

## Orta Anadolu Kapalı Havzası Kuraklık Parametrelerinin Olasılık Dağılımı

Ömer KÖSE

*Niğde Üniversitesi, Aksaray Mühendislik Fakültesi, Aksaray-TÜRKİYE*

Atila DORUM

*Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Konya-TÜRKİYE*

Geliş Tarihi 20.01.2000

### Özet

Bu çalışmada önce kuraklığın çeşitli tanımları üzerinde durulmuş ve Orta Anadolu Kapalı Havzası'nda bulunan dört akarsuya ait aylık veriler için tanımları yapılan kuraklık parametrelerinin istatistiksel özellikleri incelenmiştir. Ele alınan bu parametreler; kuraklık süresi, kuraklık şiddeti ve kuraklık büyüklüğüdür. Bu kuraklık parametrelerinin kararlılık ve rastgelelik analizleri yapılmıştır. Kararlılık analizi t-testine dayalı trend analizi kullanılarak ve rastgelelik analizi de korelasyon ve çapraz korelasyon testleri kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca İbrala Çayı verilerinin kuraklık parametre değerleri kullanılarak akım kuraklığı görülme sayısının, kuraklık şiddet parametresinin, maksimum şiddet parametresinin, kuraklık süre parametresinin ve maksimum kuraklık süre parametresinin olasılık dağılım fonksiyonları elde edilmiştir. Bu teorik olasılık dağılımlarının uygunluk testleri Kolmogorov-Smirnov ve Ki-Kare testleri kullanılarak yapılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Kuraklık, olasılık dağılımları, maksimum kuraklık şiddeti, en uzun kuraklık süresi, uygunluk testi.

## The Probability Distribution of the Drought Parameters of the Central Anatolian Closed Watershed

### Abstract

In this research, first the various descriptions of drought were presented and then the statistical characteristics of drought parameters based on monthly data of four streams within the Central Anatolian Closed Watershed were analysed. These parameters are drought duration, drought severity and drought magnitude. The stationarity and randomness analyses of the drought parameters were performed. Trend analysis based upon Student's t-test was used for the stationarity analysis and the tests of serial correlation and cross correlation were used for the randomness analysis. In addition, the theoretical probability distribution functions of streamflow drought number, the drought severity parameter, the maximum severity parameter, the drought duration parameter and the maximum drought duration parameter were obtained using the drought parameter values of Ibrala stream. Finally the goodness of fit test of theoretical probability distributions was performed using the Kolmogorov-Smirnov and Chi-Square tests.

**Key Words:** Drought, probability distribution function, maximum drought severity, longest drought duration, goodness of fit tests.

## Giriş

Su kaynaklarının planlama ve işletilmesinde en önemli faktörlerden ikisi kurak ve sulak dönemler ile bunların ekstrem değerleridir. Orta Anadolu Bölgesi ülkemizin en az yağış alan bölgesidir. Bunun sonucu olarak bölgemizdeki akarsular diğer bölgelerdeki akarsulara göre her mevsimde düşük akım debilerine sahiptir. Su kaynaklarının tek veya çok amaçlı olarak planlanması, inşaatı ve özellikle işletilmesi sırasında, ortalama olarak görülmesi beklenen kurak dönemlerden çok daha uzun süreli kurak devrelerin önceden objektif bir şekilde belirlenmesinin önemi büyüktür. Kurak dönemlerin önceden tahmini ise ancak kuraklık olayının bileşenlerini oluşturan parametrelerin öncelikle hangi istatistiksel özellikleri taşıdığı bilinmesi daha sonra da bu parametrelerin hangi olasılık dağılımına uyduğunun tespit edilmesi ile mümkündür. Çalışmamız içerik olarak iki ana bölüme ayrılabilir; birinci bölümde genel kuraklık tanımları verilmiş, kuraklık parametreleri çıkarılmış, Orta Anadolu Kapalı Havzası'ndaki dört akarsuya ait kuraklık parametrelerinin; rastgelelik, kararlılık, bağımlılık ve bağımsızlık gibi istatistiksel karakteristiklerinin analizi yapılmıştır. İkinci bölümde ise son otuz beş yılın aylık ortalama akım verileri kullanılarak elde edilen kuraklık parametrelerinin nasıl bir olasılık dağılımı gösterdikleri araştırılmıştır.

## Kuraklık Olayının Tanımlanmasında Belirleyici Olan Kriterler

Kuraklık kavramı ülkeden ülkeye hatta bölgeden bölgeye değişiklik göstermektedir. Kapsamlı bir kuraklık tanımının yağış, akım ve toprak nemi

