

## BATI AKDENİZ AKARSULARINDA BELİRLİ YİNELENMELİ MAKSİMUM AKIMLARIN BELİRLENMESİNDE UYGUN OLASILIK YÖNTEMİNİN SEÇİMİ\*

Demet YAPICI Feridun HAKGÖREN Dursun BÜYÜKTAŞ Yaşar EMEKLİ  
Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya-Türkiye

### Özet

Bu araştırma, belirli yinelenme aralığındaki en yüksek akım değerinin saptanmasında uygulanan frekans analizi yöntemi için Batı Akdeniz ve Antalya havzalarında kullanılabilir uygun olasılık dağılımının saptanması amacıyla yapılmıştır. İki ve üç parametrelili Lognormal, Gumbel, Pearson III ve Log Pearson III dağılımları kullanılarak 2, 5, 10, 20, 50 ve 100 yıl yinelenmeli en yüksek akım değerleri hesaplanmıştır. Uygun olasılık dağılımının belirtilmesinde belirli bir yinelenme aralığındaki en yüksek akım değerlerine eşit veya daha fazla olan gözlem verilerinin sayısı saptanarak ortalama gözlem sayısı bulunmuştur. En yüksek ortalamayı veren dağılım uygun olasılık dağılımı olarak kabul edilmiştir. Frekans analizinde üç parametrelili olasılık dağılımlarının akım gözlem verilerine genel olarak iki parametrelili olasılık dağılımlarından daha iyi uyum sağladıkları saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Frekans Analizi, Olasılık Dağılımları, Yinelenme Aralığı, Akım Verileri

### Selection of The Most Suitable Method for Determination of The Maximum Flow Rates for Certain Recurrence Intervals in Watersheds of West Mediterranean Region

### Abstract

This research is conducted to determine the most suitable probability distribution for West Mediterranean and Antalya to be used in the frequency analysis which is one of the method used to determine the maximum flow rate in a certain interval. Maximum flow rates were estimated for 2, 5, 10, 50 and 100 years recurrence intervals according to the following distributions; two parameter Lognormal, three parameter Lognormal, Gumbel, Pearson III, and Log Pearson III. Average observation number, which was used to choose suitable probability distribution was found by determining the number of flow rates equal to or greater than the maximum flow rates in a certain recurrence interval. The probability distribution which gave the maximum average were chosen the suitable distribution. In the frequency analysis three parameter probability distributions gave better fit to the observed data than those of the two parameters distribution.

**Key words:** Frequency analysis, probability, distribution, recurrence interval, observed flow rates

### 1.Giriş

Bir akarsuyun çeşitli nedenlerle yatağından çıkarak çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine ve canlılara zarar vermesi veya zarar verecek şekilde tehdit etmesi olayına taşkın denilmektedir (Bozkurt, 1991).

Ülkemizde her ne kadar kar erimeleri büyük taşkınlar meydana getirmekte ise de özellikle kısa zamanda gelmeleri bakımından yağmurla oluşan taşkınlar çok daha büyük önem taşımaktadırlar. Bu nedenle bir taşkın hangi sebepler sonucu oluştuğunun bilinmesi de önemlidir. Türkiye’de genellikle kış taşkınları yağmurdan, ilkbahar taşkınları ise kar

erimesinden meydana gelmektedir (Özdemir, 1968).

Günümüzde su kaynaklarından daha akılcı bir biçimde yararlanılmasının yanı sıra bu kaynakların yarattığı taşkınların neden olacağı can ve mal kayıplarından kaçınabilmek için gerekli önlemlerin alınması da bir zorunluluktur. Suyun kontrollü kullanılması ile ilgili olarak yapılacak tesislerin planlama, proje, inşaat ve işletme aşamalarında suyun miktarı ve özellikleriyle ilgili olarak bazı bilgiler gereklidir (Apan, 1992).

Su yapıları ile ilgili olarak yapılan çeşitli mühendislik çalışmalarında önde

\* Yüksek lisans tezi özetidir.

gelen konulardan birisi de taşkınların incelenmesidir. Taşkınlardan tamamen veya kısmen korunmak için yapılan taşkın koruma tesislerinin önemi büyüktür. Bu yapıların güvenilir ve ekonomik olarak inşa edilebilmesi için taşkınların nedeni, sıklığı ve büyüklüğünün bilinmesine gerek vardır.

Dolu savak ve drenaj kanallarının kapasitelerinin saptanabilmesi ve taşkın kontrolü projelerinde gelmesi beklenen en büyük akışın bilinmesi yapılacak tesisin uzun ömürlü ve güvenli olması için zorunludur.

Bu amacı gerçekleştirmek için su kaynaklarının projelenmesine ilişkin çalışmalarda geçmiş yıllarda kaydedilen hidrolojik verilerden büyük oranda yararlanılmaktadır.

Su yapılarının projelenmesinde proje kesitinde beklenen taşkınların, en doğru şekilde tahmin edilerek, yapıya kazandırılmak istenen emniyetin, en az masrafla sağlanması amaçlanır. Ekonomik ömrü içerisinde, kendisinden beklenen hizmetleri yeterli bir emniyetle yapabilen, inşaat ve işletme masrafları en az olan mühendislik yapısı uygun planlama şeklindedir (Özdemir, 1978; Hakgören, 1983).

En yüksek yüzey akış debisinin önceden kestirilmesinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Projelirmede yöntemlerden hangisinin uygulanacağına eldeki mevcut veriler, yapının önem derecesi ve yıkılması durumunda neden olacağı zararlar göz önünde tutularak karar verilir. Taşkın debisinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler şöyle sınıflandırılır; a-) Ampirik yöntemler, b-) Birim hidrograf yöntemi, c-) Taşkın frekans analizi yöntemi (Taner, 1968).

Ampirik eşitliklerle yapılan tahminlerin doğruluk oranı çoğunlukla güvenilir değildir. Havza morfolojisiyle ilgili daha çok bilgimiz olmadıkça, regrasyon denklemleriyle genel ilişkilere geçilmesi mümkün olmayacaktır. Faktör analizi, komponent analizi gibi yöntemler de doğrusal regrasyon gibi sadece deneye dayandığından yararlı olmaz (Altınbilek, 1991).

