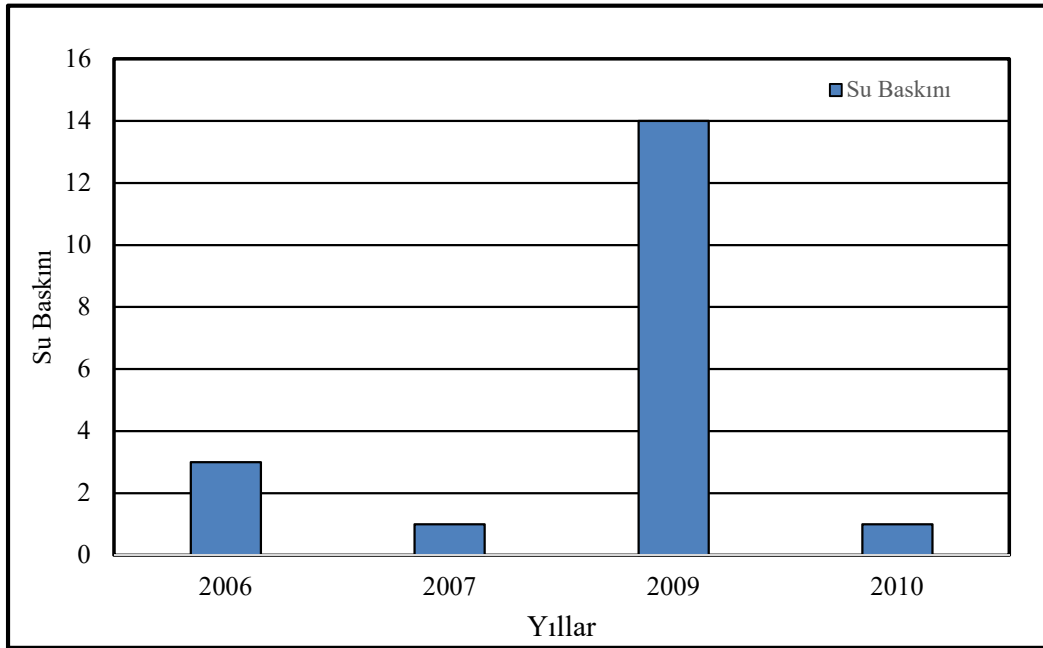
Şekil 7. Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak deresi havzalarında bakının oransal dağılımı.

Yukarıda kısaca özetlenen jeolojik ve jeomorfolojik özellikler nedeniyle Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak derelerinin sel ve taşkın riski yüksektir.

4. BULANCAK'TA YAŞANAN SEL VE TAŞKIN OLAYLARI

4.1. Bulancak'ta Yaşanan Sel ve Taşkınların Nedenleri

İnceleme alanı Türkiye'de sel ve taşkın olaylarının en yoğun olduğu bölge içerisinde kalmaktadır. AFAD verilerine göre Bulancak'ta 1946-2012 arasında 19 su baskını yaşanmıştır. Afet açısından 2009 yılının ön plana çıktığı, toplam sel ve taşkınların % 74'ünün bu yılda yaşanmış olması dikkat çekmektedir (Şekil 8; Foto 1 c, d). Afet kapsamında değerlendirilen bu olayların büyük bölümünün son 10 yılda görülmesi bu dönemde dere yataklarının daraltılması ve yerleşmeler tarafından işgal edilmesine bağlıdır. Bulancak'ta yaşanan ve afete neden olan sel ve taşkınlar dışında hemen her yıl şiddetli yağışlar sonrasında sel ve taşkın olayları yaşanmaktadır. Bu sel ve taşkınlar büyük zarara neden olmadıkları için resmi kayıtlara geçmemektedir. Bu durum dikkate alındığında Bulancak'ta sel ve taşkın frekansı çok yüksek çıkmaktadır.

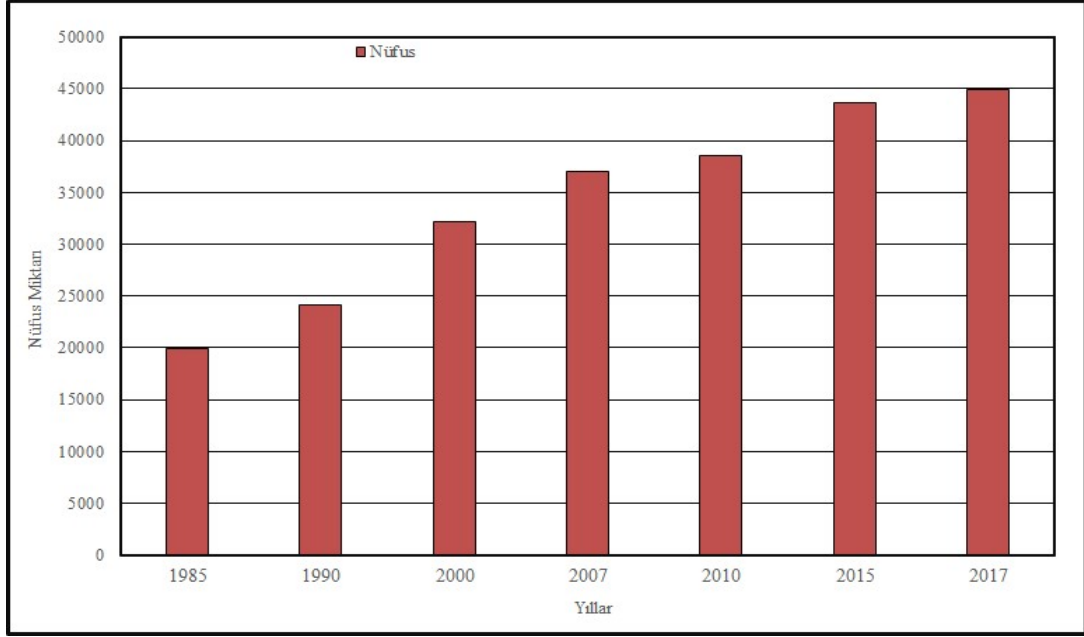


Şekil 8. AFAD verilerine göre 1946-2012 yılları arasında Bulancak'ta yaşanan su baskınları.

Şehirlerin kuruluş ve alansal büyüme ile ilgili yer seçim tercihlerinde şehir jeomorfolojisi esaslarının göz ardı edilmemesi gerekir (Douglas, 1986; Douglas, 1987; Strahler ve Strahler, 1997). Aksi durumda jeomorfolojik ve hidrografik kökenli afetlerin yaşanılması kaçınılmaz olmaktadır. Şehir gelişim istikametlerinde sel ve taşkın riski göz ardı edilerek eğim değerlerinin düşük olduğu nehir kıyıları tercih edildiği alanlarda da hidrografik kökenli afetler yaşanmaktadır. Bulancak, Giresun'a olan yakınlığı ve kıyıda ulaşım yolu üzerinde yer alması nedeniyle son 20-30 yıllık süre içerisinde çok hızlı gelişme göstermiştir (Şekil 9). Bu süreçte vadiler arasındaki sırtlar dolarak, yerleşmeler dere yatakları ve kıyıya doğru genişleme göstermiştir.

Bulancak'ta sel ve taşkına neden olan derelerin havzalarında arazi kullanımını 1990'dan günümüze kadar hızlı bir şekilde değişmektedir. Bu değişim, kıyı kuşağında tarımsal arazilerin yerleşme ve sanayi tesisleri tarafından işgal edilmesi, ormanlık alanlarda ise fındık bahçelerinin genişlemesi şeklindedir. CORINE verilerine göre 1990-2000 yılları arasında Bulancak'ta yerleşme alanlarının % 50 artış gösterdiği hesaplanmıştır (Şekil 10). 1990'da başlayan hızlı büyüme günümüzde de devam etmektedir. Bu süreçte dere yatakları yerleşmeler tarafından işgal edilerek dere enkesitleri küçülmüş ve kanala alınan akarsularda kavisler ortaya çıkmıştır. Akarsu yataklarına

müdahale sonucu doğal akış mecraları bozulmuş, bazı alanlarda eski dere yataklarına yerleşmelerin kurulması, afet boyutuna dönüşen sel ve taşkınların sayısının artmasına neden olmuştur (Foto 2).



Şekil 9. Balıncak'ta 1985-2017 yılları arasında nüfus artışı (2000 yılına kadar olan veriler TÜİK'in Genel Nüfus sayımlarından, bu tarihten sonraki veriler Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sisteminden alınmıştır. <https://biruni.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul> 29.07.2018 tarihli erişim).

