HAVZA MORFOMETRİSİ VE TAŞKINLAR

Hasan ÖZDEMİR

Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistematik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları, No:5, 507-526, İstanbul 2011

HAVZA MORFOMETRİSİ VE TAŞKINLAR

Hasan ÖZDEMİR

İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Fiziki Coğrafya Anabilim Dalı
ozdemirh@istanbul.edu.tr

Öz

Bu çalışmada, taşkınların meydana gelmesinde etkili olan aşırı sağanak yağışlar, bitki örtüsü tahribatı, yanlış arazi kullanımları, akarsu yatakları üzerindeki yanlış mühendislik yapıları vb. gibi birçok nedenden sadece suyun yeryüzeyine düştükten sonra üzerinde akışa geçtiği ve buna bağlı olarak kollarını oluşturduğu havzasının morfometrik özellikleri ele alınmıştır. Çalışmada, havzadaki akarsuyun kollarıyla birlikte sahip olduğu alansal, çizgisel ve relief morfometrik özelliklerin, havzalarda meydana gelen taşkınlarla ilişkisi ortaya konmuş ve havzalardaki taşkın problemlerine karşı yapıcı ve kalıcı önlemlerin alınmasında havza morfometrik özelliklerinin ne derece önemli olduğu vurgulanmıştır.

Abstract

There are a number of reasons for flood occurrences such as intensive rainfall, deforestation, mislanduse, misapplications on the river channels etc. This study focused on morphometric characteristics of a basin which collects and routes water through its network. In this study, relationship between linear, areal and relief morphometry of the basin and flood occurrences has been evaluated and the importance of basin morphometry in flood studies has been emphasized.

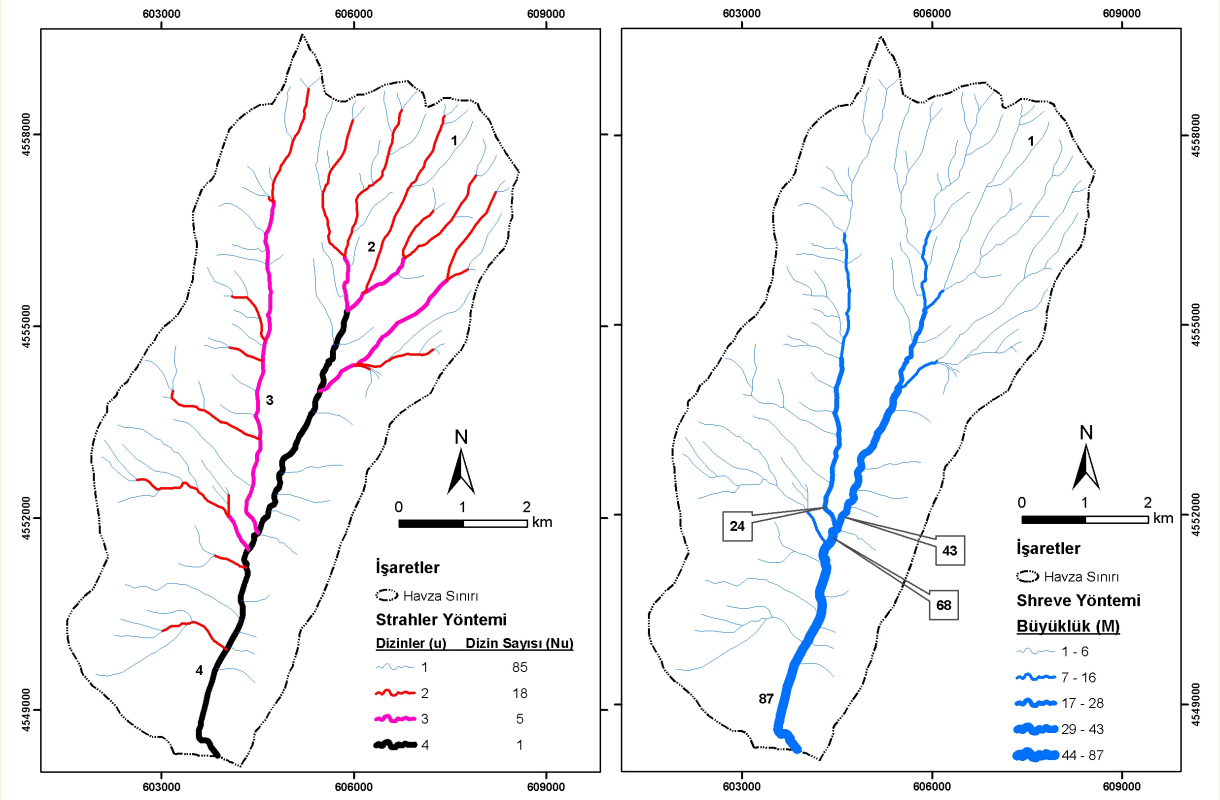
1.Giriş

İklimlerin artan değişkenlikleriyle birlikte ısınması hem taşkınların hem de kuraklık riskinin artmasına neden olmaktadır (Wetherald ve Manabe, 2002; IPCC, 2007). Sıcaklıklardaki artışlar yılın bütün mevsimleri için sözkonusu iken, yağışlar ise bir mevsim artarken diğer mevsimde azalabilmektedir. Bazı güçlü bulgulara göre de yağışlardaki bu değişkenlik gelecekte daha da artacaktır (Trenberth vd. 2003). Bu da yağışların yıl içindeki süreksizliğine ve dolayısıyla ani ve sağanak yağışların artmasına neden olacaktır. Bu durumun ortaya çıkaracağı en doğal sonuç, bir çok havzada taşkınların meydana gelmesidir. Taşkınlar, kaynağı olan aşırı yağış ve su fazlalığı nedeniyle her nekadar atmosferik kökenli olarak gözükselerde, yüzeye düşen suların miktarını belirlemesi bakımından bitki örtüsü özellikleri, zemindeki suların yeraltına sızma miktarını etkilemesi bakımından zemin-toprak özellikleri, bitki ve yeraltına sızan miktardan arta kalan suların akışı ve jeomorfoloji ilişkisi taşkınların nedeninin anlaşılmasında son derece önemlidir. Ayrıca yanlış arazi kullanımları, akarsu yatakları üzerindeki mühendislik yapıları da (kentsel yapılaşma, leveler, setler, barajlar vb.) taşkınların oluşmasında önemli rol oynarlar.

Yukarıda bahsi geçen taşkınları oluşturan birçok nedenden bu çalışmada jeomorfolojik bir etken olan havza morfometrisi üzerinde durulmuştur. Bunun nedeni, havzalardaki bitki örtüsündeki değişmelerin veya zemin-toprak özelliklerindeki değişmelerin bir sonucu olarak akarsu ağları ve havzaları meydana gelmektedir. Dolayısıyla, bir havzada bütün ağ özellikleriyle birlikte akarsu ve onun havzası, o bölgedeki yağışın, bitki örtüsünün ve zemin-toprak özelliklerinin bir sonucu olarak karşımıza çıkar. Bu da havza morfometrik özelliklerinin taşkın çalışmalarında nedenli önemli olduğunu bize gösterir. Bu önemine bağlı olarak birçok araştırmacı-jeomorfolog havza morfometrisine ait parametreleri çalışmalarında kullanmış ve önemine vurgu yapmışlardır. Bunlardan bazıları, Horton 1945, Strahler 1952, 1957, 1964, Leopold ve Miller 1956, Morisawa 1959, Mark 1975, Verstappen 1983, Abraham 1984, Baumgardner 1987, Patton 1988, Gardiner 1990, Krishnamurthy vd. 1996, Turoğlu 1997, Kumar vd. 2000, Macka 2001, Hoşgören 2001, Ritter vd. 2002, Reddy vd. 2004, Özdemir ve Bayrakdar 2008, Özdemir ve Bird 2009'dur.

Bir akarsu havzasına bakıldığında ilk dikkati çeken özellikler, havza içindeki akarsu ve kolları, havzanın şekilsel özellikleri ve minimum-maksimum yükseklikleridir. Sadece bu özelliklerine bağlı olarak havzaların genel morfolojik karakterleri hakkında bilgi sahibi olmamız mümkündür. Örneğin, akarsu ağının çok fazla olması, havzanın geçirimsiz bir zemine sahip olduğu, eğiminin fazla olduğunu veya bitki örtüsünden yoksun olduğunu; havza şeklinin dairesel olması, ana akarsu koluna yan kollardan suların daha geç bir sürede katılacağı çıkarımında bulunmak gibi. Havzalardaki bu şekilsel özelliklere bağlı olarak, Horton ilk defa akarsu ağlarının morfometrik özelliklerini sayısal olarak incelemiş ve "drenaj kompozisyonu" olarak isimlendirilen farklı büyüklükteki dereler arasındaki ilişkinin matematiksel olarak ifade edilebileceğini göstermiştir (Horton, 1945). Horton'un ortaya atmış olduğu metodu daha sonra Strahler (1952) tekrar düzenlemiş, böylece bütün derelerden çok derelerin segmentlerini (en küçük kollarını) sıralamıştır. Strahler yönteminde, yan kol olmayan fakat küçükte olsa akışa sahip bir segment 1. dizin olarak isimlendirilmiştir. İki tane 1. dizin birleşince 2. dizini, iki tane 2. dizin birleşince 3. dizini oluşturur vs. (Şekil 1). Bu sistemde daha küçük bir dizin kendisinden büyük bir dizinle birleşince dizin değerinde bir artış olmaz. Ancak iki eşdeğer dizin birleşirse dizin sıralamasında bir artış olabilmektedir. Bundan da anlaşılacağı gibi Strahler yönteminde küçük dizinlerin (kolların) etkisi gözardı edilmiştir. Fakat bu etki daha sonra Shreve (1966, 1967) tarafından kullanılmış ve "Shreve Magnitude" olarak isimlendirilen yeni yöntem ortaya konmuştur. Bu yöntemde bir dizin kendisinden önceki dizinlerin toplamı şeklinde bir dizilişe sahiptir (Şekil 1). Dolayısıyla havzanın aşağı kesimindeki 1. dizindeki bir segment, birleştiği yukarı havzalardan toplanarak gelmiş bir *n* büyüklüğündeki dizine katılarak bu dizinin değerini *n+1* yapar ve büyütür. Jeomorfologlar yağış-akış arasındaki ilişkinin araştırılmasında Shreve Büyüklük yöntemini daha kullanışlı bulurlar (Miller vd. 2002). Bunun nedeni, 1. dizinler havzalara düşen yağışın birincil düzeydeki toplayıcılarıdır ve bunlar taşkına neden olacak akışların tahmininde Strahler sisteminden daha iyidirler (Patton ve Baker, 1976).