gibi kavramların bütününe kapsamı gerektiği ileri sürülebilir. Ancak bu üç kavram doğası itibarı ile çok farklı kavramlardır. Kuraklık çalışmalarının çoğu kuraklık olgusunun sadece bir yönü üzerinde odaklanmıştır. Mesela Amerikan Meteoroloji Dairesi (U.S.W.B), kuraklığı şu şekilde tanımlar: "Büyük miktarda ve uzun süreli olmak üzere bitki ve hayvan hayatını olumsuz bir şekilde etkileyen ayrıca normalde mahalli su ihtiyacı ve enerji ünitelerinin çalışması için yeterli iken su kaynaklarındaki aşırı düşüş ile bu aktiviteleri olumsuz olarak etkileyen yağış eksikliğidir." (Dracup ve diğerleri, 1980). Kuraklık konusunda daha önce yapılmış çalışmalar incelendiğinde Zekai Şen'in (Şen, 1980) bu konuda yapılmış uluslararası çalışmalara büyük katkıda bulunduğu görülür. Bu katkıların bir kısmından kısaca bahsedecek olursak Şen en uzun kuraklık süresine ait kesin olasılık dağılım fonksiyonunun tespiti için matematiksel modeller bulmuştur. Ayrıca rastgele alanlar temel alınarak bölgesel kuraklık ve taşkın analizi için teorik yaklaşımlar geliştirmiştir. Uygulanabilir bir kuraklık tanımına ulaşabilmemiz için aşağıdaki üç kriter bize yardımcı olacaktır.

- Su açığının tabiatı (yağış, akım, toprak nemi)
- Elimizdeki veri kayıtlarının temel zaman birimi (ay, mevsim, yıl)
- Düşük akımları yüksek akımlardan ayırt eden eşik seviyesi.

## Su açığının tabiatı

Burada söz konusu edilecek kuraklık, meteorolojik ve tarımsal kuraklık kavramlarından farklı olarak düşük akım değerleri üzerine odaklanan hidrolojik kuraklık yaklaşımıdır.

**Tablo 1.** Orta Anadolu Kapalı Havzası akarsuları için seçilen ortalama periyodun kuraklık olayı örnek büyüklüğü ile serisel korelasyon sabitine etkisi.

Akarsu Adı	Ortalama Periyot					
	1 ay		3 ay		1 yıl	
	ÖB	SK	ÖB	SK	ÖB	SK
Çarşamba Suyu	30	0,389	11	0,338	5	0,242
İbrala Suyu	27	0,392	14	0,575	6	0,223
Peçeneközü Deresi	19	0,412	9	0,738	3	0,616
İnsu Deresi	14	0,418	7	0,411	2	0,340

ÖB: Örnek Büyüklüğü

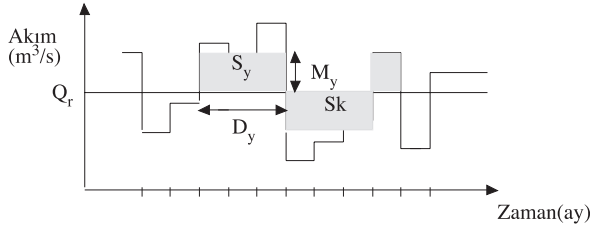
SK: Serisel Korelasyon

## Ortalama periyot

Üzerinde çalışılacak su açığının tabiatının tespit edilmesinden sonra karar vereceğimiz husus, kullanacağımız hidrolojik değişkenlerin analizinde ortalama olarak hangi süre veya zaman biriminin kullanılacağıdır. Seçilen ortalama periyodun zaman serisinin uzunluğuna olan etkisini göstermek için Orta Anadolu Kapalı Havzası'nda bulunan dört akarsuyun aylık, mevsimlik (üç aylık) ve yıllık periyotlar için kuraklık olayı sayısı Tablo 1'de gösterilmiştir. Ortalama olarak yıllık akım verisinin kullanılması ile aylık akım verisine nazaran 1/6 oranında daha az kuraklık olayı gözlenmiştir.

## Eşik seviyesi

Geniş kapsamlı bir kuraklık tanımı yapmamıza yardımcı olan kriterlerden biri olan eşik seviyesi, kuraklık olayını diğer hidrolojik ve meteorolojik olaylardan ayırmamıza yarar. Bu değer elimizdeki seriyi eşik seviyesinin üstünde ve altında olmak üzere iki kısma ayırır.



Şekil 1. Seri Elemanlarının Temel Parametreleri

Şekil 1 de gösterilen parametreleri tanımlarsak;

$D_k$ : Kuraklık olayının süresi (ay)

$M_k$ : Kuraklık olayının büyüklüğü ( $m^3/s$ ).

$S_k$ : Kuraklık olayının şiddeti ( $m^3/s$ ).s).

$D_y$ : Yüksek akım süresi (ay).

$M_y$ : Yüksek akım olayının büyüklüğü ( $m^3/s$ ).

$S_y$ : Yüksek akım olayının şiddeti ( $m^3/s$ ).s).

$Q_r$ : Eşik değeri ( $m^3/s$ ).

