

**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İÇ ANADOLU BÖLGESİ KURAKLIK SÜRELERİNİN PARAMETRİK VE**  
**NONPARAMETRİK YAKLAŞIMLA ANALİZİ**

**NAZİFE KOKKOKOĞLU**

**OCAK 2006**

## ÖZET

### İÇ ANADOLU BÖLGESİ KURAKLIK SÜRELERİNİN PARAMETRİK VE NONPARAMETRİK YAKLAŞIMLA ANALİZİ

KOKKOKOĞLU, Nazife

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Osman YILDIZ

Ocak 2006, 110 sayfa

Kuraklık canlı hayatını telafi edilemez zararlara uğratabilen, süresi, şiddeti, başlangıç ve bitişi önceden bilinemeyen bir olaydır. Bu nedenle analizi istatistiksel metotlarla yapılabilir. Kuraklık analizi ve dönüş periyotlarının tahmini üzerine yapılan çalışmalar gerekli tedbirlerin alınabilmesi ve bu afetle mücadele için oldukça önemlidir.

Bu çalışmada kuraklık açısından riskli bir bölge olan İç Anadolu Bölgesine ait yirmi altı istasyon için 1953-2003 yılları arasında Standart Yağış İndisi (SYİ) ile elde edilen kuraklık süreleri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Parametrik ve nonparametrik yaklaşımlar karşılaştırılarak, kuraklık süreleri histogramlarına uygunlukları incelenmiştir. Nonparametrik Kernel yaklaşımın iki tepeli histogramlar için uygunluğu onaylandıktan sonra örnek dönüş periyotları hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kuraklık, SYİ, Nonparametrik Kernel Dağılımı, Parametrik Dağılımlar, Frekans Analizi, Dönüş Periyodu, İç Anadolu Bölgesi

## **ABSTRACT**

### **AN ANALYSIS OF DROUGHT DURATIONS IN THE INNER ANATOLIA REGION WITH PARAMETRIC AND NONPARAMETRIC APPROACH**

KOKKOKOĞLU, Nazife

Kırıkkale University

Graduate School Of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Osman Yıldız

January 2006, 110 pages

Droughts are disasters which can cause significant social, economic and environmental damages. Their intensity, duration, starting and ending times can not be known beforehand. Therefore, their analysis can be made with statistical methods. Drought analysis and estimating return periods are important for taking necessary precautions.

This study focuses on drought analysis in the Inner Anatolia Region, where frequent droughts occur. A frequency analysis was performed using the drought durations obtained by Standardized Precipitation Index (SPI) method during 1953-2003 at twenty six stations in the region. The degree of fit of parametric and nonparametric approaches with the frequency

histograms was compared. After evaluating and validating of nonparametric kernel approach to bimodal histograms, a drought frequency analysis was conducted to estimate the return period of droughts for the region.

**Key Words:** Drought, SPI, Nonparametric Kernel Approach, Parametric Distributions, Frequency Analysis, Return Period, the Inner Anatolia Region

## TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca her türlü desteğiyle bana yol gösteren çok kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa Y. KILINÇ'a, tez konusunu bana öneren ve hazırlanması esnasında büyük bilgi birikimiyle her türlü yardımlarını esirgemeyen, danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman YILDIZ 'a, bugünlere gelmemde katkısı olan bütün hocalarıma, eğitimim için her türlü fedakarlığı fazlasıyla gösteren ve ne yazık ki bunun neticesini göremeyen anneciğim merhume Satı KOKKOKOĞLU'na, eğitimimin her aşamasında büyük bir özveri ve sabır gösteren, basiretiyle bugünlere gelmemde en büyük paya sahip babam Yunus KOKKOKOĞLU'na, bana çalışma azmi aşıl原因 ve her türlü desteğiyle hep yanımda olan, ufkumu açan sevgili eşim Mehmet Akif DANACI'ya, her konuda bana hep kol kanat olan kardeşlerim Ali, Pınar, Mahmut ve Melike KOKKOKOĞLU'na, Neşe BULUT ve Nazmiye SEYMAN'a, fedakarlıklarından dolayı teşekkür ederim.

# İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
İÇİNDEKİLER .....	x
SİMGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Literatür Araştırması.....	2
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı .....	14
2. MATERYAL VE YÖNTEM .....	15
2.1. Kuraklık .....	15
2.1.1. Kuraklık Sebepleri .....	17
2.1.2. Kuraklık Çeşitleri.....	17
2.1.2.1 Meteorolojik Kuraklık.....	18
2.1.2.2 Tarımsal Kuraklık .....	18
2.1.2.3 Hidrolojik Kuraklık .....	19
2.1.3. Kuraklık Etkileri .....	20
2.1.3.1 Ekonomik Etkileri.....	20
2.1.3.2 Çevre Etkileri.....	20
2.1.3.3 Sosyal Etkileri .....	21

2.1.4. Dünyada Kuraklık .....	21
2.1.5. Türkiye'de Kuraklık .....	22
2.1.6. İç Anadolu Bölgesinde Kuraklık .....	24
2.2. Kuraklık İndisleri.....	25
2.2.1 Normal Yüzde İndisi.....	25
2.2.2 Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi .....	26
2.2.3 Yüzey Su Sağlama İndisi .....	26
2.2.4 Ürün Nemi İndisi .....	27
2.2.5 Erinç İndisi .....	27
2.3. Standart Yağış İndisi .....	28
2.4. Frekans Analizi.....	30
2.5. Kuraklık Analizinde Kullanılan Olasılık Dağılımlar.....	31
2.5.1 Parametrik Dağılımlar .....	32
2.5.1.1 Gamma Dağılımı .....	33
2.5.1.2 Gumbel Dağılımı .....	35
2.5.1.3 Lognormal Dağılımı .....	37
2.5.2 Nonparametrik Kernel Dağılım.....	39
2.6. Aşma Olasılığı ve Dönüş Periyodu.....	41
3. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	43
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	73
5. KAYNAKLAR .....	78
6. EKLER.....	84
EK-1.....	85
EK-2.....	92
EK-3.....	104



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### ÇİZELGE

2.1. SYİ Değerlerine İlişkin Sınıflandırma .....	29
2.2. Tek Değişkenli Kernel Fonksiyon Örnekleri .....	41
3.1. Çalışmada Kullanılan İstasyonların Enlem Boylam ve Yükseklik Bilgileri .....	45
3.2. Pınarbaşı Mutlak Sapma Değerleri .....	65
3.3. Kangal Örnek İstatistik Değerleri .....	72

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### ŞEKİL

2.1	Gamma Dağılım Şeklinin Biçim Parametresi ile Değişimi.....	34
3.1	İç Anadolu Bölgesi Haritası .....	44
3.2	Ankara İstasyonu 1953-2003 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık SYİ grafikleri .....	46
3.3	Bolvadin OYF Grafikleri .....	48
3.4	Aksaray OYF Grafikleri .....	48
3.5	Ankara OYF Grafikleri .....	49
3.6	Kızılcahamam OYF Grafikleri .....	49
3.7	Beypazarı OYF Grafikleri.....	50
3.8	Çankırı OYF Grafikleri .....	50
3.9	Eskişehir OYF Grafikleri .....	51
3.10	Karaman OYF Grafikleri .....	51
3.11	Kayseri OYF Grafikleri.....	52
3.12	Pınarbaşı OYF Grafikleri .....	52
3.13	Develi OYF Grafikleri.....	53
3.14	Kırıkkale OYF Grafikleri.....	53
3.15	Kırşehir OYF Grafikleri .....	54
3.16	Kaman OYF Grafikleri .....	54
3.17	Konya OYF Grafikleri.....	55
3.18	Kulu OYF Grafikleri.....	55

3.19 Cihanbeyli OYF Grafikleri .....	56
3.20 Iğın OYF Grafikleri .....	56
3.21 Karapınar OYF Grafikleri .....	57
3.22 Nevşehir OYF Grafikleri.....	57
3.23 Niğde OYF Grafikleri .....	58
3.24 Sivas OYF Grafikleri .....	58
3.25 Divriği OYF Grafikleri.....	59
3.26 Zara OYF Grafikleri .....	59
3.27 Kangal KS=0.0 OYF Grafikleri .....	60
3.28 Kangal KS=-1.0 OYF Grafikleri .....	60
3.29 Kangal KS=-1.5 OYF Grafikleri.....	61
3.30 Kangal KS=-2.0 OYF Grafikleri.....	61
3.31 Yozgat OYF Grafikleri.....	62
3.32 Ankara BDF Grafikleri.....	66
3.33 Çankırı BDF Grafikleri .....	67
3.34 Pınarbaşı BDF Grafikleri.....	67
3.35 Kangal Üç Aylık Periyot OYF Grafikleri .....	68
3.36 Kangal KS=0.0 BDF Grafikleri .....	68
3.37 Kangal KS=-1.0 BDF Grafikleri.....	69
3.38 Kangal KS=-1.5 BDF Grafikleri.....	69
3.39 Kangal KS=-2.0 BDF Grafikleri .....	70
3.40 Kangal Aşma Olasılığı Grafikleri .....	70
3.41 Kangal Dönüş Periyodu Grafikleri.....	71

## SİMGELER DİZİNİ

NY Y	Normal Yağış Yüzdesi
SY İ	Standart Yağış İndisi
F(x)	Birikimli Dağılım Fonksiyonu
f(x)	Olasılık Yoğunluk Fonksiyon
n	Örnek Büyüklüğü
$\mu$	Ortalama
$\sigma$	Standart Sapma
$\alpha$	Şekil Parametresi
$\beta$	Biçim Parametresi
m	Sınıf Aralığı Sayısı
$\Gamma(\alpha)$	Gamma Dağılım Fonksiyonu
$C_{sx}$	Çarpıklık
E(X)	Beklenen Değer
OYF	Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu
BDF	Birikimli Dağılım Fonksiyonu
K(t)	Düzeltilmiş Kernel Fonksiyonu
T	Dönüş Periyodu
OKHK	Ortalama Karesel Hataların Karekökü(RMSE)
KS	Kesim Seviyesi

# 1 GİRİŞ

Kuraklık canlı yaşamını ekonomik, sosyal, kültürel, sağlık gibi geniş alanlarda olumsuz yönde etkileyen çoğu zaman kalıcı ve telafisi imkansız sorunlar doğuran en tehlikeli doğal afetlerden biridir. Dünya nüfusu her geçen gün hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak yaşamın en temel ihtiyaçlarından biri olan su ihtiyacı da aynı oranda sürekli bir artış göstermektedir. Artan su talebini karşılayabilmek için mevcut doğal kaynakların en etkin şekilde kullanılması zorunluluğu göz önüne alındığında kuraklıkla ilgili çalışmaların tıpkı diğer afetlerde olduğu gibi son derece önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Geçmiş yıllarda yaşanmış çeşitli uzunluklarda ve farklı şiddetlerdeki kuraklıkların istatistiksel analizi gelecekte yaşanabilecek kuraklıklar hakkında fikir verici olmaktadır. Farklı şiddetlerde ve uzunluklardaki kuraklıkların geçmiş yıllarda hangi sıklıkta tekrar ettiğinin irdelenmesi bundan sonra yaşanabilecek kuraklıkların sıklıklarının tahmin etmede son derece önemlidir. Özellikle uzun süreli ve şiddetli kuraklıkların hangi sıklıkta tekrar edebileceği hakkında fikir yürütebilmek bu afete karşı alınabilecek önlemlerde insanoğlunun zamanını ve imkanlarını daha iyi değerlendirmesini sağlayabilecek ve kuraklık afeti karşısındaki çaresizliğini bir nebze olsun azaltabilme imkanı sunacaktır.

Kuraklık sonuçları gibi sebepleri de çok yönlü bir afettir bu nedenle kuraklık sebepleri üzerine çok yönlü ve birbiriyle bağıntılı çalışmaların geliştirilmesi ülkemiz geleceği için önem arz etmektedir.

Tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde öncelikle, kuraklık kavramının tanımı ve önemi açıklanmış bu felakete karşı tedbir alabilmek için hem yurt içinde hem de yurt dışında yapılan bilimsel çalışmalardan bazılarına kısaca değinilmiştir.

İkinci bölümde, kuraklık kavramı detaylı şekilde ele alınmıştır. İç Anadolu Bölgesi hakkında genel bilgi sunulmuş, frekans analizine, parametrik ve nonparametrik yaklaşımlara ve dönüş periyodu hesaplanmasına değinilmiştir.

Üçüncü bölümde, tanımlanmış olasılık dağılımları kullanılarak uygulama çalışması yapılmıştır. Bu bölümde parametrik ve nonparametrik yaklaşımlardan elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Son bölümde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

### **1.1. Literatür Araştırması**

Ülkemizde kuraklıkla ilgili ilk çalışmalardan biri A. Tanoğlu <sup>(1)</sup> tarafından 1943 yılında yapılmıştır. Bu çalışmada, istasyonların sıcaklık ve yağış değerleri ile De Martonne yöntemi kullanılmış ve Türkiye için bir kuraklık haritası çıkarılmıştır.

S. Erinç <sup>(2)</sup> 1965 yılında yaptığı çalışmada; Erinç Formülü olarak adlandırılan yeni bir indis önermiştir. Erinç yağış ve buharlaşmayı oranlayarak bulduğu indisi Türkiye'nin 80 meteoroloji istasyonuna uygulamış ve iklim sınıflandırması yapmıştır. Çalışmada ayrıca kurak ve yarı kurak koşulların süresini saptamak için kurak ve yarı kurak ayların sayısını

gösteren haritalar hazırlanmıştır. Erinç İndisi kuraklıkla ilgili birçok çalışmada kullanılmış ve kuraklık çalışmalarına adeta temel teşkil eden unsurlardan biri olmuştur.

A. Nişancı <sup>(3)</sup> 1976 yılında yaklaşık seksen istasyonun 1961–1970 yılları arasındaki döneme ait buharlaşma değerlerini ve bunların 0,5 faktörü ile indirgenmiş durumlarını yağış değerleriyle karşılaştırmıştır. Bu şekilde su bilançosu açısından pozitif ya da negatif değerler elde etmiştir. Buna göre, pozitif değerler toprakta su fazlalığını, dolayısı ile nemliliği, negatif değerler de su noksanını, yani kuraklığı ifade etmektedir ve hesaplanan değerlerin mutlak sayıları da kuraklığın ya da nemliliğin şiddetini göstermektedir. Elde edilen değerlere göre bir harita hazırlanmış ve Türkiye genelinde kurak ve nemli alanlar belirlenmiştir. Bu haritaya göre Türkiye'nin kurak ya da yarı kurak yerleri; İç Anadolu, Antalya bölümünün Elmalı'nın kuzeyinde kalan alanları, Balıkesir'le birlikte Ege kıyıları ve Güneydoğu Anadolu Bölgesidir. Ayrıca, Malatya, Elazığ, Erzincan, Erzurum yöreleriyle Van ve Iğdır çevreleri ve Çorum-Amasya arası da yarı kurak iklim bölgesini oluşturmaktadır.

M. Türkeş <sup>(2)</sup> 1990 yılında yaptığı tez çalışmasında Türkiye'de kurak bölgeleri ve önemli kurak yılları incelemiştir. Çalışmada araştırmacı Erinç İndisi'ni kullanarak Türkiye'nin yıllık ve aylık ortalama özelliklerine ve yıllık indis değerlerine göre yıllar arası değişimleri araştırmış; normal frekans dağılımı yöntemiyle kurak ve nemli yılların ve kuraklığın ya da nemliliğin ölçüsünün saptanması amaçlamıştır. Yıllık yağışları normal ya da normale yakın dağılım gösteren 27 istasyona ait 1956–1987 arası yıllık yağış değerlerini kullanarak bir sınıflandırma yapmış ve buna göre, Türkiye'nin

kurak ve nemli yılları ile bu yıllar için kuraklığın ve nemliliğin şiddetini belirlemiştir.

B. Çaldağ <sup>(4)</sup> v.d. 1998 yılında Trakya Bölgesi kuraklık durumunu Standart Yağış İndisi (SYİ) kullanarak analiz etmişlerdir. Çalışmaları neticesinde bölgede kuraklık sorununun devamlı ve düzenli olarak takip edilmesi gerektiğini; bu amaçla Trakya Bölgesi'ni kapsayan bir kuraklık izleme sisteminin kurulmasını, meteorolojik verilerle birlikte tarımsal açıdan önemli olan toprak su içeriği değerlerinin de düzenli olarak takip edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında Edirne, Kırklareli, Tekirdağ ve İstanbul için hesaplanan SYİ değerlerinin değişimini detaylı olarak değerlendirmişlerdir.

S. Sırdaş ve Z.Şen <sup>(5)</sup> tarafından yapılan çalışma ülkemizin hidroelektrik üretiminde gerçekleştirdiği en büyük proje olan GAP bölgesindeki Dicle ve Fırat havzalarının kurak dönemlerinin araştırılması ile ilgilidir. Çalışmada ayrıca Fırat ve Dicle nehirleri üzerindeki havza alanlarının kuraklığının maksimum değerler aldığı anda meydana gelen su kayıpları hesaplanmıştır. Bölgedeki dokuz istasyonda ölçülen yağış verisi kullanılarak kurak dönemler tespit edilmiştir. Bu çalışmaya göre GAP projesinin bulunduğu Urfa ili kuraklık açısından risklidir.

A. Ü. Kömüştü <sup>(6)</sup> v.d. yaptıkları bir diğer çalışmada Türkiye genelinde seçilen ve farklı iklim alanlarını temsil eden uzun süreli yağış ölçümlerine sahip istasyonlarda kuraklığın yüzde oluşumlarını 1950 – 2001 periyodu için analiz etmişlerdir. Çalışmalarında çeşitli kategorilerdeki kuraklık şiddeti yüzde oluşumlarının coğrafik bazda oldukça farklı bir dağılım



gösterdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca toprak nemi, nehirler, yeraltı suları gibi kullanılabilir su kapasitelerine sahip hidrolojik kaynaklar için kuraklığın etkisi bakımından değişik süreçlerin yaşanacağını ifade etmişlerdir.

M. Özgürel v.d. <sup>(7)</sup> 2002 yılında yaptıkları bir çalışmada pek çok ülkede kullanılan Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi ile Ege Bölgesi'nde yaşanan kurak dönemleri aylık olarak belirlemiş ve bu değerlerin dağılımlarının "orta kurak" ve "normale yakın nemli" olarak isimlendirilen sınıf aralıklarında yoğunlaştığını gözlemlemişlerdir.

Ö. Köse ve A.Dorum <sup>(8)</sup> 2002 yılında yaptıkları bir çalışmada öncelikle kuraklığın çeşitli tanımlarına değinmiş ve Orta Anadolu Kapalı Havzası'nda bulunan dört akarsuya ait aylık veriler için tanımları yapılan kuraklık parametrelerinin istatistiksel özelliklerini incelemişlerdir. Ele alınan bu parametreler; kuraklık süresi, kuraklık şiddeti ve kuraklık büyüklüğüdür. Bu kuraklık parametrelerinin kuraklık ve rasgelelik analizi de korelasyon ve çapraz korelasyon testleri kullanılarak yapılmıştır. Ayrıca İbrala Çayı verilerinin kuraklık parametre değerleri kullanılarak akım kuraklığı görülme sayısının, kuraklık şiddeti parametresinin, maksimum şiddet parametresinin, kuraklık süre parametresinin ve maksimum kuraklık süre parametresinin olasılık dağılım fonksiyonları elde edilmiştir. Çalışmada Poisson olasılık dağılımı kullanılmıştır. Uygunluk testleri ise Kolmogorov - Smirnov ve Ki-Kare testleri kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analizlerden ekstrem şiddete sahip kuraklıkların nadir olarak bir başka ekstrem kuraklığı takip ettiği görülmüştür. Ve kuraklık olaylarında birbirini takip açısından istikrar söz konusu olmadığı ifade edilmiştir.

Y.E. Yıldırım <sup>(9)</sup> 2002 yılında yaptığı çalışmada Salihli yöresinde 1971 - 2001 yılları arasında ölçülen aylık ve yıllık değerleri RAINBOW yazılımı yardımıyla istatistiksel olarak analiz etmiş ve yağışlı, normal ve kurak ay ve yıllarda beklenen güvenilir yağış değerleri elde etmiştir. Bu değerleri daha sonra sulama açısından kuraklık analizinde kullanmıştır.

E. Turgu <sup>(10)</sup> v.d. SYİ ile kuraklık değişimleri analizi yapılabileceğine örnek oluşturması açısından Delphi V programlama dilinde SYİ uygulama yazılımı geliştirmişlerdir. Bu yazılım sayesinde tek ya da çoklu istasyon seçeneği ile aylık toplam yağış verileri kullanılarak geçmiş yıllara ait kuraklık analiz yapılabileceği gibi, ileriye dönük kuraklık tahmini de yapılabilmekte ve farklı kategorilerde kuraklık oluşumlarını sağlayan kritik yağış değerleri elde edilebilmektedir. Program istenilen istasyon için 3, 6, 12 ve 24 ay bazında bunların herhangi bir kombinasyonu için kuraklık indeksinin zaman ve yüzde oluşumunu hesaplayabilmekte ve aynı zamanda farklı kuraklık şiddeti kategorilerinde analize imkan vermektedir. Programın en önemli özelliği tahmin amaçlı olarak kullanılabilmesidir.

A. Ü. Kömüştü <sup>(11)</sup> v.d. 2003 yılında yaptıkları bir çalışmada Türkiye genelinde seçilen ve farklı iklim alanlarını temsil eden uzun süreli yağış ölçümlerine sahip 102 istasyonda kuraklık oluşumlarını analiz ederek bu oluşumların coğrafik dağılımlarını 1950 – 2001 yılları için analiz etmişlerdir. Çalışmalarında kuraklık olaylarının şiddet ve süre bakımından hangi bölgelerde ne kadar etkili olduğunu ortaya koymayı amaçlamışlardır. Çalışmalarında orta derecede kuraklıkların kısa sürede maksimum değerlerine Doğu ve Güneydoğu Anadolu' da, uzun süreli Doğu Anadolu ve

bazı kıyı alanları ve İç Anadolu'da ulaşmakta olduğunu ve uzun süreli kuraklıkların geniş alanlarda çok etkili olmadığını göstermişlerdir. Şiddetli kuraklıkların ise kısa sürede Doğu Anadolu, İç Anadolu, Batı ve Orta Karadeniz' in kesiştiği alanlarda; uzun sürede İç Anadolu ve genelde dağınık birkaç alanda ama etki alanı dar bir karakter gösterdiğini ve mevsimsel karakterin daha hakim olduğunu göstermişlerdir. Çok şiddetli kuraklıkların da kısa süreli olarak batı ve iç bölgelerde uzun süreli olarak da İç Anadolu ve kıyı bölgelerde (Karadeniz hariç) gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında ayrıca SYİ değerlerinin zaman grafiklerinin incelendiğinde göze çarpan en önemli özelliğin periyot arttıkça kuraklığın daha az tekrar ettiğini ama süre olarak daha uzun etkili olduğunu belirtmişlerdir.

G. Pamuk <sup>(12)</sup> v.d. 2004 yılında Ege Bölgesi'nde kuraklık analizi yapmışlardır. Çalışmalarında kuraklığın izlenmesinde ve kuraklık analizinde yeni bir yöntem olan SYİ yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında Ege Bölgesi'nde uzun süreli yağış ölçülerine sahip meteoroloji istasyonlarının verilerini kullanmış ve bölge için kuraklık oluşumlarını analiz etmişlerdir. Çalışmaları neticesinde SYİ kıstaslarına göre yaptıkları değerlendirmede Ege Bölgesi'nde kış dönemi ortalamalarının "orta derecede kurak" sınırına yakın olmakla birlikte tüm aylık ortalama değerlerin "normal" sınırlar içerisinde yer aldığını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında Ege Bölgesi ikliminin iki uç gurubu olduğunu gözlemlemişlerdir. Bunlar Uşak, Afyon, Kütahya ve Gediz'in Oluşturduğu İç Batı Anadolu Bölümü ile Kıyı Ege'yi oluşturan Dikili, İzmir, Kuşadası ve Muğla istasyonlarıdır. Bu iki gurup arasında yağış dönemi içerisinde Kıyı Ege Kuşağı'nın daha kurak, İç Batı Anadolu Bölümü'nün daha

nemli; yaz döneminde ise İç Batı Anadolu Bölümü'nün daha kurak Kıyı Ege'nin ise daha nemli olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır.

M. K. Yeğnidemir <sup>(13)</sup>, 2005 yılında yaptığı yüksek lisans tez çalışmasında şiddetli kuraklıkların sıkça görüldüğü İç Anadolu Bölgesi'nde SYİ metodu ile kuraklık analizi yapmış ve kuraklık karakteristiklerini belirlemiştir. Çalışmasında İç Anadolu Bölgesi'ndeki 28 meteoroloji istasyonunun 1953–2003 yılları arasındaki döneme ait aylık ortalama yağış verileri ile 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık SYİ değerleri hesaplamıştır. Çalışmada ayrıca bölgedeki her bir istasyonda farklı kesim seviyeleri için kuraklık karakteristikleri bulunarak noktasal kuraklık özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca çalışmanın son bölümünde Kriging metodu kullanılarak bölgesel kuraklık haritaları çizilmiştir; bu haritalar yardımıyla su açığı olan yerler tespit edilmeye çalışılmıştır.

Yurtdışında kuraklığın tanımı, frekans analizi ve kuraklığın iklimik etkileri üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır.

J. D. Salas <sup>(14)</sup> 1992'de kuraklığın süre ve şiddet gibi unsurlarla ifade edilebilecek çok değişkenli bir olay olduğunu belirtmiştir. J. T. Shiou ve H.W. Shen <sup>(15)</sup> 2001'de kuraklık karakteristiklerinin ayrı ayrı analizleriyle kuraklığın yeterince anlamlı biçimde tarif edilemeyeceğini belirtmişlerdir ve kuraklık karakteristiklerinin tanımlanması için kuraklık süre ve şiddetinin birlikte irdelenmesinin daha iyi bir yaklaşım olacağını önermişlerdir.

G. W. Kite <sup>(16)</sup> 1977'de St. Mary's nehrinin verilerini kullanarak elde ettiği Kernel birikimli dağılım fonksiyonu ile farklı parametrik dağılımları karşılaştırmıştır. Kernel birikimli dağılım deneysel verilere en yakın sonuçları

vermiştir. Hem deneysel veriler hem de Kernel fonksiyonu çift tepeli olasılık yoğunluk fonksiyonu oluşturmuşlardır. Bu çalışmaya göre Parametrik alternatifler arasında seçim yapmak isteyen bir su bilimci Lognormal, III Parametrelili Lognormal, Ekstrem Tip I, Pearson Tip III, ve Log Pearson Tip III modelleri arasında fazla bir fark göremez; bunlardan hiçbirisi deneysel verilerin dağılım fonksiyonuyla tamamen tutarlı bir uyum sağlayamamaktadır.

1980'lerde yapılan çalışmalar ve istatistiksel teorideki son gelişmeler yeni bir yaklaşımla nonparametrik yoğunluk tahminlerini irdelemeye almışlardır.

N. P. Greiss<sup>(17)</sup> 1983 yılında yaptığı çalışmasında, hidrolojide LogPearson Tip III ve Lognormal dağılımlarının geniş ölçüde çalışıldığını ifade etmiştir. Bu dağılımlar üzerine yaptığı genel değerlendirmede sözü geçen dağılımların, gözlemlenmiş verilere çoğu zaman tatmin edici biçimde uyum sağlamasına rağmen dağılımın (ekstrem değerlerin yansıdığı) kuyruk kısmında önemli farklılıklar gösterdiğini ifade etmiştir. Çalışmasında parametrik metotlar ile ilgili diğer bir problemin de hangi dağılımın kullanılacağı ve dağılım parametrelerinin hangi yolla tespit edileceği problemi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yaygın olarak kullanılan dağılımların hemen hepsinin tek tepeli olduğuna da dikkat çekmiştir.

K. Adamowski<sup>(18)</sup> 1985'te taşkın frekansı üzerine yaptığı bir çalışmada olasılık yoğunluk fonksiyonu tahminini nonparametrik prosedüre dayandırmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda taşkın frekansı analizleri istatistiksel parametrik metotlara dayanmaktadır. Bu analizlerde taşkın verilerini tanımlayan dağılım fonksiyonunun, bilinen bir fonksiyon olduğu

varsayımıyla hareket edilmiştir. (Örn. Log Pearson Tip III, Lognormal vs.) Adamowski'nin bu çalışmasında nonparametrik yöntemle elde edilen sonuçlar, bu yöntemin geçerli bir alternatif olabileceğini göstermiştir. Bunun başlıca nedeni nonparametrik yöntemin en başta bir dağılım kabulü gerektirmemesi ve çok tepeli dağılımları tahmin etme yeteneğine sahip olmasıdır. Adamowski hidrolojik uygulamalar için nonparametrik yöntemin cazip edici ve çalışılmaya değer olduğunu ifade etmiştir.

J.R Wallis <sup>(19)</sup> 1988 yılında yapmış olduğu çalışmasında, taşkın frekansında en tartışmalı faktörlerden birinin dağılım seçimi ve bu dağılımın parametrelerinin hesaplanması olduğunu belirtmiştir; çünkü bu seçimin sonucun doğruluğu üzerine doğrudan etkisi vardır. Taşkın frekans analizi için önerilen birçok dağılım varlığından ve bunlardan en çok bilinenleri Lognormal, Pearson III ve Gumbel dağılımları olduğundan bahsetmiştir.