Akarsu dizinlerine ait bu özellikler dışında her havza çizgisel, alansal ve relief



Şekil 1- Bir havzadaki akarsu ağının Strahler ve Shreve dizin yöntemleriyle gösterilişi.

karakteristikleri olarak ifade edilen, sayısal olarak nitelendirilebilen ve ölçülebilen bir takım geometrik özelliklere sahiptir (Tablo 1). Bu özellikler havza morfometrisi olarak isimlendirilir (Ritter vd. 2002). Bu çalışmanın amacı, havzaların morfometrik özellikleri ile akarsu akımları arasındaki ilişkiyi ortaya koymak, morfometrik parametrelere bağlı olarak akım tahminleri ve taşkınlar arasındaki ilişkiyi açıklamaktır. Bunun için havza morfometrisini oluşturan havzaların çizgisel, alansal ve relief özellikleri ayrı başlıklar altında ele alınmış, herbir özellik seçilen iki havzaya uygulanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır.

2. Çizgisel morfometrik özellikler

Havzaların çizgisel morfometrik özellikleri, havzalar üzerinde ilk bakışta göze çarpan ve birtakım çizgilerden oluşan şekillerin değerlendirilmesiyle ortaya çıkan özelliklerdir. Bu özelliklerin temelinde akarsu dizinlerinin sayısı, uzunluğu, havzanın çevre uzunluğu gibi parametreler vardır. Başlıcaları; Çatallanma Oranı (R_b), Uzunluk Oranı (R_L), Yüzeysel Akış Uzunluğu (ℓ_o) ve Tekstür Oranı (T) dır.

Çatallanma oranı (R_b), Strahler yöntemine bağlı olarak belirli bir dizinin havzadaki toplam sayısının, bir üst dizinin havzadaki toplam sayısına oranıdır (1).

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

Formülde;

N_u : Dizin sayısı,

N_{u+1}: Bir sonraki dizin sayısı'dır.

Havzadaki herbir dizin arasında R_b değeri elde edildikten sonra, bu değerlerin ortalaması alınarak havzanın R_b değeri bulunur. Çatallanma oranı, havzalardaki dizin sayılarına bağlı olarak değişik çıkabilmektedir. Çıkan sonuçların değerlendirilmesi, sabit bir değer üzerinden olmayıp, daha çok farklı havzalara ait sonuçların karşılaştırılmasıyla anlam kazanır. Örneğin düşük R_b değerine sahip havzalarda akımlara ait hidrograflar daha keskin ve yüksek olurken, yüksek R_b değerine sahip havzalarda ise daha düşük ve devamlı olabilmektedir (Şekil 2) (Strahler, 1964). Ayrıca genel olarak R_b değeri 3-5 arasında çıkan havzaların jeolojisi daha homojen bir yapıya sahiptir (Verstappen, 1983; Ritter vd., 2002).

Tablo 1-Havza morfometrisine ait parametreler.

Çizgisel Morfometri *(Linear Morphometry)*	
Çatallanma Oranı *(Bifurcation ratio)*	$R_b=N_u/N_{u+1}$
Uzunluk Oranı *(Length ratio)*	$R_L=L_u/L_{u+1}$
Yüzeysel Akış Uzunluğu *(Length of overland flow)*	$\ell_o=1/2D$
Tekstür Oranı *(Texture ratio)*	$T = N_{u1} * (1/P)$
Alansal Morfometri *(Areal Morphometry)*	
Drenaj Yoğunluğu *(Drainage density)*	$D_d = \Sigma L/A$
Akarsu Sıklığı *(Stream Frequency)*	$F_s = N/A$
Havza Şekli *(Basin shape)*	$R_F = A/L_b^2$
Uzunluk Oranı *(Elongation ratio)*	$R_e = 2/L_m * (A/\pi)^{0.5}$
Gravelius İndeks *(Gravelius index)*	$Kg = P/2\sqrt{\pi * A}$
Relief Morfometrisi *(Relief Morphometry)*	
Havza Reliefi *(Basin relief)*	$B_h = H_{max.} - H_{min.}$
Relief Oranı *(Relief ratio)*	$R_h = H/L$
Engebelilik Değeri *(Ruggedness number)*	$R_n = B_h * D_d$
Akım Toplanma Zamanı *(Time of concentration)*	$T_c=0.0195 * L^{0.77}/S^{0.385}$
Hipsometrik Eğri *(Hypsometric curve)*	$X = a/A \quad Y=h/H$
Hipsometrik İntegral *(Hypsometric integral)*	$H_i = \overline{H} - H_{min.}/H_{max.} - H_{min.}$

Çatallanma oranı (R_b) Şekil 3'te verilmiş olan İstanbul il sınırları içindeki hemen hemen aynı alansal büyüklüğe sahip (Tavukçu Dere: 25.27 km^2; Beykoz Dere: 22.96 km^2) iki havzaya uygulandığında çıkan sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre, Tavukçu Dere havzasında daha çok sel karakterli akımları destekleyen sonuçlar çıkarken, Beykoz Dere havzasında taşkın karakterli akımlar söz konusudur.

Uzunluk oranı (R_L), Strahler yöntemine bağlı olarak belirli bir dizinin toplam uzunluğunun bir sonraki dizinin toplam uzunluğuna oranıdır (Patton, 1988) (2).

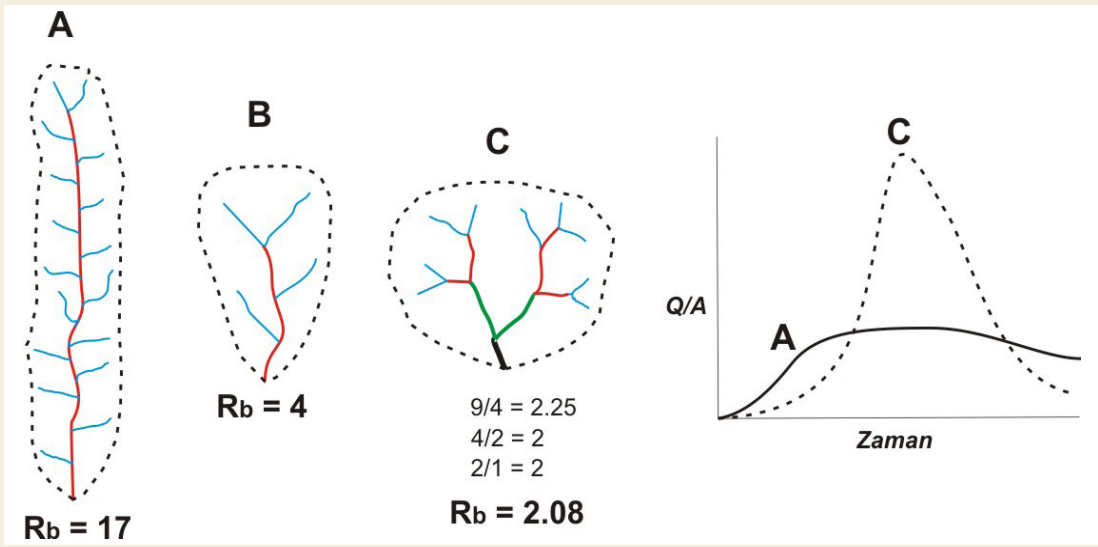
$$R_L = L_U / L_{u+1} \qquad (2)$$

Formülde;

L_u = Dizin toplam uzunluğu (m)

L_{u+1} = Bir sonraki dizin toplam uzunluğu (m) dur.

Uzunluk oranı, akarsu kollarındaki suyun uzunluklarına bağlı olarak tutulma oranları hakkında fikir sahibi olmamızı sağlamaktadır. Böylece daha üst kollardan gelecek olan suyun, alt kolun uzunluğunun yeterli veya yetersiz olması durumlarının anlaşılmasında yardımcı olmaktadır. Örneğin Şekil 3'te gösterilmiş olan iki farklı havzanın dizinlerine ait uzunluk değerleri ve oranları Tablo 3'te verilmiştir. Buna göre, uzunlamasına olan havzalarda dizin uzunluk oranlarının toplam ve ortalama değerleri, dairesel havzalara oranla daha az olmaktadır. Bu da suyun daha az tutulduğunun hızlı birşekilde drene olduğunun bir göstergesidir. Dairesel havzalarda tutulma ve ana kolda birikim daha fazladır.



Şekil 2-Havza şekli ve çatallanma oranına bağlı varsayımsal akım hidrografı (Patton, 1988'den değiştirilerek).