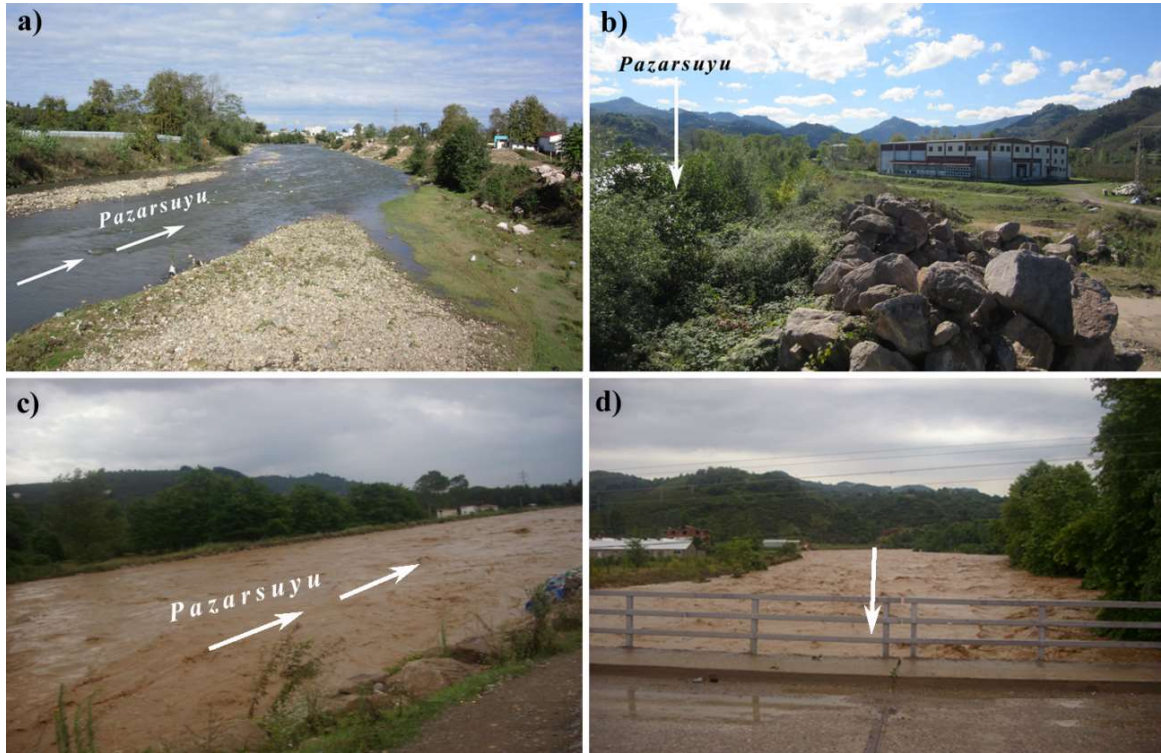
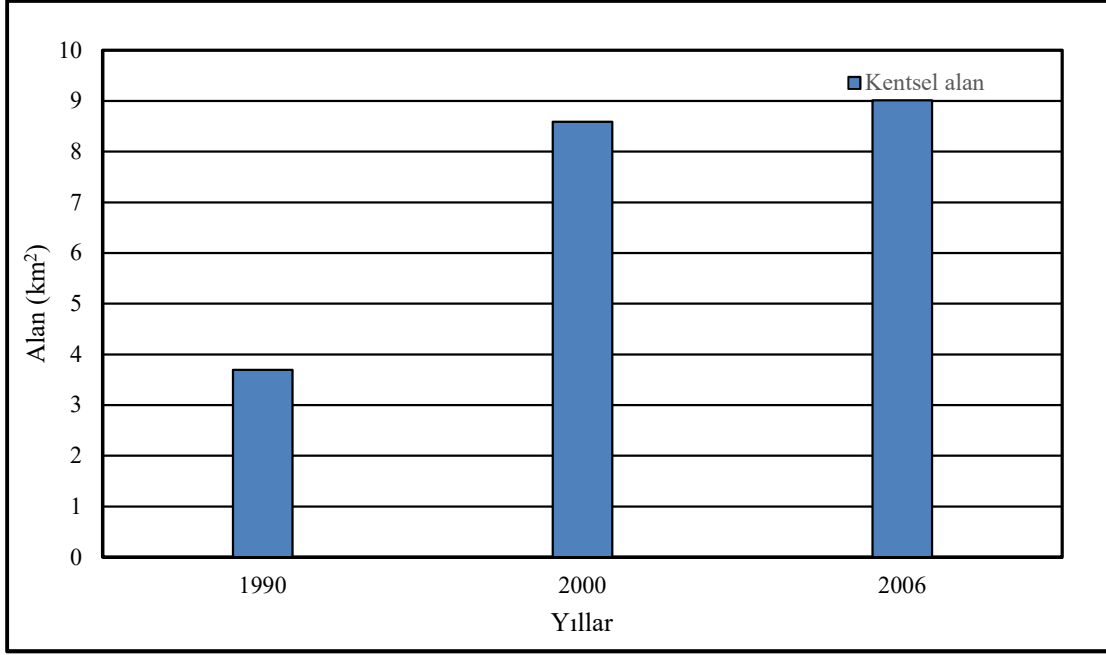


Foto 1. Balıncak doğusunda sel ve taşkın oluşumunda etkili olan en geniş havzaya sahip Pazarısu Deresi. Pazarısu Karadeniz'e dökülmeden önce delta üzerindeki yatağında ıslah çalışması yapılarak çevreye zarar vermemesi için yatağın çevresine büyük kaya blokları döşenmiştir (a, b). 22 Temmuz 2009 tarihinde yaşanan taşkında Pazarısu Deresi'nin akım durumu (c, d; Balıncak Belediyesi)



Şekil 10. CORINE verilerine göre 1990-2000 yılları arasında Bulancak'ı etkileyen derelerin havzalarında arazi kullanımında görülen değişim miktarı.



Foto 2. Pazarsuyu Deresi batısında Incüvez (a, b) ve diğer akarsu vadilerinde yapılan binalar (c, d). Aşağı havzada dere yataklarında mesken yapımı ve akarsuların kanala alınması sel ve taşkınlara neden olmaktadır.

İncüvez Dere dışında Kara ve Bulancak derelerinin yerleşme alanı içerisinde kalan bölümleri kanala alınarak yatakları küçültülmüş ve çok sayıda dirsek oluşarak doğal akış bozulmuştur (Foto 3, 4). Dere yataklarına yapılan bu müdahaleler nedeniyle akarsuların sel ve taşkın riski artmıştır.



Foto 3. Kara Dere'nin Bulancak içerisinde kalan bölümü kanala alınarak yatağı daraltılmıştır. Bu müdahale nedeniyle şiddetli yağışların görüldüğü dönemde taşkınlar yaşanmaktadır.



Foto 4. Bulancak'ta yerleşmeleri en fazla etkileyen Bulancak Deresi'nin yerleşme içerisinde kalan bölümündeki yapısal hatalar. a) Kanal üzerinde akışı yavaşlatan ve yatak profilini daraltan köprü, b) Yatak içerisinde yapılan bina ve tesislerin yatağı daraltması, c) Köprü yapımı için yatak daraltılması ve d) Kanallarda kavislerin varlığı sel ve taşkın riskini artırmaktadır.

Ormanlar başta olmak üzere doğal bitki örtüsü, farklı eğim değerlerine sahip arazilerde yüzeysel akışı azaltarak ve yavaşlatarak, afet karakteri kazanmasını engelleyici, dolayısıyla zararları en aza indirici etkilere sahiptir. Doğal bitki örtüsü bu etkiyi yüzeysel akışı azaltmak suretiyle; zeminin infiltrasyon kapasitesini artırma, intersepsiyon ve transpirasyon ile akışa geçen su miktarında kayıplara sebep olma şeklinde gerçekleşir (Görçelioğlu, 2003). Bulancak'ı etkileyen akarsu havzalarında son 20 yıllık dönemde arazi kullanımında ciddi değişim yaşanmıştır. Bu değişim ormanların tahrip edilerek fındık bahçelerine dönüştürülmesi şeklinde olmuştur. Son

yıllarda Bulancak'ta sel ve taşkın frekansındaki artış, fındık bahçelerin artışı ile yüzeysel akışa geçen su miktarının arttığını göstermektedir.

4.2. Bulancak'ta Yaşanan Sel ve Taşkınlar

Doğu Karadeniz ve Giresun çevresinde son 50 yıllık dönemde yaşanmış önemli sel ve taşkın olayları değerlendirildiğinde Giresun il geneli ön plana çıkmaktadır. İl içerisinde de Bulancak'ta yaşanan sel ve taşkın olaylarının son yıllarda afet boyutunda etkili olduğu görülmektedir (Tablo 3).

Tablo 3. 1966-2009 Yılları Arasında Doğu Karadeniz'de Meydana Gelen ve Bulancak'ı Etkileyen Büyük Taşkınlar.