U. Lall ve Y. Moon <sup>(20)</sup> 1993 yılındaki çalışmalarında Kernel taşkın frekansı tahmincilerini genel olarak irdemişlerdir. Onlar da Kernel metotlarının son dönemlerde parametrik metotlara geçerli bir alternatif olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmalarında Kernel tahmincilerinin anahtar özelliklerini yeniden incelemişler ve özellikle Kernel fonksiyonu ve bant genişliği seçimi üzerinde durmuşlardır. Çalışmalarında ayrıca Nonparametrik yaklaşımla parametrik yaklaşım özelliklerini karşılaştırmışlardır. Pratik bir bakış açısıyla taşkın frekansı metotlarını incelemişlerdir. Bu bakış açısına göre taşkın frekansı metotlarından birtakım beklentilerin olduğunu ifade etmişlerdir. Bu beklentileri şöyle sıralandırmışlardır:

- i. Bir taşkın frekansı metodunda model seçimi önemlidir bu konuda istikrar gerekir
- ii. İstatistiksel tutarlılığı olmalıdır.
- iii. Gözlemlenmiş verilere uyum sağlayabilecek şekilde esnek olmalı,
- iv. Örnekten maksimum düzeyde bilgi alabilmeli yani istatistiksel açıdan verimli olmalı,
- v. Kuyruk davranışını tarif edebilmek için uygun olmalı,
- vi. Tutarlı sonuçlara götürmelidir.

Çalışmada klasik parametrik yaklaşımların bu kıstasları tam olarak tatmin edici olmadığı ancak Kernel dağılım gibi bazı dağılımların bu kıstasların bazılarını sağladığı ve ayrıca bu tip dağılımların:

- a. Model seçimi konusuna direkt çözüm getirdikleri,
- b. İstatistiksel tutarlılık sağlayabilecekleri (genel bir kullanım sağlanabileceği),
- c. Yeterince esnek oldukları,
- d. Parametrik metotlardan farklı olarak kuyruk davranışını yansıtmakta daha uygun oldukları ifade edilmiştir.

Ancak bunların yanı sıra nonparametrik yaklaşımda verilerin ötesinde ekstrapolasyonda sıkıntı doğurabileceğine işaret edilmiştir.

B. K. Adamowski ve W. Feluch <sup>(21)</sup> 1990 yılında yaptıkları çalışmalarında geçmiş olayların verilerinin kullanılmasının, taşkın frekans analizine ait taşkın tahminlerindeki doğruluk payını artırdığını ifade etmiş

ancak bu doğruluk payını etkileyen; uygun olasılık dağılımının seçilmesi ve seçilen dağılımın parametrelerinin tahmin edilmesi gibi sorunlardan bahsetmişlerdir. Bu çalışmada yeni bir nonparametrik prosedür önerilmektedir. Buna göre hem dağılım seçme problemi hem de parametre tahminleri sıkıntısı ciddi boyutta çözüme kavuşmuş olacaktır. Ancak nonparametrik yöntemde dağılım fonksiyonunu mevcut kayıt uzunluğunun ötesinde ekstrapolasyon yapabilme noktasında yeterli değildir. Bu problemin üstesinden gelebilmek için ekstrem değer dağılımının bir formu olarak yeni bir Kernel fonksiyonu takdim edilmiştir. İki parametrelili Lognormal dağılım kullanılarak yapılan bir simülasyon çalışmasında on yılın ötesinde uzunlukta veriler dahil edildiğinde doğruluk payında bir artış görülmediği anlaşılmış ve bu çalışmada geçmiş verilerin dahil edilmesiyle nonparametrik analizle ekstrapolasyonun ilerletilebileceği gösterilmiştir.

Y. Moon ve U. Lall<sup>(22)</sup>, 1994'teki çalışmalarında her ne kadar hidrolojik değişkenler için genel kabul görmüş bir dağılım yoksa da nonparametrik metotların parametrik metotlara alternatif olarak sunulduğunu ve incelendiğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında Kernel dağılımını, taşkın frekansları için birçok kuyruk tahmincisiyle karşılaştırmışlardır. Onlar da aynı şekilde nonparametrik Kernel tahmincisinin diğer tahmincilere rakip olduğunu göstermişlerdir.

S. L. Guo<sup>(23)</sup> v.d. 1995 yılındaki çalışmalarında düşük akım çeyrekleri için nonparametrik Kernel tahmin modelini önermiş ve geliştirmişlerdir. Yıllık maksimum düşük akım verilerine ve Monte Carlo simülasyon testlerine dayanarak, nonparametrik modelin tarif ve tahmin yeteneği Weibull modellerininkine karşılaştırılmıştır. Elde ettikleri sonuçlar, sunulan modelin



düşük akım yüzdeleri tahmininde daha az sapmaya ve daha küçük ortalama karesel hataların karekökü değerlerine (RMSE) sahip olduğunu göstermiştir. Blue Nile'den elde edilen verilerle yaptıkları uygulama nonparametrik yaklaşımın Weibull modellerine geçerli bir alternatif olduğunu göstermiştir.

T. W. Kim <sup>(24)</sup> v.d. tarafından 2002 yılında Meksika sınırlarındaki hem ABD hem de Meksika için önemli bir havza olan Conchos Nehri Havzası'nın kuraklık karakteristikleri PKŞİ (Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi) kullanılarak irdelenmiştir. Bu çalışmaya göre havza 1990'larda daha önce hiç görülmemiş biçimde şiddetli bir kuraklık geçirmiştir. Analizlerine dayanarak bu kuraklığın dönüş periyodunu 80 ile 100 yıl arası olarak belirlemişlerdir. Çalışmalarında Genelleştirilmiş Ekstrem Değer Dağılım'ın (GEV) iki parametrelili özel bir formu olan Ekstrem Değer Tip 1 Dağılımı (Gumbel) kullanmışlardır ve kuraklık analizleri için uygun bir dağılım olduğunu ifade etmişlerdir.

T. W. Kim <sup>(25)</sup> v.d. 2003 yılında frekans analizi için tek değişkenli parametrik metotların kuraklık karakteristikleri için bazı durumlarda anlamlı ilişkiler gösteremeyebileceğini, alternatif olarak nonparametrik metotların sunulabileceğini ifade etmişlerdir. Çalışmalarında parametrik ve nonparametrik yaklaşımları değerlendirip nonparametrik yaklaşımı onayladıktan sonra Meksika'daki Conchos Nehri Havzası için Kernel dağılımını kullanarak bir kuraklık frekansı analizi yapmış ve farklı kuraklık şiddetleri için dönüş aralıklarını hesaplamışlardır. Çalışmalarında hem tek değişkenli hem de iki değişkenli Kernel nonparametrik fonksiyonlarını kullanmışlardır. Kernel dağılımdan elde ettikleri olasılık yoğunluk fonksiyonları ile parametrik yaklaşımları kullanarak elde ettikleri olasılık

yoğunluk fonksiyonlarını ve birikimli dağılım fonksiyonlarını karşılaştırarak Kernel fonksiyonun toplamda daha az sapmaya sahip olduğunu ifade etmişlerdir. Özellikle kritik kuraklıklar için Kernel fonksiyonunun diğer alışlagelmiş parametrik yaklaşımlara üstünlüğünün olduğuna işaret etmişlerdir.

## 1.2 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu yüksek lisans tez çalışması, canlı hayatını çok yönlü zarara uğratan kuraklık afetinin frekans analizi için parametrik ve nonparametrik yaklaşımların kıyaslanması ile ilgilidir.

Bu çalışmada, ülkemizin kuraklıktan önemli ölçüde etkilenen bölgelerinden biri olan İç Anadolu Bölgesi 51 yıllık (1953-2003 yılları arası) yağış verileri kullanılarak SYİ metodu ile elde edilen kuraklık sürelerinin, dönüş aralıkları parametrik ve nonparametrik yaklaşımlarla incelenecektir.

2005 yılında M.K. Yeğnidemir<sup>(13)</sup> tarafından İç Anadolu Bölgesi'nde SYİ metodu kullanılarak 26 istasyonda elde edilen kuraklık süreleri kullanılacaktır.

Hidrolojide ekstrem olayların incelenmesinde sıkça kullanılan parametrik dağılımlardan Gamma (Pearson Tip III), Lognormal ve Gumbel dağılımlar ile nonparametrik Kernel fonksiyonu bölgedeki istasyonların kuraklık frekans analizinde karşılaştırmalı olarak kullanılacaktır. Nonparametrik yaklaşımın özellikle iki tepeli histogramlar için daha iyi sonuç verip vermediği araştırılacaktır.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1 Kuraklık

Kuraklık oluşum sebeplerine ve etkilerine göre farklı birçok tanıma sahiptir. Bir bölgede nem miktarındaki geçici dengesizliğin o bölgedeki su kıtlığı ile ilişkisi olarak kabaca tanımlanabilir. Kuraklık doğal bir iklim olayıdır ve herhangi bir zamanda herhangi bir yerde meydana gelebilir. Kurak iklimden nemli iklim tiplerine kadar her iklim türünde rastlanması mümkündür. Bununla beraber kurak iklimler nem eksikliğinden ve yüksek değişkenlikteki yağıştan dolayı kuraklığa karşı daha hassas durumdadırlar.

Kuraklık genel olarak suya ihtiyaç duyulan zamanlarda su eksikliğine sebep olacak şekilde yağıştaki azalmalar veya yağışın normalin altına düşmesi olarak tanımlanır. Bununla beraber suya dayalı aktivitelerin yağıştaki bu eksiklikten etkilenme zamanı ve süresine göre kuraklık ile ilgili çeşitli tanımlar ortaya çıkmıştır <sup>(11)</sup>. Kuraklığın açık bir tanımı gidiş uzunluklarını esas alarak Yevjevich <sup>(26)</sup> tarafından yapılmıştır. Kuraklık zamanda, alanda ya da her ikisinde su gereksinimindeki eksiklik olarak elde edilir. Tek veya çok gayeli su kaynaklarının plan, inşaat ve özellikle işletilmelerinde ortalama olarak beklenebilecek kurak devrelerden çok daha uzun süreli kuraklıkların önceden objektif olarak belirlenmeleri gereklidir. Çünkü kritik kuraklık adı verilecek maksimum kurak devrenin bir ülkenin ekonomik sosyal ve politik durumu üzerine etkisi büyük olabilir. Tedbirlerin önceden alınabilmesi için kritik kurak devrelerin süre, şiddet ve etkisi altına aldığı bölgenin tahmin edilmeleri gereklidir <sup>(5)</sup>.

Kuraklık yağışın normal düzeyinin oldukça altına düştüğünde ortaya çıkan ve arazi kaynakları üretim sistemlerini olumsuz biçimde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal oluşumlu bir olaydır.

Kuraklık tabiatın gizli bir tehlikesidir. Kuraklık hesaplamalarında bir bölgedeki yağış ile buharlaşma ve terleme arasındaki dengenin uzun süreli ortalaması göz önünde bulundurulmalıdır. Kuraklık zamanla (yağış mevsiminin başlamasında gecikmeler, ürün büyüme mevsimi- yağış zamanının ilişkisi) ve yağışların tesirleri (yağış yoğunluğu, sayısı) ile ilişkilidir. Yüksek sıcaklık, şiddetli rüzgar ve düşük nem miktarı gibi diğer değişkenler bir çok bölgede kuraklıkta etkili olur.

Kuraklık yalnızca fiziksel bir olay veya bir doğa olayı olarak görülmemelidir. Kuraklığın, insan ve faaliyetlerinin su kaynaklarına olan bağımlılığı nedeniyle toplum üzerinde çeşitli etkileri vardır.

Uzun süreli kuru hava nem azlığı yaratarak bitki, orman ve su kaynaklarında azalmaya sebep olur ve neticede, ciddi çevresel, ekonomik ve sosyal problemler ortaya çıkar.

Bir hektar tahılın yılda 1-2 bin m<sup>3</sup> suyu buharlaştırdığını, bir hektar yonca için bu miktarın yılda 6-8 bin m<sup>3</sup>'ü bulunduğunu, 700000 yapraklı bir meşe ağacının 5 ayda 110 m<sup>3</sup> su kaybettiğini düşünmek uzun bir kuraklığın zararlı etkilerini anlamak açısından iyi birer örnek teşkil etmektedir <sup>(5)</sup>.

Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz oluşu, birikimli olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özelliklerdir. Herhangi bir

bölgede kuraklık, frekans, şiddet, süre ve etki alanı gibi ifadelerle tanımlanır<sup>(11)</sup>.

### **2.1.1 Kuraklık Sebepleri**

Kuraklık diğer büyük doğal afetlerden farklı olarak, birçok oluşum sebebine aynı anda sahip olabilir. Kuraklığın hem doğal hem de yapay sebepleri vardır. Aynı sebepler hiç kuşkusuz kuraklığın engellenmesi veya şiddetinin azalmasında da etkilidir. Bu nedenle kuraklığın sebeplerini, doğal ve insan kaynaklı olmak üzere iki grupta toplayabiliriz. Doğal sebepler iklim koşulları, erozyon ve fiziki coğrafi faktörler olarak sayılabilir. İnsan kaynaklı faktörlerin başında ise kaynakların bilinçsiz kullanımı, küresel ısınma, orman yangınları, çevre kirliliği ve tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı sayılabilir.

Sık ve düzensiz bir şekilde ortaya çıkan meteorolojik kuraklıktan en çok, coğrafi ve iklimsel özelliklerinden dolayı, ülkemizin de içinde bulunduğu orta kuşak ülkeleri etkilenmektedir. Maalesef ülkemiz, bu afetle sürekli karşı karşıya kalmaktadır. Bu nedenle, ülkemizde kuraklık hakkında yapılacak çalışmalarda temel olarak kuraklık sebeplerinin ortadan kaldırılması ya da alınacak önlemlerle etkilerinin en aza indirilmesi hedeflenmelidir.

### **2.1.2 Kuraklık Çeşitleri**

Kuraklığın literatürde yaygın biçimde kullanılan üç çeşidi vardır.

### **2.1.2.1 Meteorolojik Kuraklık**

Uzun bir zaman içinde yağışın belirgin şekilde normal değerlerin altına düşmesi olarak tanımlanır. Nem azlığının derecesi ve uzunluğu meteorolojik kuraklığı belirler ve bölgeden bölgeye gelişiminde farklılıklar gözlenir. Örneğin yağışın ve yağışlı gün sayısının belirli bir değerden az olması temeline dayanarak kurak periyotlar teşhis edilir. Bu hesap şekli nemli subtropikal iklimler gibi yıl boyunca yağış alan yerler için uygundur. Diğer iklim bölgeleri mevsimsel yağış paternleri ile karakterize edilir. Diğer bir tanım şekli yağışın aylık, mevsimlik veya yıllık toplamalarının ortalamasından olan farkları ile ilişkilidir.

### **2.1.2.2 Tarımsal Kuraklık**

Tarımsal kuraklık meteorolojik kuraklığın çeşitli özellikleri ile çok yakın ilişkilidir. Toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda su bulunmaması olarak kısaca tanımlanan tarımsal kuraklık nem kaybı ve su kaynaklarında kıtlık olduğu zaman meydana gelir. Ürün miktarında azalmaya, büyümelerinde değişime ve hayvanlar için tehlikeye sebep olur <sup>(27)</sup>.

Eğer bir bölgede yağış az da olsa bitki kök bölgesi içerisindeki toprakta bitkinin gelişmesini sürdürecektense kadar su varsa, tarımsal kuraklıktan söz edilemez. Bu nedenle yağış tarımsal kuraklık üzerine etki eden tek faktör değildir, ancak tarımsal kuraklığın ortaya çıkmasına neden olan faktörlerden en önemlisidir. Tarımsal kuraklık üzerine etkili olan diğer bir faktör ise bitki su tüketimidir. Bitki su tüketimi, bitki ve iklim özelliklerinden yararlanılarak çeşitli yöntemlerle hesaplanabilmektedir. Tarımsal kuraklığı etkileyen diğer bir

faktör ise, bitkinin yetiştiği ortam olan toprak ile ilgilidir. Toprağın su tutma kapasitesi (tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı) toprak derinliği, toprağın su alma hızı, toprak bünyesi ve yapısı gibi toprak özellikleri, toprağın su bütçesini ve toprakta depo edilen su miktarını etkilemektedir <sup>(28)</sup>.

### **2.1.2.3 Hidrolojik Kuraklık**

Hidrolojik kuraklık yeraltı su kaynakları, yüzey suları veya yağış periyotlarının etkisi ile ilişkilidir. Meteorolojik kuraklığın uzaması durumunda hidrolojik kuraklıktan söz edilir. Uzun süreli yağış azlığının kaynak seviyeleri, yüzey akışı ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendisini göstermesidir. Yeraltı suları, nehirler ve göllerin seviyesinde keskin bir düşüşe sebep olur. İnsan, bitki ve hayvan yaşamı için büyük bir tehlike yaratır. Bir dönemde yaşanan yağış miktarında azalma toprak neminde hızlı azalmaya neden olacağı için tarımla uğraşanlarca hemen hissedileceği halde hidroelektrik santrallerinde bir süre etkili olmayacaktır. Hidrolojik kuraklıkta en önemli etken iklim olmasına rağmen arazi kullanımı (örneğin ağaç kesimi), arazinin verimsizleşmesi bölgenin hidrolojik özelliklerini etkiler. Bölgeler hidrolojik sistemleri ile birbirine bağlı oldukları için meteorolojik kuraklığın etkisi ile yağış kıtlığı yaşanan alanların sınırları daha genişleyebilir. İnsan aktiviteleri; arazi kullanımında değişim meydana getirdiği için meteorolojik kuraklığın frekansında değişim olmadığı halde su kıtlığının frekansında değişim meydana getirmesinden dolayı en önemli etken olarak gözlenmiştir<sup>(29)</sup>.

### **2.1.3 Kuraklık Etkileri**

Kuraklık etkilerini üç ana grupta toplayabiliriz.

#### **2.1.3.1 Ekonomik Etkileri**

Üründe kayıp, ekin alanlarının verimliliğinin azalması, böcek istilası, bitki hastalıkları, ürün kalitesinde düşüklük, süt ve çiftlik hayvanları kaybı, otlakların verimliliğinin azalması, halka açık otlakların kapatılması veya sınırlandırılması, hayvanlar için suyun temin edilememesi veya pahalılığı, hayvanlar için besin temin edilememesi veya pahalılığı, kereste üretiminde kayıplar, orman yangınları, ağaç hastalıkları, ormanlarda böcek istilası, orman alanlarının verimliliğinin azalması, balık üretiminde kayıplar, balık yetiştirme alanlarına zararı, suyun azalmasından dolayı yavru balıkların kaybı, ulusal büyümede kayıp, ekonomik gelişmede gecikme, yiyecek üretiminde düşüş - yiyecek stoklarında azalma, finansal kaynak bulmada zorluk (kredi riski), nehir ve kanalların denizciliğe olan katkılarında kayıp, yeni ve ilave su kaynaklarının geliştirilmesindeki pahalılık, suyun taşınmasındaki pahalılık, çiftçi gelirlerinde kayıplar, eğlence iş alanlarında kayıplar, enerjide kaynak azalması, tarımsal üretimin direkt bağlı olduğu endüstrilerde kayıplar, üretimdeki düşüşe bağlı işsizlik, hükümetlerin vergi gelirinde kayıplar, kuraklığın başlıca ekonomik etkileridir.

#### **2.1.3.2 Çevre Etkileri**

Toprakta su ve rüzgar erozyonu, balık alanlarına zarar, bitki alanlarına



zarar, suyun kalitesine etki, hayvan kalitesine etki, hayvan doğal yaşam alanlarına etki başlıca çevre etkileridir.

### **2.1.3.3 Sosyal Etkileri**

Yiyecek kıtlığı, yoksullukta artış, göç, sosyal huzursuzluk kırsal alanlardaki yaşam seviyesinde düşüş kuraklığın başlıca sosyal etkileri arasında sıralanabilir. Aynı zamanda bu etkilerin uzantısı birçok sosyal etki de yaşam kalitesini süratle düşürücü yönde rol oynamaktadır.

### **2.1.4 Dünyada Kuraklık**

Bugün dünyanın içinde bulunduğu şartlar mevcut doğal kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bunlardan su ve toprak kaynakları önemli yer tutmaktadır. Dünyada ülkelerin çoğu şiddetli bir su kıydı periyoduna girmektedir. Birçok ülke ve havzada yaşanan su kıtlığının temel nedeni su kullanımlarının artması ve çeşitlenmesidir. Bu nedenle, havza su bütçesinin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi ve çeşitli kullanımlar arasında suyun optimum bir biçimde tahsis edilmesi önem taşımaktadır. Pek çok ülkede geçmişte suyun sulamaya tahsisi öncelik kazanırken, günümüzde hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişime paralel olarak içme ve kullanma suyu ile endüstriyel su ihtiyacı giderek artmaktadır <sup>(28)</sup>.

Kuraklaşmanın küresel anlamda en büyük nedeni sera etkisidir. Son yıllardaki araştırmalar, atmosferdeki karbon monoksit gazının miktarının ikiye katlandığını göstermektedir. Bu katlanma sera etkisini artırır niteliktedir.

Dünya genelinde, daha önceleri doğal olaylar nedeniyle meydana gelen kuraklık ve çölleşme olaylarının, son yıllarda insan etkilerine bağlı olarak da arttığı düşünülmekte ve gözlenmektedir. 1860'lı yıllardan beri insanoğlu kömür ve yağları kullanmaya başladığında yeryüzündeki karbon monoksit oranı % 30 ve ortalama küresel sıcaklıkta 0.6 °C yükselmiştir. Buradan da görüleceği gibi, yerküre bir ısınma evresine girmiştir. Bu ısınmanın ülkemizin yer aldığı enlemler diliminde, kış aylarında daha çok kar ve buzulun erimesi sonucu taşkınlarla, yaz aylarında ise kuraklığa yol açacağı beklenebilir <sup>(30)</sup>.

### **2.1.5 Türkiye'de Kuraklık**

Normal iklim şartlarında iklimin değişen karakteri, yer yer ve zaman zaman kuraklıklara neden olmakta ve bu durum Türkiye tarımını ve su kaynaklarını olumsuz şekilde etkilemektedir <sup>(7)</sup>.

Küresel iklim değişimi ile ilgili çalışmalar, Türkiye'nin üzerinde bulunduğu enlemlerde ortalama hava sıcaklıklarının artacağına, yağışların ise kışın artıp yazın azalacağına işaret etmektedir. Bu senaryolar, başta tarım olmak üzere birçok sektörde kuraklığın yakın gelecekte önemli sorun haline geleceğini göstermektedir. Böylece kuraklığın tanımlanması, izlenmesi ve elde edilen sonuçlardan çözüm önerilerinin geliştirilmesi mecburi olmuştur. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de kuraklığın bilhassa tarımsal üretim faaliyetlerine etkileri üzerinde duran çeşitli araştırma çalışmaları yapılmıştır <sup>(4)</sup>.

Sahel'de ve Subtropikal kuşak yağışlarında 1960'lı yıllarda başlayan ani azalma, 1970'li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası'nda ve Türkiye'de etkili olmaya başlamıştır. Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları,

kış mevsiminde daha belirgin ortaya çıkmıştır. 1970'li yılların başı ile 1990'lı yılların başı arasındaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir <sup>(31)</sup>. Kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları, 1973, 1977, 1990 ve 1991 yıllarında görülmüştür. 1994–1998 döneminde ise, Doğu Anadolu Bölgesi dışında Türkiye'nin büyük bir bölümünde önemli bir yağış azlığı gözlenmemiş ya da meteorolojik kuraklıklar yaşanmamıştır<sup>(6)</sup>.

Bu dönemin hemen ardından, 1999–2000 yıllarında ve 2001 yılının ilk üç ayında ise, Türkiye'nin büyük bir bölümünde yeniden kuraklık olayları yaşanmıştır. Şiddetli ve yaygın meteorolojik kuraklıklar, özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu ile Ege ve Akdeniz bölgelerinde etkili olmuştur. Uzun süreli ortalamaların çok altındaki yağış koşullarına bağlı meteorolojik kuraklıkların bir sonucu olarak, Türkiye'de tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar da ortaya çıkmıştır. Su açığı ve su sıkıntısı yalnız tarım ve enerji üretimi açısından değil sulamayı, içme suyunu öteki hidrolik sistemleri ve etkinlikleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaşmıştır. Nisan – Mayıs 2001'de ise Türkiye'nin büyük bir bölümünde bereketli yağışlar olmuştur <sup>(6)</sup>.

Genel olarak Doğu Akdeniz Havzasının ve Türkiye'nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında gözlenen önemli azalma eğilimleri bu bölgede egemen olan cephese ortam engel ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kış mevsiminde gözlenen azama ile yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olabilir. Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip bazı istasyonlarının ilkbahar ve yaz yağışlarında, zayıf bir artış eğilimi gözlenmektedir<sup>(6)</sup>.

Son otuz yılda Türkiye de kurak koşulların hakim olmasına neden olan meteorolojik koşullar daha çok sirkülasyon sistemleri ve Kuzey Atlantik salınımında görülen değişmelere bağlı olarak açıklanabilir <sup>(6)</sup>.

Özellikle son yıllarda basında sık sık barajlarda su seviyesinin düşmesi nedeniyle enerji üretiminin duracağı, yeterli yağış olmaması durumunda enerji kesintisine başlanacağı konusunda haberler yer almaktadır. Yetkililer ülkemizin en önemli sıkıntısının kuraklık olduğunu, önümüzdeki dört yıl çok ciddi bir kuraklık tehlikesi olduğunu, sorunun giderek arttığını ve kısa sürede çözülmemesi halinde çöleleşecek olan ülkemizde tarım sektöründe afet boyutuna ulaşan kuraklık sebebiyle tehlike çanları çalacağını, yerüstü sularının son damlasına kadar kullanılması için bir seferberlik başlatılması gerektiğini belirtmektedirler. Bilim adamları, mevcut su kaynaklarının kirlenerek kullanılmaz hale gelmesi nedeniyle 2050'de 65 ülke ve toplam 7 milyar insanın su kıtlığı sorunuyla karşı karşıya kalacağını belirtmektedirler <sup>(28)</sup>.

### **2.1.6 İç Anadolu Bölgesinde Kuraklık**

İç Anadolu Bölgesi ile ilgili önceki yıllarda yapılan kuraklık oluşumu ile ilgili çalışmalarda, bölgenin kuraklık açısından riskli olduğu özellikle çok şiddetli kuraklık kategorisinde kısa periyotlarda maksimum değerlerin görüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca Yozgat ve Sivas civarı uzun süreli periyotlarda çok şiddetli kuraklık oluşumlarının en yüksek olduğu yerlerdir <sup>(11)</sup>.

Bölge genel olarak yıllık yağış miktarının az olduğu bir bölgedir. Ortalama yağış tutarı genellikle 300 - 500 mm arasındadır. Bu yağış tutarı bazı çukur yerlerde 300 mm altına düşer (Cihanbeyli, Karapınar, Ereğli gibi). Buna karşılık

bölgenin kenar kesimlerinin bazı yörelerinde ise 500 mm yi aşar (Akşehir gibi). Yağışlar mevsimlere düzenli olarak dağılmaz; genellikle yazlar kurak, sonbahar az yağışlı, kış ve ilkbahar ise oldukça yağışlıdır. En yağışlı mevsim bölgenin batı ve güneybatı kısımlarında kış, doğu kesiminde ise ilkbahardır <sup>(32)</sup>.

## 2.2 Kuraklık İndisleri

Kuraklığı tanımlayabilmek için çeşitli indisler geliştirilmiştir. Kuraklık ve kuraklık olasılığı indislerinin üstün ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda yaygın olarak yağış verilerinden istifade ederek türetilen indisler kullanılmaktadır. Bu indislerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Günümüzde en doğru, ayrıntılı ve yeterli kuraklık indislerinin esas olarak su kaynağı ve bir sistemin su isteği arasındaki dengeyi tanımlayan su dengesi eşitliğinden üretilenler olduğu konusunda yaygın bir düşünce bulunmaktadır <sup>(33)</sup>. Bitki – Toprak ortamı için kullanılan örnek bir su dengesi eşitliği aşağıda verilmiştir:

$$P=Q+V+E+B+W \quad (2.1)$$

Burada P, yağış; Q, akışa geçen su; V, derine sızma; E, buharlaşma+terleme; W, toprak su içeriğindeki değişim ve B, bitki içindeki su birikimidir. Şiddetli kurak devreler için, P, Q ve V sıfıra yakındır ve W, B ve E arasındaki denge kuraklık olayının şiddetini verir <sup>(34)</sup>.

### 2.2.1 Normal Yüzde İndisi

Normal yağış yüzdesi (NYY), bir yer için yağışın en basit ölçülerinden

biridir. Tek bir bölge veya mevsim için kullanıldığında normalin yüzdesi analizi oldukça etkindir. Ancak kolaylıkla yanlış anlaşılabilir ve yer ile mevsime bağlı olan şartları farklı gösterebilir <sup>(34)</sup>.

## **2.2.2 Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi**

Palmer <sup>(35)</sup> yerel olarak yağış eksikliklerini içeren toprak nemindeki gidişlerin değişimini ölçmek için bu indisi geliştirmiştir. İndis su dengesi eşitliğinden arz-talep yaklaşımına dayandırılmıştır. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisinin amacı, standartlaştırılmış nem şartlarının ölçümlerini sağlamak için alanlar ve aylar arasında karşılaştırma yapabilmektedir <sup>(35)</sup>. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi bir meteorolojik kuraklık indisidir ve anormal kuru veya ıslak hava şartlarına cevap verir. Şartlar kurudan normale ve sulak şartlara değişirken akarsular, göl ve su biriktirme haznesi seviyeleri ve diğer uzun dönemlere ait hidrolojik etkiler sona erer <sup>(36)</sup>. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi yağış, akış, sıcaklık, buharlaşma+terleme verileri gibi birçok değişkenle hesap edilir ve alansal olarak toprağın uygun su içeriğini yani toprak nemini içine alır. Girdilerden su denge eşitliğinin buharlaşma, toprak nemi, akış ve yüzeyden olan nem kayıpları gibi temel terimleri belirlenebilir. Ancak su dengesi üzerindeki insan etkileri (sulama gibi), Palmer Kuraklık Şiddeti İndisinde düşünülmemiştir <sup>(37)</sup>.