Yüzeysel akış uzunluğu **(ℓ_o)**, havzaların drenaj yoğunluklarıyla karşılıklı bir ilişkiye sahiptir (3).

$$\ell_o = 1/2D \qquad (3)$$

Formülde yer alan *D* havzanın drenaj yoğunluğu olup, alansal morfometri kısmında değinilmiştir. ℓ_o havzaların drenaj yoğunluğuna bağlı olarak, yüzeysel erozyonları kontrol eden faktörler arasındaki ilişkiyi ortaya koymada etkilidir. Dairesel ve drenaj yoğunluğunun fazla olduğu havzalarda suyun yoğunluğuna bağlı olarak oyalanması daha fazla olduğu için ℓ_o değeri oldukça küçük çıkmaktadır. Buna karşın suyun oyalanmasının daha az olduğu uzunlamasına havzalarda ise bu değer nispeten daha fazladır. Nitekim, Şekil'3 teki havza örneklerinde Tavukçu Dere havzasındaki değer 0.21 olarak bulunurken, Beykoz Dere havzasına ait değer ise 0.08 olarak elde edilmiştir.

Tekstür oranı (T), Strahler yöntemine bağlı olarak 1. dizinlerin toplam sayısı ile havzanın çevre uzunluğu arasındaki orandır (4).

$$T = N_{ui}^{\,x}\,(1/P) \qquad (4)$$

Formülde;

N_{u1} : 1. dizinlerin toplam sayısı,

P : Havzanın çevre uzunluğudur (km).

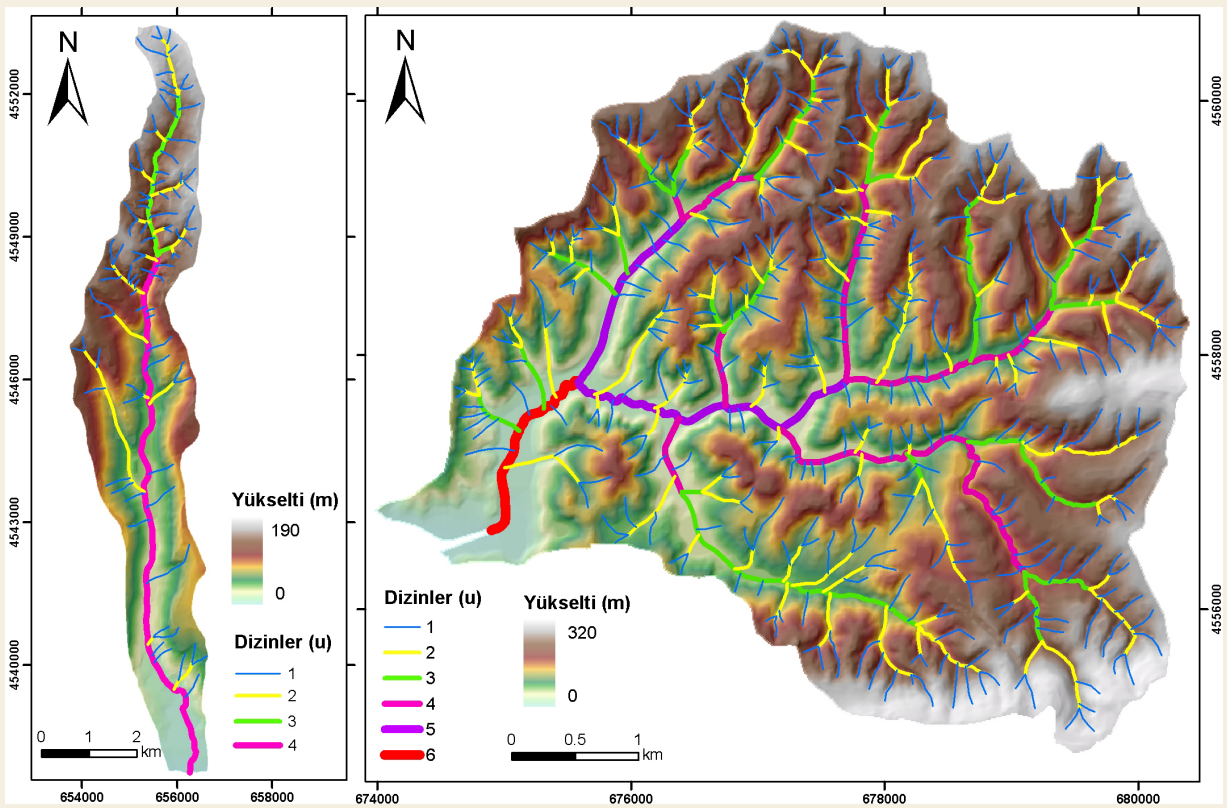
T değeri havzalardaki jeolojik özelliklere, yüzeyin geçirimliliğine, havzanın bakı durumuna bağlı olarak değişiklik gösterir. Değerin yüksek çıkması, ana akarsu koluna su gönderen 1. düzeydeki kolların fazla olduğunu, az çıkması ise bu kolların az olduğunu gösterir. *T* değeri dairesel havzalarda daha yüksek değere sahipken, uzunlamasına havzalarda daha düşük değerler gösterir. Şekil 3 örneğindeki havzalarda, Tavukçu Dere havzası için 2.38 değeri çıkarken, Beykoz Dere havzası için 16.59 gibi yaklaşık 8 kat daha fazla olan bir değer çıkmıştır (Tablo 4).

3. Alansal morfometrik özellikler

Havzaların alansal özelliklerinin oluşturduğu morfometrik parametreler, havzaya düşen yağışların toplanması ve yüzeysel akışın birikimi açısından çok önemli bir özelliğe sahiptir. Bu parametreler; Drenaj Yoğunluğu (D_d), Akarsu Sıklığı (F_s), Havza Şekli (R_F), Uzunluk Oranı (R_e) ve Gravelius İndeksi (K_G) dir.

Tablo 2: Havzalara ait Çatallanma oranı (R_b) değerleri.

Havza Adı	N_{u1}	N_{u2}	N_{u3}	N_{u4}	N_{u5}	N_{u6}	R_{b1}	R_{b2}	R_{b3}	R_{b4}	R_{b5}	$R_{b\ ort.}$
Tavukçu Dere	84	16	2	1			5.25	8	1			**4.75**
Beykoz Dere	380	92	20	7	2	1	4.13	4.6	2.85	3.5	1	**3.22**



Şekil 3-İstanbul il sınırları içindeki iki havza A) Tavukçu Dere havzası B) Beykoz Dere havzası.

Drenaj yoğunluğu (D$_d$), Horton tarafında üretilmiş olup, belkide en önemli morfometrik parametredir. Havzadaki toplam drenaj uzunluğunun havza alanına bölünmesiyle elde edilir (5).

$$D_d = \sum L / A \qquad (5)$$

Formülde;
$\sum L$: Toplam drenaj uzunluğu (km),
A : Havza alanı (km^2) dır.

Tablo 3- İki havzanın akarsu dizinlerine ait Uzunluk değeri ve oranları (R_L).

Tavukçu Dere Havzası		Beykoz Dere Havzası	
1. Dizin: 32537	2.93	1. Dizin: 75182	2.87
2. Dizin: 11070	2.79	2. Dizin: 26158	1.90
3. Dizin: 3960	0.34	3. Dizin: 13763	1.59
4. Dizin: 11631		4. Dizin: 8650	2.11
		5. Dizin: 4099	2.57
		6. Dizin: 1591	
Toplam:	**6.06**	**Toplam:**	**11.04**
Ortalama:	**1.81**	**Ortalama:**	**2.20**

Not: Uzunluklar metre cinsindendir.

Drenaj yoğunluğu, 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. D_d değeri, havzaların akarsular tarafından parçalanma derecesini verir. Dolayısıyla parçalanmada önemli bir etkiye sahip olan jeolojik, morfolojik, klimatik ve bitki örtüsü özellikleri hakkında bilgi vermesi açısından da önemlidir. Buna bağlı olarak, düşük D_d değerine sahip havzalar yüzeysel suların yeraltına sızdığı ve yeraltı

Tablo 4- Havzalara ait Tekstür Oranı (T) değerleri.

Havza Adı	N_{u1}	P	T
Tavukçu Dere	84	35.24 km	2.38
Beykoz Dere	380	22.90 km	16.59

akımlarını oluşturduğu, buna karşın yüsek D_d değerine sahip havzalar yüzeysel akışlarla aşındırmanın ve parçalanmanın hakim olduğu bir özellik gösterir (Patton, 1988). Genel olarak, yüksek sızma kapasitesinin olduğu ve dayanıklı kayaçların bulunduğu alanlarda akarsu aralıkları daha geniş olmakta ve düşük D_d değerleri ortaya çıkmaktadır. Buna karşın geçirgenliğin azaldığı alanlarda yüzeysel akışın artmasıyla akarsu aralıkları azalmakta ve yüksek D_d değerleri ortaya çıkmaktadır. Genel bir kural olarak, jeoloji ve eğim değerlerinin aynı olduğu alanlar, nemli bölgelerde yoğun bitki örtüsüne bağlı olarak infiltirasyonla su kaybı fazla olup D_d değeri azalırken, daha kurak bölgelerde ise bu durumun tam tersi meydana gelmekte ve D_d değeri artış göstermektedir. Bu da drenaj yoğunluğunun sadece jeolojiyi değil aynı zamanda klimatik jeomorfolojiyi de yansıttığını gösterir. Melton (1957) ve Madduma Bandara (1974), drenaj yoğunluğu ile Tornthwaite'in yağış tesirlilik indisi arasında ilişki kurmuştur. Buna göre; drenaj yoğunluğunun pik yaptığı yerler kurak iklim şartlarının hakim olduğu ve bitki örtüsünün azaldığı alanlar olurken, drenaj yoğunluğunun arttığı ikinci bölgeler ise yoğun yağışlara bağlı olarak çok fazla vadi oluşumunun görüldüğü nemli tropikal bölgelerdir. Bu iki bölgedeki sediment birikim oranları da drenaj yoğunluklarına paralel olarak artış göstermektedir (Langbein ve Schumm, 1958). Sonuç olarak, bir akarsu ağının hidrolojik tepkisi direkt olarak havzanın drenaj yoğunluğuyla ilişkilidir. Çünkü, drenaj yoğunluğunun (D_d) arttığı yerde yamaç eğimleri artarken yüzeysel akış uzunluğu (ℓ_o) azalır (Schumm, 1956). İki havza örneğinin D_d değerleri karşılaştırıldığında (Tablo 5) Beykoz Dere havzasının yüzeysel akışa geçme ve suyu iletme kapasitesi Tavukçu Dere havzasına göre iki kat daha fazladır. Buna karşın yüzeysel akış uzunlukları yani herbir kolun katettiği mesafe Beykoz Dere havzasında daha az iken Tavukçu Dere havzasında daha fazladır.