Birim hidrograf ancak üniform bir yağış için çizilebilir. Yağış şiddetindeki büyük değişimler, drenaj alanı büyüklüğüne

bağlı olarak hidrografın şeklini etkiler. Birim hidrograflar, yağış dağılımının hidrograf üzerine önemli etki yapmayacağı en çok 5000 km<sup>2</sup> olan alanlar için uygulanır (Apan, 1981).

Taşkın frekans analizi ile ilgili temel güçlük uygulanacak frekans dağılımının fonksiyonlarının seçimi ve seçilen dağılımla ilgili parametrelerin belirlenmesinde yatmaktadır. Bir çok araştırmacı bu konuda çalışmış ancak en uygun dağılım biçimi için ortak bir yöntem bulunamamıştır.

### *1.1. Hidrolojide Frekans Analizi Çalışmaları*

Belirli yinelenme aralığına sahip bir hidrolojik olayın büyüklüğünün saptanması için izlenen yol olarak bilinen frekans analizi, akım ve yağış gibi hidrolojik verilere sıkça uygulanmaktadır. Günümüzde akım değerleri kullanılarak gözlem verilerinin olmadığı koşullarda geliştirilen bölgesel analiz veya sentetik birim hidrograf yöntemlerinin kullanılmasının daha uygun olduğu gözlenmiştir (Özdemir, 1969).

#### *1.1.1. Taşkın Çalışmaları*

Taşkın olaylarındaki frekans analizinde normal dağılımın uygulanması genel olarak olanaksızdır. Çünkü yinelenme aralığının dağılımı çoğu zaman simetrik değildir. Taşkın hesaplamalarında en iyi sonuç veren olasılık dağılım fonksiyonlarının Lognormal, İki Parametrelili Lognormal, Gamma, Log Pearson III ve Gumbel olduğu yapılan çalışmalardan anlaşılmıştır (Kulga, 1985).

Taşkın analiz çalışmalarında momentler yöntemi, maksimum olabilirlik, maksimum entropy, ağırlıklı olasılık momenti gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler içerisinde Maksimum Entropy'nin en güvenilir yöntem olduğu bütün araştırmacılar tarafından belirtilmektedir (Phinen, 1986).

#### *1.1.2. Yağış Çalışmaları*

Bir yağışın toplam süresindeki belirgin periyotlar çok önemlidir. Yağışı kısımlara ayırmak ve yalnız kritik

kısımlarını analiz etmek istenebilir. Hangi periyodun analiz edileceğini belirlemek ve yağış kayıtlarından en çok yararlı bilgiyi sağlamak için kütle eğrileri hazırlanır. Kütle eğrisinde, yığılımlı yağış değerleri zamana göre grafiklenmektedir. Yağışın başlama ve bitme zamanı belirlenerek günlük okuma değerleri grafiklenebilir (Tülücü, 1996).

### 1.2. Frekans Analizinde Kullanılan Veri Serileri

Hidrolojik verilerin frekans analizinde en fazla kullanılan veri serileri yıllık seriler ve kısmi süre serileridir. Yıllık serilerde bir su yılında ölçülen değerlerden yalnızca en büyük ve en küçük olanların frekans analizinde kullanılmasına karşılık, kısmi serilerde belirli bir değer üzerinde veya altındaki tüm değerler analizde kullanılır (Ulugür, 1972; Özdemir, 1978).

### 1.3. Örnek Verisinin Homojenliğinin Kontrolü ve Örnekteki Minimum Eleman Sayısı

Verilerin homojenliğinin kontrol edilmesinde "Çift Kütle Analizi" yöntemi uygulanabilir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için homojenliği kontrol edilmek istenen gözlem istasyonunun yakınında homojen olduğu bilinen en az beş gözlem istasyonunun bulunması gerekir (Bayazit, 1974).

Frekans analiz sonuçlarının güvenilir olabilmesi için örnekte olması gereken eleman sayısına ilişkin, araştırmacılar tarafından çeşitli önerilerde bulunulmuştur. Örneğin, Özdemir (1978) hesaplanan sonuçlara güvenilirliği için gözlem süresinin en az 22 yıl olması gerektiğini belirtmektedir.

Örnekteki eleman sayısı ne kadar fazla olursa rastgele değişken hakkında o kadar iyi fikir elde edilir. Hidrolojik çalışmalarda örnekteki eleman sayısının en az 30 olması istenir. Daha küçük örneklerle çalışılırken özel yöntemler kullanmak gerekir (Bayazit, 1974; Apan, 1981).

### 1.4. Gözlem Verilerinin Olasılık Dağılımlarına Uygunluğunun Kontrolü

Günlük en büyük yağış değerlerine uygun dağılım biçiminin saptanması amacıyla yapılan çalışmalarda çeşitli yinelenme süreleri için hesaplanan değere eşit veya daha büyük olan gözlem verilerinin sayısı saptanmış ve ortalama olarak en fazla gözlem sayısını veren dağılım biçimi uygun dağılım olarak kabul edilmiştir (Baş ve Abalı, 1990).

Bu araştırma, Batı Akdeniz ve Antalya havzalarında yeterli sayıda akım gözlemlerine sahip akarsulara ait en yüksek akım gözlem verilerinden homojen olanlar dikkate alınarak, gözlem verilerinin iki parametrelili Lognormal, üç parametrelili Lognormal, Gumbel, Pearson III ve Log Pearson III kuramsal dağılım fonksiyonlarına uygunlukları araştırılmıştır. Akım gözlem verilerinden yararlanılarak belirli yinelenme aralığına sahip en büyük akım miktarının tahmin edilmesinde uygulanabilecek en uygun olasılık dağılım fonksiyonunun saptanması çalışmada amaç edinilmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Türkiye'de 26 büyük havza bulunmaktadır. Bu havzalardan Batı Akdeniz ve Antalya havzasındaki akarsular üzerinde bulunan akım gözlem istasyonlarının gözlem süreleri ve yıllık en büyük akım değerlerinin homojenliği dikkate alınarak 25 yıl ve daha uzun süreli homojen verilere sahip olan yedi akım gözlem istasyonundaki gözlem verileri araştırma materyali olarak seçilmiştir. Araştırma materyalinin seçiminde, EİE tarafından yayınlanan ve 1941-1989 yılları arasındaki akım gözlemlerini içeren "Su Yılı Akım Neticeleri" ile DSİ tarafından yayınlanan ve 1961-1993 yılları arasındaki akım gözlemlerini içeren "Akım Gözlem Yılığ" kullanılmıştır. 25 yıl ve daha uzun süreli gözlemlere sahip olan gözlem istasyonlarındaki yıllık en yüksek akım değerleri seçilmiş, sonra belirli yinelenme aralığına sahip en büyük akım değerinin saptanmasında kullanılmak üzere Chow (1964) tarafından belirtilen şekillerde yıllık

seriler oluşturulmuştur.