## **2.2.3 Yüzey Su Sağlama indisi**

Shafer ve Dezman <sup>(38)</sup> tarafından geliştirilmiştir, Colorado eyaletindeki nem şartları için tanımlanmıştır. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi homojen bölgeler

için toprak nemi şartlarına cevap verir. Bir bölgede geniş topoğrafik değişimler için düzenlenmemiştir. Kar toplamı ve sonraki akış için hesap edilemez. Bu durumda Shafer ve Dezman yüzey su şartlarının göstergesi olarak SWSI (Surface Water Supply Index) tasarlamış ve dağ su bağımlılığı olarak indisi tanımlamıştır<sup>(34)</sup>.

#### **2.2.4 Ürün Nemi İndisi**

İngilizcede Crop Moisture Index (CMI) denmektedir. ÜNİ bitki şartlarının haftadan haftaya izlenmesini sağlayan meteorolojik bir indistir. Palmer tarafından 1968'de Palmer Kuraklık Şiddeti İndisinin hesaplama usulünden geliştirilmiştir. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi uzun dönem meteorolojik sulak ve kurak gidişlerinin izlenmesi, ÜNİ ise kısa dönem bitki gelişimine karşı gelen kısa dönem nem şartlarını belirlemek için düzenlenmiştir<sup>(34)</sup>.

#### **2.2.5 Erinç İndisi**

Erinç İndisi<sup>(39)</sup> Türkiye'nin kuraklık sorununu ve kurak/nemli alanlarını ve devrelerini gösterebilmek amacıyla, çeşitli zamanlarda birçok araştırmacı tarafından en çok kullanılan indistir. Girdi olarak yağışa ve buharlaşmayla su kaybına yol açan esas olarak maksimum sıcaklığa dayanmış ve yağış etkinliği, ya da kuraklık indisi-eşitliğini önermiştir. Eşitlikte yağış etkinliği yıllık yağış tutarını (mm) ve yıllık ortalama maksimum sıcaklığa oranı olarak gösterilir. Buharlaşma+terleme ile kaybın çok olması nedeniyle, aylık ortalama maksimum sıcaklığın 0 °C den düşük olduğu aylar göz önüne alınmaz<sup>(34)</sup>.

### 2.3 Standart Yağış İndisi

1993 yılında, McKee <sup>(40)</sup> ve arkadaşları tarafından kuraklığın takibi amacıyla geliştirilen bu yöntem, dünyada kuraklığın izlenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir <sup>(41)</sup>.

SYİ, yağışın belirli bir zamanda ortalamadan çıkarılıp standart sapmaya bölünmesi ile elde edilen değerdir. SYİ ile herhangi bir bölgede belirli bir zaman ölçeğinde kurak veya nemli olaylardaki anormallikler belirlenebilir <sup>(12)</sup>.

Yalnızca yağış değerlerine bağlı olan ve kolay hesaplanan bir indis olan standart yağış indisi, sadece olasılıkla ilgilidir ve devam eden periyotta yağış eksikliğini hesaplamaktadır. SYİ, normal dağılımdır. Böylece kurak dönemin yanı sıra nemli dönemlerde anılan yöntem ile izlenebilir. Yöntem, kar yığını, su biriktirme haznesi, akış, toprak nemi ve yeraltı suyu gibi değişkenler için hesaplanabilir ve normalleştirilmiş olduğundan kurak ve nemli periyotlar aynı yolla temsil edilebilir <sup>(40)</sup>.

Pratikte SYİ sonuçlarında, yağış serisinin normal dağılıma uyması gerekmektedir. Genellikle yağış serisi normal olmayan dağılıma sahiptir. SYİ ortalama yağışın yüzdesi ve yağış eksiklerinin toplamı gibi geçerli şartların olasılığı hakkında bilgi vermektedir. Standart yağış indisinde kuraklık SYİ'nin negatif ve -1,0 veya daha küçük değerlere ulaştığı durum olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle, kuraklık SYİ'nin ilk önce sıfırın altına indiği zaman başlar ve tekrar pozitif olduğunda son bulur <sup>(12)</sup>.

SYİ, belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir:



$$SYI = \frac{x_i - \bar{x}_i}{\sigma} \quad (2.2)$$

Gerçekte indisin hesaplanması yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması sebebiyle komplikedir ve bu yüzden yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. Sonuçta elde edilen SYİ değerleri yağış eksikliği ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. SYİ değerlerinin normalize edilmesi sonucu seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak ve hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. SYİ değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indisin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu “kurak dönem” olarak tanımlanır. İndisin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indisin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir <sup>(42)</sup>. Bu yöntemle göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması Çizelge 1’de gösterilmiştir <sup>(43)</sup>.

**Çizelge 2.1.** SYİ Değerlerine İlişkin Sınıflandırma

SYİ	Kuraklık Kategorisi
$2 \leq$	Çok Aşırı Nemli
1,99 – 1,5	Aşırı Nemli
1,49 – 1,0	Orta Derece Nemli
0,99 – (-0,99)	Hafif Şiddetli Kurak
(-1,0) – (-1,49)	Orta Derece Kurak
(-1,5) – (-1,99)	Aşırı Kurak
$-2 \geq$	Çok Aşırı Kurak

SYİ değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri (m boyutunda) hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak indislerdeki değişimlerin gözleneceği 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık (i) gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. Bu zaman dilimleri yağıştaki eksikliğin kullanılabilir su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği gibi sübjektif bir mantığa göre seçilmiştir. Örneğin herhangi bir ayda yağışta meydana gelen azalma toprak nemine hemen etki edebilirken, yeraltı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman dilimi içinde olur. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup o ayın indis değeri önceki (i) ayları değerlerine göre belirlenir. Daha sonra her veri setine Gamma dağılımı uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır <sup>(12)</sup>.

## 2.6. Frekans Analizi

Bir rasgele değişkene ait kitlenin tümünü gözlemek mümkün olmadığı için olasılık dağılımının eldeki örneğin analizi ile elde edilen frekans dağılımına eşdeğer olduğu kabul edilir <sup>(44)</sup>.

Elimizde kesikli bir değişkene ait N elemanlı bir örnek bulunduğunu düşünelim. Bu örnekte  $X=x_i$  olayı n defa görülüyorsa bu olayın frekansı:

$$f(x_i) = \frac{n_i}{N} \quad (2.3)$$

şeklinde tanımlanır. Bu şekilde hesaplanan  $f(x_i)$  değerlerinin  $x_i$  apsisleri hizasında düşey çizgiler şeklinde çizilmesiyle frekans grafiği elde edilir <sup>(44)</sup>.

Frekans analizinde önemli bir husus sınıf aralıklarının sayısının kararlaştırılmasıdır. Örnekteki eleman sayısı arttıkça sınıf aralığı sayısı da artırılmalıdır. Sınıf aralığı sayısını belirlemek için şu ampirik formüller kullanılabilir<sup>(44)</sup>:

$$m \cong 1 + 3,3 \cdot \log_{10} N \quad (2.4)$$

ya da

$$2^m \geq N \quad (2.5)$$

Eklenik frekans için de farklı formüller geliştirilmiştir bunlardan en yaygın biçimde kullanılanlarından bir tanesi de Gringorten yöntemidir.

$$P = \frac{m - 0.44}{n + 0.12} \quad (2.6)$$

Burada m sıra sayısını, n ise toplam gözlem sayısını vermektedir.

## 2.5 Kuraklık Analizinde Kullanılan Olasılık Dağılımları

Mühendislik problemlerinin bazılarında sonucu kesin olarak önceden bilmek mümkün değildir. Bu durumla doğal olaylarda karşılaşılır ya da kullanılan malzemelerdeki belirsizlikler sonucun önceden kesin olarak bilinmesini imkansız kılar. Örneğin bir yağış ölçüğünde gelecek yıl ne kadar yağış ölçüleceğini önceden bilemeyiz, özellikleri bilinen bir çelik kirişin yükün hangi değerinde kırılacağı da tam olarak kestirilemez. Belirsizliklerin etkisi ile bu gibi problemler alışlagelen yöntemlerle incelenemeyecek bir biçim alır<sup>(44)</sup>.

Kuraklık zamanı, şiddeti, süresi ve bitişi önceden bilinmesi mümkün olmayan belirsiz bir olaydır. Bu nedenle analizi istatistiksel yöntemler ile

yapılabilir. Kuraklık analizi için mühendislikte bazı dağılımların kullanımı yaygındır. Bunlar uzun yıllardır kullanılmakta olan parametrik yöntemler ve son yıllarda kuraklık analizine alternatif olarak sunulan nonparametrik yöntemler olarak sınıflandırılabilir.

### **2.5.1 Parametrik Dağılımlar**

Pratik de belli formda bazı fonksiyonların birçok rasgele değişkenlerin dağılımlarını iyi ifade ettikleri görülmektedir. Mühendisler de karşılaştıkları rasgele değişkenler için bu fonksiyonlardan birini seçip kullanmaya çalışırlar. Söz konusu fonksiyonların dağılımlarının analitik ifadeleri bilindiği ve çoğunun değerleri tablolaştırılmış olduğu için kullanılmaları kolay olur. Herhangi bir olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirli parametreleri vardır. Bu parametrelerin değerleri incelenen rasgele değişkene göre değişir. İncelenen problemde bir dağılım fonksiyonu seçildikten sonra eldeki örneğe dayanarak bu fonksiyonunun parametrelerinin tahmini gerekir, böylece fonksiyon tamamen belirlenmiş olur. Seçilecek fonksiyona karar vermek genellikle kolay değildir, bunun için kesin kurallar ortaya konulmamıştır. Bu durumda mühendis çok kullanılan fonksiyonların özellikleri hakkındaki bilgilerine ve deneyimlerine dayanarak karar vermek durumundadır. Karar verilirken eldeki örnekten belirlenecek histogram ile seçilen olasılık yoğunluk fonksiyonunu karşılaştırmak yararlı olur. Ancak bunun yanında dağılımların hangi mekanizmalara bağlı olarak ortaya çıktığının da göz önüne alınması gerekir<sup>(44)</sup>. Bu bölümde kuraklık analizinde yaygın olarak kullanılan bazı parametrik dağılımlar hakkında bilgi verilecektir.

### 2.5.1.1 Gamma Dağılımı

Pratikte çok kullanılan dağılımlardan biri gamma dağılımıdır. Merkezi limit teoremine göre bir rasgele değişkeni etkileyen çok sayıdaki etkenlerin etkileri, bu etkilerin kareleriyle artıyorsa değişkenin dağılımı gamma dağılımına yaklaşır <sup>(44)</sup>. Gamma dağılımı aşağıdaki olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanır.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta} \quad x \geq 0 \quad (2.7)$$

$\alpha > 0$  şekil parametresi,  $\beta > 0$  ölçek parametresidir.

Burada  $\Gamma(\alpha)$  gamma fonksiyonudur ve  $\alpha$  nın pozitif değerleri için;

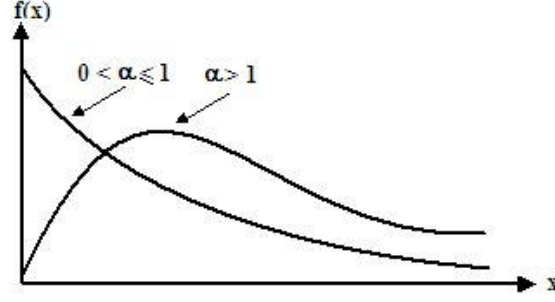
$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx \quad (2.8)$$

eşitliği ile hesaplanır.

Bu dağılımın bir, iki ve üç parametrelili türleri vardır. Ancak sadece bir parametrelili olması gamma dağılımının gözlenmiş frekans dağılımlarına uydurulmasını güçleştirdiği için iki ve üç parametrelili gamma dağılımlar da tanımlanmıştır <sup>(44)</sup>. Tek parametrelili dağılımın momentleri ve çarpıklık katsayısı;

$$E(X) = \text{Var}(X) = \alpha, \quad C_{sx} = \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \quad (2.9)$$

eşitlikleri ile verilir.



**Şekil 2.1.** Gamma Dağılım Şeklinin  $\alpha$  Biçim Parametresi ile Değişimi

İki parametrelili gamma dağılımının momentleri:

$$E(X) = \alpha\beta \quad \text{Var}(X) = \alpha\beta^2 \quad C_{sX} = \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \quad (2.10)$$

eşitlikleri ile verilmiştir.  $\alpha = 1$  için bu dağılım  $\lambda = 1/\beta$  olmak üzere;

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \lambda e^{-\lambda t} \quad t \geq 0 \quad (2.11)$$

eşitliği ile bulunur.

Denklemlerle tanımlanan üssel dağılıma dönüşür. Dağılımın çarpıklık katsayısını gözlenmiş örnekten hesaplanan değere uydurabilmek için üç parametrelili gamma dağılımı kullanılır<sup>(44)</sup>:

$$G(x) = \frac{1}{\hat{\beta} \hat{\alpha} \Gamma(\hat{\alpha})} (x - x_0)^{\hat{\alpha} - 1} e^{-(x - x_0)/\hat{\beta}} \quad x \geq x_0 \quad (2.12)$$

Bu dağılımın momentleri;

$$E(X) = x_0 + \alpha\beta \quad \text{Var}(X) = \alpha\beta^2 \quad C_{sx} = \frac{2}{\sqrt{\alpha}} \quad (2.13)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir.

Pearson Tip III adıyla bilinen üç parametrelili gamma dağılımı kuraklık analizinde sıkça kullanılan dağılımlardan biridir.

### 2.5.1.2 Gumbel Dağılımı

Mühendislikte birçok uygulamada çok sayıda rasgele değişken arasında ekstrem (en büyük ya da en küçük) değer alan bilinmek istenir. Rüzgar yüklerinin hesabında, taşkın kontrol yapımlarının projelendirilmesinde bu gibi ekstrem değerler önem kazanır<sup>(44)</sup>.

$X_1, X_2, \dots, X_n$  gibi n adet rasgele değişken arasında en büyük olanı (Y) önemli ise bu değişkenin ekstrem dağılım fonksiyonu olan:

$$F_Y(y) = P[Y \leq y] = P[X_1 \leq y, X_2 \leq y, \dots, X_n \leq y] \quad (2.14)$$

fonksiyonunun bilinmesi istenir.  $X_i$  değişkenleri bağımsız ise:

$$F_Y(y) = P[X_1 \leq y] \cdot P[X_2 \leq y] \cdot \dots \cdot P[X_n \leq y] \quad (2.15)$$

yazılabilir.  $X_i$  lerin dağılımı aynı olup  $F_x$  ile gösteriliyorsa Eşitlik 2.15 şu şekli alır:

$$F_Y(y) = [F_x(y)]^n \quad (2.16)$$

Y'nin olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f_Y(y) = \frac{dF_Y(y)}{dy} = n[F_x(y)]^{n-1} f_x(y) \quad (2.17)$$

Bu şartlar altında Y nin dağılımının X in dağılımı bilindiğinde elde edilebileceği görülmektedir.

Mühendislik uygulamalarında Eşitlik 2.17 nin elde edilmesinde yapılan kabuller tam olarak gerçekleşmediği için bu denklemi kullanarak aranan ekstrem değer dağılımını belirlemek mümkün olmaz n nin büyük değerlerinde, belli şartlar

gerçekleştiği takdirde, X in dağılımı ne olursa olsun Y nin dağılımının Gumbel dağılımına yakınsadığı görülür <sup>(44)</sup>. Gumbel dağılımı en çok kullanılan dağılımlardan biridir. Ekstrem Dağılım Tip I, Gumbel Ekstrem Değer Dağılımı, Ekstrem Değer Dağılımı, I. Tip Fisher-Trippett Dağılımı ve Çift Üssel Dağılım olarak da bilinmektedir <sup>(45)</sup>.

Gumbel dağılımı yağış derinlik – süre – frekans, kuraklık çalışmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır.

Gumbel dağılımı için olasılık yoğunluk fonksiyonu:

$$f_x(x) = \exp\left\{\pm(x-\beta)/\alpha - \exp\left[\pm(x-\beta)/\alpha\right]\right\} / \alpha \quad \begin{array}{l} -\infty < x < +\infty \\ -\infty < \beta < +\infty \end{array} \quad (2.18)$$

(-) maksimum değerler için (+) minimum değerler içindir  $\alpha$  ve  $\beta$  sırasıyla ölçek ve konum parametreleridir.  $\beta$  dağılımın modülüdür. Maksimum ve minimum değerler Gumbel dağılımı için  $\beta$  civarında birbirleriyle simetrikler.

Gumbel dağılımı için ortalama ve varyans değerleri:

$$\begin{aligned} E(X) &= \beta + 0.577\alpha \quad (maks) \\ &= \beta - 0.577\alpha \quad (min) \end{aligned} \quad (2.19)$$

$$Var(X) = 1.645\alpha^2 \quad (2.20)$$

Çarpıklık katsayısı:

$$\begin{aligned} \gamma &= 1.1396 \quad (maks) \\ \gamma &= -1.1396 \quad (min) \end{aligned} \quad (2.21)$$

Yani Gumbel dağılımının sabit bir çarpıklık katsayısı vardır.

Eğer  $Y = (x-\beta)/\alpha$  dönüşümü kullanılırsa Gumbel olasılık yoğunluk fonksiyonu;



$$f_Y(y) = \exp[\pm y - \exp(\pm y)] \quad (2.22)$$

olur. Burada yine (-) maksimum değerler için (+) minimum değerler içindir.

Gumbel dağılımı birikimli dağılım fonksiyonu ise;

$$P_Y(y) = \int_{-\infty}^y \exp[\pm t - \exp(\pm t)] dt \quad -\infty < y < \infty \quad (2.23)$$

$$P_Y(y) = \exp[-\exp(y)] \quad (\text{maks.}) \quad (2.24)$$

$$P_Y(y) = 1 - \exp[-\exp(y)] \quad (\text{min.}) \quad (2.25)$$

şeklinde olur <sup>(45)</sup>.

### 2.5.1.3 Lognormal Dağılım

Normal dağılımın özelliklerinin iyi bilinmesi ve kullanılmasının kolay oluşu, normal dağılmış olmayan (çarpık dağılmış) değişkenlerin de uygun bir dönüşümle normal dağılıma uydurulmasına yol açar. Bu amaçla en çok kullanılan dönüşüm logaritmik dönüşümdür. Lognormal dağılım, logaritmaları normal dağılan değişkenlerin dağılımıdır <sup>(44)</sup>.

Bir bileşenin X rasgele değişkeni için,  $Y = \ln X$  şeklinde tanımlanan Y değişkeni normal dağılım takip ediyorsa, X'in lognormal dağıldığı söylenir.  $\mu_Y$  ve  $\sigma_Y^2$  sırasıyla ortalama ve varyans olmak üzere, X'in olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma_Y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \mu_Y)^2}{2\sigma_Y^2}\right] \quad x \geq 0 \quad (2.26)$$

Bu dağılımdaki  $\mu_Y$  ve  $\sigma_Y$ , Y değişkeninin momentleri olup X in momentlerine şu denklemlerle bağlıdır:

$$\mu_X = \exp\left(\mu_Y + \frac{\sigma_Y^2}{2}\right) \quad (2.27)$$

$$\mu_Y = \ln \left[ \frac{\mu_X}{\left(\frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2} + 1\right)^{1/2}} \right] \quad (2.28)$$

$$\sigma_X = \mu_X \left(e^{\sigma_Y^2} - 1\right)^{1/2} \quad (2.29)$$

$$\sigma_Y = \left[ \ln \left( \frac{\sigma_X^2}{\mu_X^2} + 1 \right) \right]^{1/2} \quad (2.30)$$

Lognormal dağılımda X sadece pozitif değerler alabilir, zira sadece pozitif büyüklüklerin logaritması tasarlanmıştır. Bu dağılım pozitif çarpık bir dağılım olup çarpıklık katsayısı  $\sigma_Y$  ile artar:

$$C_{SX} = \left(e^{\sigma_Y^2} - 1\right)^{3/2} + 3\left(e^{\sigma_Y^2} - 1\right)^{1/2} \quad (2.31)$$

Bir çarpımın logaritması çarpanların logaritmaları toplanarak elde edildiğinden merkezi limit teoremine göre bir rasgele değişkeni etkileyen çok sayıda bağımsız etkenin etkileri çarpımı şeklinde ortaya çıkıyorsa bu değişken için lognormal dağılımın geçerli olması beklenebilir <sup>(44)</sup>.

Lognormal dağılımda rasgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği ve dağılımın pozitif çarpıklığı olduğu için bu dağılım pratikte karşılaşılan birçok

değişkene uyar, inşaat mühendisliğinde hidrolojik değişkenlerde, yorulma problemlerinde ve depremlerle ilgili problemlerde geniş ölçüde kullanılmıştır<sup>(44)</sup>.

Lognormal dağılımın kullanılması da basittir. Parametrelerini hesaplamak için diğer bir yol da, örnekteki X değerlerine logaritmik dönüşüm uygulayarak elde edilen Y değerlerinin  $\mu_Y$  ve  $\sigma_Y$  momentlerinin aşağıdaki eşitlikler kullanılarak doğrudan hesaplanmasıdır;

$$\mu_Y \cong \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.32)$$

$$Var(Y) \cong \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \quad (2.33)$$

$$\sigma_Y = \sqrt{Var(Y)} \quad (2.34)$$

## 2.5.2 Nonparametrik Kernel Dağılımı

Parametrik yaklaşımda gözlemlenmiş verilerin histogramı bilinen analitik dağılımlardan bir tanesinin olasılık yoğunluk fonksiyonuna uydurulur veya uyduğu varsayımıyla hareket edilir. Böyle bir dağılımın parametreleri gözlemlenmiş verilerden tahmin edilir ve gerekli şiddet -dönüş periyodu ilişkisi doğrudan kabul edilen dağılımın analitik formundan elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonu baz alınarak elde edilir. Nonparametrik dağılımlar ise parametriklerden farklı olarak belli bir kabule göre hareket etmez. Basit bir ifadeyle gözlemlenmiş verilerin histogramının düzeltilmesinden meydana gelir.

Nonparametrik istatistik teorisindeki son gelişmelere göre nonparametrik yoğunluk tahmincilerinin birçok metodu mevcuttur. En çok bilineni ve iyi

geliştirilmiş prosedür olan Kernel fonksiyonudur <sup>(46)</sup>. Verilen bir Kernel fonksiyonu için  $K(\cdot)$  ve verilen  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  örnekleri için ve her bir uygun  $x$  noktası için Kernel tahmincisinin olasılık yoğunluk fonksiyonu

$$f(x) = \frac{1}{n \cdot h} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - x_i}{h}\right) \quad (2.35)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada  $h$  sabit bir düzeltme faktörüdür ve  $K(\cdot)$  düzeltilmiş Kernel fonksiyonudur.  $h$  seçimi son derece önemlidir. Kernel tahmincisi pozitif olmalı ve sonsuza integrale edilmelidir. Adamowski <sup>(46)</sup> tarafından önerilen prosedüre göre, sonuçtaki olasılık yoğunluk fonksiyonu düzleştirilmiş bir eğri olup gözlenen taşkın ve düşük akım histogramının çeşitli bölümlerine uygunluğu kapsar. Yukarıda sunulan Kernel fonksiyonu  $K(\cdot)$  her bölüm için aynı kalır. Düzeltme faktörü olan  $h$  gözlemlenmiş kayıtlardan tahmin edilir ve her bölüm için uygundur.

$$h_{d,opt} = \left[ \frac{4}{n(p+2)} \right]^{1/(p+4)} \cdot \sigma_d \quad (2.36)$$

Kuraklık çalışmalarında  $h$  için optimum formül Eşitlik 2.36 önerilmiştir. Burada  $\sigma_d$ ,  $d$  boyutunda dağılımın standart sapması ve  $p$  ise boyut sayısıdır. (Tek değişkenli Kernel için  $p=1$ , çift değişkenli için  $p=2$  alınır) Böylece kuraklık çalışmaları için Kernel tahmincisi seçimi ve  $h$  seçimi konusunda bir öneri geliştirilmiştir <sup>(25)</sup>.

**Çizelge 2.2.** Tek Değişkenli Kernel Fonksiyon Örnekleri

Kernel	K(t)
Epanechnikov	$\begin{cases} K(t) = 0.75 \times (1 - t^2), &  t  \leq 1 \\ K(t) = 0 &  t  > 1 \end{cases}$
Üçgen	$\begin{cases} K(t) = 1 -  t , &  t  \leq 1 \\ K(t) = 0 &  t  > 1 \end{cases}$
Gauss	$K(t) = (2\pi)^{-1/2} e^{-(t^2)/2}$
Dörtgen	$\begin{cases} K(t) = 0.5, &  t  \leq 1 \\ K(t) = 0, &  t  > 1 \end{cases}$

Çizelge 2.2 yaygın olarak kullanılan tek değişkenli Kernel Fonksiyon örneklerini göstermektedir.

## 2.6. Aşma Olasılığı ve Dönüş Periyodu

Su kaynakları mühendisliği ve hidrolojide taşkın, kuraklık gibi ekstrem olaylar genellikle dönüş aralıklarıyla ifade edilir. Kuraklık için dönüş periyodu; iki şiddetli veya hafif olay arası süre olarak ifade edilebilir <sup>(25)</sup>.

Frekans analizinde maksat ekstrem olayların büyüklüklerini ve oluşma sıklıklarını olasılık dağılımlarını kullanarak ilişkilendirmektir. Genellikle bu analiz edilen değişkenlerin bağımsız ve özdeş oldukları varsayılır. Herhangi bir gözlemede bir olayın dönüş periyodu aşma olasılığının tersidir <sup>(25)</sup>.

$$T = \frac{1}{P(X > x_T)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x_T)} \quad (2.37)$$

Burada  $x_T$ , T dönüş periyoduna sahip olayın büyüklüğüdür.

Bu çalışmada Eşitlik 2.37 teki  $x$  rassal değişkeni kuraklık süresini ifade etmektedir (çünkü kuraklık bazen bir yıldan fazla olabilir). Kuraklık karakteristikleri bağımsız olayların parçalı süre serileri olarak analiz edilebilirler. Eaglason <sup>(47)</sup> ve Williems <sup>(48)</sup> bağımsız olayların parçalı süre serileri için dağılımın bir yıllık aşma serileri için tepe / şiddet veya parçalı süre serileri metodu kullanılarak bir eşitliğe çevrilebileceğini belirtmişlerdir. Eğer bir kuraklık süresi için marjinal birikimli dağılım  $d$  ise ve verilen bir büyüklük için  $F_D(d)$  olarak ifade edilirse, dönüş periyodu  $T_d$

$$T_{d^{(yıl)}} = \frac{N}{n[1-F_D(d)]} = \frac{1}{\theta[1-F_D(d)]} \quad (2.38)$$

Burada  $\theta = n / N$ ;  $N_{(yıl)}$ , gözlemlenmiş SYI değerlerinin toplam uzunluğu ve  $n$  ise  $N$  sürede gerçekleşen toplam kuraklık olayı sayısıdır <sup>(25)</sup>.

### 3 ARAŞTIRMA BULGULARI

Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz olması, birikimli olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer afetlerden ayıran en önemli özelliklerdir <sup>(11)</sup>.

Kuraklık zamanda, alanda ya da her ikisinde su ihtiyacındaki eksiklik olarak tanımlanmaktadır. Su kaynaklarının plan, inşaat ve özellikle işletilmelerinde ortalama olarak beklenebilecek kurak devrelerden çok daha uzun süreli kuraklıkların önceden objektif olarak belirlenmesi büyük önem taŐır. Çünkü kritik kuraklık adı verilen maksimum kurak devrenin, bir ülkenin ekonomik, politik ve sosyal durumu üzerine etkisi büyüktür <sup>(49,50)</sup>.

Bu çalışmada, ülkemizde çeşitli sürelerde ve Şiddetlerde kuraklıkların yaşandığı İç Anadolu Bölgesi ele alınmıştır. Bölge ülke ekonomisinde tahıl üretiminde ciddi paya sahiptir ve maalesef kuraklık açısından riskli bir bölgedir.

Bölgede daha önce M.K. Yeğnidemir <sup>(13)</sup> tarafından yapılan bir çalışmada İç Anadolu Bölgesi'nde Devlet Meteoroloji İŐletmesine ait ölçüm istasyonlarından 28 tanesi alınmış ve bu istasyonların 1953 ile 2003 yılları arasındaki döneme ait 51 yıllık yağış verileri kullanılarak her bir istasyon için SYİ değerleri hesaplanmış ve farklı periyotlar için farklı Şiddetlerde kuraklık süreleri tespit edilmiştir.



**Şekil 3.1** İç Anadolu Bölgesi Haritası

Bu çalışmada; bahsi geçen 28 istasyondan 26 tanesine ait 3 aylık periyot ve kesim seviyesi 0.0, -1.0, -1.5 ve -2.0 değerleri için kuraklık süreleri kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan istasyonlar Çizelge 3.1 de verilmiştir.