Tablo 5- Havzalara ait Drenaj Yoğunluğu (D_d) değerleri.

Havza Adı	∑L	A	D_d
Tavukçu Dere	59.19 km	25.27 km^2	2.34
Beykoz Dere	129.44 km	22.96 km^2	5.63

Akarsu sıklığı (F_s), havza içindeki toplam akarsu dizin sayısının havza alanına bölünmesiyle elde edilir (6).

$$F_s = N/A \qquad (6)$$

Formülde;
N : Toplam dizin sayısı,
A : Havza alanı (km^2) dır.

Havzalardaki yüksek F_s değerleri, geçirgen olmayan zemin özellikleri, seyrek bitki örtüsü ve yüksek relief özelliklerini gösterirken, düşük F_s değerleri ise geçirgen olan jeolojik özellikleri ve alçak relief özelliklerini ortaya koyar. Drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı havzalardaki drenaj ağının dokusu hakkında bize bilgi verir. Melton'a (1958) göre varsayımsal olarak drenaj yoğunluğu eşit olan iki havzanın akarsu sıklıkları değişken olabilmektedir. Ama çoğunlukla, drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı arasında doğru orantı sözkonusudur. Akarsu sıklığı üzerinde iklim, zeminin litolojik özellikleri, jeomorfolojik özellikler, bitki örtüsü, süre ve insan gibi çeşitli etmenlerin rolleri vardır (Hoşgören, 2001). Peltier (1962) ortalama eğim değerlerine sahip bölgelerden yarı kurak olanında akarsu sıklık değerini fazla, kurak bölgelerde çok az ve nemli bölgelerde orta değerlerde bulmuştur. Akarsu sıklığı ele alınan örnekler bazında incelendiğinde (Tablo 6) Beykoz Dere'sine ait F_s değeri Tavukçu Dere'nin 5 katından daha fazladır. Tabiki bu havzalardaki bütün althavzalardan su akışının olduğu varasayımıyla bu hesaplama yapılmıştır. Bu da bize maksimum yağış anındaki sıklık değerlerini vermektedir.

Havza şekli (R_f), havza alanının maksimum havza uzunluğunun karesine oranıdır (Horton, 1932) (7).

$$R_f = A / L_b^2 \qquad (7)$$

Formülde;
A : Havza alanı (km^2),
L_b : Havza uzunluğu (km) dur.

Düşük R_f değerinin sahip olduğu havzalar kısa zamanda yan kollardan gelen az akımla, uzun süreli meydana gelecek yüksek ana akımın görüleceği bir şekil arz eder. Yüksek R_f değerlerinin görüldüğü havzalarda ise bu durumun tam tersi olarak uzun zamanda yan kollardan gelen yüksek akımla, kısa süreli düşük ana akımın görüldüğü ve kısa süreli maksimum akıma neden olan bir şekil ortaya çıkartır (Biswas vd.,1999; Reddy vd., 2004). Bu özellik, havzaların dairesel veya uzunlamasına olup olmadığı konusunda bilgi verir. Tavukçu Dere ve Beykoz dere örneğinde

Tablo 6- Havzalara ait Akarsu Sıklığı (F_s) değerleri.

Havza Adı	N	A	F_s
Tavukçu Dere	104	25.27 km²	4.11
Beykoz Dere	502	22.96 km²	21.86

R_f değerleri bakımından Tavukçu Dere havzası uzunlamasına bir havza olurken Beykoz Dere havzası daha dairesel bir özellik göstermektedir (Tablo 7).

Uzunluk oranı (R_e), havzayla aynı alana sahip bir dairenin çapıyla havzanın maksimum uzunluğu arasındaki oranla elde edilir (Schumm, 1956) (8).

$$R_e = \frac{2}{LM} \times \left[\frac{A}{\pi}\right]^{0,5} \qquad (8)$$

Formülde;
L_m : Maksimum havza uzunluğu (km),
A : Havza alanı (km²) dır.

Uzunluk oranı (R_e), havzanın infiltirasyon kapasitesi, yüzeysel akışı hakkında bilgi verir. Düşük değerler yüksek geçirgenliğin olduğu ve düşük yüzeysel akış şartların sahip olduğu alanları gösterirken, yüksek R_e değeri ise fazla erozif faaliyetlerin olduğu ve sediment taşınımının fazla olduğu havza özelliklerini ortaya koyar (Reddy vd., 2004). Ayrıca değerin 1'e yaklaşması oranında havzanın daha dairesel bir şekle sahip olduğu anlaşılır (Biswas vd., 1999). Örnek havzalara bakıldığında

Tablo 7- Havzalara ait Havza şekli (R_f) değerleri.

Havza Adı	A	$(L_b)^2$	R_f
Tavukçu Dere	25.27 km²	240.25 km²	0.10
Beykoz Dere	22.96 km²	40.96 km²	0.56

(Tablo 8) Beykoz Dere havzasının dairesel bir şekle sahip olduğu anlaşılmaktadır.

Bunun haricindeki Gravelius İndeks (K_G) değeri de havza şekli hakkında bilgi verirken, değerin küçüklüğü oranında havzanın dairesel bir görünüm kazandığını ortaya koyar. Havzanın çevre uzunluğu (P) ve alanı (A) kullanılan değişkenlerdir. Havzanın şeklini ifade eden R_f, R_e ve K_G değerleri; havzaların hidrolojik karakterini ifade eden akarsulara ait hidrograf şeklini etkiler. Daha öncede bahsi geçtiği gibi uzunlamasına havzalar yüksek çatallanma oranına sahipken, düşük fakat devamlı bir hidrografa sahiptir. Buna karşın dairesel havzalar düşük çatallanma oranı ve birden yükselen ve alçalan bir hidrografa sahiptir (Şekil 2).

3.Relief morfometrik özellikler

Üçüncü grup morfometrik parametre olan relief morfometrisi, havzaların eğim ve yükseklik değerlerinin içinde bulunduğu üçüncü boyut özelliklerini kapsamaktadır. Bunlar Havza Reliefi (B_h), Relief Oranı (R_h), Engebelilik Değeri (R_n), Akım Toplanma Zamanı (T_c), Hipsometrik Eğri (H_c), ve Hipsometrik İntegral (H_i) dir.

Havza reliefi (B_h), havzanın en yüksek noktası ve en alçak noktası arasındaki maksimum dikey uzaklığı ifade eder (9).

$$B_h = H_{max} - H_{min} \qquad (9)$$

Formülde;
H_{max} : Havzanın en yüksek noktası (m),
H_{min} : Havza en alçak noktası (m) dır.

Tablo 8- Havzalara ait Uzunluk oranı (R_e) değerleri.

Havza Adı	A	L_m	R_e
Tavukçu Dere	25.27 km²	15.5 km	0.37
Beykoz Dere	22.96 km²	6.4 km	0.84

Havza reliefi ve havza eğimi önemli hidrolojik parametrelerdir. Artan relief değerleri, daha dik yamaçlara ve yüksek dere yatağı eğimlerine, akım toplanma zamanının azalmasına ve sonuç olarak da taşkın pikinin artmasına neden olur. Ayrıca havza reliefi, havzalardaki drenaj gelişimi, yüzeysel ve yeraltı su akımları, geçirgenlik, arazi yüzeylerinin gelişimi ve erozif faaliyetler açısından önemli bir rol oynar. Örnek havzaların B_h değerleri incelendiğinde Beykoz Dere havzasının Tavukçu Dere havzasına göre daha eğimli olduğu ve taşkınlar açısından daha elverişli özelliklere sahip olduğunu söylemek mümkündür (Tablo 9).

Relief oranı (R_h), maksimum havza reliefinin ana akarsuya paralel olan maksimum havza uzunluğuna bölünmesiyle elde edilir (Schumm, 1956) (10).

$$R_h = H/L \qquad (10)$$

Formülde;

H : Maksimum havza reliefi (B_h)(m),

L : Ana akarsuya paralel maksimum havza uzunluğu (m) dur.

Relief oranı, havzalardaki sediment kayıplarında önemli bir etkiye sahiptir. Ancak, yağış gibi klimatik faktörler ve bitki örtüsü, havzalardaki sediment kayıplarını etkileyen diğer önemli etmenlerdir. Schumm (1956), 7 drenaj havzasına ait verileri kullanarak relif oranı ile drenaj yoğunluğu, akarsu yatak eğimi, uzunluk oranı ve asılı yük arasında pozitif bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Morisawa (1962) ise, litolojik olarak homojen bir drenaj havzasında akarsu dizinlerinin artmasıyla relief oranının azalma gösterdiğini ortaya koymuştur. Relief oranı, havzanın maksimum yükseklik değeri ile ana akarsuyun maksimum yüksekliği arasındaki farkın çok az olduğu havzalarda ana akarsuyun eğiminin tahmininde kullanılabilmektedir (Zavoianu, 1978). Havza örneklerimizde ise Beykoz Dere havzasının

Tablo 10- Havzalara ait Relief oranı (R_h) değerleri.