Eşik değeri keyfi olarak seçilerek seri elemanlarını çeşitli formlarda gruplara ayırır. Bu değer diğer seri elemanları ile ilişkisi ise seri parametrelerinin değerini belirler. Bu parametreler;  $Q_r$  değerinden kümülatif sapma olursa şiddet (S)  $Q_r$  değerinden ortalama sapma olursa büyüklük (M); uzunluk ya da zaman olarak  $Q_r$  seviyesinin kesintiye uğraması ise süre (D) olarak isimlendirilir. (Güven,1983) Bu üç parametre kuraklık olayının temel belirleyicileridir ve aralarındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

$$S_k = D_k \cdot M_k \quad (1)$$

Pratikte  $Q_r$  eşik değerinin belirlenmesi, keyfi seçilmesinden daha çok çalışılan kuraklık tipinin bir fonksiyonu olarak tespit edilmelidir. Eşik değerimiz uzun yıllar ortalaması veya bu değer altında herhangi bir seviye olabilir. Ancak eşik değerimizi uzun yıllar ortalaması olarak seçmek gerçekçi değildir çünkü üzerinde çalıştığımız olay minimum akım değerleriyle ilgili bir olaydır ve normalliğin göstergesi olan ortalama değer alınması gerçekçi değildir. Bu sebeple çalışmamızda eşik seviyesi olarak uzun yıllar aylık ortalama akım değerinin dörtte biri eşik olarak alınmıştır (Köse, Dorum, Kahya,1998).

## Tarihi verilerin değerlendirilmesi

Çalışmamızda kullanılan veriler Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü'nün 1995 yılında yayınladığı Aylık Ortalama Akımlar (1935-1990) adlı yayından alınmıştır. Bu yayından Orta Anadolu Kapalı Havzası içinde bulunan dört akarsuya ait aylık ortalama akım değerleri alınmıştır, eksik veriler ise D.S.İ'den temin edilmiştir.

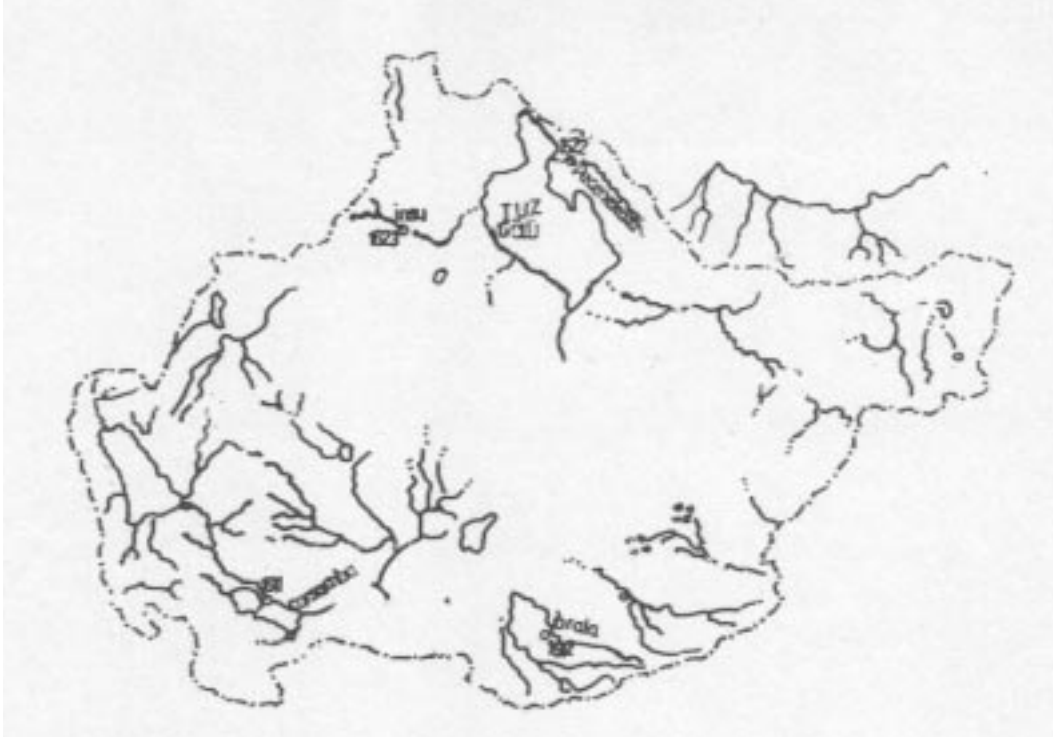
Bu veriler seçilirken akım kayıtlarının yapıldığı bölgede herhangi bir tesisin olup olmadığı incelenmiş, verilerin kontrolsüz akım kayıtları olduğuna dikkat edilerek Devlet Su İşleri IV. Bölge Müdürlüğünde gerekli kontroller yapılmıştır. Adı geçen istasyonlardan mesela Bozkır istasyonu 1990 yılına kadar kontrolsüz 1990 yılından itibaren kontrollü akım kayıtlarına sahiptir. Çalışmamızda bahsedilen akarsuların bölgedeki yerleşimini gösteren harita Şekil 2'de verilmiştir. Bu akarsulardan Peçeneközü ve İnsu Deresi Havzanın kuzeyinde İbrala ve Çarşamba suyu Havzanın güneyinde bulunmaktadır.

## Kuraklık parametrelerinin istatistiksel özellikleri

**Kuraklık parametrelerinin stasyonerliği** Bu çalışmada stasyonerlik analizi için tek taraflı t testi kullanılmıştır. Yani  $t < t_{0,025}$  olacak şekilde % 95 olasılık seviyesi için tek taraflı olarak uygulanmıştır. Bu test dört akarsuya ait akım serilerinden elde edilmiş parametrelerin oluşturduğu örnek gruplarına uygulanmış ve sonuçlar Tablo 3 de verilmiştir. Bu tabloda S serinin stasyoner olduğunu ve (+), (-) işaretleri regresyon doğrusunun eğimini belirtmektedir.