Çizelge 2.1.'de araştırmada kullanılan, Batı Akdeniz ve Antalya havzalarındaki Akım Gözlem İstasyonlarından elde edilen akım değerleri

verilmiştir. Anılan havzadaki akım gözlem istasyonlarının yeri, yağış alanları, gözlem süresi ile yıllık en yüksek akımların gözlem süresinde aldıkları en düşük ve en yüksek değerler Çizelge 2.2.'de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Seçilen İstasyonlar ve Akım Değerleri (m<sup>3</sup>/s).

Su Yılı	İstasyonlar ve Akım Gözlem Değerleri						
	811	812	901	902	9-11	9-12	9-13
1941			711.00				
1942			718.80				
1943			724.00				
1944			650.80				
1945			558.20				
1946			804.00				
1947			540.00				
1948			875.00				
1949			481.20				
1950			708.40				
1951			830.00				
1952			620.00				
1953			734.40	1622.4			
1954			434.00	400.00			
1955			778.00	548.80			
1956			750.00	516.00			
1957			519.20	280.20			
1958			870.00	1032.00			
1959			778.00	969.80			
1960			529.60	557.00			
1961			680.00	468.00			
1962			550.00	822.00			
1963			804.00	863.00			
1964	30.90	262.00	409.00	349.00	2.00	298.00	
1965	158.00	641.00	521.00	1410.00	14.50	345.00	
1966	214.00	843.00	929.00	1486.00	7.00	735.00	
1967	189.00	870.00	734.00	536.00	5.20	523.00	255.00
1968	279.00	840.00	893.00	798.00	53.00	792.00	195.00
1969	115.00	509.00	710.00	923.00	8.50	520.00	380.00
1970	332.00	938.00	929.00	775.00	5.30	916.00	390.00
1971	124.00	381.00	399.00	413.00	6.40	278.00	74.00
1972	74.4	384.00	495.00	764.00	7.90	405.00	48.00
1973	202.00	488.00	570.00	752.00	2.00	411.00	62.00
1974	71.00	159.00	290.00	352.00	2.60	212.00	140.00
1975	63.00	558.00	818.00	1400.00	4.40	475.00	400.00
1976	141.00	750.00	516.00	1260.00	8.90	359.00	220.00
1977	483.00	1286.00	980.00	2200.00	3.00	713.00	250.00
1978	172.00	631.00	773.00	1200.00	4.30	574.00	200.00
1979	208.00	685.00	753.00	850.00	3.90	668.00	360.00
1980	285.00	1355.00	711.00	845.00	6.50	587.00	480.00
1981	199.00	1355.00	971.00	1066.00	7.70	731.00	620.00
1982	243.00	1450.00	1290.00	2560.00	2.00	857.00	370.00
1983	75.80	402.00	366.00	685.00	10.50	223.00	115.00
1984	252.00	846.00	1290.00	366.00	5.60	781.00	520.00
1985	250.00	687.00		833.00	12.00	713.00	135.00
1986	96.90	450.00		472.00	1.55	472.00	460.00



Çizelge 2.1.'in Devamı.

1987	182.00	735.00		668.00	4.30	754.00	480.00
1988	71.00	460.00		910.00	1.40	430.00	135.00
1989	98.70	798.00		725.00	1.00	655.00	290.00
1990	87.90	720.00		1356.00	0.52	804.00	520.00
1991				278.00	0.86	230.00	130.00
1992					1.35		

Çizelge 2.2. Seçilen Gözlem İstasyonlarına İlişkin Bazı Bilgiler.

Havza	Akım Gözlem İstasyonu	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Gözlem Süresi (Yıl)	Gözlem Süresindeki Debi Değişim Aralığı (m <sup>3</sup> /s)
8 Batı Akdeniz	811 Dalaman Çayı-Suçatı	3856.4	26	483-30.9
	812 Dalaman Çayı-Akköprü	954.8	26	1450-262.0
9 Antalya	901 Manavgat Çayı Homa	928.4	44	1290 - 290.0
	902 Köprüçay-Beşkonak	1942.4	39	2200 - 280.20
	9-11 Korkuteli Çayı-Salamun Boğazı	135.3	29	53 - 0.52
	9-12 Manavgat Çayı-Sinanhoca	625.6	28	916 - 212.0
	9-13 Dimçayı Regülatör Çıkışı	195	25	620 - 48.0

## 2.2. Uygulanan Yöntemler

### 2.2.1. Akım Gözlem Verilerinin Kaydedilmesi ve Verilerin Homojenliğinin Kontrolü

Her akım gözlem istasyonundaki gözlem verilerinden yıllık seri oluşturmak için her yıldaki en yüksek akım değeri seçilerek kaydedilmiştir (Chow, 1964).

Frekans analizinde kullanmak amacıyla her yılda gözlenen en büyük akım değerlerinden oluşturulan örnekteki elemanların homojenlik testi Kolmogorov Smirnov 'un bir teoremine dayanmaktadır (Diler, 1982). Buna göre k ve l boyutunda aynı topluluğa ait iki örneğin elemanları homojen ve bağımsız ise, ampirik dağılım fonksiyonları arasındaki mutlak anlamda en büyük fark;  $d_{k,l}$  ve karakteristik değer;

$$\sqrt{n} = \sqrt{\frac{kl}{k+l}} ; z = d_{k,l} \sqrt{n} \text{ gibi rasgele bir}$$

değişken olup, z 'nin dağılımı, büyük k ve l değerleri için Kolmogorov'un özel dağılımına doğru bir yaklaşımla uymaktadır. Örnek, gözlem sırasında ortasından iki bölüme ayrılır. Örneği iki bölüme ayırma ortadan olduğu gibi, nehir yatağında dağılım fonksiyonunda bir değişimin beklendiği fiziksel durumlara göre de herhangi bir yerden olabilir. Bundan sonra iki örneğin ampirik dağılım fonksiyonu kurulur ve iki fonksiyon milimetrik kağıda noktlanır.