Havza Adı	H	L	R_h
Tavukçu Dere	190 m.	15.500 m.	0.01
Beykoz Dere	320 m.	6.400 m.	0.05

Tablo 9- Havzalara ait Havza reliefi (B_h) değerleri.

Havza Adı	$H_{max.}$	$H_{min.}$	B_h
Tavukçu Dere	190 m.	0 m.	190
Beykoz Dere	320 m.	0 m.	320

R_h değeri (0.05) Tavukçu Dere havzasının değerinden (0.01) çok fazladır (Tablo 10). Bu da Beykoz Dere havzasında drenaj yoğunluğu, havzanın genel eğimi ve uzunluk oranı değerlerinin Tavukçu Dere havzasına göre daha fazla olduğunu gösterir.

Engebelilik değeri (R_n), havza reliefi ve drenaj yoğunluğunun çarpımıyla elde edilir (Melton, 1957) (11).

$$R_n = B_h \times D_1 \qquad (11)$$

Formülde;

B_h : Havza reliefi (km),

D_d : Drenaj yoğunluğu (km/km^2) dur.

Engebelilik değeri, relief ve yarılmanın etkileşimi sonucu ortaya çıkmasından dolayı, yüksek oranda yarılmış havzalar alçak relief özelliklerini gösterirken, daha az yarılmış engebeli olan havzalar ise yüksek relief özelliği gösterir. Drenaj havzasının enbelilik değeri arttıkça, pik akımlarda artma meydana gelir ve havzadaki erozif faaliyetler hız kazanır. Beykoz Dere ve Tavukçu Dere havzaları engebelilik değeri bakımından değerlendirildiğinde, Beykoz Dere havzasının Tavukçu Dere havzasına göre 3 kat daha fazla engebeliliğe sahip olduğunu söylemek mümkündür. Beykoz Dere havzasında yarılma daha fazladır (Tablo 11).

Akım Toplanma Zamanı (T_c), hesaplamasında kullanılan birçok formül bulunmaktadır. Fakat bunlardan en fazla kullanılanı Kirpich formülüdür (Kirpich, 1940) (12).

Tablo 11- Havzalara ait Engebelilik değeri (R_n).

Havza Adı	B_h	D_d	R_n
Tavukçu Dere	0.190	2.34	0.44
Beykoz Dere	0.320	5.63	1.80

$T_c = 0.0195 * L^{0.77} / S^{0.385}$ (12)

Formülde;

T_c : Akım toplanma zamanı (dakika),

L : Ana akarsu uzunluğu (m),

S : Havza eğimidir (m/m) dir.

Akım toplanma zamanı, suyun havzanın en uzak mesafesinden ana kola veya denize döküldüğü yere kadarki geçen zamanı ortaya koyar (Verstappen, 1983). Yüzeydeki arızalar, kanal şekli ve eğim özellikleri akım toplanma zamanını etkileyen faktörlerdir. Havzada şehirleşmenin olmadığı, bitki örtüsünün yoğun olduğu alanlarda akımın yüzeyde oyalanması artar. Buna karşın bitki örtüsünden yoksun olan alanlarda özelliklede toprak örtüsünün beton ve/veya asfalt ile kaplandığı alanlarda su yüzeysel akışa daha çabuk geçer ve akımın toplanması daha hızlı gerçekleşir. Suyun içinde akış gösterdiği vadi doğal yatak ise suyun hızı yavaş ve oyalanması daha fazla olacaktır. Fakat şehirleşmeye bağlı olarak yapay yatak (kanal) içinde akış gösteriyorsa, sürtünmenin azlığına bağlı olarak suyun hızında bir artış ve oyalanmasında bir azalma olacaktır. Bu da iki farklı havzadaki akımın havza içindeki toplanma zamanını etkileyecektir. Eğim özelliği de suyun toplanma zamanıyla ters orantılıdır. Eğim arttıkça akım toplanma zamanı azalır, eğim azaldıkça akım toplanma zamanı artmaktadır. Kentleşmenin hakim olduğu örnek iki havzada kentleşme unsurunu gözardı edilerek yapılan hesaplamada Tavukçu Dere havzasında su 3 saat 43 dk. toplanırken, Beykoz Dere havzasında 1 saat 4 dakikada toplanmaktadır (Tablo 12). Bu özellik iki havzada oluşabilecek taşkınların karakterleri hakkında bize bilgi vermektedir.

Hipsometrik eğri ***(H_c),*** yüksekliğin drenaj havzası içindeki dağılımını gösterir. Hipsometrik eğri, toplamdaki havza yüksekliği oranının (h/H = rölatif yükseklik) toplamdaki havza alanı oranının (a/A= rölatif alan) birlikte değerlendirilmesiyle elde edilir (13).

Tablo 12- Havzalara ait Akım toplanma zamanı (T_c).

Havza Adı	L	S	T_c (dk.)	T_c (s)
Tavukçu Dere	16785	0.01	205.6	3:43
Beykoz Dere	7135	0.04	62.42	1:04

$y = h/H \; x = a/A$ (13)

Formülde (Şekil 4);

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).

Hipsometrik eğri, birçok farklı drenaj havzasının karşılıklı değerlendirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü bu özellikle, havzaların farklı büyüklük ve yükseklik özellikleri ortadan kaldırılmış ve normalize edilmiştir (Strahler, 1952b). Elde edilen grafikte dışbükey şeklin çıkması havzadaki topografyanın daha genç olduğunu, akarsuların akım gücünün daha fazla olduğunu, bunun sonucunda da oluşacak su baskınlarının kararterinin daha çok sel şeklinde olacağı sonucu çıkartılabilir. Hipsometrik eğrinin içbükey bir şeklin hakim olması akarsulardaki akım gücünün azaldığını, taşınan materyalin azaldığı, biriktirmenin daha çok hakim olduğu ve daha çok taşkın karakterli su baskınlarının yaygın olarak görülebileceğini ifade eder. Hipsometrik eğri elde edilmesinde, özellikle topografyanın gerçek alanının hesaplanmasında CBS yazılımları önemli kolaylıklar sunmakta, istenen yüksekliğin üst ve alt yükseklikleriyle ilgili olarak gerçek alanlar hesaplanabilmektedir.

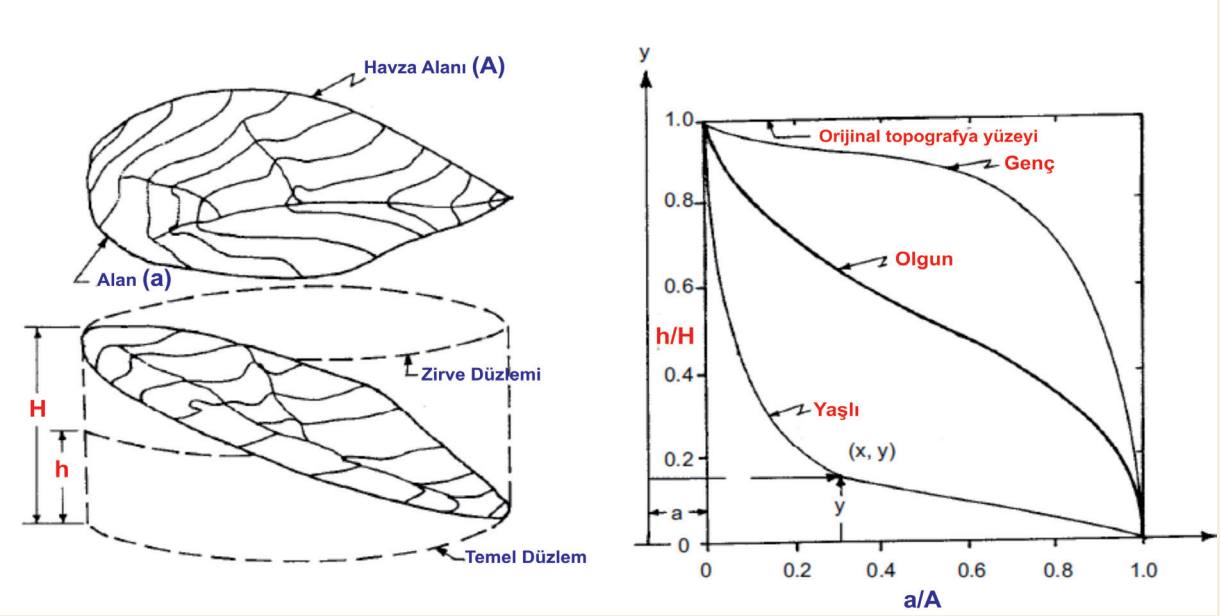
Hipsometrik eğrinin elde edilmesiyle ilgili olarak örnek iki havzanın uygulamaları aşağıda verilmiştir (Tablo 13 - 14; Şekil 5).

Şekil 5'e bağlı olarak Tavukçu Dere havzası olgun topografya formu verirken, Beykoz Dere havzası olgun–yaşlı topografya arası bir form vermektedir. Özellikle bu formlar havzaların üst kısımları için daha belirgindir.

Hipsometrik integral ***(H_i),*** hipsometrik eğri altında kalan toplam alandır ve çalışılan drenaj havzası için hipsometrik eğriyi karakterize etmenin en basit yoludur (Keller ve Pinter, 2002). İntegrali hesaplamada havzanın maksimum, minimum ve ortalama yükseklik değerleri kullanılır (Pike vd., 1971; Mayer, 1990) (14).