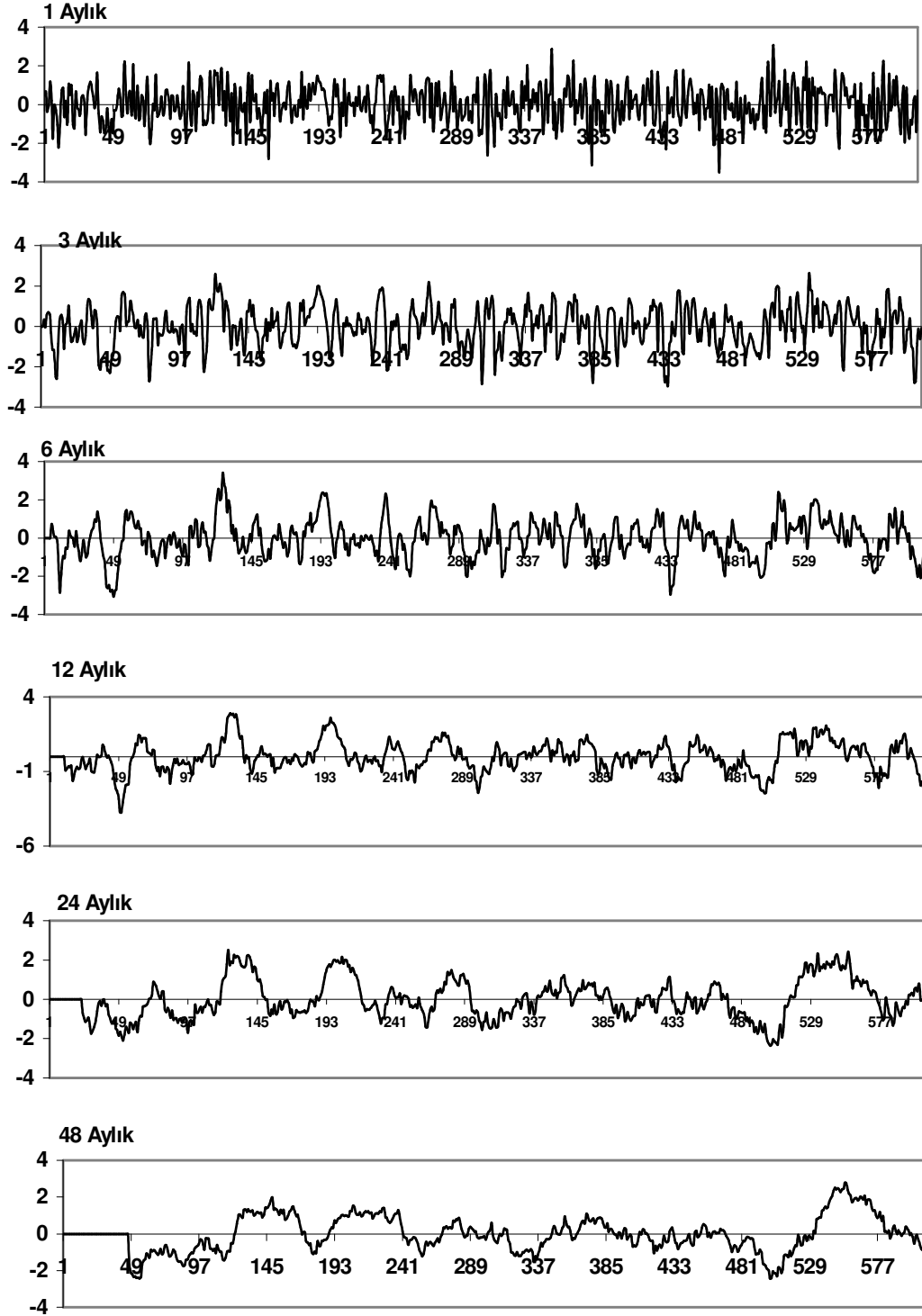
SYİ değerlerinin Çizelge 3.1 de verilen istasyonlara ait grafikleri incelendiğinde göze çarpan en önemli özellik periyot arttıkça kuraklığın daha az tekrar ettiği ama süre olarak daha uzun süreli etkili olduğudur. Üç ay zaman periyodunda kuraklık daha sık ama daha kısa olmakta ve periyot arttıkça kuraklığın süresi de artmakta ama sıklığı azalmaktadır <sup>(11)</sup>.

3- aylık periyot ve kesim seviyesi 0.0 kuraklık süreleri için frekans histogramı çizilmiş ve sınıf aralıkları tespiti için Eşitlik 2.4 kullanılmıştır. Birikimli dağılım fonksiyonu için de Eşitlik 2.6 kullanılmıştır. Frekans histogramları incelendiğinde bazı illerin histogramlarının tek tepeli, bazılarının iki tepeli olduğu gözlemlenmiştir.



**Çizelge 3.1** Çalışmada kullanılan istasyonların enlem, boylam ve yükseklik bilgileri

	İL	İST. ADI	YÜKSEKLİK	ENLEM	BOYLAM
1	AFYON	BOLVADİN	1018	38,43	31,03
2	AKSARAY	AKSARAY	965	38,23	34,05
3	ANKARA	ANKARA	891	39,57	32,53
4		KIZILCAHAMAM	1033	40,28	32,39
5		BEYPAZARI	682	40,1	31,55
6	ÇANKIRI	ÇANKIRI	751	40,36	33,37
7	ESKİŞEHİR	ESKİŞEHİR	787	30,57	39,78
8	KARAMAN	KARAMAN	1025	37,11	33,13
9	KAYSERİ	KAYSERİ	1093	38,44	35,29
10		PINARBAŞI	1500	38,43	36,24
11		DEVELİ	1180	38,23	35,3
12	KIRIKKALE	KIRIKKALE	747	39,51	33,31
13	KIRŞEHİR	KIRŞEHİR	1007	39,09	34,1
14		KAMAN	1075	39,22	33,43
15	KONYA	KONYA	1031	37,52	32,29
16		KULU	1010	39,06	33,00
17		CİHANBEYLİ	969	38,39	32,56
18		ILGIN	1034	38,17	31,55
19		KARAPINAR	1004	37,43	33,33
20		NEVŞEHİR	NEVŞEHİR	1260	38,35
21	NİĞDE	NİĞDE	1211	37,58	34,41
22	SİVAS	SİVAS	1285	39,45	37,01
23		DİVRİĞİ	1173	32,30	37,52
24		ZARA	1348	39,54	37,45
25		KANGAL	1545	39,14	37,23
26	YOZGAT	YOZGAT	1298	39,49	34,48

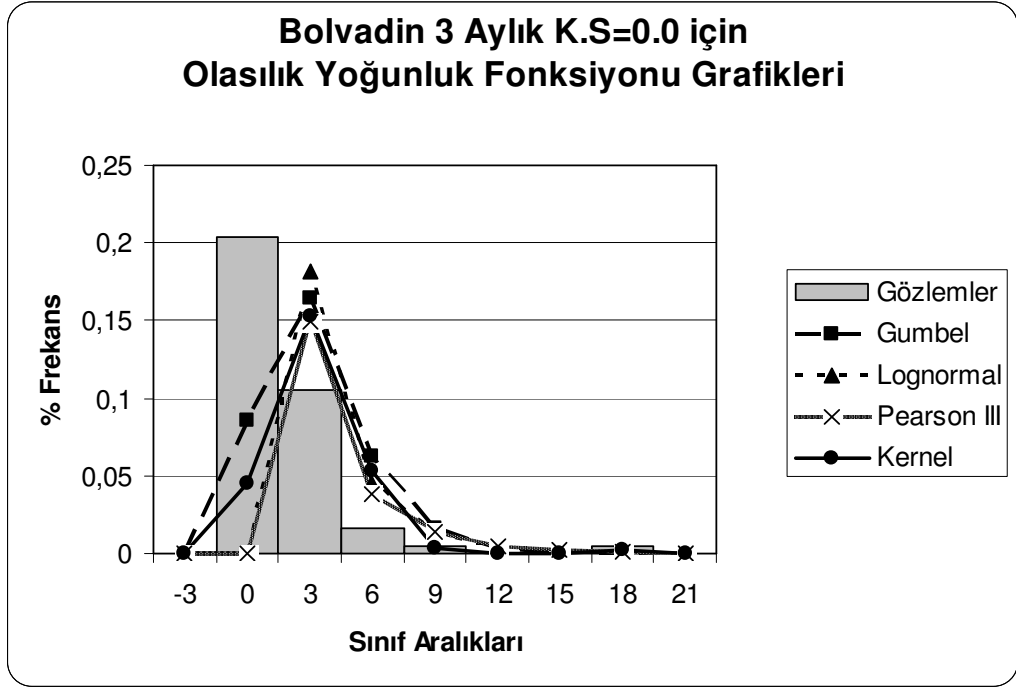


**Şekil 3.2** Ankara istasyonu, 1953–2003 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık SYİ grafikleri.

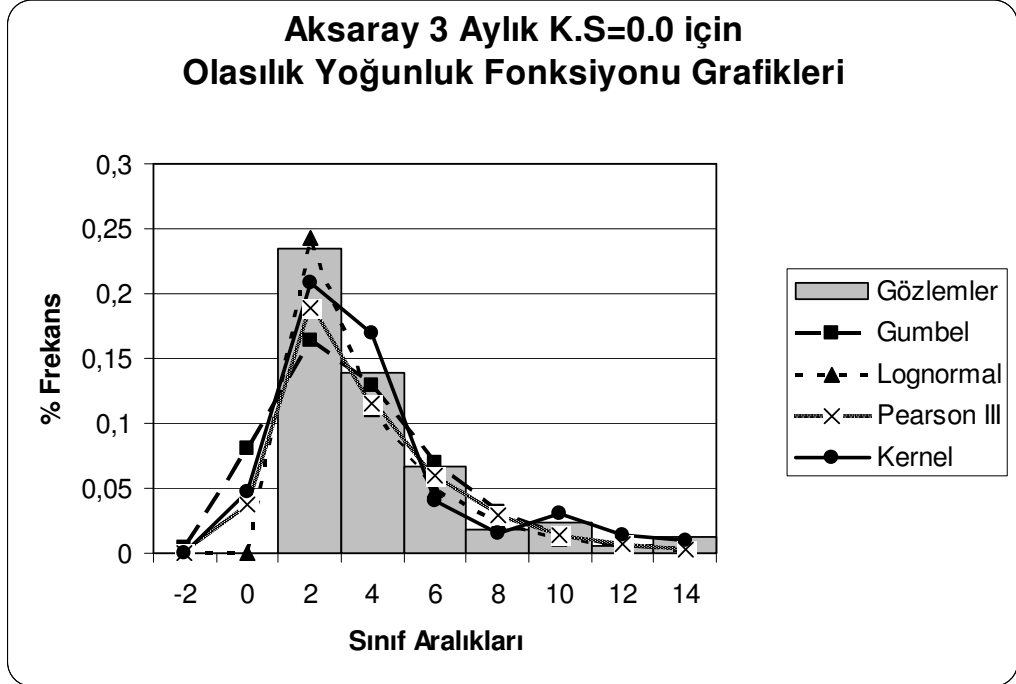
Örnek olarak Ankara istasyonuna ait 1, 3, 6, 12, 24, 48 aylık periyotlara ait SYİ grafikleri Şekil 3.2 de gösterilmiştir. Bu çalışmada Gamma (Pearson III), Gumbel, Lognormal ve dağılım parametreleri tahmin edilmiş ve dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonları elde edilmiştir. Adı geçen istasyonlara ait frekans histogramları ile parametrik ve nonparametrik yaklaşımla elde edilen olasılık yoğunluk fonksiyonları Şekil 3.3-Şekil 3.31 de gösterilmiştir. Lognormal dağılım parametreleri için Eşitlik 2.32 ve Eşitlik 2.34, Pearson Tip III dağılım parametreleri için Eşitlik 2.13, Gumbel dağılım parametreleri için Eşitlik 2.19 ve Eşitlik.20 kullanılmıştır.

Frekans analizleri temel olarak olasılık yoğunluk fonksiyonu tahminine dayanmaktadır. Hidrolojik değişkenler için genel kabul görmüş bir dağılım yoktur <sup>(51)</sup>. Ancak son yıllarda frekans analizi için nonparametrik yaklaşımlar parametrik metotlara alternatif olarak incelenmektedir <sup>(21)</sup>.

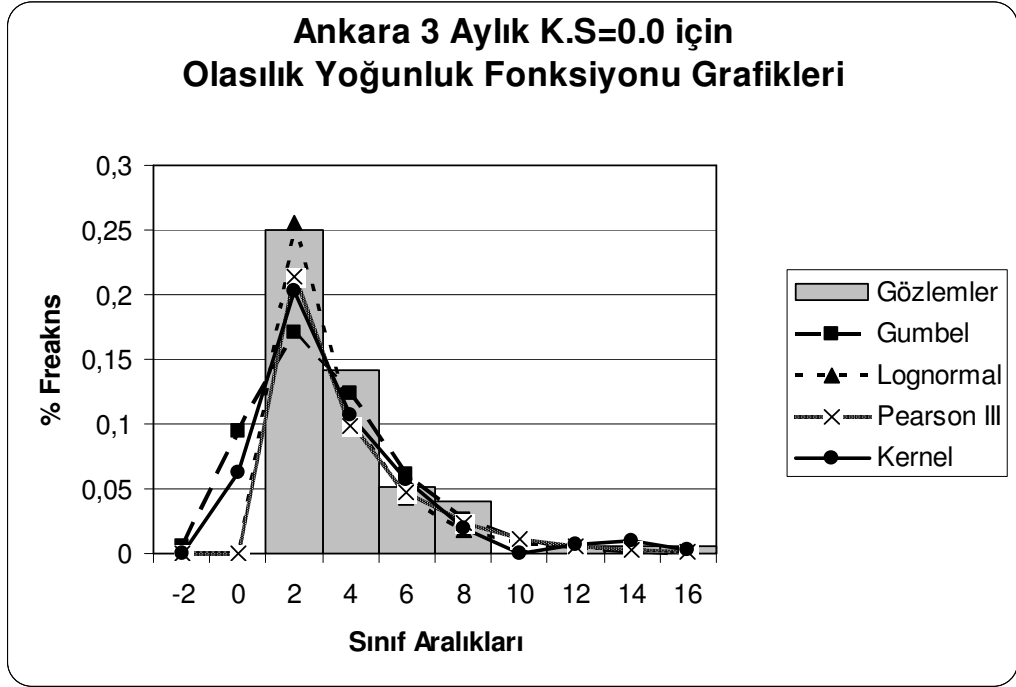
Bu çalışmada parametrik yaklaşımların yanı sıra Eşitlik 2.35 de verilen Kernel Tek Değişkenli fonksiyonu alternatif olarak incelenmiştir. Kernel olasılık yoğunluk fonksiyonu çizimi için C++ programlama dili ile yazılan bir bilgisayar programı kullanılmıştır.