**Tablo 2.** Verilerin kayıt edildiği istasyonlar ve buldukları yerler şunlardır.

İstasyon No	Akarsu Adı	İstasyon Adı	Yıllar
1611	Çarşamba Suyu	Bozkır	1962-1990
1612	İbrala Deresi	Denircik	1962-1990
1620	İnsu Deresi	Cihanbeyli	1962-1990
1622	Peçeneközü Deresi	Koçhisar	1962-1990

**Şekil 2.** Orta Anadolu Kapalı Havzası Haritası**Tablo 3.** Kuraklık ve yüksek akım parametrelerinin stasyonierliği için uygulanan t testinin sonuçları.

Akarsu İsmi	Yüksek Akım			Kuraklık		
	Süre	Büyükük	Şiddet	Süre	Büyükük	Şiddet
Çarşamba Suyu	+S	-S	+S	+S	+S	-S
İbrala Suyu	+S	-S	-S	+S	+S	+S
Peçeneközü Deresi	-S	+S	+S	+S	-S	+S
İnsu Deresi	-S	+S	+S	-S	+S	+S

(1) : S: Stasyonier

(2) (+),(-) İşaretleri regresyon doğrusunun eğimini belirtmektedir.

(3) t testi  $t < t_{0,025}$  olacak şekilde %95 olasılık seviyesi için tek taraflı olarak uygulanmıştır.

**Kuraklık parametrelerinin rastgeleliği** Orta Anadolu Kapalı Havzası'nda bulunan dört akarsuya ait verilerden elde edilen yüksek ve kurak akım alt serilerinin önce birinci serisel korelasyon katsayıları

hesaplanmıştır. Daha sonra % 95 olasılık seviyesinde Anderson testi ( Haan, 1977 ) güven aralığının içinde kaldığı saptanan parametre serisinin rastgele olduğuna karar verilmiştir. Sonuçlar Tablo 4 de ve-

rilmiştir. Anderson testi normal dağılım gösteren, stasyonær ( kararlı ) zaman serilerinin serisel korelasyon katsayısının analizi için kullanılan bir testtir. Eđer serisel korelasyon katsayısı Anderson tarafından önerilen limitlerin içinde kalırsa, sürecin rastgele olduğu söylenebilir.

**Kuraklık ve yüksek akım parametrelerinin bağımlılık analizi** Bu analizde yüksek ve kurak akım serilerinin her birisi için temel üç parametrenin birbirleriyle olan karşılıklı lineer ilişkisinin ölçüsünü ortaya koymak için önce sıfır ötelemede korelasyon katsayısı hesaplanmış, daha sonra Fisher Z testine göre % 95 güven aralığı içinde kalıp kalmadığına bakılmıştır.

### İbrala Çayı Parametreleri İçin Olasılık Dağılım Analizi

Yukarıdaki bölümlerde Orta Anadolu Kapalı Havzası'ndaki dört akarsuya ait kuraklık parametrelerinin hangi istatistiksel karakteristiklere sahip olduklarını inceledik. Şimdi ayrıntılı bir şekilde İbrala Çayı'na ait parametrelerin olasılık dağılım analizleri üzerinde duracağız. İbrala Çayı'nda otuz beş yıl içinde görülen yirmi yedi adet kuraklık olayından elde edilen veriler şunlardır: son otuz beş yılın aylık ortalama akım değeri  $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$  referans debimiz  $Q_r=Q_{ort}/4=0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  görülen yirmi yedi adet kuraklık olayından elde ettiğimiz veriler kuraklık şiddeti için  $S_{ort}=1,98*10^6 \text{ m}^3$ ,  $\sigma_{şiddet}=1,38*10^6 \text{ m}^3$   $\Sigma$ Şiddet= $53,52*10^6 \text{ m}^3$ . Süre parametresi için  $D_{ort}=85,5$ , gün  $\sigma_{süre}=32,34$  gün.  $\Sigma$ Süre= $2310$  gün. Otuz beş yıllık bir süreçte görülen yirmi yedi adet kuraklık olayının oluşum hızı  $\nu=0,77$  dir. Dönüş periyodu ise  $E(D)=1/\nu=1,29$  yıl dir.