Bunların arasındaki en büyük  $d_{k,l}$  hesaplanır ve bu değerle birlikte n hesap edilir. Bu değer yardımıyla yukarıdaki eşitlikten z belirlenir, bağımlı değişken L(z)' nin (z) değerine karşı gelen uygun değeri Kolmogorov tarafından hazırlanan tablodan bulunur. Homojenlik şartlarına göre karakterize edilen P olasılık değeri tablodan bulunan L(z) değeri kullanılarak  $P = 100 [1 - L(z)]$  eşitliğinden bulunur (Diler, 1982).

### 2.2.2. Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Belirli yinelenme aralığına sahip olan akım değeri, seçilen olasılık dağılımı için gerekli parametreler hesaplandıktan sonra aşağıdaki genel frekans eşitliği kullanılarak bulunmuştur (Bayazit ve ark., 1982, Apan, 1982).

$$X_T = \bar{x} + K.s$$

Burada;  $X_T$  : Verilen yinelenme aralığındaki olayın büyüklüğü,  $\bar{x}$  ve s: Gözlem verilerinin oluşturduğu örnekten hesaplanan ortalama ve standart sapma, K : Seçilen dağılım için özel frekans faktörüdür.

Genel frekans eşitliğindeki parametrelerle, akım verileri açısından önem taşıyan ve dağılımın simetrisinin bir ölçüsü olan çarpıklık katsayısı hesaplanmıştır. Yalnızca ortalama standart sapma ve çarpıklık katsayısı ile ilgileniliyorsa parametrelerin hesabında momentler yönteminin kullanılmasının "Maksimum

Olasılık Yöntemine" göre bazı yararları olduğu belirtilmektedir. Gerekli parametreler momentler yöntemi uygulanarak oluşturulan aşağıdaki eşitliklerden hesaplanmıştır (Chow, 1964, Bayazit, 1974).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$s = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{0.5}$$

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

Burada;  $\bar{x}$  : Örnek ortalaması,  $x_i$  : Örnekteki her bir eleman,  $n$  : Örnekteki eleman sayısı,  $s$  : Örneğin standart sapması,  $C_s$  : Örneğin çarpıklık katsayısı.

#### 2.2.2.1. İki Parametrelili Lognormal Dağılım

Bir  $x$  değişkenin logaritması ( $\ln x$ ) normal dağılmış ise  $x$  değişkeninin dağılımı Lognormal'dir. Lognormal dağılmış bir değişken yalnızca pozitif değerler aldığı ve dağılım çarpık olduğu için ( $C_s > 0$ ) Lognormal dağılım hidrolojide çok kullanılır (Bayazit, 1974, Apan, 1982).

Gözlem verilerinin anılan dağılıma uydurulmasında izlenen dört farklı uygulama aşağıda açıklanmıştır.

Uygulama A : Gözlem verilerinin her birinin doğal logaritmaları alındıktan sonra ( $Y = \ln x$ ) daha önce belirtilen eşitlikler kullanılarak  $Y$  değerinin ortalaması ve standart sapması hesaplanmıştır (Bayazit, 1974). Daha sonra genel frekans eşitliğindeki frekans faktörünün yerine altı ayrı yinelenme aralığı için (2, 5, 10, 20, 50 ve 100 yıl) standart normal sapma ( $t$ ) değerleri bulunarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$Y_T = \bar{Y} + t \cdot s_y$  ve  $X_T = \exp Y_T$   
Burada;  $\bar{Y}$  : Gözlem verilerinin logaritmalarının ortalaması,  $s_y$  : Gözlem verilerinin logaritmalarının standart sapması,  $t$  : Standart normal sapma,  $X_T$  : Yinelenme aralığı  $T$  yıl olan akımın büyüklüğü.

Uygulama B : Gözlem verilerinin logaritmaları alınmadan bulunan gözlem

verilerinin ortalaması ve standart sapması kullanılır. Haan (1977) tarafından bildirildiği gibi verilerin logaritmalarının ortalaması ve standart sapma aşağıdaki gibi bulunduktan sonra belirli yinelenme aralığındaki akım miktarı uygulama A'da belirtildiği şekilde hesaplanmıştır.

$$\bar{Y} = \frac{1}{2} \ln \left[ \frac{\bar{x}^2}{Cv^2 + 1} \right]$$

$$s_y = [\ln(Cv^2 + 1)]^{0.5}$$

$$Cv = s_x / \bar{x}$$

Burada;  $\bar{x}$  : Gözlem verilerinin ortalaması,  $s_x$  : Gözlem verilerinin standart sapması,  $Cv$  : Gözlem verilerinin değişim katsayısı.

Uygulama C : Gözlem verilerinin ortalaması ve standart sapması bulunduktan sonra uygulama A'da hesaplanan parametreler yardımıyla  $K$  faktörü aşağıdaki şekilde hesaplanarak genel frekans eşitliği kullanılmıştır (Kite, 1978; Apan, 1982).

$$K = \frac{\exp \{ [\ln(1+z^2)]^{0.5} \cdot t - [\ln(1+z^2)]/2 \} - 1}{z}$$

$$z = (e^{S_y^2} - 1)^{0.5}$$

Burada;  $z$  : Gözlem verilerinin değişim katsayısı,  $S_y^2$  : Gözlem verilerinin logaritmalarının varyansıdır.

Uygulama D : Uygulama B'de hesaplanan varyans kullanılarak frekans faktörü ( $K$ ) bulunduktan sonra uygulama C'dekine benzer yol izlenmiştir.

#### 2.2.2.2. Üç Parametrelili Lognormal Dağılım

Bir  $x$  değişkenine ait verilerden elde edilen  $(x-a)$  değerlerinin logaritmaları normal dağılmışsa bu veriler üç parametrelili lognormal dağılıma uygunluk gösterirler (Boughton, 1980).

Gözlem verilerinin üç parametrelili Lognormal dağılıma uydurulmasında frekans faktörü ( $K$ ) aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunduktan sonra gözlem verilerinin ortalaması ve standart sapması kullanılarak genel frekans eşitliği uygulanmıştır (Kite, 1978).

$$K = \frac{\exp \{ [\ln(1+z_2^2)]^{0.5} \cdot t - [\ln(1+z_2^2)]/2 \} - 1}{z_2}$$

$$z_2 = (1-w^{2/3})/w^{1/3}, w = [-\gamma + (\gamma+4)^{0.5}]/2$$

Burada;  $\gamma$  : Gözlem verilerinin çarpıklık katsayısı,  $z_2$  :  $(x-a)$  değerinden oluşan örneğin değişim katsayısıdır.