Taşkın Tarihi	İller	Taşkından Etkilenen Alanlar	Taşkına Neden Olan Akarsular	Can Kaybı (Kişi)	Maddi Zarar (2008 Yılı Hesapları ile TL)
05/07/1966	Ordu, Giresun	Ordu, Fatsa, Bulancak	Melet, Civil, Bolaman, Ilıca, Pazarsuyu, İncüvez, Bulancak	6	1.837.956
18-20/06/2002	Giresun	Keşap, Bulancak, Dereli, Yağlıdere	Pazarsuyu, Aksu, Keşap, Yağlıdere	-	21.000.000
21/07/2009	Giresun	Giresun, Bulancak, Keşap	Batlama, Aksu, Pazarsuyu, Keşap	1	127.369.000

Kaynak; Yurt, 2003; Avcı ve Sunkar, 2015

Tablo 3'e göre inceleme alanında sel ve taşkın olayı sayısı çok düşük kalmaktadır. Olay sayısı düşük olsa da yaşanan sel ve taşkınların ortaya çıkarmış olduğu zararların çok büyük olduğu görülmektedir. Yörede 20 Haziran 2002 tarihinde meydana gelen taşkın Giresun ilinde 6 trilyon TL'lik zarara neden olmuştur (Coşkun ve Aksoy, 2010). 21 Temmuz 2009 tarihinde yaşana sel ve taşkında ise Bulancak'ta ciddi mal kayıpları yaşanmıştır (Foto 1 c, d). Bu genel değerlendirme dışında Pazarsuyu Deresi'nin oluşturduğu taşkınlar daha sık görülmektedir. 09.03.1994 tarihindeki taşkında 8 kişi hayatını kaybetmiş ve 123.500 TL maddi zarar oluşmuştur. 13.10.2006 tarihindeki taşkında 35 ev taşkından etkilenmiş ev 79 hektarlık fındık bahçesi zarar görmüştür. 21.07.2009 tarihindeki sel ve taşkında 1 kişi hayatını kaybetmiş, 10 ev kullanılamaz hale gelmiş, 20 ev boşaltılmış 142 dönüm fındık bahçesi etkilenmiş ve taşkın olduğu yıl etkili yağış nedeniyle fındık bahçelerindeki verim % 40 azalmıştır (AFAD, 2008). 2009 yılındaki sel ve taşkında DSİ Genel Müdürlüğü ölçümlerine göre 20 Temmuz 2009 günü m²'ye 135 kg, 21 Temmuz günü ise 157,2 kg, sel ve taşkın yaşandığı 10 günde m²'ye 405 kg yağış düşmüştür.

Pazarsuyu Deresi'nin taşkın debisini hesaplamak için 70 mm/saat maksimum yağış değerleri kullanılmıştır. Pazarsuyu'nun denize dökülmeden önceki ikinci köprü'nün bulunduğu alana göre yapılan hesaplamalarda taşkın debisi köprüden geçecek su miktarından 2-3 kat daha yüksek çıkmıştır.

Pazarsuyu Havza Alanı: 769.5 km², Havza Çevresi: 167.1 km, Akarsu Uzunluğu: 64.6 km, Havza uzunluğu: 47 km, P = 70 mm/saat, $\phi = 40$ mm/saat

$$\text{Havzanın harmonik eğimi (S)} = 0,04$$

$$\text{Ana yatak uzunluğu (L)} = 64600 \text{ m}$$

$$\text{Toplanma zamanı (Tc)} = 0,00032 \times \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} = 0,00032 \times \frac{(64600)^{0,77}}{(0,04)^{0,385}} = 5,58774$$

$$\text{Birim sağanak süresi (D)} = 2\sqrt{Tc}$$

$$D = 2 \times \sqrt{5,58774} = 4,72 \cong 5 \text{ saat alındı}$$

$$\text{Hidrografın Yükselme Zamanı (Tp)} = 0,5 D + 0,6 Tc$$

$$(Tp) = 0,5 \times 5 + 0,6 \times 5,58774 = 5,85264 \text{ saat}$$

$$Q = \frac{2,08 \times A \times R_D}{T_p} \text{ (m}^3\text{/sn)} \quad A = \text{Havza Alanı (km}^2\text{)}$$

Dolaysız akım yüksekliği $R_D = P - \phi$

ϕ = ortalama sızma indisi

P = 70 mm/saat

$\phi = 40$ mm/saat $\Rightarrow R_D = 70-40=30$ mm/saat =3,0 cm/saat

$$Q = \frac{2,08 \times 769,50 \times 3,0}{5,85264} \cong 820 \text{ m}^3/\text{sn}$$

Pazarsuyu için hesaplanan taşkın debisinin yatak kapasitesinden çok yüksek çıkması akarsu yatakların yapılan müdahalelerin sel ve taşkın oluşumunda ne ölçüde önemli olduğunu göstermektedir.

5. BULGULAR

Bu bölümde Bulancak'ı etkileyen Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi havzalarının drenaj ağına ait morfolometrik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alansal ve relief morfolometri analizleri yapılmıştır. Bu analizler bir havzadaki sel ve taşkın riskini belirlemede önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır. Önceki bölümde yapılan değerlendirmelerin sayısal verilerle desteklenmesi amacıyla bu analizler yapılmıştır.

5.1. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Alansal Morfolometrik Analizleri

Alansal morfolometrik analizler kapsamında; tüm havzalara Drenaj Yoğunluğu (D_d), Akarsu Sıklığı (F_s), Havza Şekli (R_f), Uzunluk Oranı (R_e) ve Gravelius İndeks (K_G) analizleri uygulanmıştır.

5.1.1. Drenaj Yoğunluğu (D_d) Analizleri

Drenaj yoğunluğu havzaların akarsular tarafından yarıma derecesini göstermekte olup topografya haritaları kullanılarak belirlenmektedir (Verstappen, 1983). Bir havzadaki drenaj durumu veya drenaj kapasitesi, o havzadaki doğal drenaj kanallarını oluşturan ana mecra ve ona bağlı bulunan yan kolların veya derelerin havzaya düşen yağış sularını boşaltabilme yeteneği veya kapasitesidir. Genel bir ifade ile bir havzanın drenaj yoğunluğu ne kadar yüksek ise o havzadaki drenaj ağının yağış sularını çevreye zarar vermeden akıtma yeteneğinin de o ölçüde yüksek olduğu söylenebilir (Görcelioğlu, 2003). Drenaj yoğunluğu değerinin fazla olduğu alanlarda yüzeysel akışlara ait uzunluklar azalır, yamaç eğimlerine ait değerler artış gösterir (Schumm, 1956). Drenaj yoğunluğu, havzaların fizyografik, jeolojik karakterinden örneğin tektonik aktivite, kayaç tipi, toprak tipi ve tekstürü, iklim, havza şekli, relief ve arazi örtüsünden etkilenmektedir (Christofletti ve Oka-Fiori, 1980; Al-Saady ve diğ., 2016). Geçirgenliği fazla olan topraklar ile gevşek kumlu topraklar, gevşek kumtaşı, konglomera ve özellikle çatlaklı kireçtaşlarının olduğu havzalarda drenaj yoğunluğu 1 km/km²'nin altındadır. Buna karşın kıltaşı, marn, serpantin, gibi geçirimsizliği az olanlar üzerinde 5 km/km²'nin üzerine çıkmaktadır. Genel bir ifadeyle yağışın fazla ve zeminin geçirgenliğinin düşük olduğu yerlerde fazla olan drenaj yoğunluğu, kuraklığın arttığı geçirimsiz alanlarda azalmaktadır (Atalay, 2016).

Drenaj yoğunluğu hesaplanırken, havzalarda bulunan mevcut akışa sahip akarsulardan ziyade, maksimum yağışlarda suyu taşıma ve iletme (drene etme) kabiliyetine sahip bütün vadi uzunlukları dikkate alınmaktadır. Havzalardaki taşkınlar açısından bu şekilde bir değerlendirme doğru olacaktır (Özdemir, 2011). Vadi yoğunlukları dikkate alınarak drenaj yoğunluğu, Pazarsuyu Deresi Havzası için 1,93, İncüvez Deresi Havzası için 2,24, Kara Dere Havzası için 2,01, Bulancak Deresi Havzası için 2,01 bulunmuştur (Tablo 4).

Bölgedeki iklim şartlarının akarsu uzunluğuna etkisini gösteren bu değer genellikle 0,5-2,5 km/km² arasında değişmektedir (Özhan, 2004). Reddy ve diğ., (2004) drenaj yoğunluğu değerinin 1,75'ten büyük olması halinde yüksek, 2,5'ten büyük olması halinde çok yüksek olarak

tanımlanabileceğini ifade etmiştir. Deju (1971) drenaj yoğunluğu değerlerini 0.5 (düşük), 0.5-1.5 orta ve 1.5'den olanları büyük olarak gruplandırmıştır. Langbein (1947), drenaj yoğunluğunun nemli bölgelerde 0.55 ile 2.09 km/km² arasında değiştiğini ve ortalama yoğunluk değerinin 1.03 km/km² olduğunu bildirmiştir. Üç sınıflandırmaya göre drenaj yoğunluğu tüm havzalar için yüksek olup, bu durum sel ve taşkın oluşumunu desteklemektedir. Çünkü yüksek drenaj yoğunluğu taşkına duyarlı alanları karakterize etmektedir. Yüksek D_d değerleri düşük infiltrasyon kapasitesi, dik yamaçlar, düşük bitki örtüsünü göstermektedir. Düşük D_d taşkın duyarlılığı düşük alanları karakterize etmektedir (Patton ve Baker, 1976). Vadi yoğunluğunun fazla olması su toplanma zamanını azaltacağından taşkınları büyütücü, pike ulaşma ve taşkın süresini kısaltıcı etki yapmaktadır (Gregory ve Walling, 1985).