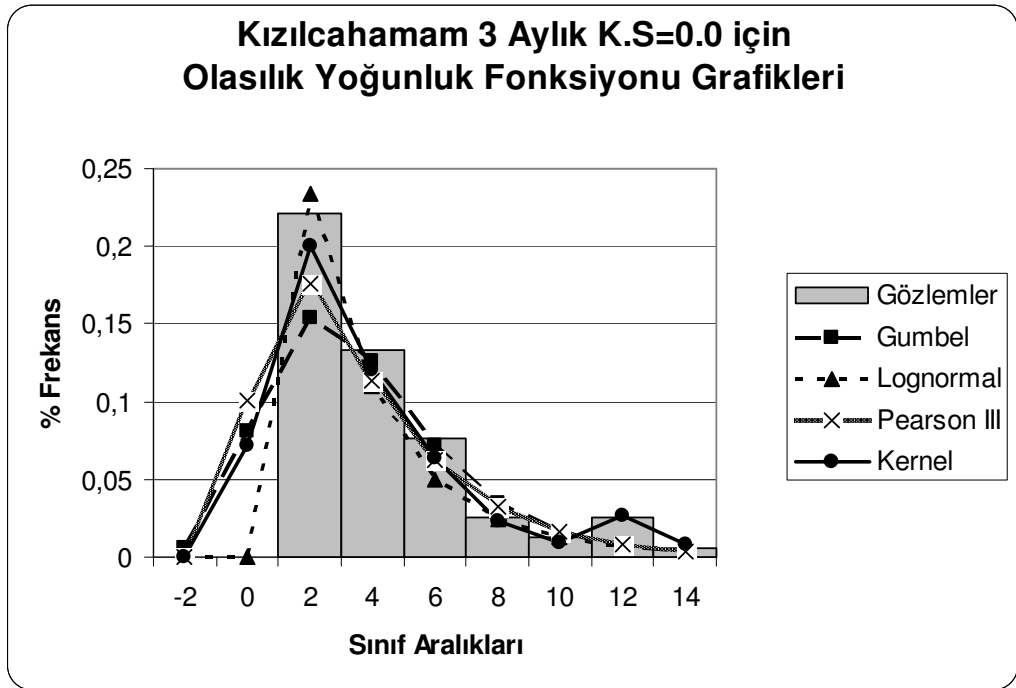
Şekil 3.3 Bolvadin OYF Grafikleri



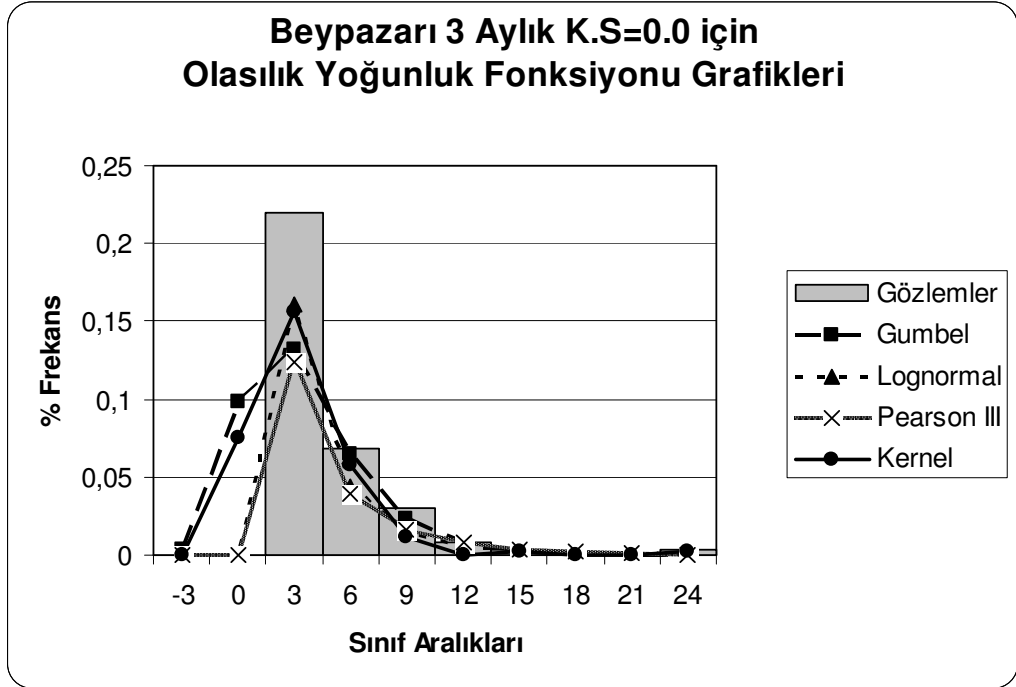
Şekil 3.4 Aksaray OYF Grafikleri



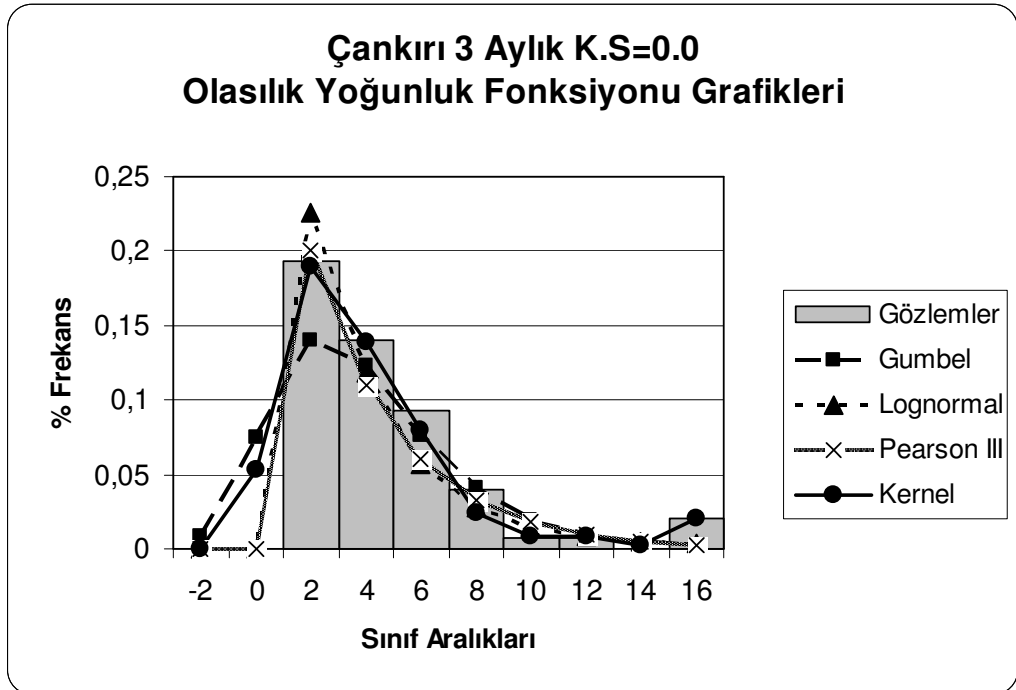
Şekil 3.5 Ankara OYF Grafikleri



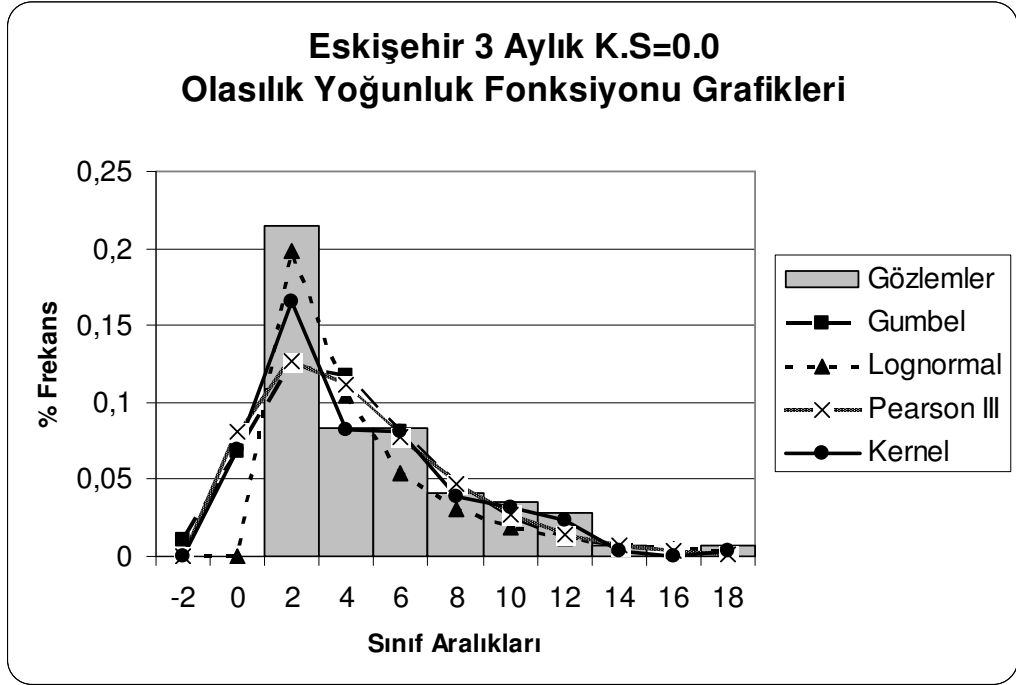
Şekil 3.6 Kızılcahamam OYF Grafikleri



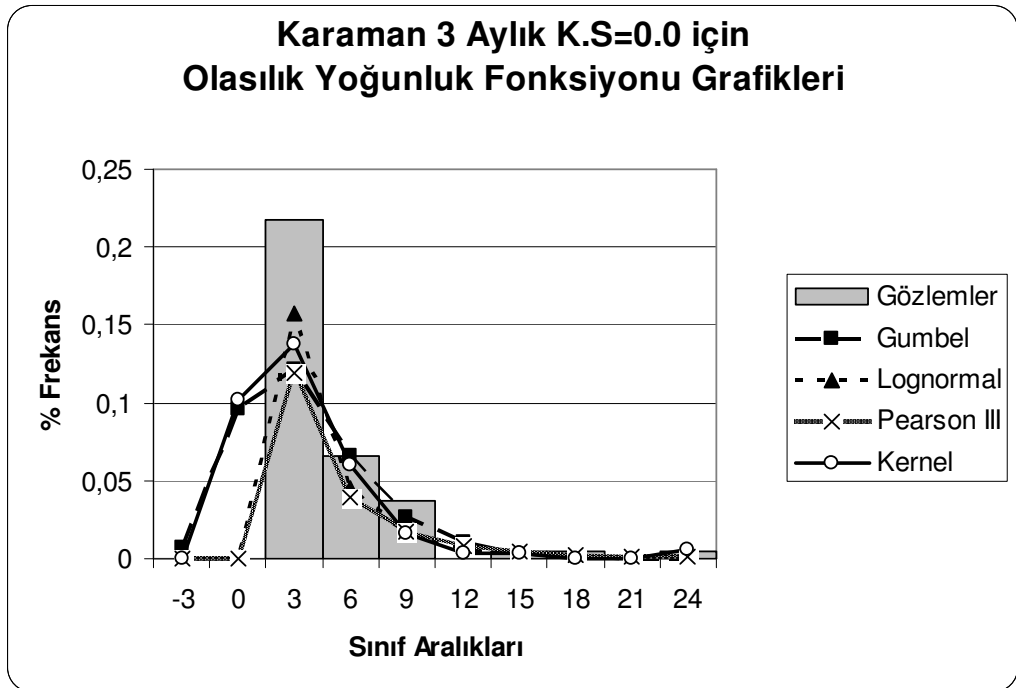
Şekil 3.7 Beypazarı OYF Grafikleri



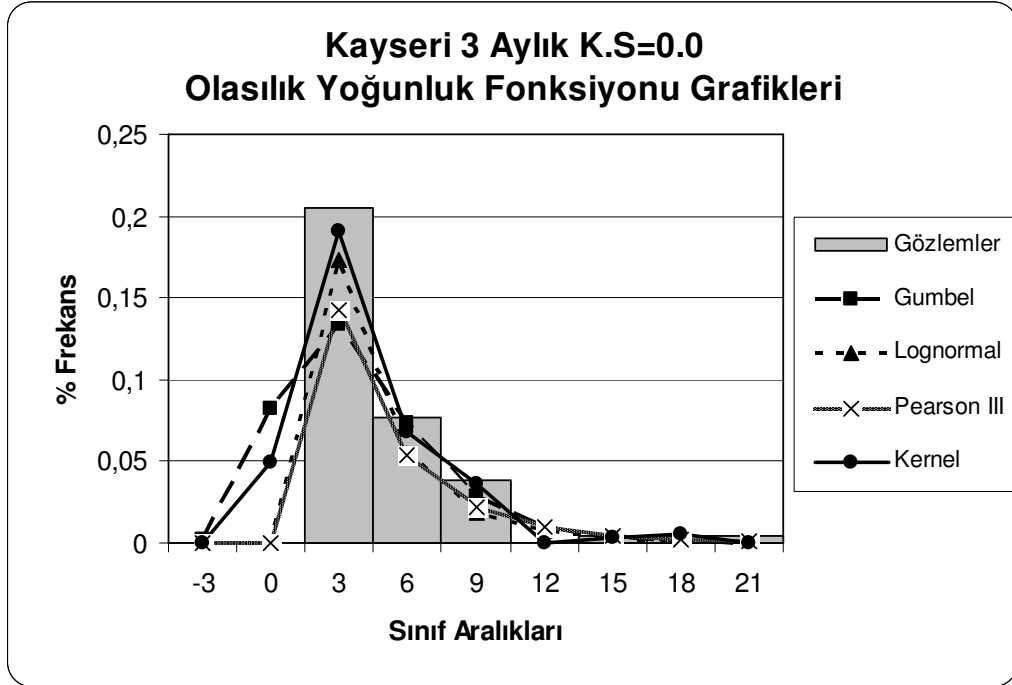
Şekil 3.8 Çankırı OYF Grafikleri



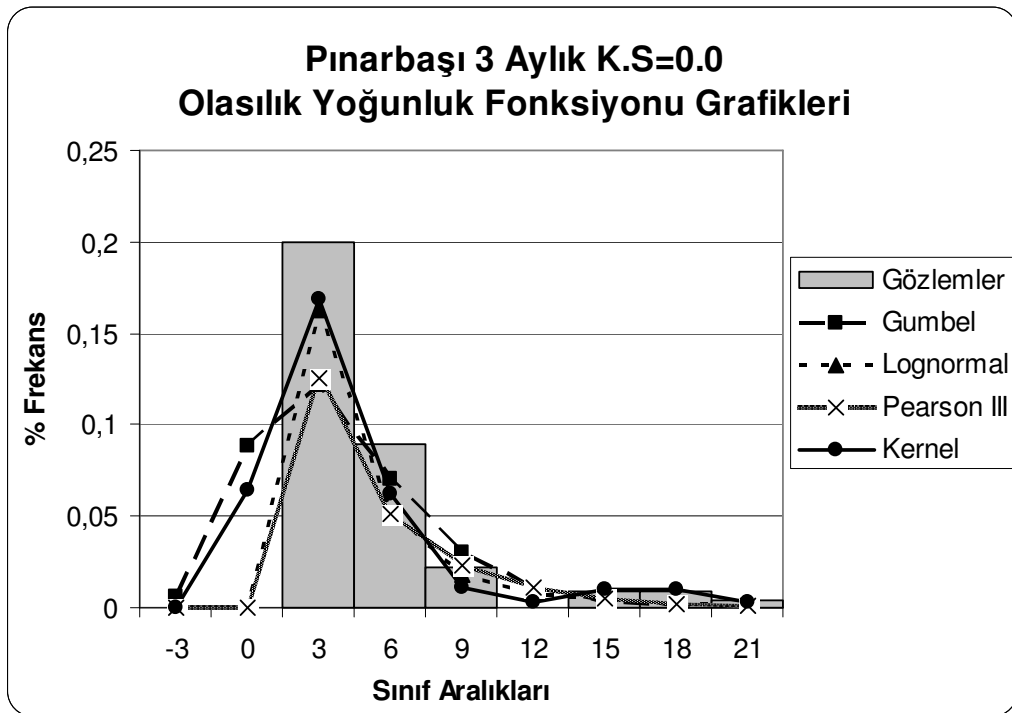
**Şekil 3.9** Eskişehir OYF Grafikleri



**Şekil 3.10** Karaman OYF Grafikleri

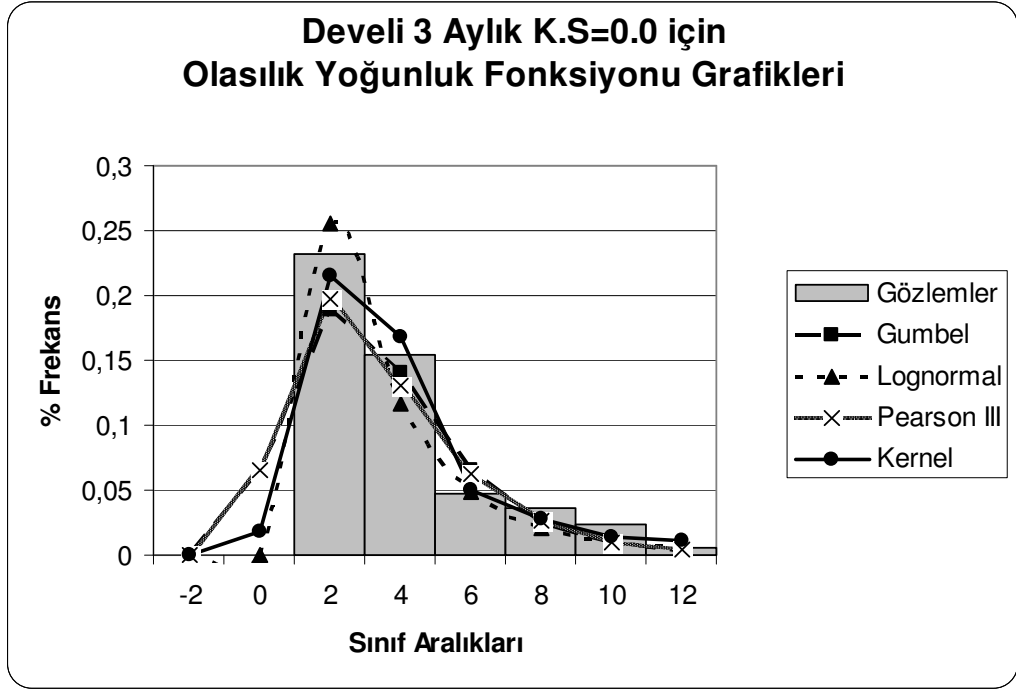


Şekil 3.11 Kayseri OYF Grafikleri

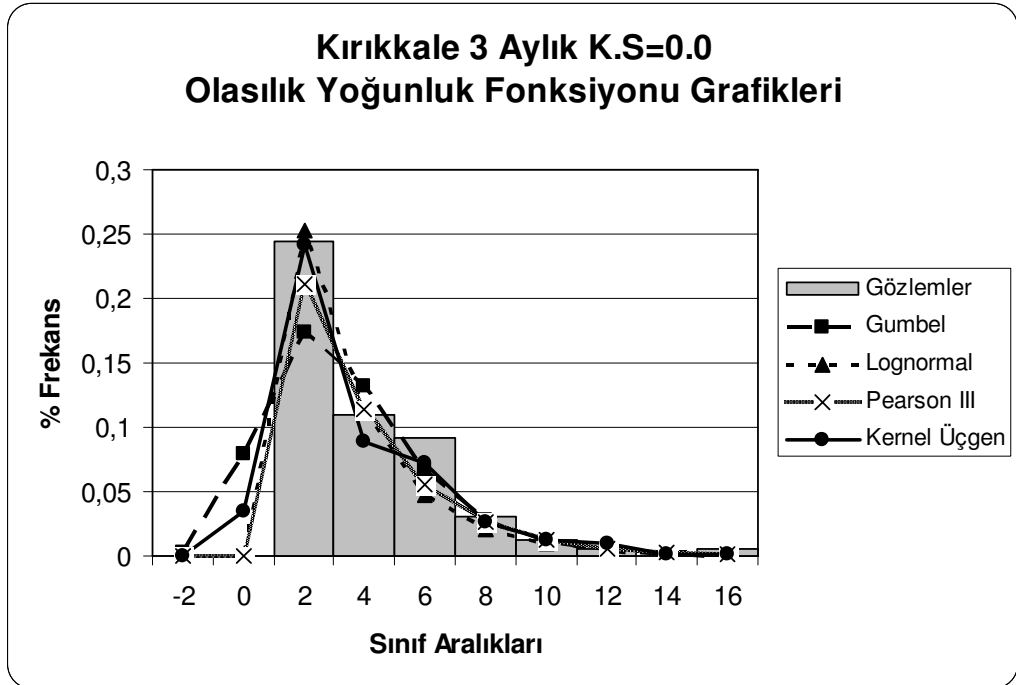


Şekil 3.12 Pınarbaşı OYF Grafikleri

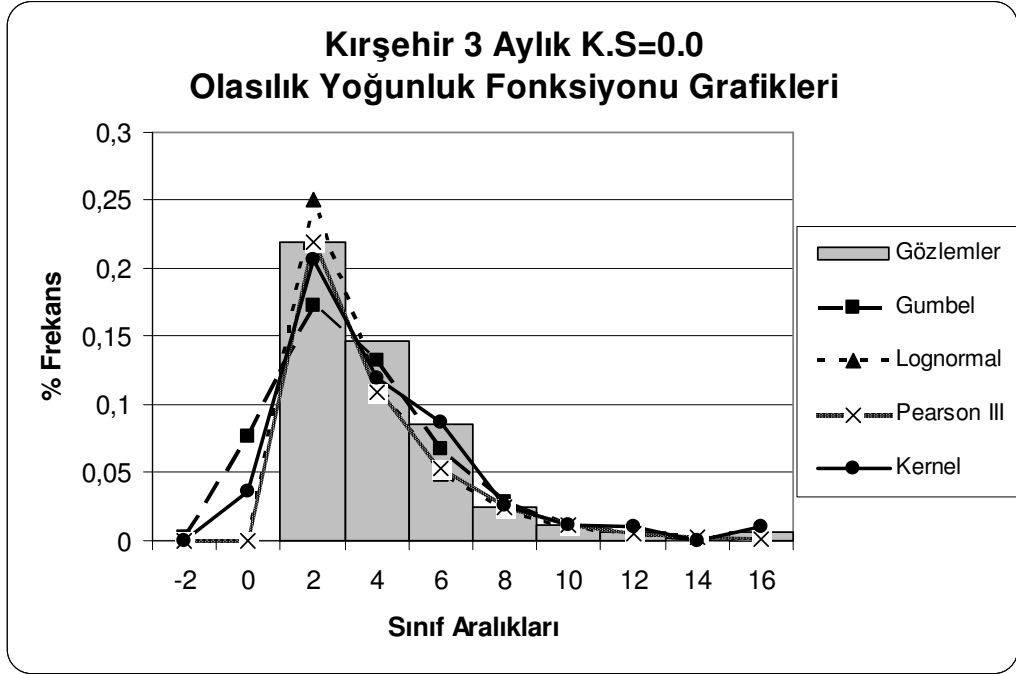




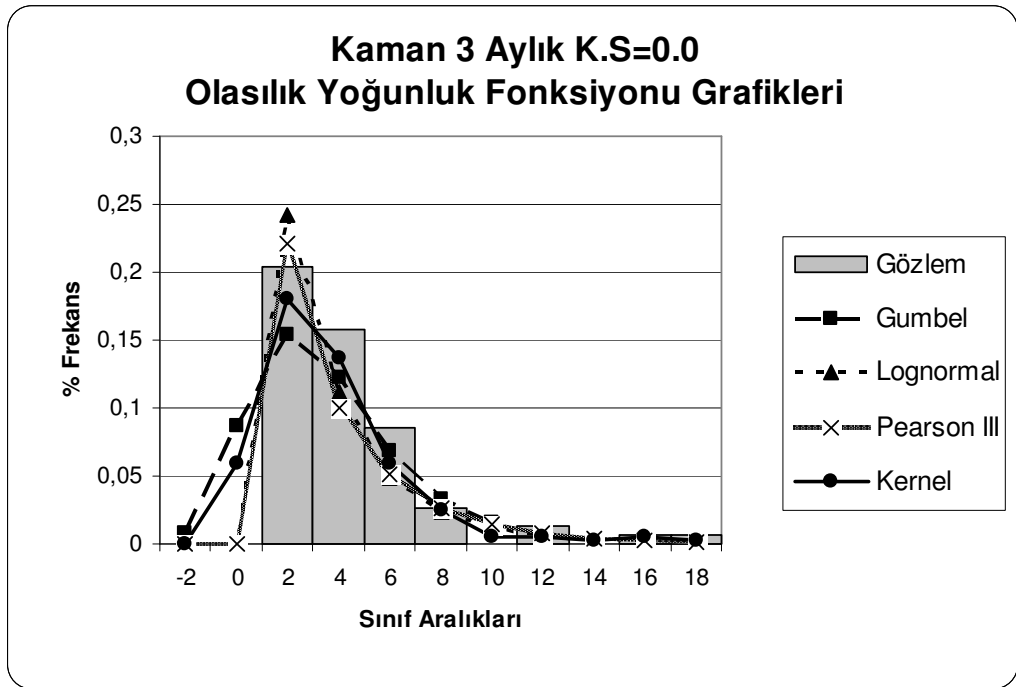
Şekil 3.13 Develi OYF Grafikleri



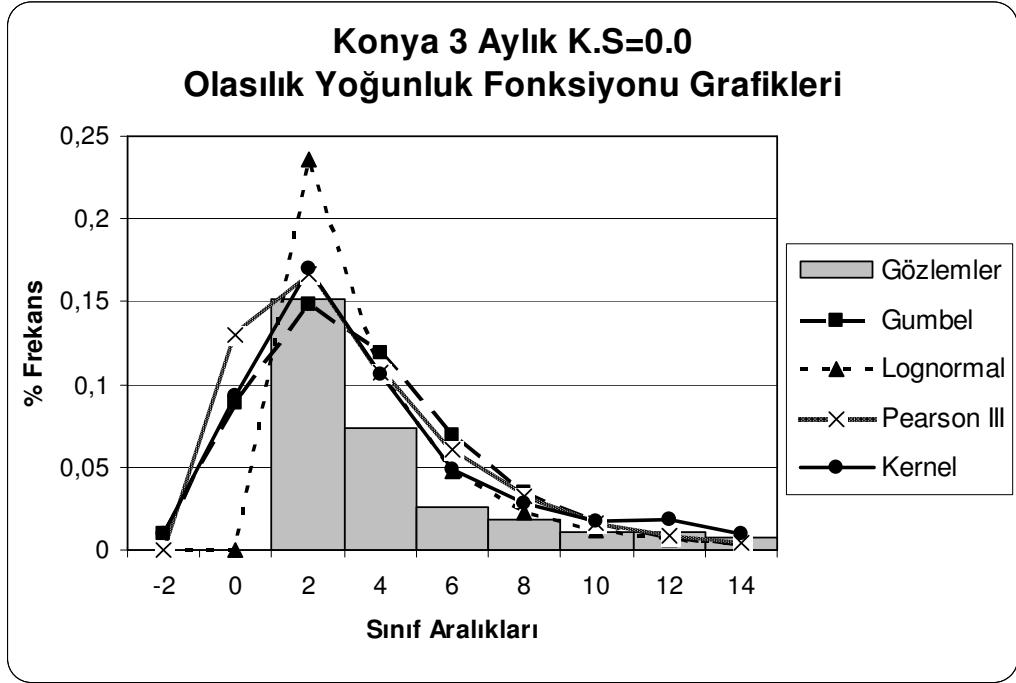
Şekil 3.14 Kırıkkale OYF Grafikleri



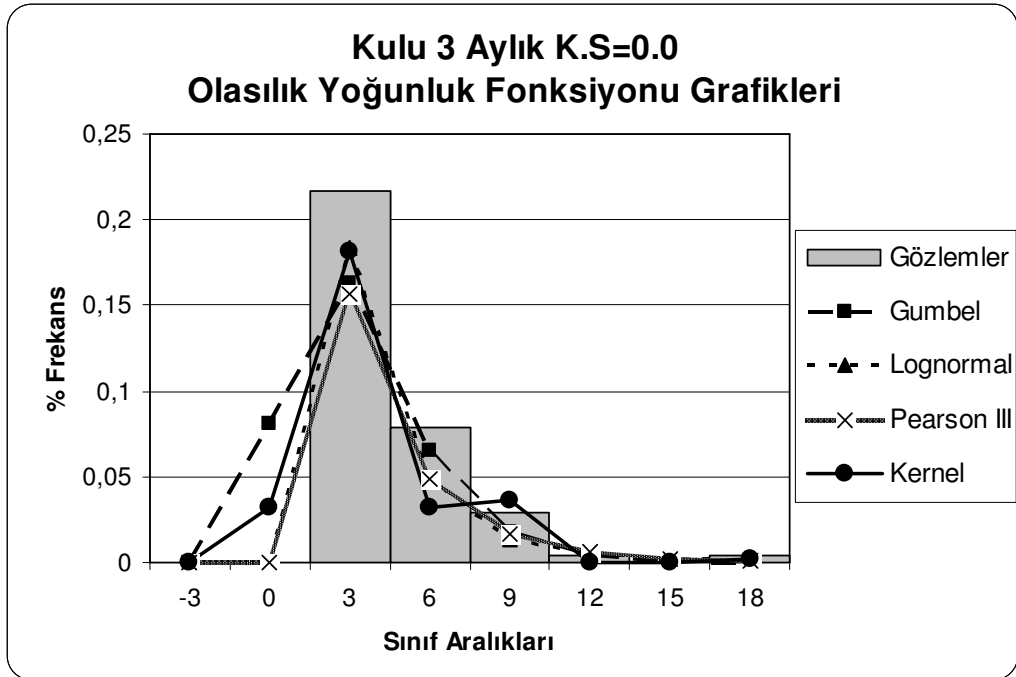
**Şekil 3.15** Kırşehir OYF Grafikleri



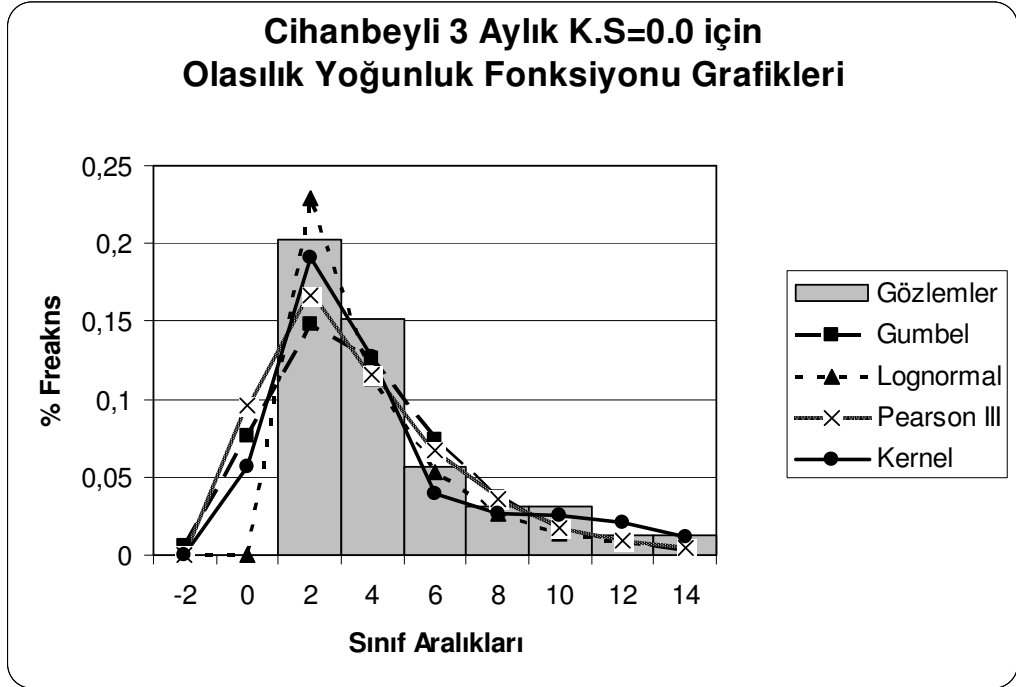
**Şekil 3.16** Kaman OYF Grafikleri



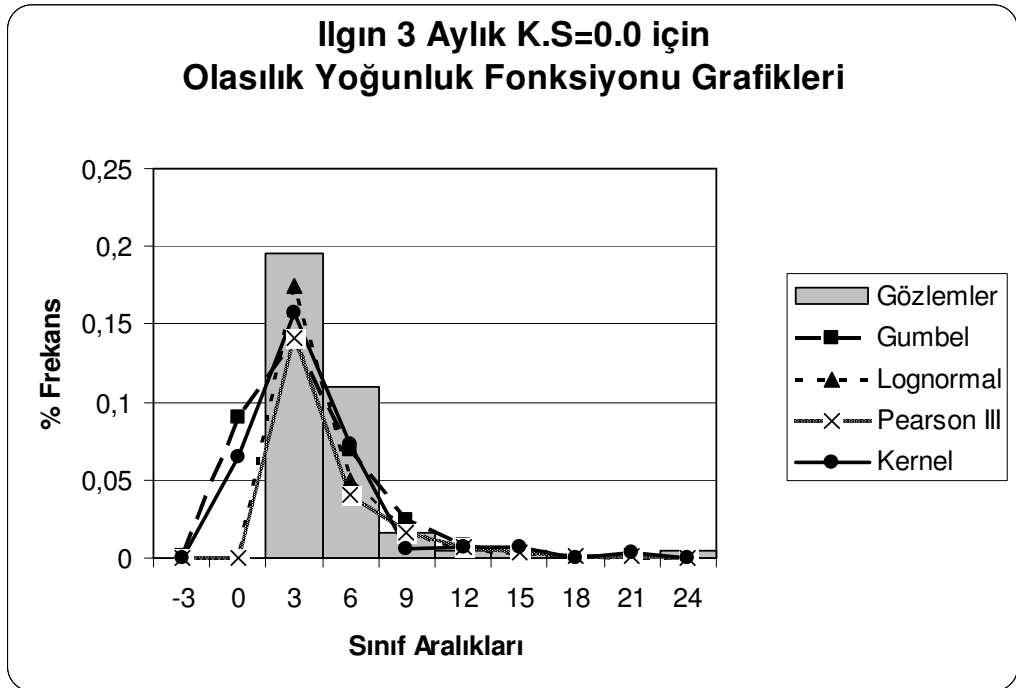
Şekil 3.17 Konya OYF Grafikleri



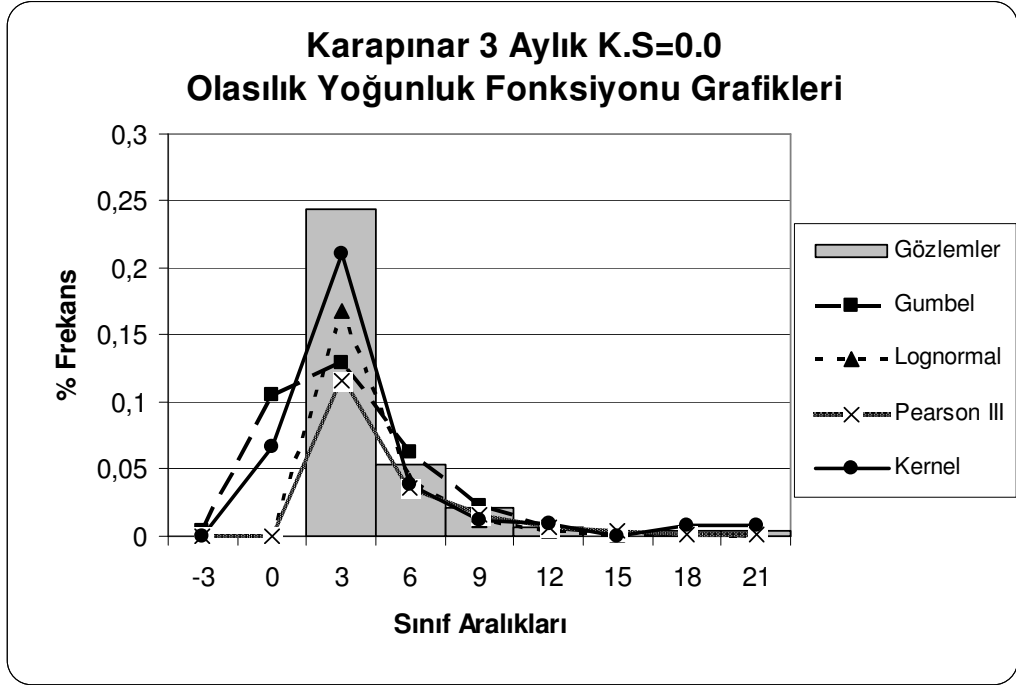
Şekil 3.18 Kulu OYF Grafikleri



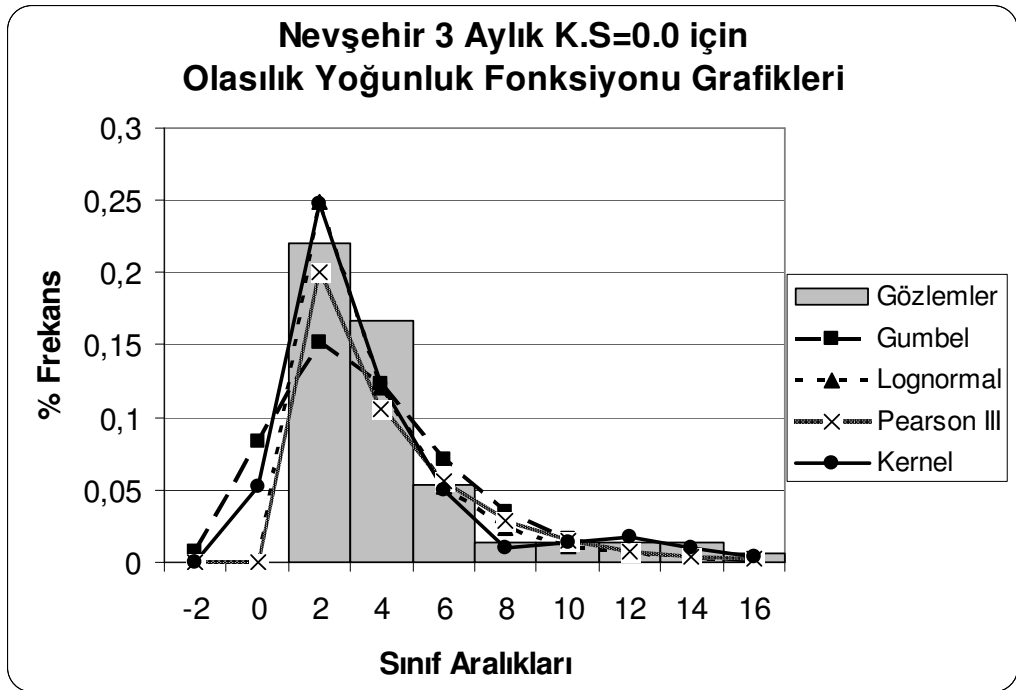
Şekil 3.19 Cihanbeyli OYF Grafikleri



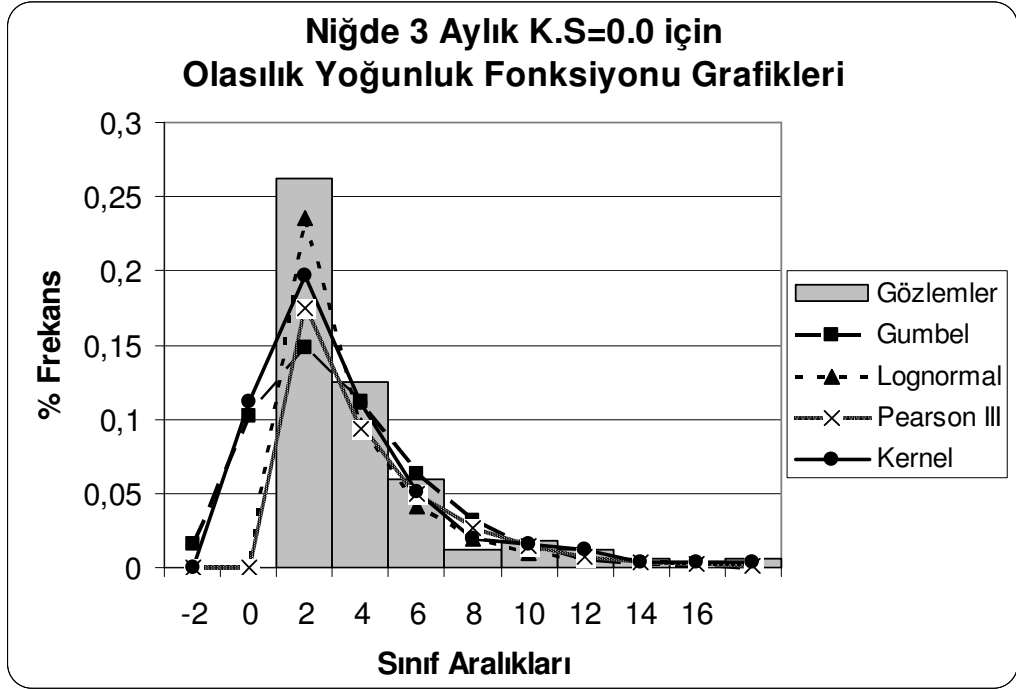
Şekil 3.20 Ilgın OYF Grafikleri



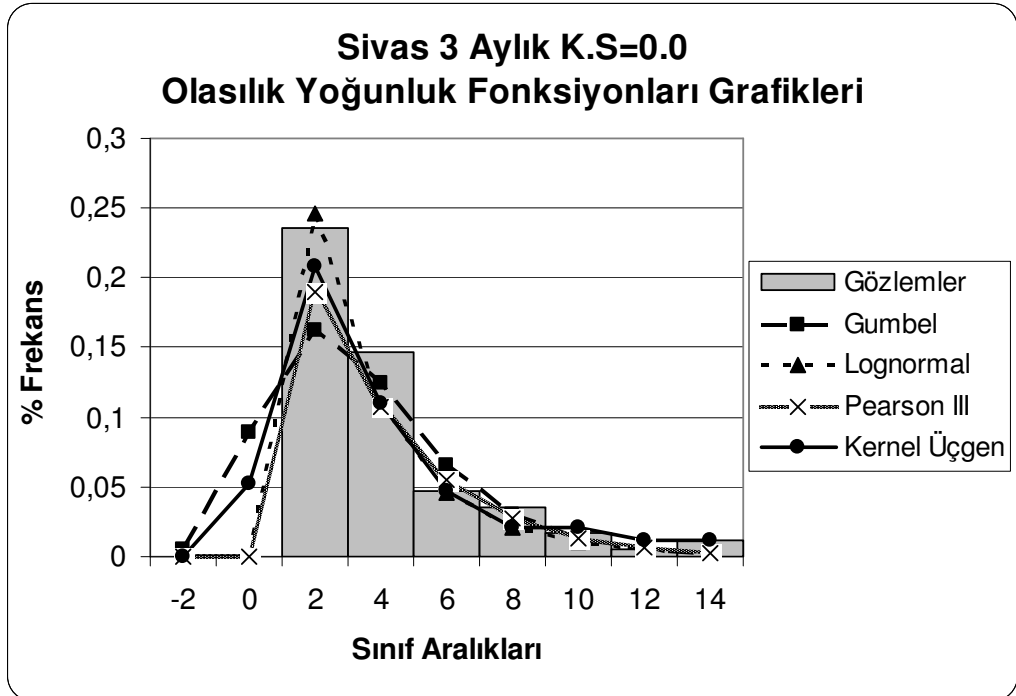
Şekil 3.21 Karapınar OYF Grafikleri



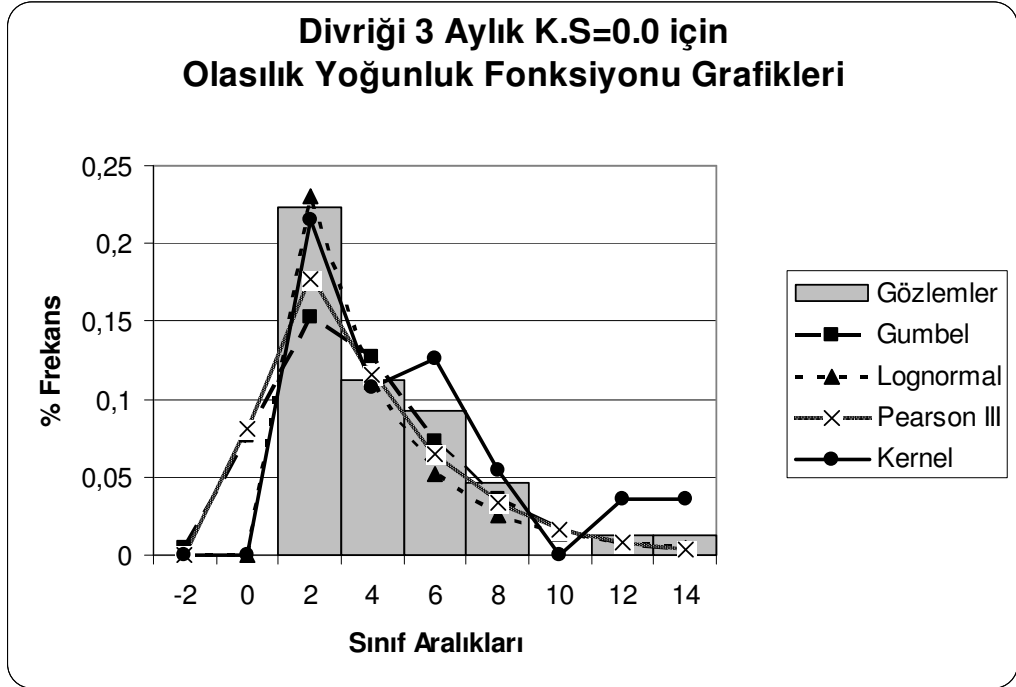
Şekil 3.22 Nevşehir OYF Grafikleri



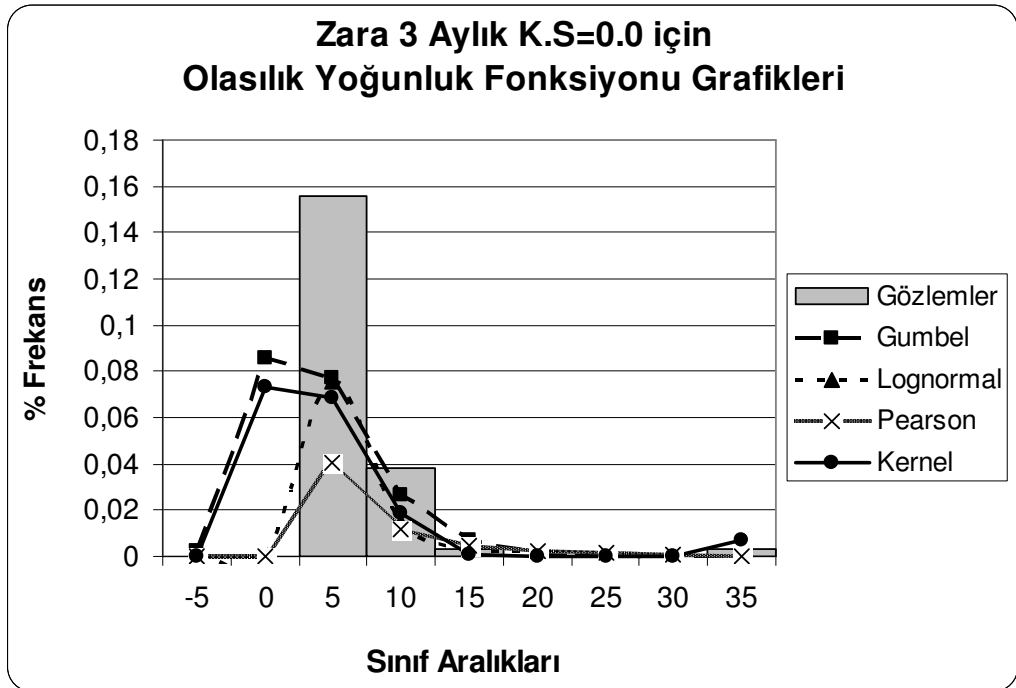
Şekil 3.23 Niğde OYF Grafikleri



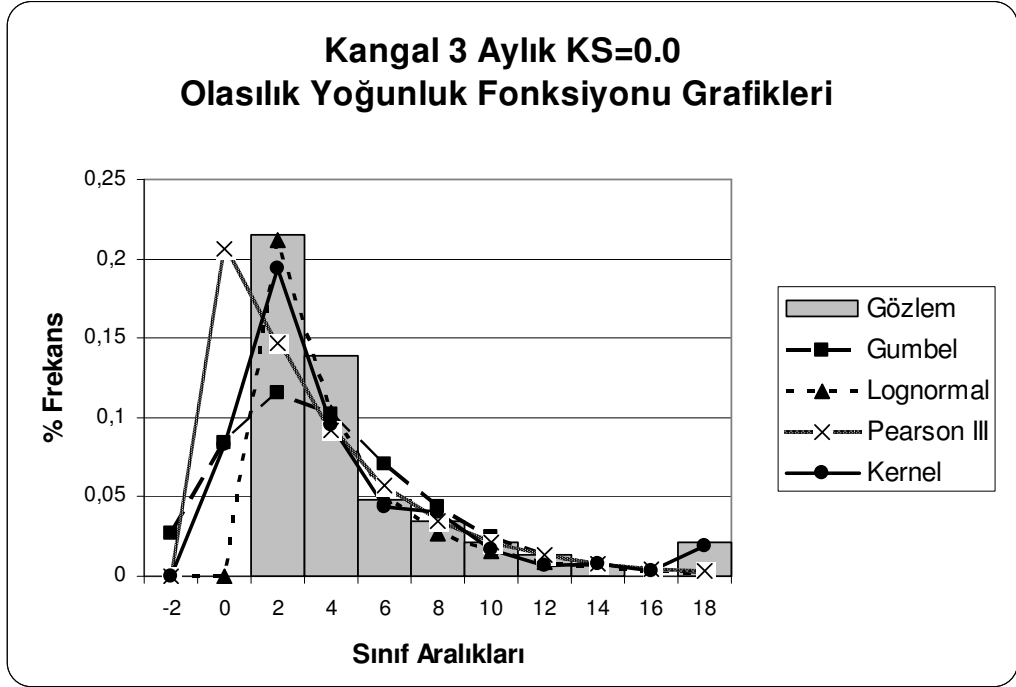
Şekil 3.24 Sivas OYF Grafikleri



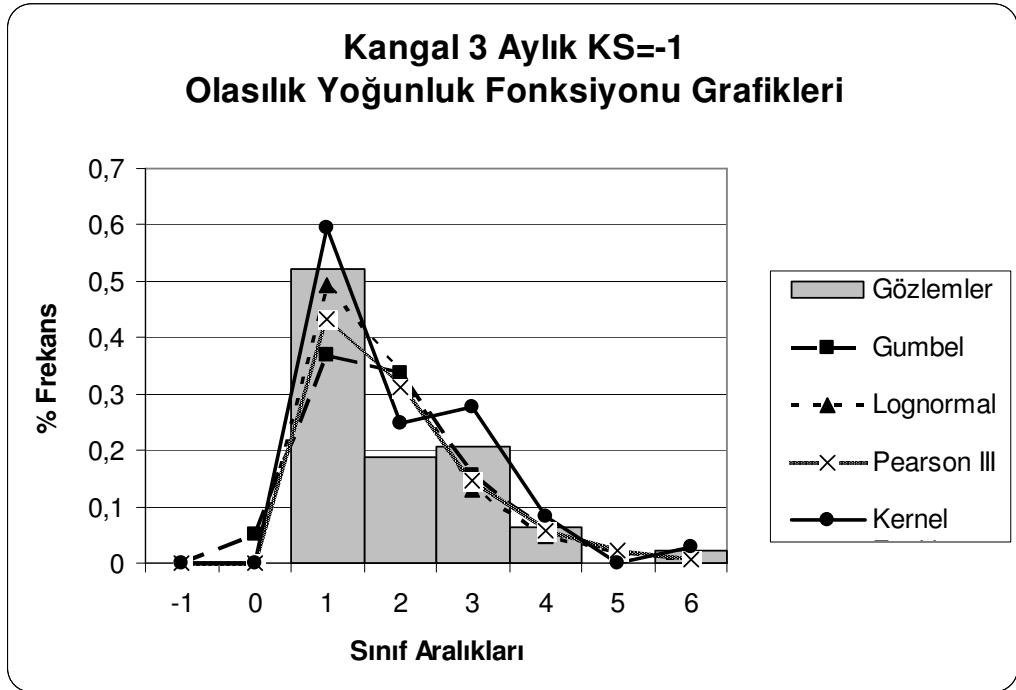
Şekil 3.25 Divriği OYF Grafikleri



Şekil 3.26 Zara OYF Grafikleri

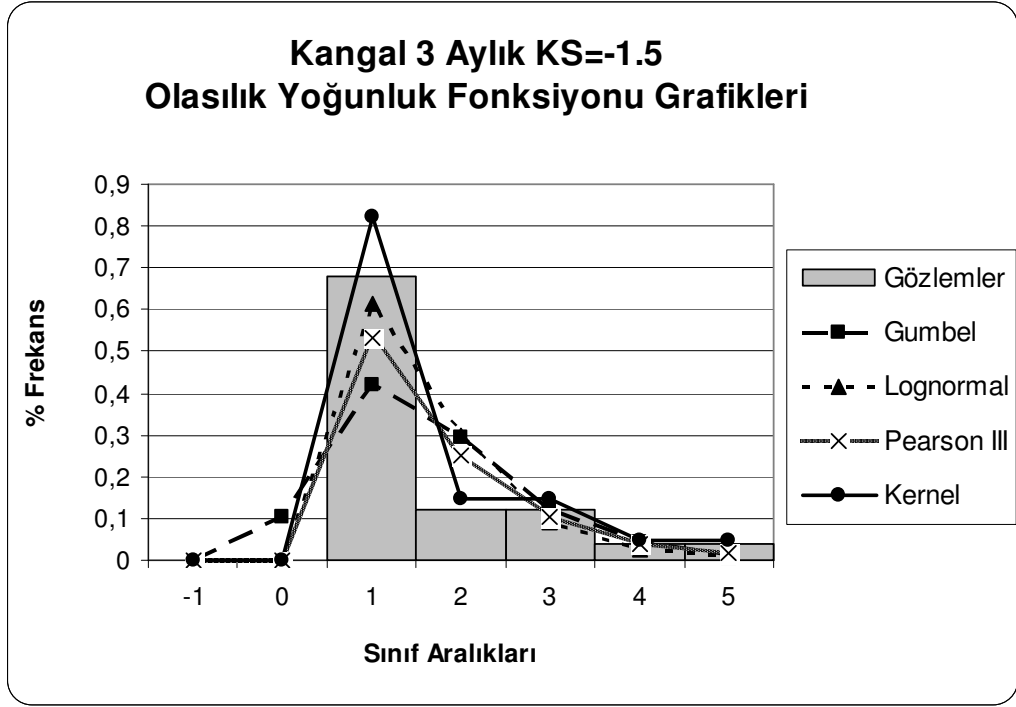


Şekil 3.27 Kangal KS=0.0 OYF Grafikleri

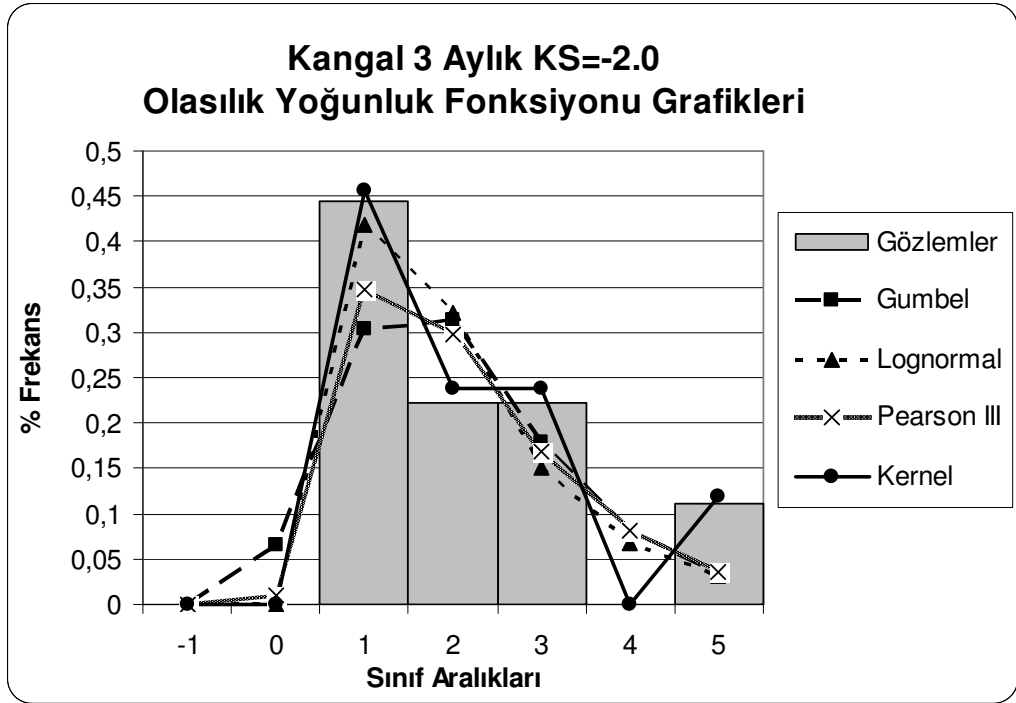


Şekil 3.28 Kangal KS=-1.0 OYF Grafikleri

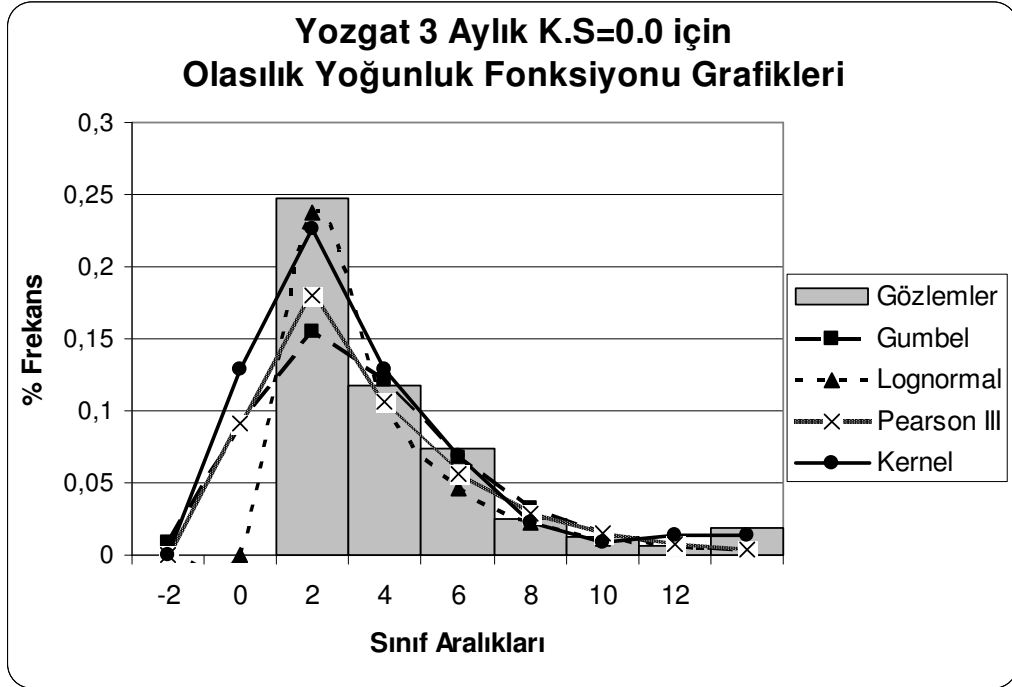




Şekil 3.29 Kangal KS=-1.5 OYF Grafikleri



Şekil 3.30 Kangal KS=-2.0 OYF Grafikleri



**Şekil 3.31** Yozgat OYF Grafikleri

Parametrik fonksiyonlar çarpıklıkları ve basıklıkları değişen ancak sağ kuyrukta sürekli düşüş gösteren grafikler üretmişlerdir. Kernel olasılık yoğunluk fonksiyonu ise genel olarak sağ kuyrukta gözlem verilerine ait frekans histogramına uyum sağlayan yükselmeler göstermiştir. Yani başka bir deyişle gözlem değerlerine ait frekans histogramlarının iki veya üç tepeli olduğu durumlarda Kernel fonksiyonu da iki veya üç tepeli grafikler üretmiştir. Bazı durumlar da ise ikinci tepe değerinde yükselme göstermemiş ancak parametrik fonksiyonlar düşüş gösterirken Kernel olasılık yoğunluk fonksiyonu sabit değerlerle devam etmiştir.

Şekil 3.4 incelendiğinde histogramda ikinci tepe noktasının bulunduğu sınıf aralığında Kernel fonksiyonunun da yükselme gösteren bir değer ürettiği, üçüncü tepe noktası için ise sabit bir değerle devam ettiği ancak

parametrik yaklaşımların her iki tepe noktasında da azalan değerler ile devam ettiği görülmektedir.

Şekil 3.5 incelendiğinde 12, 14 ve 16 aylık kuraklıkların bulunduğu son sınıf aralıklarındaki ikinci tepe noktasını yansıtmakta, parametrik yaklaşımların yetersiz kaldığı ve Kernel fonksiyonunun frekans histogramına daha yakın değerler üreterek ikinci bir tepe oluşturduğu görülmektedir.

Şekil 3.7 deki 24 aylık ve Şekil 3.3 deki 21 aylık kuraklık değerlerini yansıtan frekans histogramındaki yükselmeler için Kernel fonksiyonunun az da olsa yükseliş gösteren değerler üretmesine rağmen parametrik yaklaşımlar azalan değerler ile devam etmektedir.

Şekil 3.19 tek tepeli frekans histogramı sergileyen bir istasyondur. Bu istasyon için incelenen yaklaşımların tamamının yaklaşık değerler ürettikleri görülmektedir.

Şekil 3.8 uzun süreli kuraklıkların bölgedeki diğer istasyonlara nazaran daha sık rastlandığı bir istasyona aittir. 16 aylık bu kritik kuraklık değerine ait frekans histogramındaki yükselme için parametrik yaklaşımların nonparametrik yaklaşımlara göre oldukça yetersiz kaldığı gözlenmektedir.