### 2.2.2.3. Gumbel Dağılımı

Bu dağılım değişim katsayısının 0.364 ve çarpıklık katsayısının 1.139 olan Lognormal dağılımın özel bir şeklidir.

Gözlem verilerine Gumbel dağılımının uydurulmasında, gözlem verilerinin ortalama ve standart sapması ile frekans faktörünün Kite (1978) tarafından aşağıda belirtilen eşitlikle hesaplandığı genel frekans eşitliği kullanılmıştır.

$$K = -\{0.45 + 0.797 \ln[-\ln(1-1/T)]\}$$

Burada; T değeri yıl olarak yinelenme aralığıdır.

### 2.2.2.4. Pearson III Dağılımı

Akım gözlem değerlerinin Pearson III dağılımına uydurulmasında aşağıda belirtilen iki ayrı uygulama yapılmıştır.

Uygulama A : Gözlem verilerinin ortalama standart sapma ve çarpıklık katsayısı önceden belirtildiği şekilde hesaplandıktan sonra, frekans faktörü Pearson III dağılımı için çeşitli yinelenme aralığı ve çarpıklık katsayılarına göre düzenlenmiş olan çizelgelerden interpolasyonla bulunmuş ve genel frekans eşitliğinde kullanılmıştır.

Uygulama B : Kısa süreli gözlemler (16-20 yıl) sahip örneklerle çalışıldığında, örnek verilerinden hesaplanan çarpıklık katsayısının aşağıda belirtilen bir faktörle çarpılması önerilmektedir (DSİ, 1955, 1959).

$$F = 1 + 8.5/n$$

Burada; F : Çarpıklık katsayısı için çarpım faktörü, n : Gözlem süresidir (yıl)'dir.

Uygulama B'de gözlem verilerinin çarpıklık katsayısının F ile çarpımı sonucu hesaplanan yeni çarpıklık katsayısına göre çizelgelerden bulunan frekans faktörü kullanılmış ve hesaplama uygulama A'daki gibi yapılmıştır.

### 2.2.2.5. Log Pearson III Dağılımı

Bu dağılıma göre, veriler analiz edilirken gözlem verilerinin logaritmaları

alındıktan sonra bulunan logaritmik değerden ortalama, standart sapma ve çarpıklık katsayısı hesaplanmıştır. Logaritmik değerlerin ortalama ve standart sapması ile, çarpıklık katsayısı ve yinelenme aralığına göre çizelgelerden alınan frekans faktörü kullanılarak genel frekans eşitliğinden akım değerlerinin logaritması elde edilmiş ve bunun antilogaritması alınarak akım miktarı hesaplanmıştır. Açıklanan bu uygulama şekli Log Pearson III dağılımı için Uygulama A, Pearson III dağılımında açıklandığı şekilde çarpıklık katsayısının bir faktörle çarpımından sonra yukarıdaki yolun izlenmesi ise Uygulama B olarak alınmıştır.

### 2.2.3. Gözlem Verilerinin Olasılık Dağılım Biçimine Uygunluğunun Kontrolü

Araştırmada kullanılan dağılımlara (2LN, 3LN, G, PIII, ve LPIII) göre yinelenme aralığı 2, 5, 10, 20, 50 ve 100 yıl olan akış miktarları saptandıktan sonra, Baş ve Abalı (1990) tarafından belirtilen yöntem kullanılarak, hesaplanan akışların gözlem verilerine uyumluluğu kontrol edilmiştir. Söz konusu yöntemde her bir yinelenme aralığı için çeşitli dağılım biçimlerine göre hesaplanan akım değerine eşit veya daha büyük olan gözlem verilerinin sayısı saptandıktan sonra ortalama olarak en fazla gözlem sayısını veren dağılım biçimi uygun olarak kabul edilmiştir.

## 3. Bulgular ve Tartışma

### 3.1. Hesaplamalarda Kullanılan Parametreler

Materyal ve yöntem bölümünde belirtilen hesaplamalarda kullanılan parametreler Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Çizelge 3.1.'den de görüleceği gibi çarpıklık ve değişim katsayılarındaki değerler büyük farklılık göstermektedir. Bu durum incelenen havzadaki yüzey akışa etki eden iklim etmenleri ile havza ve akarsu yatağı özelliklerinin birbirinden farklı oluşu ile açıklanabilir.

### 3.2. Farklı Kuramsal Olasılık Dağılımlarına Göre Çeşitli Yinelenme Aralığındaki En Yüksek Akım Değerleri

Çizelge 3.1.'de verilen parametreler kullanılarak, yöntemler bölümünde verilen dağılım fonksiyonlarına göre belirli yinelenme aralığına sahip en yüksek akım değerleri hesaplanarak Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, aynı yinelenme aralığı için farklı olasılık

dağılımlarına göre hesaplanan değerlerin birbirinden oldukça farklı bulunduğu ve bu farklılığın özellikle yüksek yinelenme aralıklarında daha yüksek değerler aldığı görülmektedir. Bu sonuç Kite (1978) tarafından da belirtilmiştir. Bununla beraber aynı dağılım fonksiyonundaki farklı uygulamalar sonucu hesaplanan değerlerin de farklı olduğu görülmektedir. Bu farklılıklar ve nedenleri şu şekilde sıralanabilir.

Çizelge 3.1. Belirli Yinelenme Aralığındaki En Yüksek Akım Değerlerinin Saptanmasında Kullanılan Parametreler.