$H_i = \overline{H} - H_{min} / H_{max} - H_{min}$ (14)

Formülde yer alan maksimum ve minimum



Şekil 4- Hipsometrik eğri parametreleri.

yükseklik değerleri, eş yükselti eğrilerinden ve/veya SYM (Sayısal Yükselti Modeli) den elde edilebilirken, ortalama yükseklik değerleri havzaya ait SYM histogramlarında kolay bir şekilde elde edilebilir. Yüsek hipsometrik integral değeri topografyanın yüksekliğinin bir göstergesidir. Değerlerin orta ve düşük çıkması ise oldukça aşındırılmış ve parçalanmış bir topografyayı gösterir. Hipsometrik integral ve topografyanın parçalanma derecesi, havzanın aşınım döngüsü içindeki safhasını ortaya koyması açısından önemlidir. Aşınım döngüsünde "Gençlik" safhası; sayısı az da olsa yüksek yatak eğimlerine sahip akarsuların varlığını, derinliği deniz seviyesinden yüksekliğine bağlı olarak derelerin kanyon ve/veya "V" şekilli vadiler içinde akış gösterdiğini, topografyanın derin bir şekilde yarıldığı daha engebeli şekillerin

Tablo 13- Tavukçu Dere havzası Hipsometrik eğri (H_c) parametreleri.

Yükseklik (h)	Max. Yükseklik (H)	Alan (a) (Gerçek Alan) m²	Havza Alanı (Gerçek Alan) (A) m²	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	190	25164462	25164462	0.0	1.0
20	190	22712366	25164462	0.1	0.9
40	190	18984288	25164462	0.2	0.8
60	190	15258990	25164462	0.3	0.6
80	190	11586361	25164462	0.4	0.5
100	190	8865911	25164462	0.5	0.4
120	190	5688890	25164462	0.6	0.2
140	190	2097967	25164462	0.7	0.1
160	190	452243	25164462	0.8	0.0
180	190	66076	25164462	0.9	0.0
190	190	0	25164462	1.0	0.0

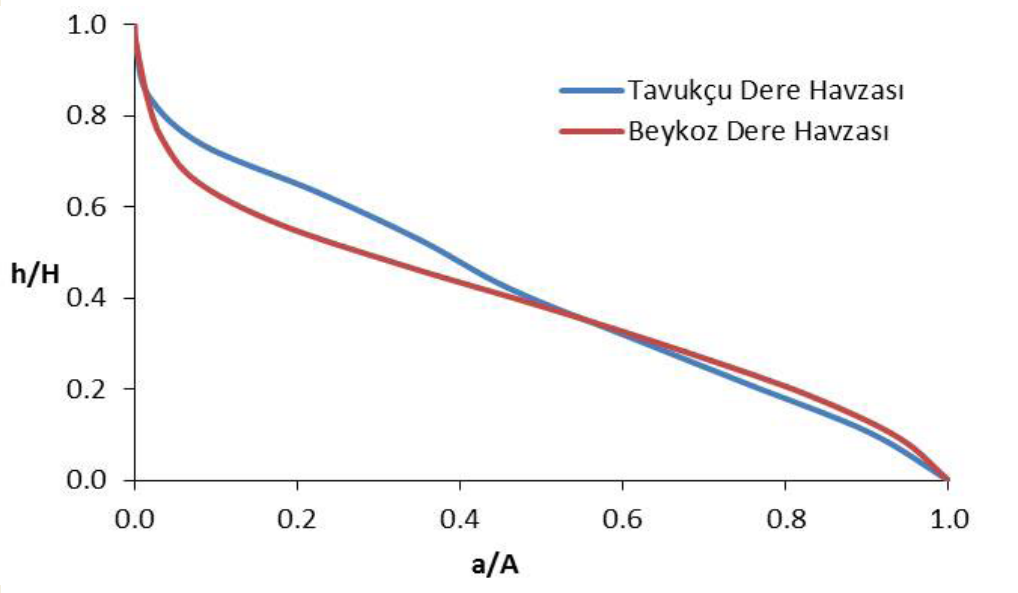
Tablo 14- Beykoz Dere havzası Hipsometrik eğri (H_c) parametreleri.

Yükseklik (h)	Max. Yükseklik (H)	Alan (a) (Gerçek Alan) m²	Havza Alanı (Gerçek Alan) (A) m²	Rölatif Yükseklik (h/H)	Rölatif Alan (a/A)
0	320	24175958	24175958	0.0	1.0
30	320	22694189	24175958	0.1	0.9
60	320	19994265	24175958	0.2	0.8
90	320	16388621	24175958	0.3	0.7
120	320	12404307	24175958	0.4	0.5
150	320	8120501	24175958	0.5	0.3
180	320	4292197	24175958	0.6	0.2
210	320	1847263	24175958	0.7	0.1
240	320	815741	24175958	0.8	0.0
270	320	366809	24175958	0.8	0.0
310	320	25749	24175958	1.0	0.0
320	320	0	24175958	1.0	0.0

hakimiyetini, ani su düşüşleri ve şelalerin varlığını, buna karşın taşkın ovasının olmadığı bir topografyayı ifade eder. "Olgunluk" safhası; drenaj ağının gençlik safhasına göre daha geliştiği, akarsuların vadilerini deniz seviyesine kadar aşındırdığı, mendereslerin ortaya çıktığı, buna bağlı olarak da bir çok jeomorfik şeklin denge seviyesine ulaştığı topografyaları ifade eder. "Yaşlılık" safhası ise bütün ana akarsularda eğimin ortadan kalktığı, mendereslerin gerisi ve önünün tamamen taşkın ovası durumuna geçtiği, vadilerin oldukça geniş olduğu, eğimin ise çok azda olsa boyuna profillerdeki varlığı, vadi genişliklerinin menderes kuşağının genişliğinden oldukça fazla olduğu, su akım hızının oldukça düşük buna bağlı olarak sediment taşınımının oldukça sınırlı olduğu, topografyanın deniz seviyesine yaklaştığı ve morfolojik birimler arası geçişlerin daha yumuşak olduğu buna rağmen de bazı aşınım artığı tepelerinde olabileceği "peneplen" topografya görünümünü ifade eder. İki örnek havzanın hipsometrik integral değerleri, havzaların SYM'lerine ait histogramından elde edilen minimum, maksimum ve ortalama yükseklik değerleriyle hesaplanmıştır (Şekil 6). H_i değerleri iki havzada da 0 – 0.5 arasında (olgunluk – yaşlılık safhaları) arasında yer alır. Fakat Tavukçu Dere havzası olgunluk safhasına yakınken (0.41), Beykoz Dere havzası yaşlılık safhasına daha çok yakındır (0.38).

4.Havza morfometrisi ve taşkın ilişkisi

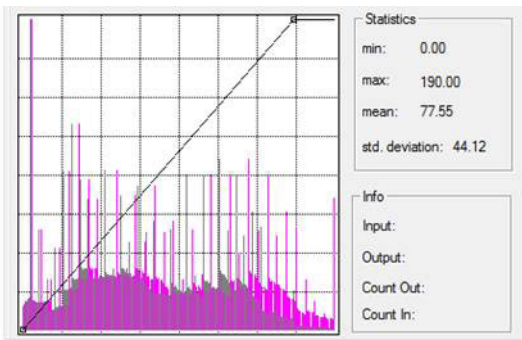
Jeomorfoloji birçok alanda olduğu gibi sel ve taşkın gibi ülkemizde ve dünyada önemli bir etkiye sahip doğal tehlikenin anlaşılmasında da önemli bir rol oynar. Bu amaçla birçok araştırmacı havza morfometrik özellikleri ile akarsu taşkınları arasındaki ilişkiyi anlamak için çalışmalar yapmıştır. Bilindiği üzere havzalar üzerine düşen yağışlar, havzanın fiziki özelliklerine bağlı olarak bazı kayıplara uğradıktan sonra akarsu ağları tarafından taşınır, geçici ve/veya nihai taban seviyesindeki bir noktaya iletilirler. Bu açıdan bakıldığında taşkınlara ait hidrografların şekli üzerinde akarsu ağlarının önemli bir yeri bulunmaktadır. Morfometri ve hidrolojinin karşılıklı birbirini desteklemesi istatistiki olarak mümkün olsada, ortaya çıkan sonuç bir diğer faktörün nedeni veya sonucu şeklinde yorumlanmamalıdır. Bunun yanında morfometrik özellikler birbirleriyle kompleks bir yapı içindedirler ve hiçbir zaman bağımsız bir faktör olarak diğerlerinden ayrılamazlar (Murphey vd. 1977).



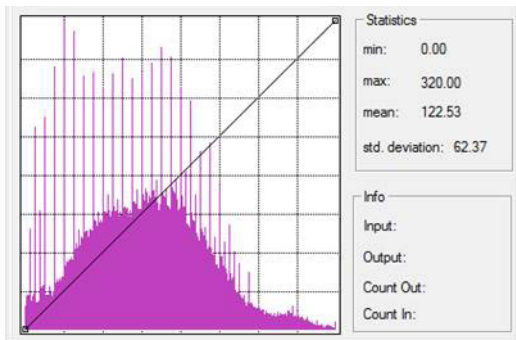
Şekil 5-Havzalara ait hipsometrik eğriler.

Havza alanı ve maksimum akım arasında yüksek korelasyon olduğu gibi diğer alansal parametreler ile akım arasında da benzer ilişkilerin olması gerekir. Alansal özelliği içeren herbir faktörün, akım tahminindeki başarısı değişkenlik göstersede, drenaj yoğunluğu parametresi, maksimum akımı gösteren bir akım istasyonun hassasiyetinde sonuçlar verebilmektedir. Carlston (1963) ve Zimpfer (1982) drenaj yoğunluğu ve taşkınlar arasındaki ilişkiyi bir çok havzada test ederek ortaya koymuştur (Şekil 7). Havzaların genel fiziki özellikleri, akarsu yoğunluğu ve maksimum akımların oluşmasında önemli etkiye sahiptir. Örneğin, sadece yüzeyin geçirimlilik ve geçirimsizliği açısından değerlendirildiğinde, yüksek geçirgenliğe sahip arazilerde drenaj yoğunluğunun düşük, yüksek yeraltısuyu akışı ve düşük taşkın hidrografı ortaya çıktığı görülür. Buna karşın, geçirimsiz arazilerin olduğu havzalarda yüksek drenaj yoğunluğu, düşük yeraltısuyu ve yüksek taşkın hidrografı ortaya çıkar.