Şekil 3.13 de yer alan, tek tepeli bir diğer istasyona ait olan bu grafik incelendiğinde ise parametrik yaklaşımlar ve Kernel fonksiyonunun paralel sonuçlar ürettikleri gözlenmektedir.

Şekil 3.25 de 12 ve 14 aylık kuraklıkların bulunduğu sağ kuyruktaki son değerlerin oluşturduğu ikinci tepe değerlerini yansıtmakta parametrik yaklaşımların yetersiz kaldıkları görülmektedir.

Şekil 3.9 da yer alan 18 aylık son kuraklık değeri için Kernel fonksiyonu az miktarda bir yükselme gösterirken parametrik yaklaşımlar azalan değerler ile devam etmektedir.

Şekil 3.20, Şekil 3.10, Şekil 3.21, Şekil 3.11 de yer alan frekans histogramlarının her biri ikişer tepeli histogramlardır. Kernel fonksiyonu ikinci tepe değerleri için yükseliş gösterirken parametrik yaklaşımlar sürekli azalan değerler üretmişlerdir. Bu tepe noktalarının bulunduğu sınıf aralıklarındaki değerler 15 ay ile 24ay arasında değişen kritik kuraklıkları yansıtmaktadır.

Şekil 3.14, Şekil 3.15, Şekil 3.6, Şekil 3.18, Şekil 3.24 de yer alan frekans histogramları yine ikişer tepeli histogramlardır. Nonparametrik yaklaşımlar ikinci tepe noktalarını yansıtmakta yetersiz kalmakta, Kernel fonksiyonu ise daha sağlıklı değerler üretmektedir.

Şekil 3.26 bölgede en uzun süreli kuraklığın gözlemlendiği Zara istasyonuna aittir. Frekans histogramındaki 35 aylık bu kuraklığı gösteren değere sadece nonparametrik yaklaşımın uygun olduğu görülmektedir.

Temel olarak parametrik metotlar olasılık yoğunluk fonksiyonları hesaplarken verilerin, verilen bir olasılık yoğunluk fonksiyonu popülasyonundan geldiğini varsayarlarırken nonparametrik metotlar bağımsız dağılımlardır. Düşük akım frekansı ve kuraklık üzerindeki birçok çalışma göstermiştir ki kuraklık ilişkili değişkenler için kabul görmüş evrensel bir dağılım yoktur <sup>(15,25,51)</sup>.

Pınarbaşı istasyonu 3 aylık kesim seviyesi 0.0 şiddetindeki kuraklık süreleri için çizilen frekans histogramı çift tepeli histogramlardan biridir (Şekil

3.12). Grafik incelendiğinde frekans histogramındaki iniş ve çıkışlarda parametrik fonksiyonlara göre Kernel fonksiyonuna ait eğrinin daha uyumlu bir çizgi takip ettiği görülmektedir. Sağ kuyrukta parametrik yaklaşımlar sürekli bir düşüş gösterirken Kernel fonksiyonu, frekans histogramındaki yükselme ve inişlere uyum sağlamış, ikinci tepe noktasının bulunduğu sınıf aralıklarında, Kernel fonksiyonu parametrik dağılımlardan farklı olarak ikinci bir tepe oluşturan değerler üretmiştir. Parametrik yaklaşımlar verilerin (gözlem değerlerinin) mevcut bir dağılıma uyduğu varsayımından hareket ederken, nonparametrik yaklaşımlar, verilerin histogramlarının düzeltilmesinden meydana gelmektedir ve histogramın kuyruğunu hassas bir biçimde tahmin etmektedir <sup>(23)</sup>.

Histogramın sağ kuyruğundaki değerler uzun süreli kuraklıkların tahminini yansıtmaktadır. Bu kuraklıklar kritik kuraklıklardır. Bu nedenle Kernel fonksiyonunun kuyruktaki hassasiyeti; bu fonksiyonunun parametrik fonksiyonlara bir alternatif olarak sunulmasında etkili olmuştur.

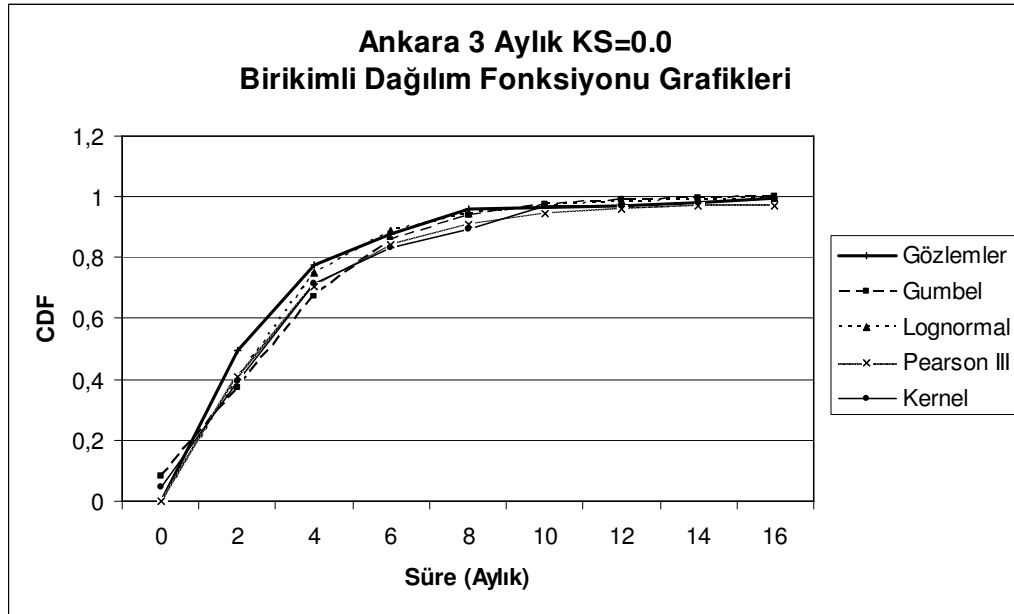
Pınarbaşı istasyonuna ait Çizelge 3.2 incelendiğinde Kernel fonksiyonu parametrik yaklaşımlara oranla toplamda daha az sapma yaptığı görülmektedir.

**Çizelge 3.2** Pınarbaşı mutlak sapma değerleri

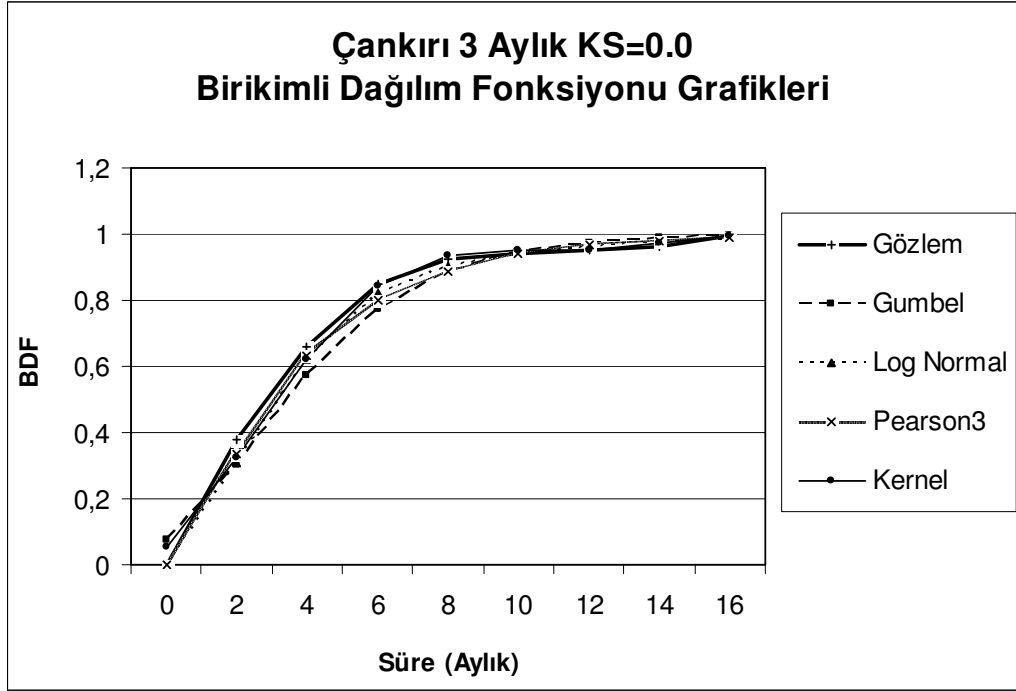
	Gumbel	LogNormal	Pearson III	Kernel
OYF	0.0888	0.0096	0.0126	0.0006
BDF	0.0019	0.0282	0.0040	0.0016

Parametrik metotlar hakkındaki genel varsayım; parametrik metotların ilgili değerlerin çift tepeli olduğu durumlarda çok büyük sapmalarla neticelendiği yönündedir <sup>(25)</sup>. İstasyonlara ait OYF grafiklerinin mutlak sapma, Ortalama Karesel Hataların Karekökü ve Korelasyon değerleri Ek-1 de sunulmuştur.

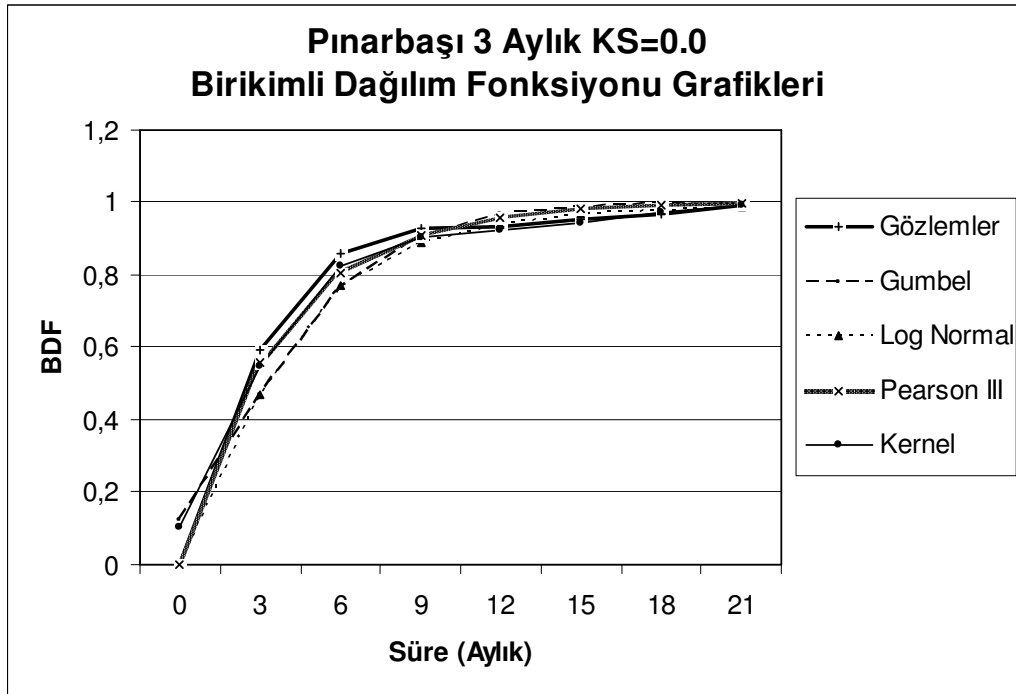
Bu çalışmada sonraki aşamada 26 istasyona ait kuraklık verileri için birikimli dağılım fonksiyonları çizilmiştir. Pearson III, Gumbel ve Kernel birikimli dağılım fonksiyonları için Matlab 6.5 programı integral fonksiyonu kullanılmıştır. Yalnızca Gumbel fonksiyonu için birikimli dağılım fonksiyonu değerleri MS Excel programı kullanılarak hesaplanmıştır. Şekil 3.32, Şekil 3.33, Şekil 3.34 örnek BDF grafiklerini göstermektedirler.