Gözlem İstasyonu	Hesaplamalarda Kullanılan Parametreler						
	$\bar{x}$	$s_x$	$C_s$	$C_v$	$\bar{Y}$	$S_y$	$C_{sy}$
811	173.98	101.41	1.044	0.571	4.9876	0.6284	-0.5307
812	721.60	341.59	0.697	0.473	6.4686	0.5181	-0.6422
901	704.45	211.34	0.629	0.300	6.511	0.3102	-0.415
902	879.77	494.47	1.558	0.562	6.6377	0.5327	0.0656
9-11	6.69	9.58	4.296	1.431	1.4066	0.9810	0.1137
9-12	552.17	210.888	1.198	0.381	6.2302	0.4374	-0.6308
9-13	289.16	166.59	0.2554	0.576	5.4591	0.7167	-0.6694

$C_{sy}$ :Gözlem verilerinin logaritmalarının çarpıklık katsayısı.

a-) Lognormal dağılım için yapılan B ve D uygulamaları birbiriyle ilişkilidir ve bu uygulamalar için hesaplanan akım değerlerinin birbirine eşit veya çok yakın olduğu görülmüştür.

b-) Uygulama A için hesaplanan değerlerin çoğunlukla uygulama C için hesaplanandan daha büyük olduğu, ancak bazı durumlarda uygulama C için bulunan değerlerin A'dakinden daha büyük olduğu gözlenmiştir. Bu durumlar hesaplamalarda kullanılan parametrelerin birbirinden farklı oluşu ile açıklanabilir. Uygulama A'da verilerin logaritmalarının alınarak oluşturulan yıllık serilerin ortalama ve standart sapması kullanılmakta ve çarpıklığın sıfır olduğu varsayılmaktadır. Uygulama C'de ise gözlem verilerinden hesaplanan ortalama ve standart sapma ile değişim katsayısına göre bulunan frekans faktörü kullanılmaktadır. Bunun sonucu olarak, gözlem verilerinden hesaplanan çarpıklığın, logaritmik transformasyon sonucu oluşturulan serinin çarpıklığından büyük ve farklılığın birden fazla olması durumunda, değişim katsayısına bağlı olarak uygulama C için hesaplanan akım miktarının

A'dakinden fazla değerler aldığı söylenebilir.

c-) Pearson III ve Log Pearson III dağılımlarının her birindeki iki ayrı uygulama için hesaplanan en yüksek akım değerleri de birbirinden farklıdır. Aust (1977) tarafından çarpıklık katsayılarına göre Pearson III dağılımı için frekans faktörünü veren çizelgeler incelendiğinde, çarpıklığın pozitif olması durumunda çarpıklık katsayısının artması yinelenme aralığı 2 ve 5 yıl için frekans faktörünün azalmasına neden olacağı açıklanmıştır (Apan, 1982). Yinelenme aralığı 10 yıl için çarpıklık katsayısının 1.2 ve 20 yıllık yinelenme aralığı için 2.5'e kadar artışı frekans faktörünü artırmakta ve belirtilen yinelenme aralıklarında daha yüksek değerler için frekans faktörünü azaltmaktadır. Yinelenme aralığı 50 ve 100 yıl için çarpıklık katsayısının artışı ise frekans faktörünün artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Pearson III dağılım için çarpıklığın daha önce belirtilen faktörle çarpımı sonucu çarpıklık katsayısı artacağına açıklanan sınırlara bağlı olmak koşuluyla uygulama A ve B arasındaki



farklılığın ortaya çıktığı söylenebilir.

d-) Log Pearson III dağılımda pozitif çarpıklık için Pearson III dağılımında açıklanan durum söz konusudur. Negatif çarpıklık durumunda ise genel olarak yinelenme aralığı 2 yıl için uygulama B'de hesaplanan değerlerin uygulama A'dakinden

daha büyük ve diğer yinelenme aralıkları için daha küçük olduğu görülmektedir. Bu durumda negatif çarpıklık için çarpıklık katsayısının mutlak değerinin artışına karşılık frekans faktörünün değişimi ile açıklanabilir.

Çizelge 3.2. Olasılık Dağılımlarına Göre Belirli Sürelerde Meydana Gelebilecek Hesaplanmış Maksimum Akım Değerleri (m<sup>3</sup>/s).

Akım Gözlem İstasyonu	Olasılık Dağılımı ve Uygulama	Yinelenme Aralığı (Yıl)						
		2	5	10	20	50	100	
811	2LN	A	149.50	253.77	334.59	420.32	553.15	644.81
		B	153.88	240.84	304.36	369.20	465.83	530.40
		C	151.18	234.59	299.26	367.84	474.12	547.48
		D	153.89	240.86	304.39	369.26	465.87	530.44
	3LN		161.59	252.30	310.60	365.41	440.64	487.55
		G	193.30	252.88	313.53	377.27	447.02	503.45
	P III	A	159.94	253.55	313.18	368.35	436.50	486.65
		B	154.67	248.99	324.89	373.62	456.26	508.09
	LP III	A	157.75	256.45	321.12	350.57	456.07	509.66
		B	160.48	256.43	315.65	340.90	429.73	471.51
812	2LN	A	641.81	992.81	1247.01	1505.04	1887.45	2141.79
		B	652.36	952.33	1160.49	1366.08	1662.44	1855.066
		C	644.33	938.73	1151.92	1363.31	1689.03	1902.36
		D	652.31	952.53	1160.87	1366.57	1663.21	1855.97
	3LN		684.11	989.01	1172.89	1338.97	1557.79	1689.68
		G	667.72	976.29	1180.58	1376.56	1630.23	1820.31
	P III	A	682.19	991.61	1170.94	1342.78	1543.37	1685.59
		B	669.73	983.40	1179.29	1358.19	1578.67	1737.24
	LP III	A	677.52	999.59	1189.49	1269.51	1543.42	1670.48
		B	689.62	998.53	1167.04	1232.26	1450.62	1544.48
901	2LN	A	672.57	873.31	1001.02	1120.33	1282.97	1383.85
		B	674.72	863.95	983.08	1093.65	1243.36	1335.70
		C	673.25	862.39	982.70	1095.07	1248.24	1343.22
		D	674.73	863.97	983.11	1093.67	1243.99	1335.74
	3LN		683.28	871.53	983.58	1083.93	1215.05	1293.52
		G	671.08	861.89	988.50	1109.64	1266.58	1384.19
	P III	A	682.21	872.91	985.42	1085.58	1205.94	1290.92
		B	678.21	868.26	986.49	1091.03	1218.10	1308.49
	LP III	A	687.43	877.89	986.06	1032.89	1187.17	1260.42
		B	690.35	878.12	982.38	1026.36	1170.46	1237.44
902	2LN	A	763.34	1195.39	1511.14	1833.52	2314.11	26335.32
		B	766.93	1192.16	1501.23	1815.68	2282.80	2594.09
		C	765.59	1189.56	1499.39	1815.71	2287.29	2602.47
		D	766.94	1192.22	1501.33	1815.82	2283.01	2594.34
	3LN		778.02	1211.82	1514.31	1813.98	2247.34	2529.73
		G	801.69	1248.37	1544.11	1827.79	2194.98	2470.14
	P III	A	757.08	1216.65	1537.75	1847.64	2246.71	2542.99
		B	734.51	1189.96	1527.60	1863.19	2304.01	2636.09
	LP III	A	758.76	1192.95	1516.64	1687.27	2323.22	1705.44
		B	757.87	1192.45	1517.69	1689.69	2331.76	2719.34

Çizelge 3.2.'nin Devamı.