### Akım kuraklığı sayısının olasılık dağılımı

Kuraklık, taşkın, deprem gibi doğal olayların görülme sayısının tahmini için yapılan analizlerde en yaygın olarak kullanılan olasılık dağılımlarından biri de Poisson olasılık dağılımıdır. Bir  $[0,t]$  zaman aralığında görülmesi muhtemel kuraklık olay adedini  $E_X$  ile gösterelim.  $E_X=\{\eta(t)=\nu\}$   $\nu$ ,  $\eta(t)$  rastgele değişkeninin sayısal değeridir,  $\eta(t)$ 'nin beklenen değerini  $\nu.t$  ile ifade edelim.

$$P(E_X) = ((\nu.t)^x / x!).e^{-\nu.t} \quad (2)$$

Bu ifade zaman bağımlılığı olan bir Poisson sürecini ifade etmektedir. Bu ifadede ki  $\nu.t$  bir  $[0,t]$  zaman aralığında görülmesi muhtemel kuraklık sayısının beklenen değeridir. Elimizdeki verileri kullanarak elde ettiğimiz sonuçları aşağıda tablo halinde daha sonrada grafik olarak gösterelim, % 5 önem seviyesi için  $\chi^2$  değeri f=2 için 5,99 dur.  $4,674 < 5,99$  olduğu için ki-kare testi olumlu sonuç vermiştir. Son otuz beş yıl içinde görülen kuraklık olay adedinin dağılımı Poisson Olasılık dağılımına uymaktadır. Şimdi elde ettiğimiz sonuçları grafik olarak gösterelim.

### Kuraklık şiddetinin teorik dağılım fonksiyonu

İbrala Çayı'ndaki kuraklık şiddeti dağılımı için otuz beş yıl boyunca gözlenen yirmi yedi adet kuraklık olayından elde edilen verileri kullandık.

$$\mu_s = S_{ort} = 1,98.10^6 \text{ m}^3/\text{olay}$$

$$\nu_s = 1/\mu = 0,505.10^{-6} \text{ olay/m}^3$$

**Tablo 4.** Kuraklık ve yüksek akım olayı için rastgelelik özelliğinin belirlenmesinde uygulanan Anderson testinin sonuçları.

Akarsu İsmi	Yüksek Akım			Kuraklık		
	Süre	Büyükölük	Şiddet	Süre	Büyükölük	Şiddet
Çarşamba Suyu	-R	+R	-R	-R	-R	-R
İbrala Suyu	-R	-R	-R	-R	-R	-R
Peçeneközü Deresi	+R	-R	-R	+R	-R	-R
İnsu Deresi	+R	+R	-R	+R	-R	+R

(1) : S: Stasyonær

(2) (+),(-) İşaretleri regresyon doğrusunun eğimini belirtmektedir.

(3) t testi  $t < t_{0,025}$  olacak şekilde % 95 olasılık seviyesi için tek taraflı olarak uygulanmıştır.

Kuraklık şiddetinin teorik dağılımı için eksponansiyel kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu kullanılmıştır. (Zelenhasic ve Salvai ,1987)

$$H(S) = 1 - \exp(-\nu_s \cdot S) \quad S \geq 0 \quad (3)$$

$$H(S) = 1 - \exp(-0,505 \cdot 10^{-6} \cdot S) \quad S \geq 0$$

Gözlenen ve teorik dağılım fonksiyonu aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Teorik ve gözlenen dağılım fonksiyonları Kolmogorov-Smirnov uygunluk testine tabi tutulmuş ve olumlu sonuç alınmıştır.

**Tablo 5.** Kuraklık ve yüksek akım parametrelerinin Fisher Z testi uygulanarak herhangi bir bağımlılığa sahip olup olmadıklarının belirlenmesi.

Akarsu İsmi	Yüksek Akım			Kuraklık		
	Süre	Süre	Büyüklik	Süre	Süre	Büyüklik
Çarşamba Suyu	+BS	+BL	+BL	+BS	+BL	+BS
İbrala Suyu	-BS	+BS	+BS	+BS	+BS	+BS
Peçeneközü Deresi	-BL	-BS	+BL	+BL	+BL	+BS
İnsu Deresi	+BL	+BL	+BS	+BS	+BL	+BS

BS: Bağımsız Seri, BL: Bağımlı Seri

(+), (-) İşaretleri korelasyon sabitinin işaretini göstermektedir

Bu test % 95 güven aralığı için geçerlidir.

**Tablo 6.** Kuraklık ve yüksek akım parametrelerinin çapraz korelasyon değerleri yardımı ile Fisher Z testi kullanılarak bağımlı olup olmadıklarının tespiti.

Akarsu İsmi	Yüksek Akım			Kuraklık		
	Süre	Büyüklik	Şiddet	Süre	Büyüklik	Şiddet
Çarşamba Suyu	-BS	-BS	-BS	-BS	-BS	-BS
İbrala Suyu	+BS	-BS	-BS	+BS	-BS	-BS
Peçeneközü Deresi	+BS	-BS	-BS	+BS	-BS	-BS
İnsu Deresi	-BS	-BS	-BS	-BS	-BS	-BS

BS: Bağımsız seri

(+), (-) İşaretler çapraz korelasyon sabitinin işaretini göstermektedir.

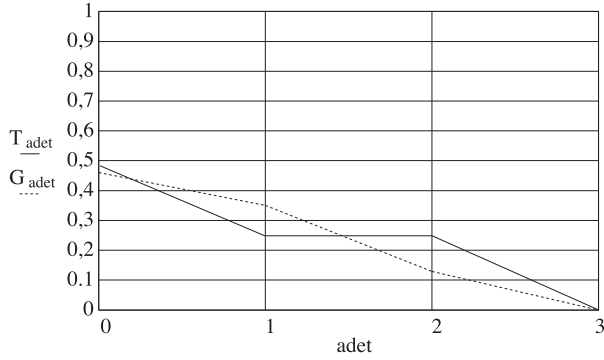
Bu test % 95 güven aralığı için geçerlidir.