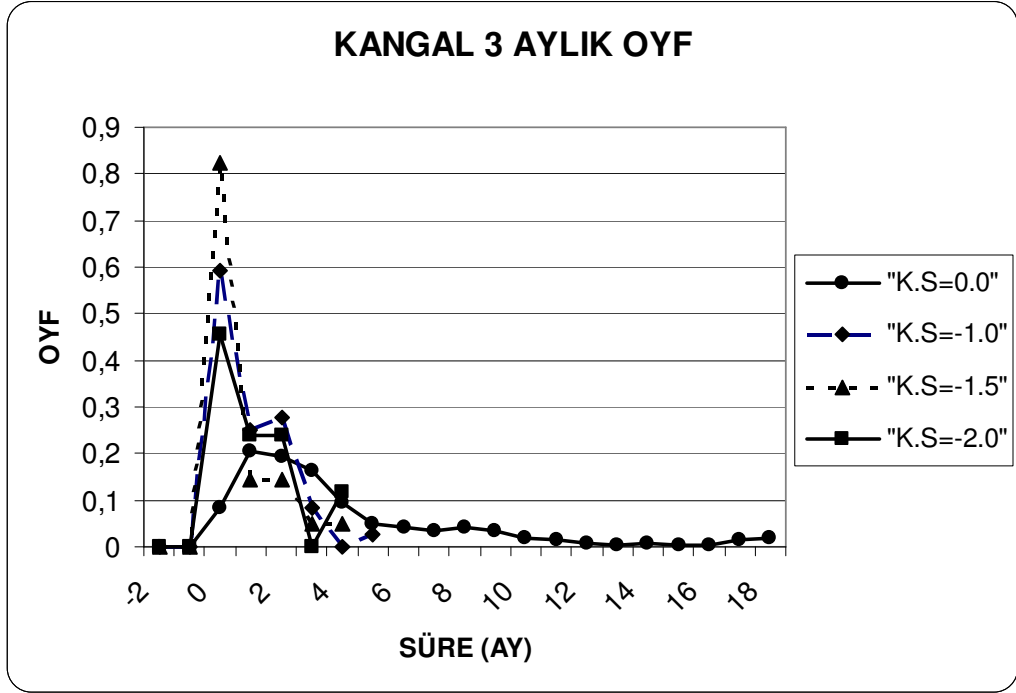
Şekil 3.32 Ankara BDF Grafikleri



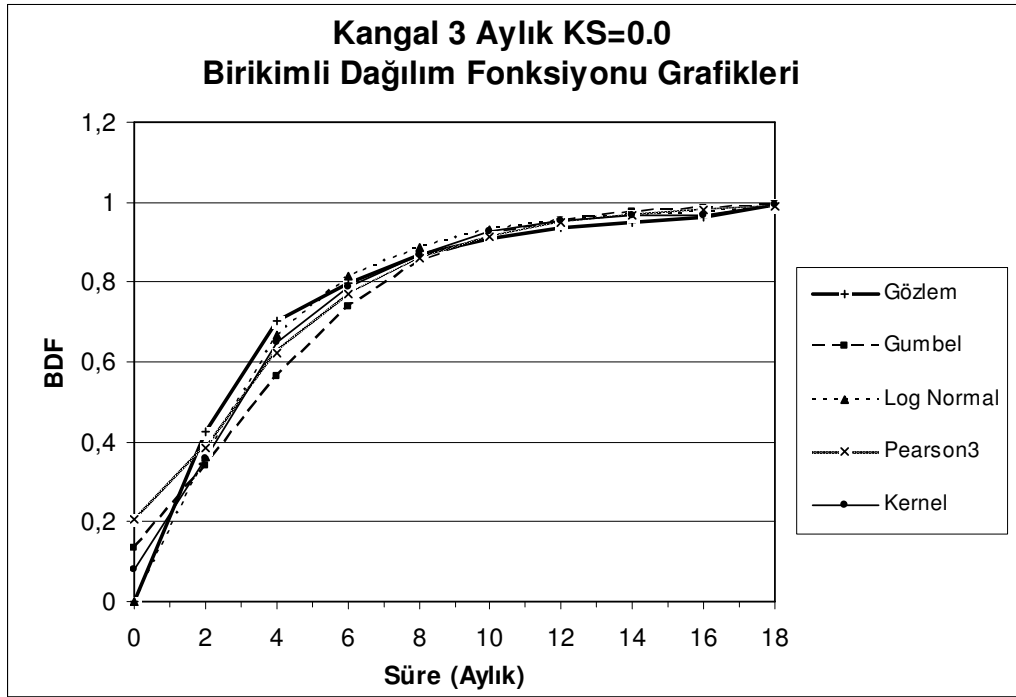
**Şekil 3.33** Çankırı BDF Grafikleri



**Şekil 3.34** Pınarbaşı BDF Grafikleri

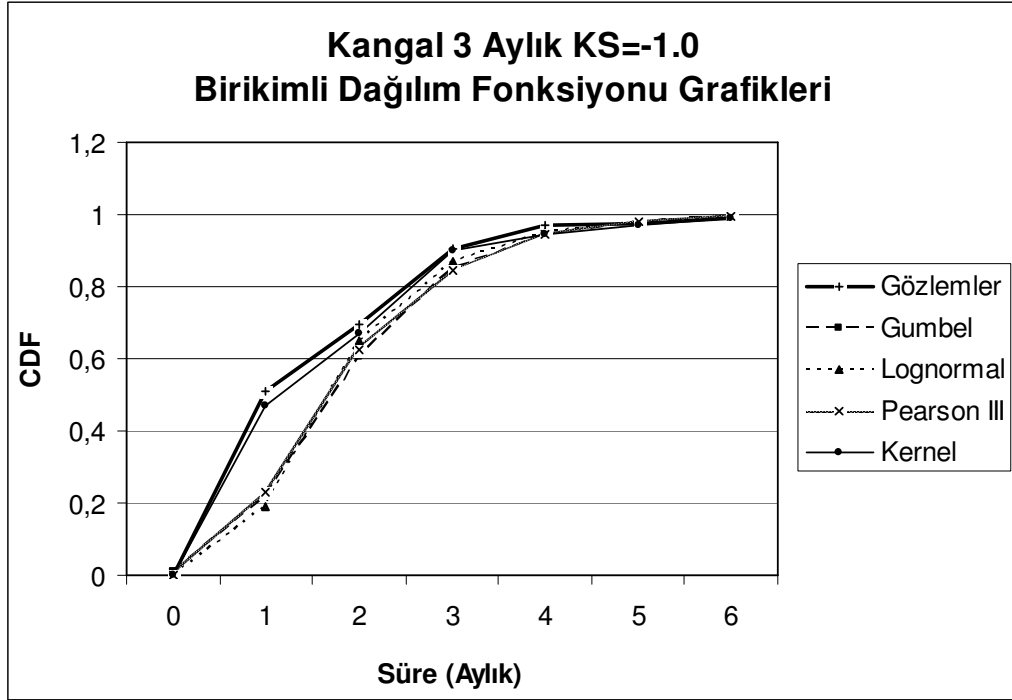


Şekil 3.35 Kangal 3 Aylık Periyot OYF Grafikleri

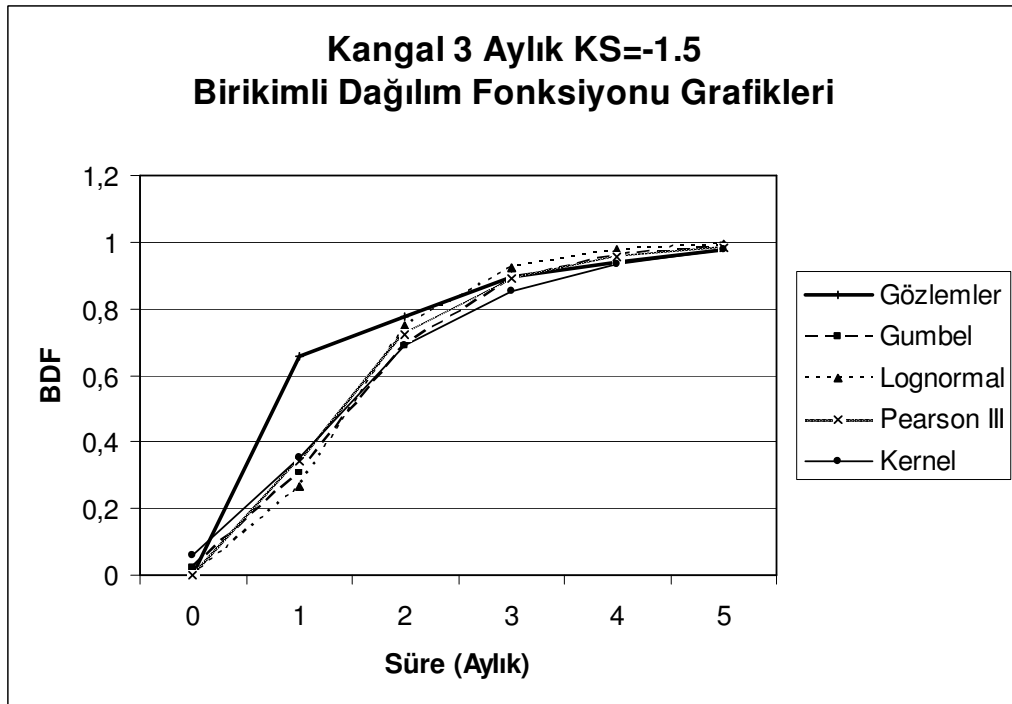


Şekil 3.36 Kangal KS=0.0 BDF Grafikleri

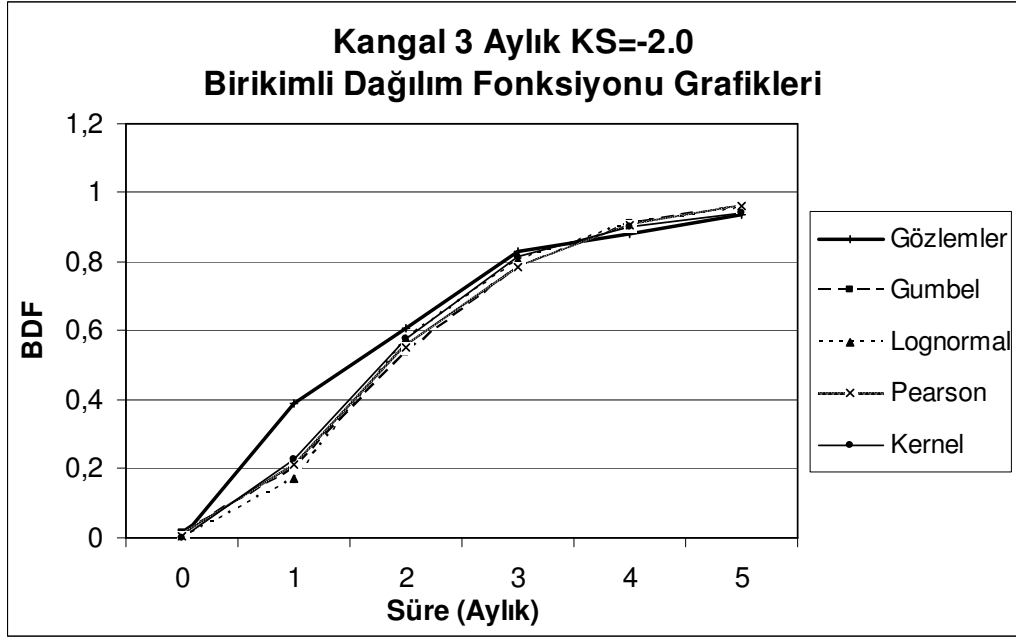




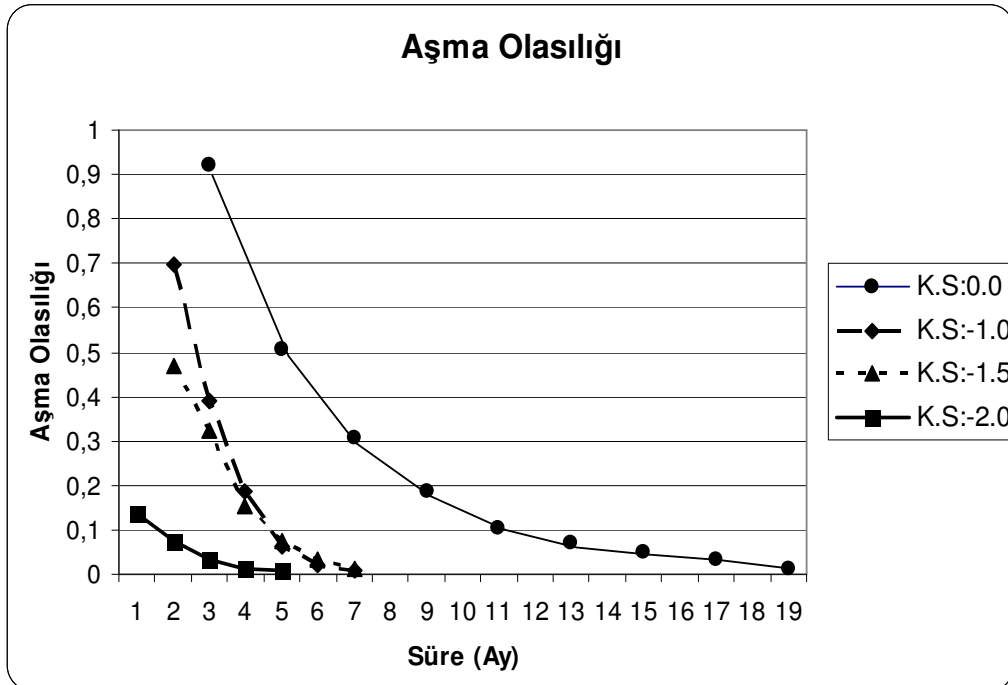
**Şekil 3.37** Kangal KS=-1.0 BDF Grafikleri



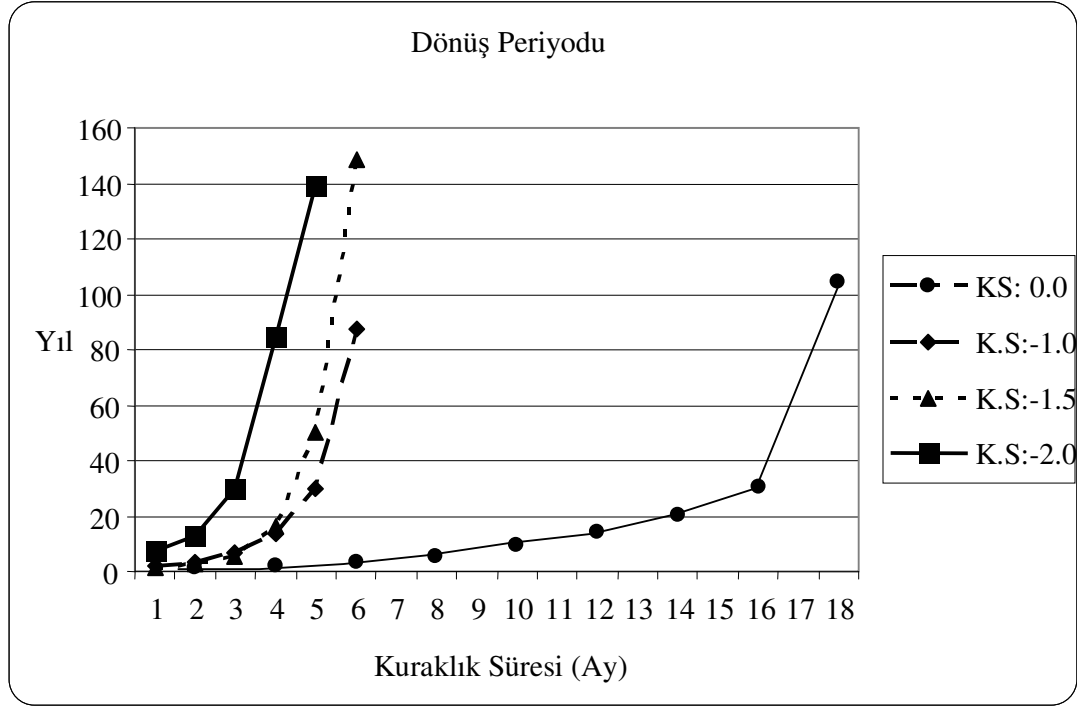
**Şekil 3.38** Kangal KS=-1.5 BDF Grafikleri



Şekil 3.39 Kangal KS=-2.0 BDF Grafikleri



Şekil 3.40 Kangal Aşma Olasılığı Grafikleri



**Şekil 3.41** Kangal Dönüş Periyodu Grafikleri

Örnek olarak Ankara, Çankırı ve Pınarbaşı istasyonlarına ait birikimli dağılım fonksiyon grafikleri incelendiğinde kritik kuraklıkların yansıtılmasında Kernel fonksiyonunun daha etkin olduğu gözlemlenmektedir. Daha öncede ifade edildiği gibi kritik kuraklıkların dönüş periyotlarının hesapları son derece önemlidir. Kritik kuraklıkları yansıtan değerlerin dönüş periyotları hesaplanırken Eşitlik 2.38'de kullanılan ve BDF grafiğinden elde edilen değerdeki 0.01 oranında bir değer değişimi bile dönüş periyodu hesabında 100 yıllara varan farklara sebep olmaktadır. Diğer illere ait BDF değerleri Ek-2'de sunulmuştur. Bu çalışmada son olarak Kangal istasyonuna ait farklı kesim seviyeleri için verilerin aşma olasılıkları ve dönüş aralıkları Eşitlik 2.37 ve Eşitlik 2.38 kullanılarak hesaplanmıştır.

**Çizelge 3.3** Kangal Örnek İstatistik Değerleri

<b>KANGAL İSTASYONU KURAKLIK SÜRELERİ ( AYLIK ) ÖRNEK İSTATİSTİK DEĞERLERİ</b>				
Kesim Seviyesi	0	-1	-1,5	-2
Olay Sayısı	72	48	25	9
Ortalama	4,069444	1,89583	1,64	2,111111
Std Sapma	4,070943	1,15297	1,11355	1,364225
Çarpıklık	1,944124	1,34104	1,78125	1,267541
$\theta$	1,411765	0,94118	0,4902	0,176471

Aşma olasılığı (Şekil 3.40) ve dönüş periyodu (Şekil 3.41) grafikleri incelendiği zaman kuraklığın şiddeti arttıkça dönüş periyodunun da arttığı görülmüştür. Örneğin beş ay süren bir kuraklığın KS 0.0 (SYİ değerlerine göre) şiddetinde dönüş periyodu değeri 4 yıl iken, KS -1.0 için bu değer 25 yıla yükselmekte, KS -1.5 için 45 yıla, KS -2.0 için 140 yıla yükselmektedir. Buradan da görüldüğü gibi dönüş periyotları şiddetiyle ters yönde artış göstermektedir. İncelenen istasyon için çok şiddetli kuraklıkların tekrarlama olasılığı, daha az şiddetli kuraklıklara oranla daha düşüktür.

Aynı şiddetteki kuraklıkların dönüş periyotları incelendiğinde ise uzun süreli kuraklıkların, kısa süreli kuraklıklara nazaran daha uzun aralıklarla tekrar ettiği görülmektedir. Şekil 3.41 incelendiğinde KS 0.0 şiddetinde üç ay süren bir kuraklıkla her dört yılda bir karşılaşılabileceği ancak aynı şiddette bir kuraklığın on sekiz ay sürme olasılığının yaklaşık yüz yıl olarak tahmin edildiği görülmektedir.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Kuraklık insanoğlunu tehdit eden en önemli doğal afetlerden biridir. Kuraklık üzerine yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır, ancak henüz yeterli düzeye gelmemiştir. Tarih boyunca kuraklık sadece bir bölgeyi ve o bölgenin insanlarını etkileyen bir afet olmamış, o bölgeden başlayıp etkileri dalga dalga yayılan bir afet tablosu çizmiştir. Bu da bu felakete mücadelede ülkelerin ortak bir politikası olması gerektiğini göstermektedir.

Her ne kadar bazı ülkelerde kuraklık inceleme merkezleri bulunsa da bu yeterli olmamaktadır. Dünya genelinde kuraklık takip merkezleri kurulmalı, küresel ısınmaya karşı ortak tedbirler alınmalıdır. Dünya genelinde felakete sebep olabilecek etik olmayan her girişimle şiddetle mücadele eden dünya devletleri kuraklık gibi doğal afetler karşısında daha hassas politikalar izlemelidir.

Ülkemizde de bu konuda yapılan çalışmalar artırılmalı, diğer dünya devletleriyle ortak projeler geliştirilmeli dünya genelinde alınan tedbirler zaman kaybetmeden uygulamaya konulmalıdır. Ülkemiz genel olarak riskli bir coğrafyada yer almaktadır. Bu nedenle ülke genelinde çalışmalar yapılmalı bölgesel koşullara ve Türkiye genel kuraklık durumuna göre tedbirler alınmalı, insanlar ve kurumlar bu konuda bilgilendirilmelidir. Özellikle kritik kuraklıkların yaşanabileceği bölgeler tespit edilmeli, yapılacak yatırımlar gözden geçirilmeli, halk bilinçlendirilmeli, özellikle tarım sektöründe gerekli tedbirler alınmalıdır.

Köyden kente göçün henüz kontrol edilemediği ülkemizde, göçün en önemli sebeplerinden birinin ekonomik koşullar olduğu ve kuraklığın ekonomi üzerinde doğrudan tesirlerinin bulunduğu unutulmamalıdır. Tarım sektörünün yaşanabilecek kuraklıklar karşısında çaresiz kalmaması için kuraklık şiddet ve süreleri üzerindeki çalışmalar artırılmalı, özellikle uzun süreli yaşanabilecek kuraklıklar için tahmin modelleri üzerindeki çalışmalara hız kazandırılmalıdır.

Bu çalışmada kuraklık açısından riskli bölgelerimizden biri olduğu için üzerinde çalışılması gerektiğine inandığımız İç Anadolu Bölgesi ele alınmıştır. Bölgede yer alan 26 istasyona ait kuraklık süreleri kullanılarak kuraklık frekansı analizleri yapılmış nonparametrik ve parametrik yaklaşımlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. İncelenen istasyon verileri ışığında nonparametrik yaklaşımların parametrik yaklaşımlara özellikle frekans histogramlarının çift ve daha fazla tepeli olduğu durumlarda iyi bir alternatif olabileceği görülmüştür.

İncelenen istasyonlara ait frekans histogramlarının çift tepeli olduğu durumlarda Kernel fonksiyonunun ikinci tepe değerlerine oldukça yakın değerler ürettiği görülmüştür. Ankara, Kızılcahamam (Şekil 3.5 ve Şekil 3.6) istasyonlarına ait histogramlardaki ikinci tepe değerlerine en yakın değerleri Kernel fonksiyonu üretmiştir. Parametrik yaklaşımlar ikinci tepe değerlerini yansıtmakta yetersiz kalmışlardır çünkü incelenen parametrik yaklaşımlar temelde tek tepeli grafikler üreten ve bu tepe noktasının sağında ve (veya) solunda parametre değerleriyle orantılı biçimde sürekli azalma gösteren fonksiyonlardır. Kangal KS=-1.0 ve Kaman (Şekil 3.28, Şekil 3.16) verilerine

ait histogramlar üç tepeli histogramlardır. Bu istasyon verileri için parametrik yaklaşımlar ikinci ve üçüncü tepe noktalarının yansıtılmasında yetersiz kalmış nonparametrik yaklaşım bütün tepelere uyum sağlayarak yükselen değerler üretmiştir. Nonparametrik yaklaşım bir diğer üç tepeli histograma sahip Aksaray (Şekil 3.4) için ikinci tepe noktasında yükselme göstermiş, ancak üçüncü tepe noktasında sabit bir değerle devam etmiştir. Aynı nokta için parametrik yaklaşımlar histogram değerlerinin tersi yönünde düşüş göstermişlerdir.

Kritik kuraklıklar olarak adlandırılan uzun süreli kuraklıklara ait veriler frekans histogramlarının sağ kuyruklarında yer almaktadırlar. Çankırı ve Kırşehir illeri verilerine ait Şekil 3.8 ve Şekil 3.15 incelendiğinde 16 aylık kritik kuraklıkların bulunduğu, benzer biçimde Kızılcahamam (Şekil 3.6) ve Divriği'nde (Şekil 3.25) 12 aylık, Yozgat (Şekil 3.31) ve Divriği'nde (Şekil 3.25) 14 aylık, Eskişehir (Şekil 3.9), Kangal  $KS=0.0$  (Şekil 3.27), Karaman (Şekil 3.10), Kaman'da (Şekil 3.16) 18 aylık, Kayseri (Şekil 3.11), Ilgın (Şekil 3.20) ve Karapınar' da (Şekil 3.21) 21 aylık, Beypazarı (Şekil 3.7) ve Ilgın (Şekil 3.20)'da 24 aylık, Zara'da (Şekil 3.26) 35 aylık, Kangal  $KS=-1.0$  (Şekil 3.28) ve Kangal  $KS=-2.0$ 'de (Şekil 3.30) 5 aylık kuraklıklar bulunmaktadır. Kernel fonksiyonu tarafından bu kuraklıkların bulunduğu sınıf aralıklarında, histogram değerlerine yakın değerler üretilirken, parametrik yaklaşımlar sağ kuyruğun sonlarında yer alan bu değerleri yansıtmakta yetersiz kalmıştır. İstasyonlara ait gözlem değerleri için çizilen frekans histogramlarında yükselmeler olmasına rağmen, parametrik yaklaşımlar gittikçe sığla yaklaşan değerler üretmiştir. Bir diğer ifadeyle ikinci tepe noktasında parametrik yaklaşımlar gerekli yükselmeyi gösterememişlerdir. Kritik kuraklıkların

sıklıkları arttıkça frekans histogramlarındaki ikinci tepe değerleri artış göstermektedir. Özellikle bu durumlarda parametrik yaklaşımlar nonparametrik yaklaşımlara nazaran oldukça dezavantajlı durumda kalmaktadırlar. (Şekil 3.8, Şekil 3.6, Şekil 3.26)

Kernel fonksiyonu frekans histogramının sıfır olduğu değerlerde de sıfır veya sıfıra en yakın değerleri üretmiş ardından gelen yükselmelere de uyum sağlamıştır. Ankara (Şekil 3.5), Çankırı (Şekil 3.8), Divriği (Şekil 3.25), Karaman (Şekil 3.10), Karapınar (Şekil 3.21), Kayseri (Şekil 3.11), Kaman (Şekil 3.16) bunlardan bazılarıdır.

Frekans histogramının tek tepeli olduğu durumlarda ise Kernel fonksiyonu ve parametrik yaklaşımlar paralel değerler üretmişlerdir. Develi (Şekil 3.13) istasyonu verileri gibi tek tepeli grafik değerleri incelendiğinde parametrik yaklaşımların ve nonparametrik yaklaşımın yaklaşık değerler ürettiği sapma oranlarının ve OKHK değerlerinin de her iki yaklaşım için birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Ancak tek tepeli bir diğer istasyon olan Konya (Şekil 3.17) istasyonuna ait verilerin histogramında ise nonparametrik yaklaşımın 12 aylık kuraklıkların yansıdığı sınıf aralığında çok az da olsa gereksiz bir yükselme gösterdiği, ikinci bir tepe noktası oluşturduğu gözlemlenmiştir. Aynı istasyona ait BDF incelendiğinde nonparametrik yaklaşımla parametrik yaklaşımların son derece yakın değerler ürettiği gözlemlenmiştir. Bu da 12 aylık kritik kuraklık için yaklaşık tahminlerin üretilmesini sağlamaktadır.

Kangal (Şekil 3.36, Şekil 3.37, Şekil 3.38, Şekil 3.39) farklı kesim seviyeleri için hesaplanan BDF değerleri incelendiğinde kritik kuraklıkların



tahmininde nonparametrik yaklaşımın daha sağlıklı sonuçlar ürettiği gözlemlenmiştir. Kısa süreli kuraklıklar sıkça rastlanan ve zararları büyük boyutlu olmayan kuraklıklardır. Bu çalışmada ele alınan yaklaşımların tamamı, kısa süreli kuraklıkların tahmininde yaklaşık sonuçlar üretmiş, farklı istasyonlar için birbirilerine nazaran avantajlı ve dezavantajlı oldukları durumlar gözlemlenmiştir. Ancak kuraklık tahmin çalışmalarında en çok dikkat edilmesi gereken noktalardan biri; zararları çok yönlü olabilen, ülke ekonomilerinde ve sosyal hayatta ciddi sorunlara neden olan uzun süreli kuraklıkların mümkün olan en sağlıklı biçimde tahmin edilmesi olmalıdır.

Yapılan dönüş aralıkları hesaplarında aynı şiddetteki kısa süreli kuraklıkların daha kısa aralıklarla tekrar ettiği ve uzun süreli kuraklıkların da daha uzun aralıklarla tekrar ettiği görülmüştür. Başka bir ifadeyle aynı şiddetteki uzun süreli kuraklıklarla kısa süreli kuraklıklara nazaran daha nadir karşılaşılmaktadır.

Kuraklık şiddeti arttıkça da dönüş aralığı artmaktadır. Kuraklık şiddeti azaldıkça ise dönüş aralığı azalmaktadır.

Bölgeye ait kuraklık sürelerinin frekans analizlerini konu alan bu çalışma neticesinde, kuraklık analiz çalışmalarında özellikle kritik kuraklıkların sıkça yaşandığı bölgelerde (gözlem değerlerine ait histogramlarının çift tepeli olduğu durumlarda), nonparametrik Kernel yaklaşımın, parametrik yaklaşımlara iyi bir alternatif olabileceği gözlemlenmiştir.