Patton ve Baker (1976) değişik fizyografik özelliğe sahip bölgelerdeki akarsularda birçok morfometrik parametre ve maksimum akımlar arasında ilişkinin varlığını ortaya koymuştur. Bu kişiler çalışmalarında drenaj yoğunluğu ve akarsu sıklığı gibi alansal morfometrik parametreleri engebelilik değeri ile birlikte maksimum akımların tahminindeki kullanışlılığını ortaya koymuşlardır. Patton ve

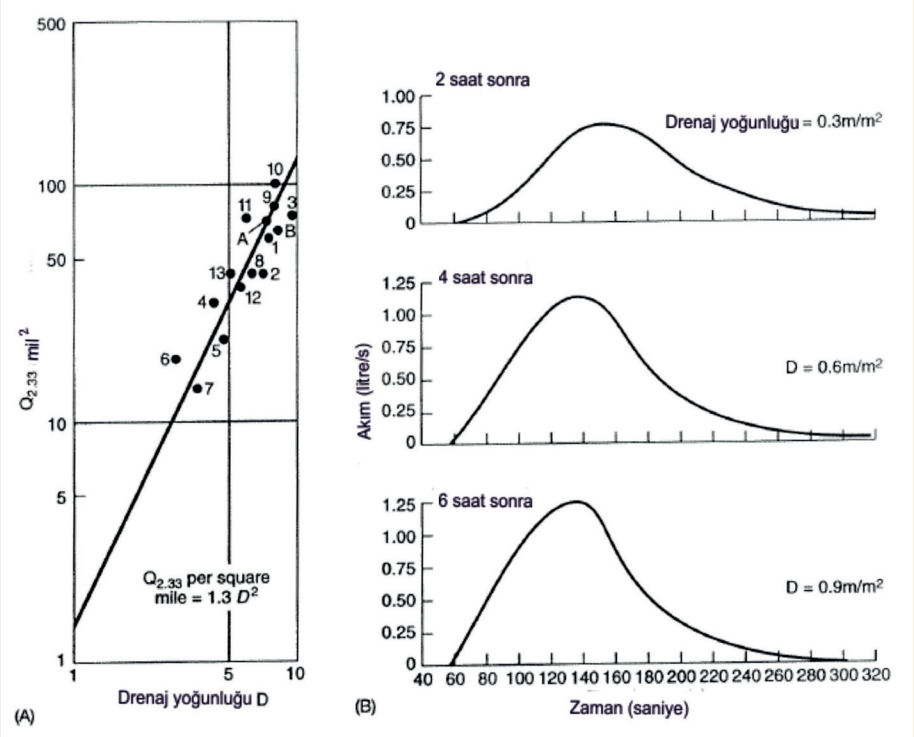


$$H_{i\ Tavuk\ çu} = \frac{77.55 - 0}{190 - 0} = 0.41$$



$$H_{i\ Beykoz} = \frac{122.53 - 0}{320 - 0} = 0.38$$

Şekil 6- Havzalara ait SYM histogramları ve Hipsometrik integral (Hi) değerleri.

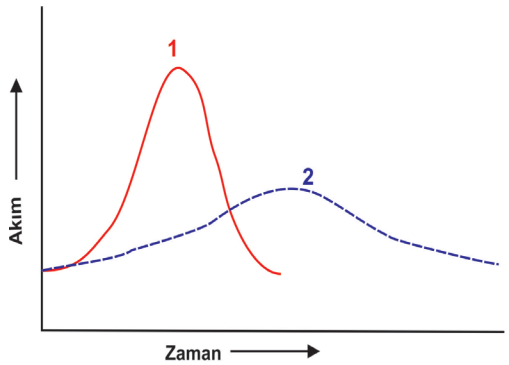


Şekil 7- Drenaj yoğunluğu- taşkınlar arasındaki ilişki (A: Carlston, 1976; B: Zimpfer, 1982 den değiştirilerek).

Baker, yüksek sel potansiyeline sahip havzaların engebelilik değeri daha fazla olurken, düşük sel potansiyeline sahip havzaların engebelilik değerinin daha düşük değerler gösterdiğini bulmuştur. Bu veriler ayrıca sel potansiyeli indeksinin oluşturulmasında kullanılmıştır (Beard, 1975).

Havza morfometrik parametrelerinden bazılarının taşkın hidrografları üzerine etkileri Şekil 7'de gösterilmiştir (Ritter vd. 2002). Buna göre, havzanın alanı küçük, drenaj yoğunluğu, relief, engebelilik değeri fazla, havza şeklinin dairesel, havzadaki toprak tabakasının ince, bitki örtüsünün seyrek ve havzanın özellikle aşağı kesimine (mansap kısmında) yağışların düştüğü havzalarda taşkın hidrografları birden pik yapmakta ve büyük taşkınlar meydana gelmektedir. Buna bağlı olarak zararlar maksimum düzeyde olmaktadır. Buna karşın, havza alanı büyük, drenaj yoğunluğu, relief, engebelilik değerinin düşük olduğu, havza şeklinin uzunlamasına olduğu, toprak tabakasının kalın olduğu, bitki örtüsünün sık ve yoğun olduğu ve yağışın da daha çok havzanın üst kesimlerine düştüğü (kaynak kısmı) havzalardaki taşkın hidrografı daha yavaş yükselen, su girdisine bağlı olarak çıktının da hemen hemen eşit değerler göstermesine bağlı olarak fazla bir tahbiratın yaşanmadığı bir şekil çizer. Burada ele alınan havza özellikleri dışındaki diğer morfometrik özellikler, jeolojik ve klimatik özelliklerin eşit olduğu varsayılmıştır.

Ayrıca Özdemir ve Bird (2009) bir akarsu havzası içindeki alt havzaların ana akarsu üzerindeki taşkınların oluşmasındaki etkisi bakımından havza morfometrik analiz sonuçlarını kullanmıştır. Bu çalışmada, herbir morfometrik özellik taşkına neden olması derecesinde sınıflanmış ve etkilerin kümülatif toplamı alınmıştır. Böylece alt havzaların ana kol üzerindeki taşkın üretme kapasiteleri haritalanmıştır. Morfometrik analizler burada sadece normal topografya haritaları üzerindeki akarsu ağlarına uygulanmamış, bunun yanında SYM den üretilmiş en küçük derelerin bile dikkate alındığı akarsu ağına da uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır (Şekil 8).

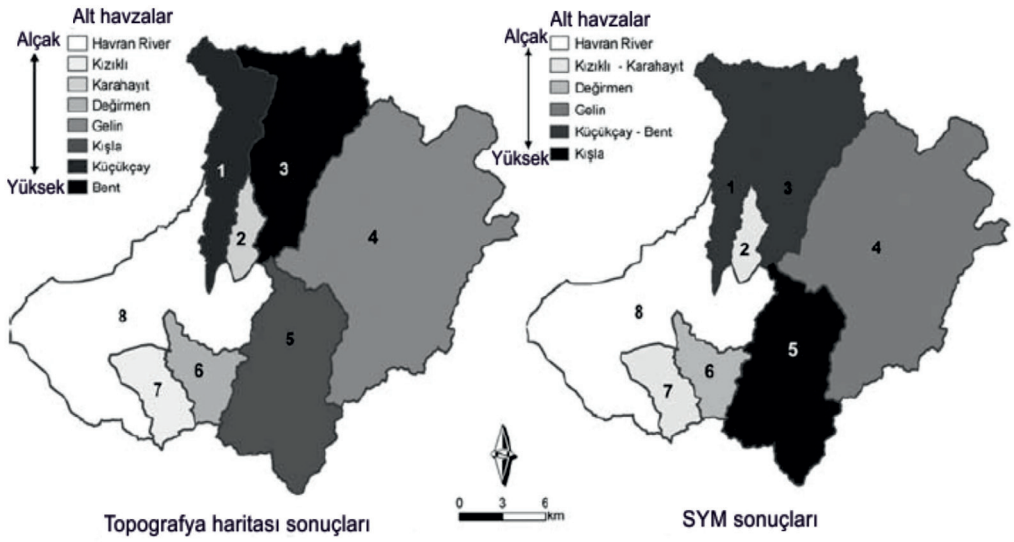


Özellik	Hidrograf 1	Hidrograf 2
Havza alanı	Küçük	Büyük
Drenaj yoğunluğu	Yüksek	Düşük
Relief	Yüksek	Düşük
Engebelilik değeri	Yüksek	Düşük
Havza şekli	Dairesel	Uzunlamasına
Toprak tabakası	İnce	Kalın
Bitki örtüsü	Seyrek	Sık-yoğun
Yağış alan kesim	Havzanın aşağı kesimi	Havzanın üst kesimi

Şekil 8 - Bazı havza özellikleri ve bunlar karşısında havzalarda oluşan taşkın hidrografları. Ele alınan havza özellikleri dışındaki parametreler eşit kabul edilmiştir (Ritter vd. 2002).