Tablo 4. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Drenaj Yoğunluğu (**D_d**) Değerleri

Havza Adı	L (km)	A (km ²)	D_d
Pazarsuyu Deresi	1493.89	773.58	1.93
İncüvez Deresi	79.44	35.43	2.24
Kara Dere	14.39	7.13	2.01
Bulancak Deresi	35.37	17.57	2.01

Drenaj yoğunluğuna göre İncüvez, Kara Dere ve Bulancak Deresi havzalarının yüzeysel akışa geçme ve suyu iletme kapasitesi Pazarsuyu Havzası'na göre daha yüksektir. Pazarsuyu Deresi Havzası alansal olarak diğer havzalara göre çok büyük olmasına rağmen drenaj yoğunluğu düşüktür. Bu durum üzerinde havzanın jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerinin yüzeysel akışa geçen suları yavaşlatması ve tutmasıyla ilişkilidir.

5.1.2. Akarsu Sıklığı (**F_s**) Analizleri

Havza ve alt havzalara ait akarsu kollarının o havzanın birim alanındaki yatak sayısı akarsu sıklığı ile ifade edilmektedir. Bir bölgenin akarsu bakımından zengin veya fakir olduğu akarsu sıklığı ile belirlenmektedir (Hoşgören, 2001). Akarsu sıklığı, geçirimsizlik, infiltrasyon kapasitesi ve relieften etkilenmektedir (Rekha ve diğ., 2011). Ayrıca yağış miktarı, litoloji, havza şekli de akarsu sıklığını etkilemektedir (Al-Saady ve diğ., 2016). Yüksek F_s değerleri zeminin geçirgen olmadığını ve bitki örtüsünün seyrek olabileceğini göstermesine karşın, düşük olması ise litolojik yapının geçirgen olduğu anlamına gelmektedir.

Vittala ve diğ. (2004)'ne göre yüksek F_s değerleri yüzeysel akışın fazla olduğu sert zemin yüzeyine sahip geniş havzalarda görülmektedir. Belli bir sahadaki akarsu sıklığı iklim, jeoloji ve jeomorfolojik özellikler ile morfolojik dönemin safhasına bağlıdır (Erinç, 2000). Akarsu sıklığı iklim ile ilişkilendirildiğinde, ortalama aynı eğim değerine sahip bölgelerden yarı kurak bölgelerde sıklık fazla, kurak bölgelerde çok az ve nemli bölgelerde orta derecededir (Peltier, 1962). Akarsu yatak boylarının kısa olması, gecikme süresini azaltacağından taşkınları büyütücü, pike ulaşma ve taşkın süresi üzerinde kısaltıcı etki yapmaktadır (Atalay, 1986).

F_s değerleri Pazarsuyu Deresi Havzası için 2.17, İncüvez Havzası için 2.82, Kara Dere Havzası için 1.96 ve Bulancak Deresi Havzası için 2.61 hesaplanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Akarsu Sıklık (**F_s**) Değerleri

Havza Adı	N (Dizin sayısı)	A (km ²)	F_s
Pazarsuyu Deresi	1682	773.58	2.17
İncüvez Deresi	100	35.43	2.82
Kara Dere	14	7.13	1.96
Bulancak Deresi	46	17.57	2.61

İncüvez ve Bulancak Deresi havzalarında akarsu sıklığı drenaj yoğunluğu değerine uygun olarak daha yüksektir (Tablo 5). Pazarsuyu Havzası'nın geniş alan kaplamasına bağlı olarak akarsu sıklığı değerleri düşüktür. Bu durumun nedeni zemin geçirgenliğinin daha yüksek olmasıdır. Tüm havzalar içerisinde Kara Dere Havzası'nda R_f değerleri en düşük çıkmıştır. Kara Dere Havzası'nda değerlerin düşük olması havza alanı ve dizin sayısı arasındaki farkın diğer havzalara göre daha az olmasıyla ilgilidir.

5.1.3. Havza Şekli (R_f) Analizleri

Akarsuların akım özelliklerinin farklı olmasında havza şekil özelliğinin de önemli bir etkisi bulunmaktadır (Horton 1945; Schumm 1956; Verstappen, 1983). Havza şekli, havza alanının maksimum havza uzunluğunun karesine oranlanması ile hesaplanmaktadır (Horton (1932; 1945). Havza şekil analizleri, veri problemi yaşanan havzalarla ilgili araştırmacıların yorum yapabilmesine olanak sağlamaktadır (Miller, 1953). Havza şekli değerleri Pazarsuyu Deresi Havzası için 0.64, İncüvez Deresi Havzası için 0.53, Kara Dere Havzası için 0.48, Bulancak Deresi Havzası için 0.53 olarak bulunmuştur (Tablo 6).

Havza şekli ana akarsuyun beslenme şeklini belirlemektedir. Akarsu havzalarının boyuna dar ve elips şeklinde uzunlamasına olduğu havzalarda R_f değeri yüksek, kısa ve dairemsi olan havzalarda düşük R_f değerleri çıkmaktadır. Yüksek R_f değerlerinin olduğu havzalarda uzun bir süreç içerisinde yan kollardan gelen yüksek akımla, kısa zamanda devamlı düşük akımın görüldüğü ve kısa süreli maksimum akıma neden olan bir durum arz etmektedir. Düşük R_f değerlerine sahip havzalar ise kısa zaman süresinde yan kollardan gelen düşük akımla, uzun süreli meydana gelecek yüksek ana akımın görüleceği bir durum arz etmektedir (Dingman, 1994; Musy, 2001). Buna göre Pazarsuyu Deresi Havzası'nda taşkın döneminde uzun süreli yüksek akım, diğer havzalarda kısa süreli yüksek akım görülmektedir.

Tablo 6. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Havza Şekli (R_f) Değerleri

Havza Adı	A (km ²)	Lm (km)	R_f
Pazarsuyu Deresi	773.58	48.1247	0.64
İncüvez Deresi	35.43	12.1529	0.53
Kara Dere	7.13	5.42802	0.48
Bulancak Deresi	17.57	8.15722	0.53

5.1.4. Uzunluk Oranı (R_e) Analizleri

Havza şekil özelliğindeki farklılıklar akarsuların akım grafiğinin de farklılaşmasına neden olmaktadır. Bunun için havzanın dairesel biçimli veya uzunlamasına bir şekle sahip olduğu önemlidir. Ayrıca verilerin yetersiz olduğu havzalarda bu kollara ait akımla ilgili tahminlerde bulunulması açısından havza şekil faktörü önemli bir yere sahiptir (Verstappen, 1983). Uzama Oranı (R_e) değerinin düşük olması yüzeysel akış sularının havza çıkışına ulaşmasının gecikmesi, başka bir ifade ile konsantrasyon süresinin uzun olması anlamına gelmektedir (Strahler, 1964 ; Sarangi ve diğ., 2003).

Uzama oranı çeşitli iklim ve jeolojik yapı tiplerinde 0,6-1,0 arasında değişir. 1,0'e yakın değerler çok düşük rölyefi, 0,6-0,8 arasındaki değerler kuvvetli rölyef ve dik yamaçları gösterir (Strahler, 1964). Bir havzanın şeklinin, o havzanın çıkışında gözlenen akım hidrografının şekline ve pik değer üzerinde etkisi büyüktür. Örneğin aynı alana sahip, aynı yağışa maruz kalan yuvarlak bir havza ile uzun bir havzanın davranışları aynı olmaz. Uzun havzadan daha yayvan ve pik değeri daha düşük bir hidrograf meydana gelir (Usul, 2008). Uzunluk oranı Pazarsuyu Havzası için 0.90, İncüvez Deresi Havzası için 0.82, Kara Dere için 0.78, Bulancak Deresi Havzası için 0.82 hesaplanmıştır (Tablo 7).