**Tablo 7.** [ 0, t ] Zaman aralığında görülmesi muhtemel kuraklık olay sayısı

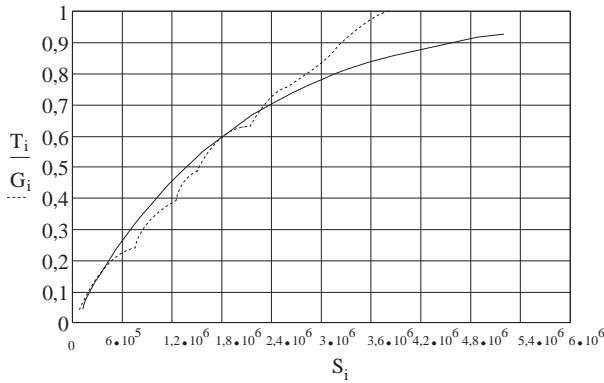
K	$f_{gözlem}$	$f_{teorik}$	$(f_{gözlem} - f_{teorik})^2$	$(f_{gözlem} - f_{teorik})^2 / f_{teorik}$
0	17	16,20	0,64	0,039
1	9	12,47	12,04	0,96
2	9	4,80	17,64	3,675
				$\Sigma 4,674$

$f_{gözlem}$ : Otuz beş yıllık zaman aralığında her yıl içinde gözlemlenen kuraklık olay adedi

$f_{teorik}$ : Aynı zaman aralığında kuraklık olay adedi için teorik frekans değeri



**Şekil 3.** Bir yıl içinde görülmesi muhtemel kuraklık olay adedi olasılık dağılımı  
 $T_{adet}$ : Teorik Frekans Dağılımı  
 $G_{adet}$ : Gözlenen Frekans



**Şekil 4.** Kuraklık şiddetinin kümülatif olasılık dağılımı.  
 $T_i$ : Teorik dağılım grafiği  
 $G_i$ : Gözlem değerleri grafiği  
 $S_i$ : Şiddet parametresi değerleri ( $m^3$ )

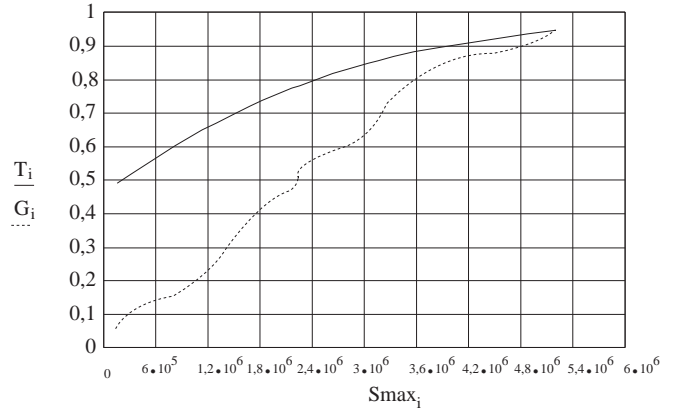
### Şiddet parametresinin maksimum değerinin kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu

Daha önce bulduğumuz sonuçları kullanarak maksimum şiddet parametresinin kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu (Zelenhasic ve Salvai, 1987) tarafından şu şekilde ifade edilmiştir:

$$F_{\max}(S) = \exp[-\nu \cdot \exp(-\nu_s \cdot S)] \quad S \geq 0 \quad (4)$$

$$F_{\max}(S) = \exp[-0,77 \cdot \exp(-0,505 \cdot 10^{-6} \cdot S)] \quad S \geq 0$$

Maksimum şiddet parametresi için gözlenen ve teorik dağılım fonksiyonuna ait grafik aşağıda verilmiştir. Uygulanan ki-kare testi iki dağılım arasında sağlıklı bir uyum olduğunu göstermiştir.



**Şekil 5.** Bir yıl içinde görülebilecek maksimum kuraklık şiddetinin dağılımı.  
 $T_i$ : Teorik dağılım grafiği  
 $G_i$ : Gözlem değerleri grafiği  
 $S_{max_i}$ : Maksimum şiddet parametre değeri. ( $m^3$ )

### Kuraklık süresinin dağılımı

İbrala Çayı'ndaki kuraklık olayına ait süre parametresi olasılık dağılımını analiz etmek için elimizdeki otuz beş yıllık dönemde gözlenen yirmi yedi adet kuraklık olayına ait verilerden faydalanacağız.

$$D_{ort} = 85,5 \text{ gün/olay}$$

Gözlenen maksimum kuraklık süresi 150 gün

$$\nu_{süre} = 1/D_{ort} = 0,011 \text{ olay/gün}$$

Kümülatif teorik dağılım fonksiyonu (Zelenhasic ve Salvai, 1987)

$$G(D) = 1 - \exp(-\nu_{süre} \cdot D) \quad (5)$$

$$G(D) = 1 - \exp(-0,011 \cdot D)$$

Yukarıdaki ifadede D gün olarak kuraklık süresini ifade etmektedir. Teorik ve gözlenen dağılım fonksiyonları aşağıdaki grafikte gösterilmiştir. Uygulanan Kolmogorov-Smirnov testi iki dağılım arasında iyi bir uyum olduğunu göstermiştir.