9-11	2LN	A	4.08	9.32	14.36	20.50	31.47	39.98
		B	3.83	9.32	14.83	29.41	34.49	44.63
		C	3.81	9.79	15.53	22.53	35.04	44.74
		D	3.83	9.32	14.84	22.77	34.53	44.67
	3LN		3.86	10.58	16.58	23.56	35.44	44.29
	G		5.18	13.83	19.56	25.06	32.17	37.50
	P III	A	2.15	8.23	16.13	25.38	39.12	50.22
		B	1.43	5.82	14.32	24.90	41.29	54.80
	LP III	A	4.00	9.26	14.51	17.75	32.47	43.40
		B	3.98	9.24	14.55	17.86	33.02	44.42
9-12	2LN	A	507.85	734.02	889.82	1042.96	1262.67	1404.91
		B	515.94	703.41	827.08	945.32	1110.29	1214.63
		C	510.28	696.11	824.12	949.91	1130.40	1247.23
		D	516.00	703.94	827.87	946.30	1111.50	1215.95
	3LN		555.32	375.63	279.91	199.99	102.62	47.69
	G		518.87	709.37	835.49	956.48	1113.08	1230.43
	P III	A	555.39	654.71	820.24	858.95	975.07	1028.63
		B	505.04	628.33	833.81	905.76	1121.57	1202.24
	LP III	A	532.14	737.86	854.05	902.15	1063.32	1136.54
		B	539.56	737.31	841.55	881.51	1013.11	1067.99
9-13	2LN	A	234.88	429.47	588.69	736.62	1044.47	1244.07
		B	250.56	393.20	497.61	604.32	763.55	870.07
		C	243.13	373.40	480.00	597.11	785.13	918.75
		D	250.59	393.29	497.74	604.49	763.77	870.34
	3LN		240.84	362.95	468.41	588.75	788.93	935.61
	G		262.87	413.33	512.97	608.54	732.25	824.96
	P III	A	282.09	426.87	506.63	574.76	653.62	707.61
		B	222.77	357.73	484.69	622.56	815.51	966.67
	LP III	A	254.27	434.00	550.22	600.91	782.79	870.43
		B	261.06	433.09	534.41	574.40	713.24	772.48

2LN: İki parametrelı lognormal; 3LN: Üç parametrelı lognormal; G: Gumbel; P III: Pearson III; LP III: Log Pearson III.

### 3.3. Akım Gözlem Verilerine Uygunluk Gösteren Kuramsal Olasılık Dağılımı

Akım gözlem verilerine uygun olan olasılık dağılımının belirtilmesinde, yöntem bölümünde açıklandığı gibi uygulanan kontrol yöntemlerinden birisi de belirli bir yinelenme aralığındaki enyüksek ortalamayı veren dağılımın gözlem verilerine en uygun olasılık dağılımı olarak kabul edilmesiydi. Araştırmada ele alınan gözlem istasyonları için her bir olasılık dağılımı ve uygulamalara göre hesaplanan ortalama değerler Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Çizelgeden görüldüğü gibi Gumbel dağılımı tüm gözlem istasyonları için en düşük ortalama değeri vermiştir. Bu durum Gumbel dağılımının uygulanan olasılık dağılımları içerisinde gözlem verilerine en zayıf uyum sağlayan dağılım olduğunu

göstermektedir.

Çizelge 3.3.'deki ortalama değerler incelendiğinde her bir akım gözlem istasyonundaki gözlem verilerine iyi uyum sağlayan olasılık dağılımlarının farklı olduğu ve aynı ortalamayı veren birden fazla olasılık dağılımının bulunduğu görülmektedir. Uygunluk gösteren dağılımların sırasıyla 2LN, 3LN, PIII ve LPIII olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar Kite (1978) gibi araştırmacıların yapmış olduğu çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Çarpıklık katsayısının daha önce belirtilen faktör ile çarpılması Pearson III dağılımının gözlem verilerine uygunluğunu genel olarak artırıcı yönde etki göstermiştir. Bu durum, Çizelge 3.3.'deki gözlem verileri ile Log Pearson III dağılımında uygulama A ve B için hesaplanmış olan değerler incelendiğinde

Çizelge 3.3. Bazı Olasılık Dağılımlarına Göre Saptanan Akım Değerine Eşit veya Daha Fazla Olan Gözlem Sayısının Ortalama Değerleri.

Akım Gözlem İstasyonu	Olasılık Dağılımları ve Uygulamalar									
	2 LN				3 LN	G	P III		LP III	
	A	B	C	D			A	B	A	B
811	3.5	4.3	4.3	4.3	3.6	3.2	3.7	4.2	3.8	3.8
812	3.2	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	4.2	3.8	4.3	4.0
901	6.8	7.0	7.0	7.0	6.7	7.0	6.7	7.0	6.8	6.8
902	6.2	6.0	6.8	6.0	5.7	5.8	6.2	6.3	6.2	6.2
9-11	4.3	4.3	4.3	4.3	4.2	3.3	5.0	6.5	4.2	4.2
9-12	4.0	4.7	4.7	4.7	23.8	4.7	4.8	5.2	3.7	3.8
9-13	4.0	4.7	5.5	4.7	5.7	4.2	3.8	5.5	4.0	3.7

görülebilir.

DSİ (1955) de küçük örneklerle çalışıldığında çarpıklık katsayısının bir faktörle çarpılmasının uygun olacağını belirtmektedir. Çarpıklık katsayısının gerçeğe daha yakın olması sonucu Pearson III dağılımında uygulama B, uygulama A'ya göre gözlem verilerine uygunluğu artırıcı yönde etki etmesine karşılık Log Pearson III dağılımında uygunluğu azaltıcı yönde etki gösterdiği görülmektedir. Bunun nedenlerini frekans faktörünün pozitif ve negatif çarpıklık durumları için değişimlerinin farklılığında aramak daha doğru olur.