Tablo 7. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulançak Deresi Havzalarının Uzunluk Oranı (R_e) Değerleri

Havza Adı	A (km ²)	L_m (km)	R_e
Pazarsuyu Deresi	773.58	48.1247	0.90
İncüvez Deresi	35.43	12.1529	0.82
Kara Dere	7.13	5.42802	0.78
Bulançak Deresi	17.57	8.15722	0.82

Uzunluk oranı değerlerine göre tüm havzaların uzunlamasına bir şekle sahip olduğu görülmektedir. Dairesel havzalarda yüzeysel akışın deşarj edilmesi boyuna uzanan havzalara göre daha kolaydır (Singh ve Singh, 1997). Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulançak Deresi havzalarının uzunlamasına bir şekle sahip olması pik değeri yüksek hidrograf ve yüzey akışının deşarjının zor olduğu, sel ve taşkın riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

5.1.5. Gravelius İndeks (K_G) Analizleri

Havza şeklinin saptanmasında çeşitli katsayılar kullanılmaktadır. Gravelius İndeksi de bu katsayılardan biridir. Bu katsayı havzanın çevre uzunluğunun havzayla aynı alana sahip dairenin çevre uzunluğuna bölünmesiyle elde edilmektedir. Gravelius indeks (K_G) değerine göre sonuç değerinin küçüklüğü oranında havza daireysel bir görünüm göstermektedir (Hoşgören, 2001). İndeks değeri 1'e eşit olursa havza daireysel bir görünüm arz eder (Batista Da Silva ve Carvalho, 2006). Gravelius indeks Pazarsuyu Deresi Havzası'nda 1.71, İncüvez Deresi Havzası'nda 1.49, Kara Dere Havzası'nda 1.41 ve Bulançak Deresi Havzası'nda 1.52 olarak hesaplanmıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulançak Deresi Havzalarının Gravelius İndeks (K_G) Değerleri

Havza Adı	A (km ²)	P (km)	K_G
Pazarsuyu Deresi	773.58	169.426	1.71
İncüvez Deresi	35.43	31.4706	1.49
Kara Dere	7.13	13.4271	1.41
Bulançak Deresi	17.57	22.6973	1.52

Büyüklikleri ve diğer özellikleri aynı fakat şekilleri değişik olan drenaj alanlarından gelecek olan taşkın hacimleri eşit olduğu halde, havzanın şekline göre sarfiyat miktarları, pike ulaşma ve devam süreleri değişmektedir (Eagleson, 1970). Bulançak'ı etkileyen tüm havzalar için Gravelius indeks değerleri yüksek olup, bu durum daireye oranla daha uzun ve dar bir havza şeklini göstermektedir. İndeks değerinin yüksek olması reliefin aşınım faaliyetleri üzerinde etkisinin yüksek ve erozyonun fazla olduğunu da göstermektedir.

5.2. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulançak Deresi Havzalarının Relief Morfometrisi Analizleri

Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulançak Deresi havzaları için relief morfometrik analizler kapsamında Havza Reliği (B_h), Relief Oranı (R_h), Engebelilik Değeri (R_n), Akım Toplanma Zamanı (T_c), Hipsometrik Eğri (H_c) ve Hipsometrik İntegral (H_i) analizleri yapılmıştır. Bu analizler havzaların eğim ve yükseklik değerlerinin bulunduğu, farklı morfolojik özelliklerin belirlenmesine yönelik olarak uygulanmaktadır (Avcı ve Sunkar, 2015).

5.2.1. Havza Reliği (B_h) Analizleri

Havza reliefi havzanın en düşük ve en yüksek noktası arasındaki yükselti farkıdır. Havza reliefi eğimi, yüzeysel akışı ve taşınan sediment miktarını belirlemektedir (Babu ve diğ., 2016). Relief değerinin artması daha dik yamaçların ortaya çıkmasına ve daha fazla eğimli yatağa sahip akarsulara, yüzeysel akışın toplanma zamanındaki azalmaya ve bunların beraberinde taşkın

değerlerinin artmasına neden olmaktadır (Baker vd., 1988). Havza reliefi (B_h) havzanın potansiyel enerjisini de ifade etmektedir. Pazarsuyu Deresi Havzası için (B_h) değeri 3055 m, İncüvez Deresi için 860 m, Kara Dere için 575 m, Bulancak Deresi Havzası için 670 m olarak hesaplanmıştır (Tablo 9).

Tablo 9. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Havza Reliefi (B_h) Değerleri

Havza Adı	H_{max} (m)	H_{min} (m)	B_h (m)
Pazarsuyu Deresi	3055	0	3055
İncüvez Deresi	780	0	780
Kara Dere	574	0	574
Bulancak Deresi	618	0	618

Tüm akarsu havzalarında havza reliefi değerlerinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Havza reliefi değerlerinin yüksek çıkması yukarı havzada erozyonun ve taşınan sediment miktarının artmasına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak su tutma kapasitesinin azalması aşağı havzada taşkın riskinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bulancak'ta yaşanan taşkınlarda akarsuların kırmızıya yakın renkteki akışı ve balcık birikimi bu sonucu desteklemektedir (Foto 1 c, d).

5.2.2. Relief Oranı (R_h) Analizleri

Relief oranı, maksimum havza reliefinin ana akarsuya paralel olan maksimum havza uzunluğuna bölünmesiyle elde edilmektedir (Schumm, 1956). Relief oranı, drenaj havzasının dikliğini ve buna bağlı olarak erozif süreçlerin yoğunluğunu gösterir (Babu ve diğ., 2016). R_h değerleri Pazarsuyu Deresi için 0,06, İncüvez Deresi için 0,06, Kara Dere için 0,1, Bulancak Deresi için 0,07 olarak bulunmuştur (Tablo 10, 11). Havzalar için hesaplanan relief oranı, yüksek olup, taşkın oluşumu açısından dikkate alınması gereken bir özelliktir.

Tablo 10. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Şekil Analizlerinde Kullanılan Veriler

Akarsu Adı	Ana Akarsu Uzunluğu (km)	Havza Alanı (km ²)	Maksimum Havza Uzunluğu (km)	Havza Çevresi Uzunluğu (km)
Pazarsuyu Deresi	72.43	773.58	48.1247	169.426
İncüvez Deresi	14.0669	35.43	12.1529	31.4706
Kara Dere	5.62801	7.13	5.42802	13.4271
Bulancak Deresi	9.8891	17.57	8.15722	22.6973

Relief oranı değerleri arttıkça akarsu havzalarında sel ve taşkın riski artmaktadır. Kara ve Bulancak dereleri havzasında R_h değerlerinin yüksek çıkması bu havzalarda sel ve taşkın riskinin Pazarsuyu ve İncüvez dereleri havzalarına göre yüksek olduğunu göstermektedir (Tablo 11). Bu sonuçlar dışında Kara ve Bulancak derelerinin yerleşme içinde kalan bölümünün kanala alınarak dere yataklarının daraltılması bu riski iki katına çıkarmıştır.

Tablo 11. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Relief Oranı (R_h) Değerleri

Havza Adı	H (m)	L (m)	R_h
Pazarsuyu Deresi	3055	48124.7	0.06
İncüvez Deresi	780	12152.9	0.06
Kara Dere	574	5428.02	0.10
Bulancak Deresi	618	8157.22	0.07

5.2.3. Engebililik Değeri (R_n) Analizleri

Relief özellikleri ve drenaj yoğunluğunun bir sonucu olarak ortaya çıkan havzanın engebililik değeri (R_n) havza hakkında, su akım gravitesi, sızma ve yüzeysel akış şartları, havzadaki erozif faaliyetler hakkında bilgi vermektedir (Reddy vd., 2004). Yüksek değerin olduğu alanlar, su kaybının az olduğu ve yüzeysel akış için şartların uygun olduğu alanları göstermektedir. Ayrıca yüksek engebililik değerine sahip havzalar yüksek sel potansiyeline sahip alanlardır (Baker vd., 1988). D_d ve F_s değerlerini etkilediği düşünülen yükselti ve eğim şartlarının etkisini ayrıca havzanın engebililik değerinde (R_n) de görmek mümkündür. R_n değerinin küçük olması sel karakterli akışların az olacağını göstermektedir (Patton, 1988; Ritter vd., 2002). R_n değerleri Pazarsuyu Havzası'nda 5.89, İncüvez Deresi Havzası'nda 1.74, Kara Dere Havzası'nda 1.15, Bulancak Deresi Havzası'nda 1.24'dür (Tablo 12). Pazarsuyu Deresi havzasında havza reliefi değeri diğer havzalardan yüksek olduğu için R_n değeri en yüksek bulunmuştur. Buna karşın havza reliefi ve drenaj yoğunluğu değerlerinin en düşük olduğu Kara Dere Havzası'nda R_n değeri en düşük çıkmıştır.

Tablo 12. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Engebililik (R_n) Değerleri

Havza Adı	B_h (km)	D_d (km/km ²)	R_n
Pazarsuyu Deresi	3,055	1.93	5.89
İncüvez Deresi	0,780	2.24	1.74
Kara Dere	0,574	2.01	1.15
Bulancak Deresi	0,618	2.01	1.24

Pazarsuyu Deresi dışında diğer derelerin havzalarında engebililik değerinin düşük çıkması havzaların morfolojisi ile ilgilidir. Normal şartlarda R_n değerinin düşük olduğu havzalarda sel karakterli akımlar görülmemektedir. Fakat inceleme alanının iklim özellikleri nedeniyle bu kural bozulmaktadır. Pazarsuyu Deresi Havzası'nda R_n değerinin yüksek olmasına bağlı olarak bu havzada sel karakterli ve pik akımlar görülmektedir.