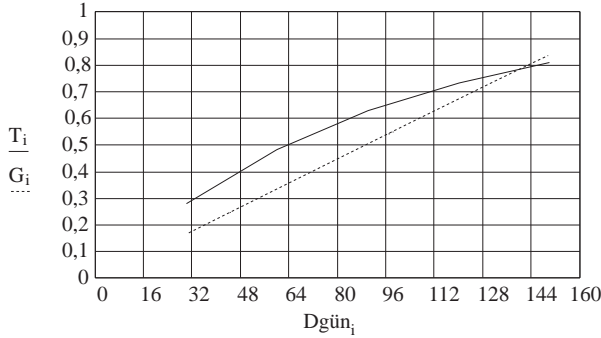
### Maksimum kuraklık süresinin olasılık dağılımı

Bir yıllık bir dönem için teorik ve gözlenen dağılım fonksiyonu grafikte gösterilmiştir. Teorik dağılım fonksiyonunun ifadesi (Zelenhasic ve Salvai, 1987) tarafından

$$G(\nu/t = 365\text{gün}) = \exp(-\nu \cdot \exp(-\nu_{\text{süre}} \cdot D_{\text{max}})) \quad (6)$$

şeklinde verilmiştir.

$$G(\nu/t = 365\text{gün}) = \exp(-0,77 \cdot \exp(-0,011 \cdot D_{\text{max}}))$$

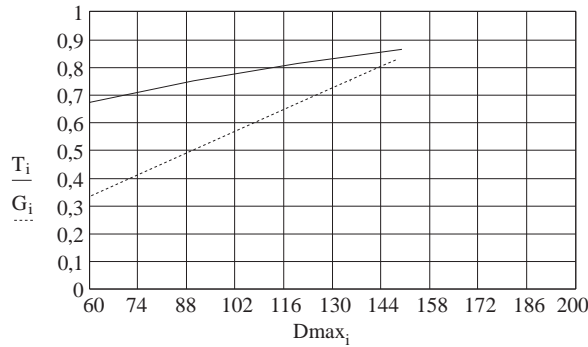


**Şekil 6.** Kuraklık süresinin kümülatif olasılık dağılım grafiği

$T_i$ : Teorik dağılım grafiği

$G_i$ : Gözlem değerleri grafiği

$D_{\text{gün}_i}$ : Gün olarak kuraklık süresi.



**Şekil 7.** Maksimum kuraklık süresi için kümülatif olasılık dağılım grafikleri

$T_i$ : Teorik dağılım grafiği

$G_i$ : Gözlem değerleri grafiği

$D_{\text{max}_i}$ : Gün olarak maksimum kuraklık süresi

### İkinci kuraklık olayı görülme zamanı kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu

İkinci kuraklık olayı görülme zamanını dağılım fonksiyonunun Gama Dağılımına uyup uymadığını kontrol edelim. Bu analiz şu şekilde yapılmıştır.

Gama dağılımının yoğunluk fonksiyonu (Lapin, 1990)

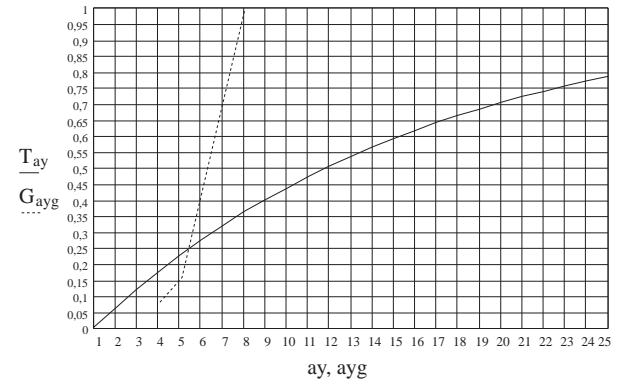
$$f(Ay) = [\nu_{\text{süre}}^r \cdot ay^{r-1} \cdot \exp(-\nu_{\text{süre}} \cdot ay)] / \Gamma(r) \quad (7)$$

$$ay \geq 0$$

yukarıdaki ifadede  $r$  bir yıl içinde görülmesi muhtemel kuraklık olayının sıra numarasını göstermektedir. Yukarıdaki ifadeyi  $r = 2$  ikinci olayı gösterecek şekilde kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu haline getirirsek.

$$Pr[Ay < ay] = 1 - \exp(-\nu_{\text{süre}} \cdot ay) \cdot (1 + \nu_{\text{süre}})$$

Yukarıdaki ifadeden elde edilen teorik dağılım değerleri ile gözlenen değerler karşılaştırılmış ve sonuçlar Kolmogorov-Smirnov testine tabi tutulmuştur. Ancak bu iki dağılım arasında bir uyum olmadığı görülmüştür. Bu sonuç grafikten de çıkarılabilir.



**Şekil 8.** Görülmesi muhtemel ikinci kuraklık olayının görülme zamanı kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu.