5.Sonuç

Taşkınlar gerek ülkemizde gerekse dünya üzerinde iklimlerde meydana gelen değişimlerin de etkisiyle giderek etkinliğini arttırmakta, birçok maddi ve manevi zararlar meydana getirmektedir. Havzalardaki taşkın problemlerinin çözümü için yağış özellikleri, havza özellikleri ve arazi kullanım özelliklerinin incelenmesi gerekir. Bu çalışmada üzerinde durulan havza morfometrik özellikleri, havzaların taşkın üretme potansiyelinin belirlenmesinde son derece önemlidir. Bu özellikler, havzalar arası değerlendirmelerde kullanıldığı gibi, aynı havzanın alt havzalarının birbirine karşı değerlendirilmesinde de kullanılabilmektedir. Nitekim bu amaçla yaklaşık yarım yüzyıldır çalışmalar yapılagelmiş ve havza morfometrisinin önemi vurgulanmıştır. Özellikle son 15 yıllık süreçte CBS kullanımının yaygınlık göstermesi, havzalar üzerindeki bu tür sayısal hesaplamaların daha hızlı ve kolay yapılmasını sağlamış, daha doğru sonuçların elde edilmesinde yardımcı olmuştur. Çizgisel, alansal ve relief morfometrik özellikleri olarak ayrılan havza morfometrisiyle, havzaların sahip olduğu bütün kantitatif değerler elde edilebilir ve birçok açıdan değerlendirmeler yapılabilir. Havzalardaki taşkın probleminin anlaşılması ve çözümünde havza morfometrisi, havzalara düşen yağış özellikleri, havzanın bitki örtüsü özellikleri ve havzadaki arazi kullanım özelliklerinden daha etkilidir. Bunun nedeni ise morfometrik özellikler dışındaki diğer faktörlerin zaman içindeki değişimleri çok ani ve büyük oranlarda olabiliyorken, havza morfometrisini oluşturan parametrelerdeki değişimlerin daha yavaş gerçekleşmesidir. Sonuç olarak, havzalara ait taşkın çalışmalarında lokal olarak gerçekleştirilen taşkın modelleri yanında havzaların morfometrik özelliklerine de değinilmeli, sonuçlar karşılaştırılarak havzaların potansiyelleri hakkında bilgi sahibi olunmalıdır.



ID	Alt havzalar	Topografik harita							SYM						
		R_b	D_d	F_s	T	B_h	R_u	T_c	R_b	D_d	F_s	T	B_h	R_n	T_c
1	Küçükçay	5	6	6	4	7	6	4	5	6	1	3	7	7	4
2	Karahayıt	2	5	5	2	1	1	6	1	7	4	1	1	1	6
3	Bent	7	7	7	7	6	7	2	6	5	3	5	6	6	2
4	Gelin	6	3	2	6	4	4	1	3	4	7	7	4	4	1
5	Kışla	1	4	4	5	5	5	3	7	3	5	6	5	5	3
6	Değirmen	4	2	3	3	3	3	5	2	1	6	4	3	3	5
7	Kızıklı	3	1	1	1	2	2	7	4	2	2	2	2	2	7
8	Havran River	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 9- Havran Çayı havzasındaki alt havzaların morfometrik özelliklerinin ana akarsu üzerindeki taşkın üretme potansiyelinin belirlenmesi (Özdemir ve Bird, 2009'dan değiştirilerek).

KAYNAKLAR

1. Abrahams, A.D., 1984, Channel networks: a geomorphological perspective. Water Resour Res, 20:161–168.

2. 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.

3. Beard, L.R., 1975, Generalized evaluation of flash flood potential. Austin: Univ. Texas Center Water Res. Tech. Rpt. CRWR- 124., pp.1-27.

4. 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, Vol. 27, No.3, p. 155-166.

5. Carlston, C.W., 1963, Drainage density and stremflow. US Geol. Survvey Prof. Paper 422-C.

6. Gardiner, V., 1990, Drainage basin morphometry. In: Goudie AS (ed) Geomorphological techniques. Unwin Hyman, London, pp 71–81.

7. Horton, R.E., 1945, Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. Bull Geol Soc Am 56:275–370.

8. Hoşgören, M.Y., 2001, Hidrograya'nın Ana Çizgileri I: Yeraltısuları-Kaynaklar-Akarsular, 4. Baskı, Çantay Kitabevi, İstanbul.

9. Keller, E.A., Pinter, N., 2002, Active Tectonics Earthquakes, Uplift, and Landscape, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey.

10. Krishnamurthy, J., Srinivas, G., Jayaram, V., and Chandrasekhar, M.G., 1996, Influence of rock types and structures in the development of drainage networks in typical hardrock terrain. ITC Journal 3–4:252–259.

11. Kirpich, Z. P., 1940, Time of concentration of small agricultural watersheds. Civil Engineering 10 (6), 362.

12. Kumar, R., Kumar, S., Lohani, A.K., Nema, R.K. and Singh, R.D., 2000, Evaluation of geomorphological characteristics of a catchment using GIS. GIS India 9(3):13–17.

13. IPCC, 2007: Summary of Policymakers. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernemental Panel on Climate Change, S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignorand H.L. Miller, Eds., Chambirdge University Press, Cambridge, 1-18.

14. Langbein, W.B. and Schumm, S.A., 1958, Yield of sediment in relation to mean annual precipitation, Trans. Am. Geophys. Union 39, 1076-1084.

15. Leopold, L.B., Miller, J.P., 1956, Ephemeral streams: hydraulic factors and their relation to the drainage network, U.S. Geological Survey, prof. pa 282-A.

16. Macka, Z., 2001, Determination of texture of topography from large scale contour maps. Geografski Vestnik 73(2):53–62.

17. Madduma Bandara, C. M., 1974, Drainage density and effective precipitation. J. Hydrology, 21, 235-236.

18. Mark, D.M., 1975, Geomorphometric parameters: A Review and Evaluations, ***Geografiska Annaler. Series A, Physical Geography***, Vol. 57, No. 3/4. pp. 165-177.

19. Mayer, L., 1990, Introduction to Quantitative Geomorphology: An Exercise Manual, Englewood Cliffs, NJ: Prenctice Hall.

20. 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.

21. Morisawa, M.E., 1959, Relation of morphometric properties to runoff in the Little Mill Creek, Ohio, Drainage Basin, Tech. rep. 17. Columbia University, Department of Geology, ONR, New York.

22. Morisawa, M.E., 1962, Quantitative geomorphology of some watersheds in the Appalachian Plateau. Geol. Soc. Am. Bull. 77, 1025-1046.

23. Murphey, J.B., Wallace, D.E and Lane, L.J., 1977, Geomorphic parameters predict hydrograph characteristics in the southwest. Water Res. Res. Bull. 13: 25-38.

24. Özdemir, H. ve Bayrakdar, C. 2008. 16 Kasım 2007 Tuzla Deresi Taşkınının Nedenleri Üzerine Bir Araştırma (Silivri-İstanbul), Türk Coğrafya Dergisi 49, s. 123-139.

25. Özdemir H. and Bird, D., 2009, Evalution of morphometric parameters of drainage networks drived from topographic maps and DEM in point of floods, Environmental Geology 56, 1405-1415.

26. Patton, P.C ., 1988, Drainage basin morphometry and floods. In: Baker VR, Kochel RC, Patton PC (eds) Flood geomorphology. Wiley, USA, pp 51–65.

27. Patton, P.C. and Baker, V.R., 1976, Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. Water Resour Res 12:941–952.

28. Peltier, L.C., 1962, Area Sampling for Terrain Analysis. Prof. Geogr. Vol. 14, pp. 24–28.

29. Pike, R.J., and Wilson, S.E., 1971, "Elevation-relief Ratio, Hypsometric Integral and Geomorphic Area-altitude Analysis", Geological Society of America Bulletin, 82; 1079-1083.

30. Reddy, G.P.O., Maji, A.K., Gajbhiye, K.S., 2004, Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in basaltic

terrain, central India—a remote sensing and GIS approach. Int J Appl Observ Geoinf 6:1–16.

321. Ritter, D.F., Kochel, R.C., Miller, J.R., 2002, Process Geomorphology. Fourth Edition, McGraw-Hill.

32. Schumm, S.A., 1956, Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. Geol. Soc. Am. Bul. 67, 597-646.

33. Shreve, R.L., 1966, Statistical law of stream numbers. Journ. Geology 74: 17-37.

34. Shreve, R.L., 1967, Infinite topologically random channel networks, Journ. Geology 75, 178-186.

35. Strahler, A.N., 1952a, Dynamic basis of geomorphology. Bull Geol Soc Am 63:923–938.

36. Strahler, A.N., 1952b, Hypsometric (area-altitude curve) analysis analysis of erosional topography, Geological Society of America Bulletin, 63: 1117-1141.

37. Strahler, A.N., 1957, Quantitative analysis of watershed geomorphology. Trans Am Geophys Union 38:913–920.

38. Strahler, A.N., 1964, Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: Chow VT (ed) Handbook of applied hydrology. New York, pp 4-40–4-74.

39. Trenberth, K.E., Dai, A.G., Rasmussen, R.M. and Parsons, D.B., 2003, The changing character of precipitation, B. Am. Meteorological Society, 84, 1205-1217.

40. Turoğlu, H., 1997, "İyidere Havzasının Hidrografik Özelliklerine Sayısal Yaklaşım", Türk Coğrafya Dergisi, 32, 355-364.

41. Verstappen, H.Th., 1983, Applied geomorphology. ITC, Enschede.

42. Wetherald, F.A. and Manabe, S., 2002, Simulation of hydrological changes associated with global warming, J. Geophys. Res., 107 (D19), 4379.

43. Zavoianu, I., 1978, Morphometry of Drainage Basins, Elsevier.

44. Zimpfer, G.L., 1982, Hydrology and geomorphology of an experimental drainage basin. PhD. Dissertation. Fort Collins: Colo State Univ.