5.2.4. Akım Toplanma Zamanı (T_c) Analizleri

Akım Toplanma Zamanı (Time of Concentration, T_c), suyun havzanın en uzak mesafesinden ana kola veya denize döküldüğü yere kadarki geçen zamanı ortaya koymaktadır (Verstappen, 1983). Akım toplanma zamanı Pazarsuyu Deresi Havzası için 416.51 dk, İncüvez Deresi Havzası için 97.18 dk, Kara Dere Havzası için 42.88 dk., Bulancak Deresi Havzası için 72.67 dk hesaplanmıştır (Tablo 13).

Tablo 13. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Akım Toplanma Zamanı (T_c) Değerleri

Havza Adı	L (m)	S (m/m)	T_c (dk)	T_c (Saat)
Pazarsuyu Deresi	72436	0.029	416.51	6.94
İncüvez Deresi	14066.9	0.049	97.18	1.61
Kara Dere	5628.01	0.065	42.88	0.71
Bulancak Deresi	9889.1	0.05	72.67	1.27

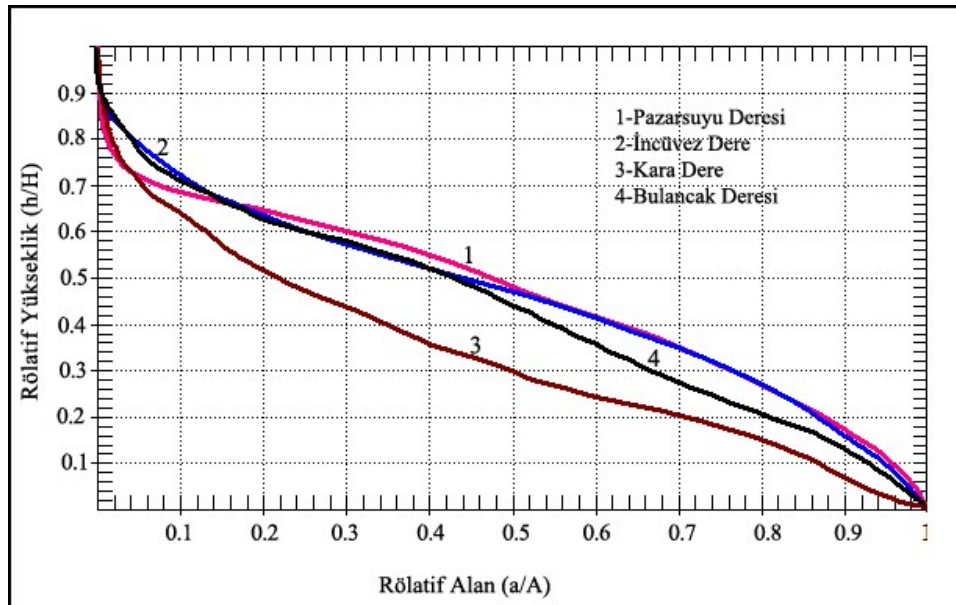
Akım toplanma zamanının farklılık göstermesi havza şekillerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Kara Dere Havzası'ndan suyun toplanması en kısa sürede gerçekleşirken, Pazarsuyu Havzası'nda bu değer en yüksektir. Bu analiz sonuçları engebililik oranı analizinde yapmış olduğumuz yorumu doğrular niteliktedir.

5.2.5. Hipsometrik Eğri (Hypsometric curve, H_c) Analizleri

Hipsometrik integral ve eğri, havzada yükselti basamaklarına bağlı olarak alansal dağılımı temsil etmektedir (Jones, 1997). Langbein (1947) hipsometrik eğrinin hidrolojik ve erozyon araştırmalarında kullanılmasının faydalı olduğunu bildirmektedir. Pazarsuyu ve komşu havzaların hipsometrik eğrileri gerçek alan verileri kullanılarak hesaplanmıştır (Tablo 14). Elde edilen hipsometrik eğrilere göre, havzalar gençliğe yakın olgunluk aşamasındadır (Şekil 11).

Tablo 14. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Yükselti Basamakları ve Alansal Dağılımı

Yükselti Basamakları (m)	Pazarsuyu Deresi	İncüvez Deresi	Kara Dere	Bulancak Deresi
0-50	4,485442	1,136367	0,895945	1,085337
50-100	3,222897	1,554196	0,899277	1,4301
100-150	4,952567	1,834685	1,353049	2,118776
150-200	6,064075	2,072366	1,060307	1,829223
200-250	6,992474	2,647058	0,772077	1,651113
250-300	7,461038	3,316747	0,787239	1,667553
300-350	8,364101	3,563472	0,476549	2,149875
350-400	10,737652	4,474994	0,481971	2,594545
400-450	11,559497	4,318087	0,248555	1,594201
450-500	11,248917	3,553073	0,098027	0,778562
500-550	11,689031	2,770971	0,045845	0,520451
550-600	13,028441	1,811389	0,010257	0,149546
600-650	13,552385	1,405938		0,003101
650-700	14,047265	0,780691		
700-750	13,797232	0,168533		
750-800	14,170435	0,021392		
800-850	15,007868			
850-900	15,832478			
900-950	15,77111			
>950	571,6203			



Şekil 11. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak dereleri havzalarının hipsometrik eğrileri.

Bu analiz sonucuna göre incelenen havzalarda sel ve taşkınların eşit oranda görülme olasılığı yüksektir. Pazarsuyu ve İncüvez dereleri havzasında gençlik dönemine yakın sonuçlar görülmektedir.

5.2.6. Hipsometrik İntegral (Hypsometric integral, H_i) Analizleri

Hipsometrik integral ve eğri bir bölgedeki morfolojik gelişimin hangi aşamada olduğuna dair önemli sonuçlar vermektedir (Strahler, 1952; Schumm, 1956). Hipsometrik eğrinin altında kalan alan hipsometrik integrali (H_i) ifade etmektedir. 0-1 arasında değişen bu değerlerde 0'a yakınlık havzanın olgun, 1 ise genç olduğunu göstermektedir. Hipsometrik eğri ve hipsometrik integral değeri birlikte değerlendirildiğinde havzaların genç, denge ve olgun aşamalarından hangisi ile ifade edilebileceğine imkan vermektedir (Strahler, 1952; Keller ve Pinter, 2002). Pazarsuyu Deresi Havzası için H_i değeri; 0,45, İncüvez Deresi Havzası için 0,45, Kara Dere Havzası için 0.32, Bulancak Deresi Havzası için 0.42 olarak hesaplanmıştır (Tablo 15). H_i değerlerine göre Kara Dere Havzası yaşlılık dönemine yakın, diğer havzalar gençlikten olgunluğa geçiş dönemindedir.

Tablo 15. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Hipsometrik İntegral değerleri

Havza Adı	Maksimum Yük.	Minimum Yük.	Ortalama Yük.	Hipsometrik I. k k
Pazarsuyu Deresi	3055	0	1395.72	0.45
İncüvez Deresi	780	0	356.79	0.45
Kara Dere	574	0	188.85	0.32
Bulancak Deresi	618	0	262.76	0.42

Tüm havzalarının hipsometrik eğri ve integrali birlikte değerlendirildiğinde; topografyanın genç olduğu, akarsuların aşındırma güçlerinin fazla olduğu, su baskınlarının daha çok sel karakterinde olabileceğini göstermektedir. Ancak Kara Dere Havzası'nın büyük bölümü kıyı kuşağında kaldığı için yaşlılık dönemine benzer sonuçlar çıkmıştır.

6. SONUÇLAR

Giresun batısında yer alan Bulancak kıyıda alçak düzlükler üzerine kurulmuş, son yıllarda kırsaldan almış olduğu göçlerle büyümektedir. Nüfus artışı ile birlikte yerleşmeler dere yatakları ve akarsuların denize dökülmeden önce biriktirdikleri küçük deltalar üzerine doğru kaymıştır. Bu süreçte dere yatakları daraltılarak şiddetli yağışlardan sonra sel ve taşkınlara neden olmaktadır. Derelerin yerleşme içerisinde kalan bölümleri kanala alınmış ve kanal üzerindeki köprülerle yatak enkesitleri daraltılarak sel ve taşkınlara zemin hazırlanmıştır. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak dereleri Bulancak yerleşmesini etkileyen dört önemli akarsuyu oluşturmaktadır. Bu dereler dışında küçük çaplı dereler de yerleşmeyi etkilemektedir. Akarsu yataklarına yapılan müdahaleler dışında havza genelinde arazi kullanımında fındık bahçeleri ormanlar aleyhine genişlemiştir. Arazi kullanımındaki değişim ve dere yataklarına yapılan müdahaleler nedeniyle sel ve taşkınların frekansında artış görülmektedir. Afet boyutunda etkili olan sel ve taşkınlar Bulancak için en önemli doğal afet riski olarak önemini korumaktadır.