$T_{at}$ : Teorik dağılım grafiği

$G_{ayg}$ : Gözlem değerleri grafiği

$ay, ayg$ : Ay olarak ikinci kuraklık olayı başlangıç zamanı.

### Sonuçlar

Kritik kuraklık adı verilen maksimum kurak devrenin bir bölgenin ekonomik, sosyal ve politik durumu üzerinde önemli etkisi vardır. Çalışmamızda Orta Anadolu Kapalı Havzası'nda kontrolsüz akım kayıtlarına sahip dört akarsuya ait kuraklık parametrelerinin önce çeşitli istatistiksel analizleri yapılmış daha sonra bu parametrelerin değişik olasılık dağılımlarına uyup uymadığı incelenmiştir. Şimdi yukarıdaki analizlerden elde ettiğimiz sonuçları sıralayalım.

1) Orta Anadolu Kapalı Havzası'ndaki dört akarsuya ait parametrelere uygulanan testler sonucu kuraklığın kendi iç parametre değerleri açısından süre ve büyüklük en az korelasyona sahip parametrelerdir,



buna karşın şiddet ve süre en büyük korelasyona sahip parametrelerdir.

2) Kuraklık olayı için varyans katsayısı  $C_V$ 'nin değişimi

$C_V ( M_k ) < C_V ( D_k ) < C_V ( S_k )$  şeklinde gösterilebilir.

3) İbrala çayı verilerinden elde edilen kuraklık parametrelerinin analizi sonucu belli bir

$[ 0 , t ]$  zaman aralığında görülmesi muhtemel kuraklık olay sayısı olasılık dağılım fonksiyonunun Poisson olasılık dağılımına uyduğu görülmüştür.

4) Kuraklık şiddet parametresinin kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu Eksponansiyel dağılım fonksiyonuyla gösterilebilir.

5) Maksimum şiddet parametresinin dağılım fonksiyonu Eksponansiyel dağılımın ekstrem değerler için değiştirilmiş halini gösteren ifadeye uygunluk göstermiştir.

6) Kuraklık süre parametresinin kümülatif dağılım fonksiyonu Eksponansiyel dağılım ile ifade edilebilir.

7) Maksimum kuraklık süre parametresinin kümülatif dağılım fonksiyonu maksimum şiddet parametresinde olduğu gibi Eksponansiyel dağılımın ekstrem değerleri ifade eden değiştirilmiş haline uygunluk göstermiştir.

8) İkinci kuraklık olayı görülme zamanı kümülatif olasılık dağılım fonksiyonunun Gama dağılımına uyduğu varsayımının yanlış olduğu görülmüştür.

Yapılan analizlerden ekstrem şiddete sahip ku-

raklıkların nadir olarak bir başka ekstrem kuraklığı takip ettiği görülmüştür. Bu sebeple kuraklık olaylarında birbirini takip açısından istikrar söz konusu değildir. Ülkemizde Orta Anadolu Kapalı Havzası için yapılmış ayrıntılı bir kuraklık analizi yoktur. Bu bölge için farklı araştırmalar yapılırsa bu çalışmanın sonuçlarını yeni analizlerle karşılaştırma imkanı doğacaktır.

### Simgeler

$D$	kuraklık süresi
$M$	kuraklık büyüklüğü
$S$	kuraklık şiddeti
$x$	kuraklık sayısı
$r$	kuraklık olay sıra numarası
$BL$	bağımlılık
$BS$	bağımsızlık
$+ - S$	stasyonerlik
$R$	rastgelelik
$B$	toplum regresyon doğru eğimi
$b$	örnek regresyon doğru eğimi
$v$	kuraklık olayı gözlenme hızı
$C_v$	kuraklık olayı varyans katsayısı
$T$	teorik dağılım grafiği
$G$	gözlem değerleri grafiği
$E$	$[ 0, t ]$ zaman aralığında görülmesi muhtemel kuraklık olay adedi
$f$	görülmesi muhtemel kuraklık olay adedi frekans değeri
$\Gamma$	gama dağılım fonksiyonu grafiği

### Kaynaklar

Dracup, J., Lee, K., and Paulson, E., "On the Definition of Drought", Water Resources Research, 16, 4, 297-302, 1986.

E.İ.E, "Aylık Ortalama Akımlar (1935-1990)", 1995.

Güven, O., "A Simplified Semiempirical Approach to Probabilities of Extreme Hydrologic Droughts", Water Resources Research, 19, 2, 1983.

Haan, C., "Statistical Methods in Hydrology", The Iowa State University Press, Ames, 1977.

Köse, Ö., Kahya, E., ve Dorum, A., "Orta Anadolu Kapalı Havzası'ndaki Akarsuların Kuraklık Parame-

trelerinin Analizi", II. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu, Ankara, 1998.

Lapin, L., "Probability and Statistics for Modern Engineering", Duxbury Press, Belmont, 1990.

Şen, Z., "Statistical Analysis of Hydrological Critical Droughts", J. Hydraulics, ASCE, 106 (HY6), 1980.

Zelenhasic, E., and Salvai, A., "A Method of Streamflow Drought Analysis", Water Resources Research, 23, 1, 1987.