#### 4. Sonuç

Araştırma sonuçlarından elde edilen verilere göre Batı Akdeniz bölgesinde araştırmaya konu olan akarsular için önerilebilecek sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.

1-) Akım verilerinin frekans analizinde iki parametrelili Lognormal dağılımın uygulanması durumunda, gözlem verilerinden hesaplanan değişim katsayısı ortalama ve standart sapmanın kullanılması yerine logaritmik değerlerin ortalama ve standart sapmaları kullanılmalıdır.

2-) Akım gözlem verilerinden yararlanılarak belirli bir yinelenme aralığında maksimum taşkın hesaplanmasında iki parametrelili dağılımlar yerine üç parametrelili dağılımların kullanılması daha uygun olacaktır.

3-) Havzalar düzeyinde uygun olasılık dağılımlarının belirtilmesinde daha iyi tahminde bulunabilmek için fazla gözlem

süresine sahip olan daha fazla gözlem istasyonunda benzer incelemelerin yapılmasına gerek vardır.

4-) Akım miktarı ile gözlem verisi arasındaki nispi sapmanın hesaplanması temeline dayanan yöntemin, kuramsal olasılık dağılımına göre saptanan akım verilerinin kontrolünde kullanılması daha uygun görülmektedir.

5-) Ülkemiz koşullarında kullanım kolaylığı göz önünde tutularak 30'dan fazla eleman sayısı olan gözlem verileri ile akarsularda belirli yinelenme aralığındaki en yüksek akım değerlerinin saptanması için Pearson III dağılımı önerilebilir. Bu tip çalışmalarda eleman sayısı 30'dan az olan gözlem verilerinden yararlanırken çarpıklık katsayısının  $(F = 1 + \frac{8.5}{n})$  ile çarpılması gerekmektedir.

#### Kaynaklar

- Altınbilek, D., 1991. Yağış Sel Heyelan Sempozyumu, Ankara, 21-27 ss.
- Apan, M., 1981. Hidroloji. Atatürk Üniv. Zir Fak. Ders Kitabı, Erzurum, 113 s.
- Apan, M., 1982. Türkiye'deki Bazı Akarsu Havzalarında Belirli Yinelenme Aralığındaki En Yüksek Akım Değerlerinin Saptanmasında Kullanılabilecek En Uygun Yöntemin Seçimi Üzerine Bir Araştırma. Erzurum, 57-64 ss.
- Apan, M., 1992. Hidrolojik Çalışmaların Önemi. Toprak Dergisi, Sayı:1, 18-19 ss.
- Aust, I.E., 1977. Australian Rainfall and Runoff, Flood Analysis and Design. Institution of Engineers, Canberra, Australia.
- Baş, S., Abalı, İ., 1990. Olasılık Dağılım Fonksiyonları. Köy Hizmetleri Ana Projesi. Proje No:224, Menemen, 12 ss.
- Bayazit, M., 1974. Hidroloji. İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı:1138, İstanbul, 110-210 ss.
- Bayazit, M., Avcı, İ., Şen, Z., 1982. Hidroloji

- Uygulamaları. İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı:1240, İstanbul, 221 ss.
- Boughton, W.C., 1980. A Frequency Distribution For Annual Floods. Water Resources Research, Vol.:16, No:2, 347-354.
- Bozkurt, S., 1991. Yağış Sel Heyelan Sempozyumu, Ankara, 1-21 ss.
- Chow, V.T., 1964. Handbook of Applied Hydrology. Mc. Grow-Hill Book Company, 26 ss.
- Diler, M.Ü., 1982. Mühendislik Hidrolojisi Çalışmalarında İstatistiksel Yöntemler Rehberi. DSİ Gen. Müd., Bursa, 42-48 ss.
- DSİ, 1955. Fıyazan Sarfiyatlarının ve Tekerrürlerinin Hesabına Ait Bazı Usuller. Teknik Kılavuz, No:2, DSİ Yayınları, Sayı:8, 20 ss.
- DSİ, 1959. Fıyazan Tekerrür Hesapları. DSİ Gen. Müd. Ütüd ve Plan Dairesi, Etüd ve Planlama Rehberi, Kod No:336.
- DSİ, 1961-1993. Akım Gözlem Yıllığı. DSİ Gen. Müd. (1961-1993 Yılları Arasında Yayınlanmış Yıllıkların Tümü).
- EİE, 1941-1989. Su Yılı Akım Neticeleri. Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Direktörlüğü. (1941-1989 Yılları İçin Yayınlanmış Yıllıkların Tümü).
- Haan, C.T., 1977. Statistical Methods in Hydrology. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Hakgören, F., 1983. Küçük Toprak Barajların Planlanma İlkeleri, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Kültürteknik Böl. Ders Notları, Erzurum, 234 ss.
- Kite, G.W., 1978. Frequency And Risk Analysis in Hydrology. Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, 95 pp.
- Kulga, Z. 1985. IV.DSİ Hidroloji Semineri. Bursa, 42 ss.
- Özdemir, H., 1968. Taşkınlar Hidrolojisi. DSİ Gen. Müd., Ankara, 43 ss.
- Özdemir, H., 1969. Akım Rasadı Yapılmayan Akarsularda Çeşitli Metotlarla Taşkın Sarfiyatının Hesaplanması. DSİ Gen. Müd., Ankara, 43-44 ss.
- Özdemir, H., 1978. Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi. DSİ Gen. Müd., Genel Yayın No:873, Özel No:341, Ankara, 3-19 ss.
- Phinen, H.N., 1986. A Review of Methods of Parameter Estimation for the Extreme Value Type-I Distribution, J. of Hydrology, Vol: 98, 251-269.
- Taner, N., 1968. Hidrolik. Cilt:4, "Hidroloji", İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı:732, İstanbul, 66-70 ss.
- Tülücü, K., 1996. Uygulamalı Hidroloji. Ç.Ü.Z.F. Genel Yayın No:138, Ders Kitapları Yayın No:43, Adana, 276 ss.
- Ulugür, M.E., 1972. Su Mühendisliği. Çağlayan Kitabevi, İstanbul, 287 ss.