Bulancak'ta yaşanan sel ve taşkın oluşumunda akarsu havzalarının morfometrik özelliklerinin etkisini belirlemek amacıyla Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak dereleri havzaları analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre; 1) Tüm havzalarda drenaj yoğunluğunun yüksek olması akarsu sıklığının yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bu özellik nedeniyle havzalara düşen yağış kısa sürede yan kollarla ana akarsuya iletilmektedir (Tablo 16), 2) Tüm havzalarda Gravelius indeksi ve Uzunluk oranının yüksek, Havza şekli değerlerinin düşük çıkması havzaların uzunlamasına şekle sahip olduklarını göstermektedir. 3) Relief oranlarının yüksek olduğu Kara ve Bulancak dereleri havzalarında sel ve taşkın riski diğerlerinden daha yüksektir. 4) Havza relief, relief oranı ve engebelilik ile ilişkili olan Hipsometrik integral değerlerinin düşük olduğu havzalarda taşkın riski artmaktadır. Yüksek engebelilik değerine sahip havzaların, akım toplanma zamanları da kısadır.

Engebelilik değerinin yüksek oluşu, sel potansiyelinin ve sediment taşınımının da yüksek olmasına neden olmuştur.

Tablo 16. Pazarsuyu, İncüvez, Kara ve Bulancak Deresi Havzalarının Morfometrik Analiz Sonuçları

Analizler	Pazarsuyu Deresi	İncüvez Deresi	Kara Dere	Bulancak Deresi
Drenaj Yoğunluğu	1.93	2.24	2.01	2.01
Akarsu Sıklığı	2.17	2.82	1.96	2.61
Havza Şekli	0.64	0.53	0.48	0.53
Uzunluk Oranı	0.90	0.82	0.78	0.82
Gravelius İndeksi	1.71	1.49	1.41	1.52
Havza Reliefi	3055	780	574	618
Relief Oranı	0.06	0.06	0.10	0.07
Engebelilik Değeri	5.89	1.74	1.15	1.24
Akım Toplanma Zamanı	416.51	97.18	42.88	72.67
Hipsometrik İntegral	0.45	0.45	0.32	0.42

Relief oranı ve Hipsometrik integral gibi analizlerde düşük değerler taşkın riskini, Akarsu sıklığı ve uzunluk oranı gibi analizlerde yüksek değerler sel ve taşkın riskini göstermektedir. Her analiz kendi içerisinde sonucun yüksek veya düşük olma durumuna göre sel ve taşkın riskini belirlemede kullanılmaktadır. Fakat sonucun daha güvenilir olması bakımından çok sayıda indisin kullanılması tercih edilmektedir. Uygulanan analiz sonuçlarına göre sel ve taşkın riskinin en yüksek olduğu dere, Kara Dere havzası çıkmıştır. Sel ve taşkın riskini belirlemede kullanılan bu analizler havza yönetimi ve planlama çalışmalarında da kullanılmaktadır.

Havzaların hipsometrik eğri ve integralleri değerlendirildiğinde topografyanın aşınım süreçleri açısından gençliğe yakın olgunluk döneminde olduğu görülmektedir. Bu durum erozyonun yüksek olmasına neden olmuştur. Dört akarsu havzasının bakı yönü kuzey olup Karadeniz üzerinden gelen nemli ve yağışlı hava kütlelerine açıktır. Havzaların bu özelliği nedeniyle yağış miktarı fazladır. Ortalama eğim değerlerinin tüm havzalar için 20°'den fazla olması yüzeysel akışın artmasına ve sızmanın azalmasına neden olmaktadır. Bu durum havzalarda sel taşkın oluşumunu kolaylaştırmaktadır. Havzaların morfometrik özellikleri ile bu havzaların iklimi ve yanlış arazi kullanımı birleştiğinde sel-taşkın duyarlılığı artmaktadır. Bu nedenle havzalardaki taşkın önleme çalışmalarında morfometrik özellikler dikkate alınmalıdır.

KAYNAKÇA

- ABBOUD, A. I., NOFAL, R. A., 2017, Morphometric analysis of wadi Khumal basin, western coast of Saudi Arabia, using remote sensing and GIS techniques, Journal of African Earth Sciences 126.
- Afet İşleri Genel Müdürlüğü (AFAD), 2008. Türkiye Ulusal Afet Arşiv Sistemi-TUAAS.
- AL-SAADY, Y. I., AL-SUHAİL, Q. A., AL-TAWASH, B.S., OTHMAN, A. A., 2016, Drainage network extraction and morphometric analysis using remote sensing and GIS mapping techniques (Lesser Zab River Basin, Iraq and Iran), Environ Earth Sci, 75:1243.
- ATALAY, İ., 1986, Applied Hydrography, Ege University, Faculty of Letters Publications No: 38, İzmir.
- ATALAY, İ., 2016, Uygulamalı Jeomorfoloji, META Basım-Yayın, İzmir.
- AVCI, V., GÜNEK, H, 2015, Uludere Havzası'nın (Bingöl) Jeomorfolojik Özelliklerinin Belirlenmesinde Morfometrik Analizlerin Kullanımı, Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı: 21, Sayfa: 745-770

- AVCI, V., SUNKAR, M., 2015, Giresun'da Sel Ve Taşkın Oluşumuna Neden Olan Aksu Çayı Ve Batlama Deresi Havzalarının Morfometrik Analizleri, İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Coğrafya Dergisi, Sayı: 30, Sayfa: 91-119.
- BABU, K. J., SREEKUMAR, S., ASLAM, A., 2016, Implication of drainage basin parameters of a tropical river basin of South India, *Appl Water Sci* 6:67-75.
- BAKER, V. R., KOCHER, R. C., PATON, P. C., 1988, *Flood Geomorphology*, John Wiley & Sons, USA.
- BALCI, H. A., ÖZTAN, Y., 1987, Sel Kontrolü, Karadeniz Üniversitesi, Orman Fakültesi, Genel Yayın No:113, Fakülte Yayın No: 12, Trabzon.
- BANERJEE, A., SINGH, P., PRATAP, K., 2015, Morphometric evaluation of Swarnrekha watershed, Madhya Pradesh, India: an integrated GIS-based approach. *Appl Water Sci*.
- BATISTA DA SILVA, L.D., CARVALHO, D.F., 2006. *Apostila de Hidrologia: UFRRJ*, 2006. 115 pp.
- BAUMGARDNER, R. W., 1987, Morphometric Studies of Subhumid and Semiarid Drainage Basin, Texas Panhandle and Northeastern New Mexico. Austin: Univ. Texas, Bur. Econ.Geol. Rept. Invest.163, 66 pp.
- BISWAS, S., SUDHAKAR, S. ve 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*, Vol. 27, No.3, p. 155-166
- CHITRA, C., ALAGURAJA, P., GANESHKUMARI, K., YUVARAJ, D., MANIVEL, M., 2011, Watershed characteristics of Kundah subbasin using remotesensing and GIS techniques. *Int J Geomat Geosci* 2(1):311-335.
- Coşkun, M. ve Aksoy, B., 2010, Aksu Vadisi (Giresun) Aşağı Kesiminde Doğal Ortam Şartlarının Taşkın Üzerine Etkileri, *Gazi Üniversitesi Türkiyat Dergisi*, Sayı:7, Sayfa: 135-154, Ankara.
- CÜREBAL, İ., ERGİNAL, E., 2007, Mıhlı Çayı Havzası'nın Jeomorfolojik Özelliklerinin Jeomorfik İndislerle Analizi, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, Cilt: 6, Sayı: 19, Sayfa: 126-135.
- DEJU, R., 1971, *Regional hydrology fundamentals*. Gordon and Breach Science Publishers, New York
- DİNGMAN, S. L., 1994, *Physical Hydrology*, 1st edition. Prentice Hall, Inc. Simon & Schuster, a Viacom Company. Upper Saddle River, New Jersey, pp. 4-5.
- DOORNKAMP, J.C., CUCHLAİNE, A.M.K., 1971, *Numerical Analysis in Geomorphology - An Introduction*, Edward Arnold, London.
- DOUGLAS, I., 1986, *Urban Geomorphology*, (in *A Handbook of Engineering Geomorphology*), Edited By Fookes, P. G.-Vaughan, P.R.), Surrey University Press, ISBN 0-903384-50-7, Chapman &Hall, Newyork, USA.
- DOUGLAS, I., 1987, *The Urban Environment*, Edward Arnold, ISBN 0-7131-6392-5.
- EAGLESON, P. S., 1970, *Dynamic Hydrology*, Mc Graw-Hill Book Company, London.
- ERİNÇ, S., 2000, *Jeomorfoloji I*, DER Yayınevi, İstanbul Konya.
- GAJBHİYE, S., MİSHRA, S., PANDEY, A., 2014, Prioritizing erosion-prone area through morphometric analysis: an RS and GIS perspective. *Appl Water Sci* 4:51-61.
- GARDİNER, V., 1990, *Drainage Basin Morphometry*. In *Geomorphological Techniques*, pp. 71-81, Ed. By A.S. Goudie. London: Unwin Hyman.
- GÖRCELİOĞLU, E., 2003, *Flood and Avalanche Control*, Istanbul University, Faculty of Forestry Publications, Istanbul University Publications No: 4415, Faculty of Forestry Publications No: 473, ISBN 975-404-608-3, Istanbul.
- GRAVELIUS, H., 1914, *Grundrifi der gesamten Gewässerkunde*. Band I: *Flufkunde* (Compendium of Hydrology, Vol. I.
- GREGORY, K. J., WALLİNG, D. E., 1985, *Drainage Basin Form and Process*, Edward Arnold Ltd. London

- HAKYEMEZ, H. Y., PAPAĞ, İ., 2002, 1/500000 Ölçekli Jeoloji Haritası Samsun paftası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Jeoloji Etütleri Dairesi, Ankara.
- HORTON, R. E., 1932, Drainage basin characteristics. *Trans. Am. Geophys. Union*, 13, 350-361.
- HORTON, R. E., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bull Geol Soc Am* 56:275- 370.
- HOŞGÖREN, M. Y., 2001, Hidrografya'nın Ana Çizgileri I: Yeraltı suları Kaynaklar Akarsular, 4. Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- JONES, J. A. A., 1997, *Global Hydrology*, London.
- KALİRAJ, S., CHANDRASEKAR, N., MAGESH, N. S., 2014, Morphometric analysis of the River Thamirabarani sub-basin in Kanyakumari District, South west coast of Tamil Nadu, India, using remote sensing and GIS. *Environ Earth Sci* 73:1-27
- KELLER, E. A., PİNTER, N., 2002, *Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and Landscape*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- KİRPİCH, Z. P., 1940, Time of concentration of small agricultural watersheds. *Çivil Engineering* 10 (6), 362.
- KUMAR, R., KUMAR, S., LOHANİ, A. K., NEMA, R. K., SİNGH, R. D., 2000, Evaluation of geomorphological characteristics of a catchment using GIS. *GIS India* 9(3):13-17.
- LANGBEİN, W. B., 1947, Topographic characteristics of drainage basins. *U S Geol. Surv., Water Supply Pap.* 968 C, 125-57.
- LANGBEİN, W. B., SCHUMM, S. A., 1958, Yield of sediment in relation to mean annual precipitation, *Trans. Am. Geophys. Union* 39, 1076-1084.
- MAGESH, N. S., JİTHESHLAL, K. V., CHANDRASEKAR, N., JİNİ, K. V., 2013, Geographical information system based morphometric analysis of Bharathapuzha River Basin, Kerala, India. *Appl Water Sci* 3:467-477.
- MANU, M. S., ANİRUDHAN, S., 2008, Drainage cahercteristics of Achankovil River Basin, kerala. *J Geol Soc India* 71: 841-850.
- MELTON, M. A., 1957, An analysis of the relation among elements of climate, surface properties and geomorphology, Tch. Rep. No. 11, Department of Geology, Columbia University, New York.
- MESA. L., 2006, Morphometric analysis of a subtropical Andean basin (Tucuma'n, Argentina). *Environ Geol* 50:1235-1242.
- MİLLER, V. C., 1953., A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the clinch mountain area. Virginia and Tennessee. In: Technical Report. 3. Office of Naval Research. Department of Geology. Columbia University.
- MOORE, I., GRAYSON, R. B., LADSON, A. R., 1991., Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrol Process* 5:3-30
- MUSY, A., 2001, e-drologie. Ecole Polytechnique Fédérale, Lausanne, Suisse.
- NAG, S. K., 1998, Morphometric analysis using remote sensing techniques in the Chaka sub basin, Purulia District, West Bengal. *J Indian Soc Remote Sens* 26(1&2):69-76.
- OKA-FIORI, C., CHRISTOFOLETTI, A. O., 1980, uso da densidade de rios como elemento para caracterizar as formações superficiais. *Not. Geomorfológica, Campinas*, 20 (39-40): 73-85.
- ÖZDEMİR, H., 2011, Havza Morfometrisi ve Taşkınlar, Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistematik ve Bölgesel (Ed: Deniz Ekinci), İstanbul: Türk Coğrafya Kurumu Yayınları No: 6, Sayfa: 507-526, İstanbul.
- ÖZDEMİR, H., BAYRAKDAR, C. 2008. 16 Kasım 2007 Tuzla Deresi Taşkınının Nedenleri Üzerine Bir Araştırma (Silivri-İstanbul), *Türk Coğrafya Dergisi* 49, s. 123-139.

- ÖZDEMİR, H., BİRD, D., 2008, Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods, *Environmental Geology* 56, 1405-1415.
- ÖZHAN, S., 2004, Havza Amenajmanı, İ. Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Rektörlük Yayın No:4510, Orman Fakültesi Yayın No:481, İstanbul, 975-404-739-1.
- ÖZŞAHİN, E., 2010, Komşu Akarsu Havzalarının Morfometrik Analizi: Sarıköy ve Kocakıran Dereleri Üzerine Temel Bir Çalışma (Gönen Havzası, Güney Marmara), Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Cilt: 20, Sayı:1, Sayfa: 139-154.
- PATTON, P. C., BAKER, V.R. 1976, Morphometry and Floods in Small Drainage Basins Subject to Diverse Hydrogeomorphic Controls, *WATER RESOURCES RESEARCH*, VOL. 12, NO. 5
- PELTIER, L.C., 1962, Area Sampling for Terrain Analysis. *Prof. Geogr. Vol. 14*, pp. 2428.
- REDDY, G. P. O., MAJİ, A. K., GAJBHİYE, K. S., 2004, Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in basaltic terrain, Central India—a remote sensing and GIS approach. *Int J Appl Observ Geoinf* 6:1-16.
- REKHA, V., GEORGE, A, RİTA M., 2011, Morphometric analysis and micro-watershed prioritization of peruvanthanam sub-watershed, the manimala river basin, Kerala, South India. *Environ Res Eng Manag* 3:6-14.
- RİTTER, D. F., KOCHER, R. C., Miller, J. R., 2002, *Process Geomorphology*. Fourth Edition, McGraw-Hill.
- SARANGİ, A., MADRAMOOTOO, C. A. ve ENRİGH, P. 2003. Development of UserInterface in ArcGIS for Watershed Geomorphology, CSAE (The Canada Society for Engineering in Agricultural, Food and Biological Systems) Paper No.03-120.
- SCHUMM, S. A., 1956, Evolution of drainage Systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geol. Soc. Am. Bul.* 67, 597-646.
- SENADEERA, K.P.G.V., PİYASİRİ, S., NANDALAL, K.D.W. 2004. The Evaluation of Morphometric Characteristics of Kotmale Reservoir Catchment Using GIS as a Tool, Sri Lanka, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol.34. Part XXX.
- SİNGH, D. S., AWASTHİ, A., 2011, Implication of drainage basin parameters of Chhoti, Gandak River, Ganga plain, India. *J Geol Soc India* 78:370-378
- SİNGH, S., SİNGH, M.C., 1997,. Morphometric analysis of Kanhar river basin. *National Geographical Jour. of India* 43 (1), 31- 43.
- STRAHLER, A. N., 1952, “Hypsometric (area-altitude curve) Analysis of Erosional Topography”, *Geological Society of America Bulletin*, 63: 1117- 1141
- STRAHLER, A. N., 1957, Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans Am Geophys Union* 38:913-920.
- STRAHLER, A. N., 1964. *Handbook of Applied Hydrology*, Section 4-II Geology, part II. Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks, (Editor V.T. CHOW) Mc Graw-Hill Company, NY.
- STRAHLER, A., STRAHLER, A., 1997, *Physical Geography, Science and Systems of the Human Environment*, John Wiley&Sons, Inc.,ISBN, 0-471-11299-2, USA.
- TEİXEİRA, J., CHAMİNE', HI., CARVALHO, J. M., PE'REZ-ALBERTİ, A., ROCHA, F., 2013, Hydrogeomorphological mapping as a tool in groundwater exploration. *J Maps* 9(2):263-273
- TOPUZ, M., KARABULUT, M., 2016, Limonlu ve Alata Havzalarının (Mersin-Erdemli) Jeomorfometrik Analizi, *Turkish Studies*, Cilt: 11, Sayı: 2, Sayfa: 1231-1250.
- TÜİK, Türkiye İstatistik Kurumu (<https://biruni.tuik.gov.tr/nufusmenuapp/menu.zul> 29.07.2018 tarihli erişim).
- TUROĞLU, H., Özdemir, H., 2005, Bartın'da Sel ve Taşkınlar. Sebepler, Etkiler, Önleme ve Zarar Azaltma Önerileri, ISBN 975-9060-04-3, Çantay Kitapevi, İstanbul.

USUL N., 2008, Mühendislik Hidrolojisi, ODTÜ Yayıncılık, Ankara.

VERSTAPPEN, H. T. H., 1983, Applied geomorphology. ITC, Enschede.

VITTALA, S.R., GOVINDAIAH, S., GOWDA, H. H., 2004, Morphometric analysis of sub watersheds in the Pavagada area of Tumkur District, South India using remote sensing and GIS technique. J Indian Soc Remote Sens 32:351–362.

YURT, R., 2013, İklim Değişikliği ve Plansız Kentleşmenin Giresun Şehrinde Yol Açtığı Sel Felaketleri, TMMOB Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, 24-26 Ekim 2013, Trabzon.