## 5. KAYNAKLAR

1. E. Tümertekin, İktisadi Coğrafya, Kurak Bölgelerde Ziraat, Ankara, 1957
2. M. Trkes, Türkiye'de Kurak Bölgeler ve önemli Kurak Yıllar, Doktora Tezi, İstanbul, 1990
3. A. Nişancı, Türkiye'de Kurak (yada nemli) Alanların Dağılışı, Atatürk Üniv. ve Ed. Fak. Araştırma Derg. Sayı. 7:235-246, 1976
4. B. Çaldağ, S. Sırdaş, L. Şaylan, "Trakya Bölgesinde Kuraklık Durumunun Standart Yağış İndeksi ile Belirlenmesi", İ.T. Uçak ve Uzay Bil. Fak. Meteoroloji Müh. Böl., İSTANBUL, 2002
5. S. Sırdaş, Z. Şen, "GAP Bölgesinde Kurak Dönem zelliklerinin Araştırılması", İ.T., İnşaat Fakültesi Hidrolik A.B.D, İSTANBUL, 2003
6. A. . Kömüşçü, A. Erkan, E. Turgu, "Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu (SPI) ile Türkiye de Kuraklık Oluşum Oranlarının Bölgesel Dağılımı", DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, ANKARA
7. M. Özgürel, G. Pamuk, K. Topçuoğlu, "Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi ile Ege Bölgesinde Kuraklığın İrdelenmesi", Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. **39(1)**, 119-126, 2002
8. . Köse, A. Dorum, "Orta Anadolu Kapalı Havzası Kuraklık Parametrelerinin Olasılık Dağılımı", Turkish J. Eng. Env. Sci. TÜBİTAK, **26**, 85-93, 2002
9. Y.E. Yıldırım, "Salihli Yöresinde Sulama Açıısından Kuraklık Analizi", Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. **39(3)**, 113-120, 2002

- 10.E. Turgu, A. Erkan, A.Ü. Kömüştü, "Meteorolojik Kuraklık Analizinde Normalleştirilmiş Yağış İndeksi (SPI) Modeli", DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, ANKARA
- 11.A. Ü. Kömüştü, A. Erkan, E. Turgu, "Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu (SPI) ile Türkiye de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi", DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı, ANKARA 2002
- 12.G. Pamuk, M. Özgürel, K. Topçuoğlu, "Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi" Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. **41(1)**, 99-106, 2004
- 13.M. K. Yeğnidemir, İç Anadolun Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi(SYİ) Metodu ile Kuraklık Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale, 2005
- 14.J.D. Salas, Analysis and Modeling of Hydrologic Time Series, Handbook of Hydrology, D.R. Maidment, ed., McGraw-Hill, New York 19.1-19.72 (1992)
- 15.J.T. Shiau, H.W. Shen, "Recurrence Analysis of Hydrologic Droughts of Differing Severity", J. Water Resour. Plan. Manage., **127(1)**, 30-40, (2001)
- 16.G.W. Kite, Frequency and Risk Analysis in Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, Colo., 1977
- 17.N.P. Greis, Flood Frequency Analysis: A Review of 1979-1982, U.S National Report Washington 1983
- 18.K. Adamowski, "Nonparametric Kernel Estimation of Flood Frequencies", Water Resources Research, **21(11)**, 1585-1590, 1985
- 19.J.R. Wallis, "Catastrophes, Computing and Containment: Living with our Restles Habitat", Speculation in Sci. Tech., **11(R)**, 295-32H, 1988

20. U. Lall, Y. Moon, "Kernel Flood Frequency Estimators: Bandwidth Selection and Kernel Choice" *Water Resources Research*, **29(4)**, 1003-1015, 1993
21. K. Adamowski, W. Feluch, "Nonparametric Flood-Frequency Analysis With Historical Information", *Journal of Hyd. Eng.* , **116(8)**, 1035-1047, 1990
22. Y. Moon, U. Lall "Kernel Quantile Function Estimator for Flood Frequency Analysis", *Water Resources Research*, **30(11)**, 3095-3103, 1994
23. S.L. Guo, R.K. Kachroo, R.J. Mngodo, "Nonparametric Kernel Estimation of Low Flow Quantiles" *Journal of Hydrology*, **185**, 335-348, 1995
24. T.W. Kim, J.B. Waldes, J. Aparicio, "Frequency and Spatial Characteristic of Droughts in the Conchos River Basin, Mexico", *International Water Resources Association*, **27(3)**, 420-430, 2002
25. T.W. Kim, J.B. Valdes, C. Yoo, " Nonparametric Approach for Estimating Return Periods of Droughts in Arid Regions" *Journal of Hydrologic Engineering*, 237-246, September/October 2003
26. Y. Yevjevich, "An Objective Approach to Definitions and Investigations of Continental Hydrologic Droughts", *Hydrology Paper 23*, Colorado State University, Fort Collins, CO.
27. A. Ü. Kömüşçü, A. Erkan, "Kuraklık ve Türkiye Açısından Genel Değerlendirme", [www.meteor.gov.tr](http://www.meteor.gov.tr)
28. S. Kodal, A.M. Tüzün, "GAP'ta Tarımsal Kuraklık ve Alınabilecek Önlemler", Türkiye'de Kuraklık ve Su Kaynaklarımız konulu panel konuşma metni.
29. [www.kuraklik.com.tr](http://www.kuraklik.com.tr), ocak 2006

- 30.O. Baykan, "Büyük Menderes Havzası Kuraklık Eğilimleri", Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, PAÜ, s. 383-397, 27-30 Eylül 1994, DENİZLİ
- 31.M. Türkeş, "Ispatral and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey", Int. 5. Climatol., **16**, 1057-1076
- 32.Ana Britannica Genel Kültür Ansiklopedisi, Cilt 11, Ana Yayıncılık A.Ş, 1989
- 33.L.J. Ogollo, "Drought and Desertification Report of the CCL Rapportuer on Drought and Desertification in Warm Climates to the tenth Session of the Commission for Climatology" Lisbon,1989
- 34.S. Sırdaş, Meteorolojik Kuralık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması, Doktora Tezi, İ.T.Ü, İstanbul, 2002
- 35.W.C. "Palmer Meteorological Drought U.S.A." Weather Bureau Research Paper,45,58,1965
- 36.T.R. Karl, R.W.Knight "Atlas of Monthly Palmer Hydrologycal Drought Indices (1931-1983) for United States, Historical Climatology Series 3-7, National Climatic Data Center, Asheville, 1985
- 37.W.M. Alley "The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions" Journal of Climatic and Applied Meteorology, **23**, 1100-1109,1984
- 38.B.A. Shafer , L.E. Dezman, Development of a Surface Water Supply Index (SWSI) to Asses The Severity of of Drought Conditions in Snowpact Runoff Areas, Proceedings of the Western Snow Conference,164-175,1982

39. S. Erinç “Yağış Müessiriyeti Üzerine bir Deneme ve yeni bir İndis” İstanbul Ü. Coğr. Enst., 41, İstanbul, 1965
40. T.B McKee, N.S Doesken, J. Kleist, “The Relations of Drought Frequency and Duration to Time Scales”, 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, 17-22 January, CA, 179-184, Anaheim, 1993
41. L. Şaylan, O Şen, M. Kadioğlu, K. Koçak, H. Toros, B. Çaldağ, F. Bakanoğulları, F. Avşar, Ş. Akbay, “Trakya Bölgesinde Kuraklığın, Asit Yağışları ve Yağış Rejiminin Belirlenmesi”
42. T.B McKee, N.S Doesken, J. Kleist, “Drought Monitoring with Multiple Time Scales”, American Meteorological Society, Proceeding of the 9<sup>th</sup> Conferences on Applied Climatology, 233-236, Boston, 1995
43. Anonim, [http:// www.drought.unl.edu/monitor/spi.htm](http://www.drought.unl.edu/monitor/spi.htm), 2003
44. M. Beyazıt, B. Oğuz, Mühendisler için İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul, 1994
45. C.T. Haan, Statistical Methods in Hydrology, The Iowa State University Press/Ames, 1977
46. K. Adamowski, “A Monte Carlo Comparison of Parametric and Nonparametric Estimation of Flood Frequencies”, Journal of Hydrology, 205-308, 1989, Netherlands
47. P.S. Eagleson, “Dynamics of Flood Frequency”, Water. Res. **8(4)**, 779-798, 1972

48. P. Williams, "Compound Intensity / Duration / Frequency Relationships of Extreme Precipitation for two Seasons and two Storm Types", Journal of Hydrology, **233**, 189-205, 1997
49. Z. Şen, "Critical Drought Analysis of Periodic Stochastic Processes", Journal of Hydrology, **46**, 251-263, 1980
50. S. Sırdaş, Z. Şen, "Standart Yağış İndeksinin Isparta için Uygulanması", X. Mühendislik Sempozyumu, 2-3 Haziran, Isparta, 1999
51. B.W. Silberman, Density Estimation for Statistics and Data Analysis, Chapman & Hall, London, 1986

## EKLER

- EK-1** İç Anadolu Bölgesi İstasyonlarına ait OYF grafiklerinin mutlak sapma, Ortalama Karesel Hataların Karekökü ve Korelasyon değerleri.
- EK-2** İstasyonlara ait BDF grafikleri.
- EK-3** İç Anadolu Bölgesi İstasyonlarına ait BDF grafiklerinin mutlak sapma, Ortalama Karesel Hataların Karekökü ve Korelasyon değerleri.



## EK-1

İç Anadolu Bölgesi İstasyonlarına ait OYF grafiklerinin mutlak sapma, Ortalama Karesel Hataların Karekökü ve Korelasyon değerleri.

**Ek 1.1** Bolvadin Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>BOLVADİN</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	1,53494E-05	0,009686159	0,013840717	0,008401974
OKHK	0,046444988	0,073034361	0,069745441	0,056197121
KORELASYON	0,861366293	0,96664337	0,967580747	0,888569874

**Ek 1.2** Aksaray Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>AKSARAY</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000169392	0,005814913	0,005053797	0,003846567
OKHK	0,036622448	0,012173776	0,02225818	0,022700741
KORELASYON	0,890226681	0,990136163	0,977941102	0,955976606

**Ek 1.3** Ankara Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ANKARA</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000113583	0,006786201	0,010732511	0,002620191
OKHK	0,001520241	0,000270491	0,000292901	0,000401474
KORELASYON	0,872915237	0,986631008	0,992101382	0,950572652

**Ek 1.4** K.hamam Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>Kızılcahamam</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000250066	0,006438453	0,001347264	0,002453424
OKHK	0,035981897	0,013797646	0,038240783	0,025610756
KORELASYON	0,875789556	0,986144484	0,846908114	0,937213865

**Ek 1.5** Beypazarı Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>BEYPAZARI</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	6,40889E-05	0,010279151	0,013851559	0,002799579
OKHK	0,031798314	0,020791348	0,031771551	0,031798314
KORELASYON	0,771406396	0,99842829	0,999377597	0,885204046

**Ek 1.6** Çankırı Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ÇANKIRI</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000180165	0,003918171	0,006139529	0,002697081
OKHK	0,031050236	0,018535075	0,016127256	0,01805022
KORELASYON	0,893215436	0,965802218	0,974184118	0,962270704

**Ek 1.7** Eskişehir Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ESKİŞEHİR</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000163947	0,006078939	0,000311657	8,44827E-05
OKHK	0,036508678	0,014276071	0,03768312	0,026049387
KORELASYON	0,8089898	0,977840465	0,791452206	0,913309731

**Ek 1.8** Karaman Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KARAMAN</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	1,6256E-06	0,010218059	0,013995009	0,000481265
OKHK	0,043497559	0,021559409	0,033149522	0,041819155
KORELASYON	0,74834435	0,996323948	0,996395462	0,766298995

**Ek 1.9** Kayseri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KAYSERİ</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	4,80412E-05	0,008058979	0,01097591	0,002154691
OKHK	0,036581398	0,014670777	0,023239609	0,017408473
KORELASYON	0,831806007	0,994172715	0,99667924	0,964752413

**Ek 1.10** Pınarbaşı Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>PINARBAŞI</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,0888654	0,00968976	0,0126543	0,000611649
OKHK	0,051720673	0,015181611	0,031600638	0,043400176
KORELASYON	0,781399913	0,98981739	0,992443023	0,99876369

**Ek 1.11** Develi Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>DEVELİ</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000228876	0,005423155	0,000464746	0,00053755
OKHK	0,029586252	0,017408481	0,028651979	0,011068298
KORELASYON	0,936673344	0,98048625	0,940764643	0,990840331

**Ek 1.12** Kırıkkale Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KIRIKKALE</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	2,32181E-05	0,004448175	0,007210769	0,001031758
OKHK	0,03497715	0,014612682	0,015634342	0,014579912
KORELASYON	0,89083262	0,983428241	0,989102954	0,981830828

**Ek 1.13** Kırşehir Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KIRŞEHİR</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	2,84193E-05	0,004120902	0,007155455	0,00067181
OKHK	0,0294501	0,01816489	0,015684616	0,015007352
KORELASYON	0,92207135	0,973088066	0,982922965	0,983739464

**Ek 1.14** Kaman Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KAMAN</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	3,85149E-05	0,00448277	0,006627545	0,0017518
OKHK	0,032954154	0,021686859	0,02149584	0,021909739
KORELASYON	0,887683126	0,954569334	0,954984386	0,953596543

**Ek 1.15** Konya Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>Konya</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,02192072	0,014995822	0,024968222	0,022107
OKHK	0,036787155	0,030894216	0,046673095	0,034587125
KORELASYON	0,819818234	0,997436404	0,738781152	0,862843632

**Ek 1.16** Kulu Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KULU</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	3,47705E-05	0,010143746	0,012829787	0,006033373
OKHK	0,034959608	0,017190853	0,024156247	0,023698255
KORELASYON	0,876473547	0,993124638	0,99776015	0,957702546

**Ek 1.17** Cihanbeyli Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>CİHANBEYLİ</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,005239756	0,000298012	0,006806668	0,000272872
OKHK	0,03354641	0,017177015	0,036805935	0,021880671
KORELASYON	0,880732461	0,974924738	0,842812043	0,950658419

**Ek 1.18** Ilgın Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ILGIN</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	9,29655E-05	0,008133016	0,012130551	0,00162101
OKHK	0,009641863	0,090183233	0,110138779	0,040261773
KORELASYON	0,822346854	0,966438298	0,964473955	0,914208209

**Ek 1.19** Karapınar Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KARAPINAR</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	5,51285E-05	0,011435773	0,016976373	0,00209555
OKHK	0,051729375	0,025638229	0,043225274	0,025444814
KORELASYON	0,730411484	0,99922831	0,994689792	0,945263164

**Ek 1.20** Nevşehir Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>NEVŞEHİR</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000109216	0,003166139	0,007908343	0,002764125
OKHK	0,038105256	0,017945917	0,021137548	0,023293158
KORELASYON	0,875096236	0,972936182	0,97454459	0,950996363

**Ek 1.21** Niğde Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>NİĞDE</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	5,51993E-05	0,007819951	0,01163232	0,00238605
OKHK	0,046812696	0,013817744	0,02864724	0,039277472
KORELASYON	0,81173968	0,995548153	0,992882728	0,90035303

**Ek 1.22** Sivas Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>SİVAS</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000169745	0,006688374	0,010727402	0,002112633
OKHK	0,039720176	0,015026043	0,020633894	0,023778282
KORELASYON	0,868378956	0,984731232	0,993162993	0,962017742

**Ek 1.23** Divriği Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>DİVRİĞİ</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000262733	0,006118939	3,52849E-05	0,008317867
OKHK	0,036499758	0,016325897	0,033575685	0,016030464
KORELASYON	0,868648541	0,977932385	0,886490721	0,981461046

**Ek 1.24** Zara Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ZARA</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,01863142	0,007028898	0,003065443	0,014907154
OKHK	0,032642289	0,021612567	0,01060762	0,027304469
KORELASYON	0,602022674	0,997426138	0,994272965	0,861302518

**Ek 1.25** Kangal Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KANGAL</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,000389897	0,00641805	0,00795527	0,000814402
OKHK	0,042732871	0,012698156	0,067241234	0,029123531
KORELASYON	0,782083363	0,986872227	0,478682042	0,898068083

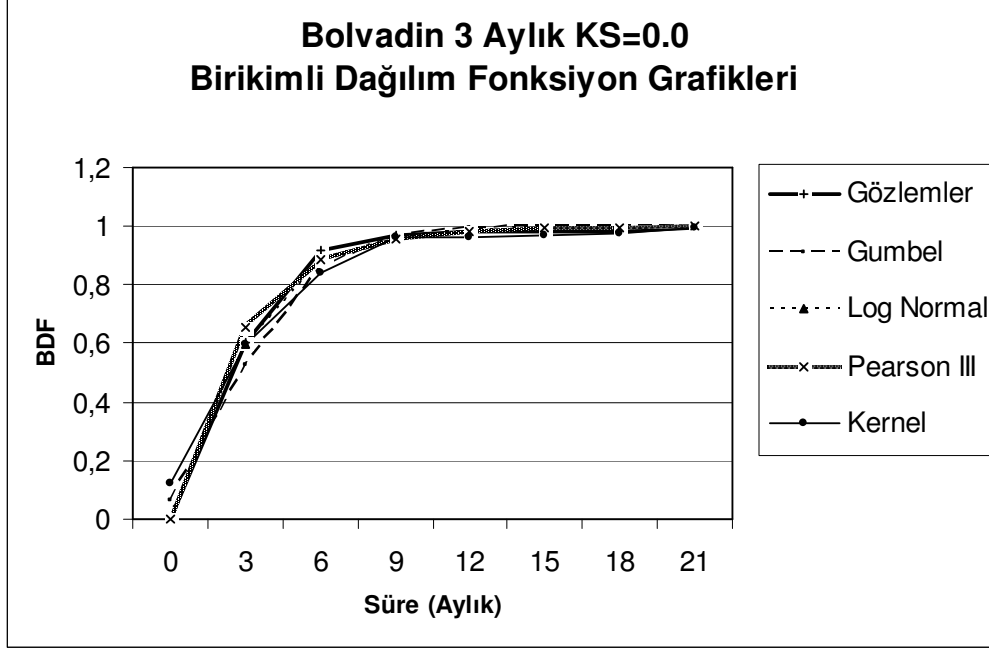
**Ek 1.26** Yozgat Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>YOZGAT</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,021183614	0,013802357	0,020258225	0,034136956
OKHK	0,028450333	0,048855875	0,029597654	0,050145105
KORELASYON	0,841920551	0,993592376	0,875843378	0,844750085

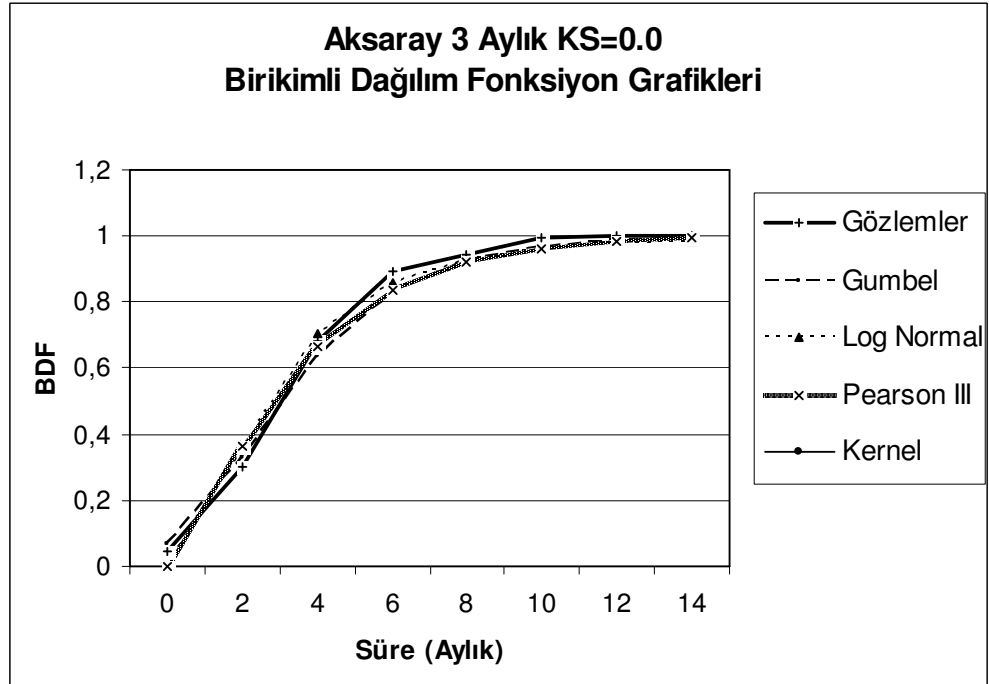
## EK-2

İstasyonlara ait Birikimli Dağılım Fonksiyon (BDF) grafikleri.

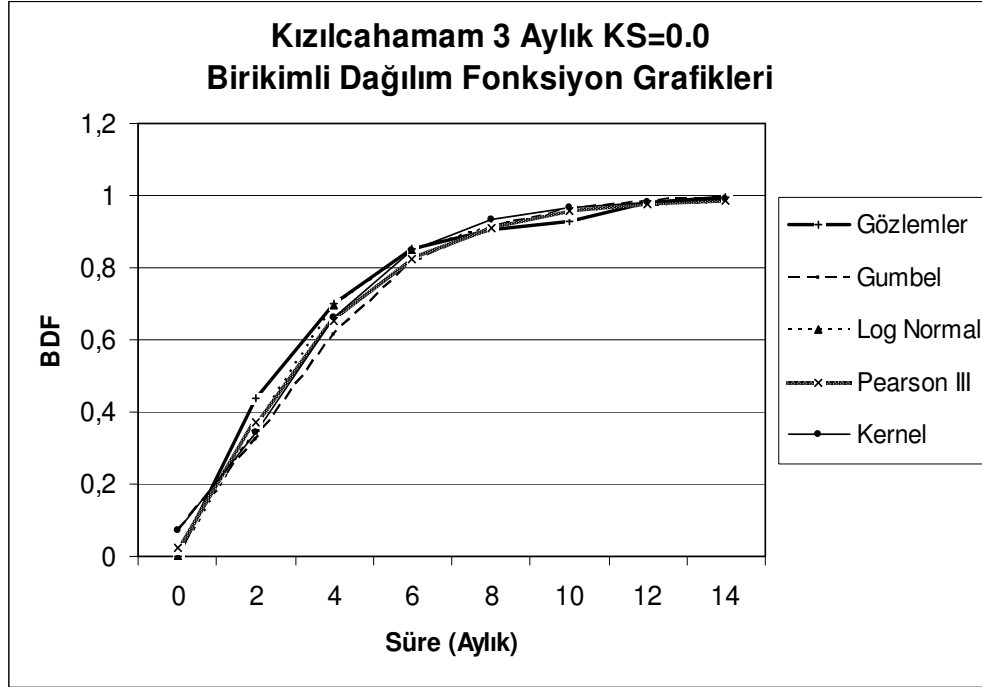




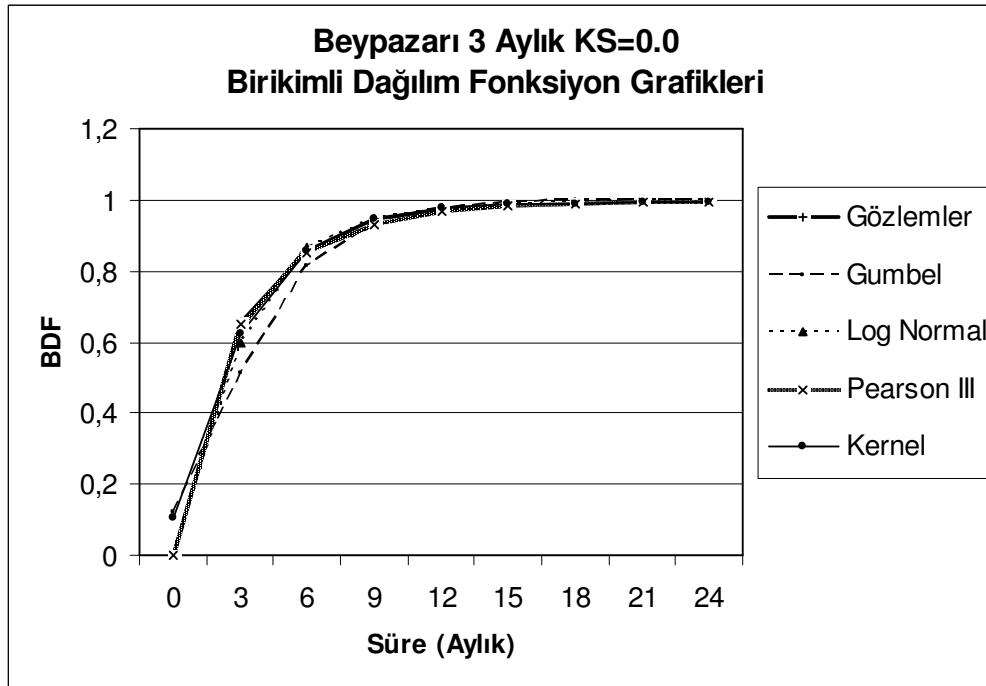
**Ek 2.1** Bolvadin 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



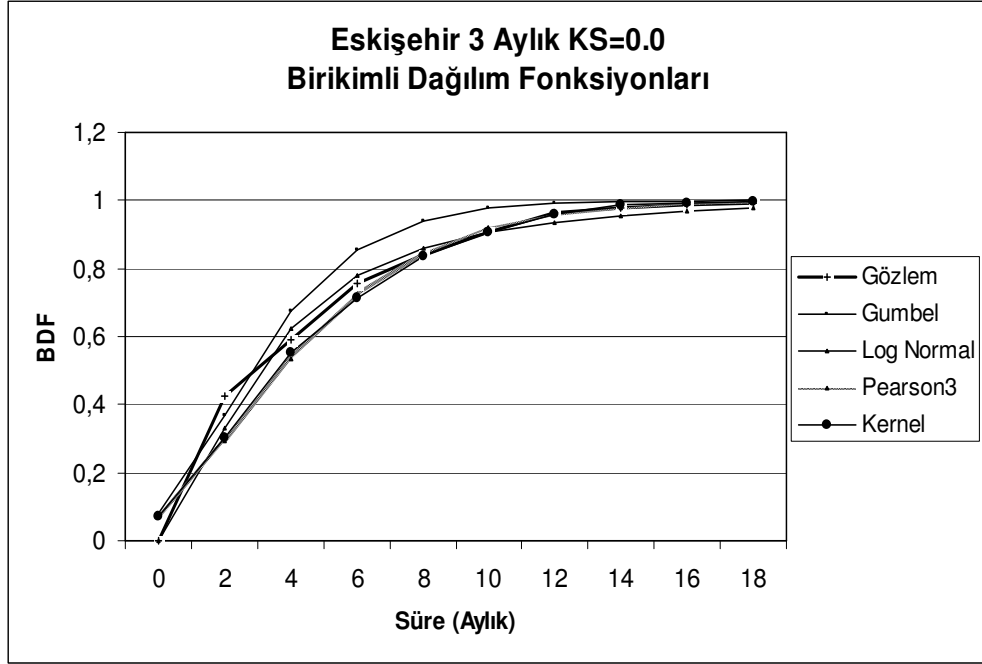
**Ek 2.2** Aksaray 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



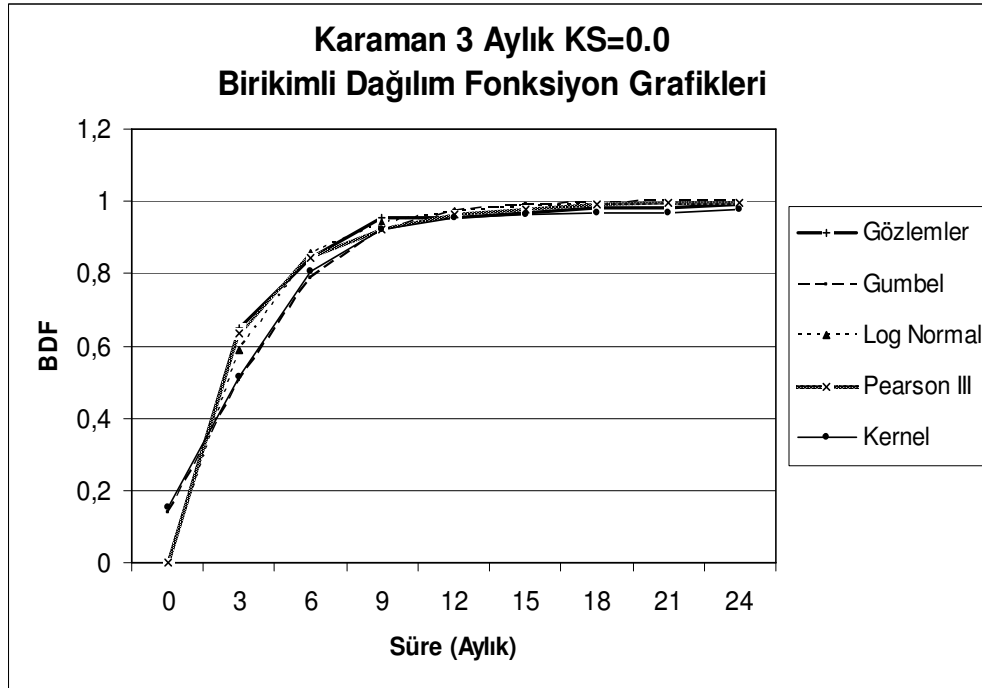
**Ek 2.3** Kızılcahamam 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



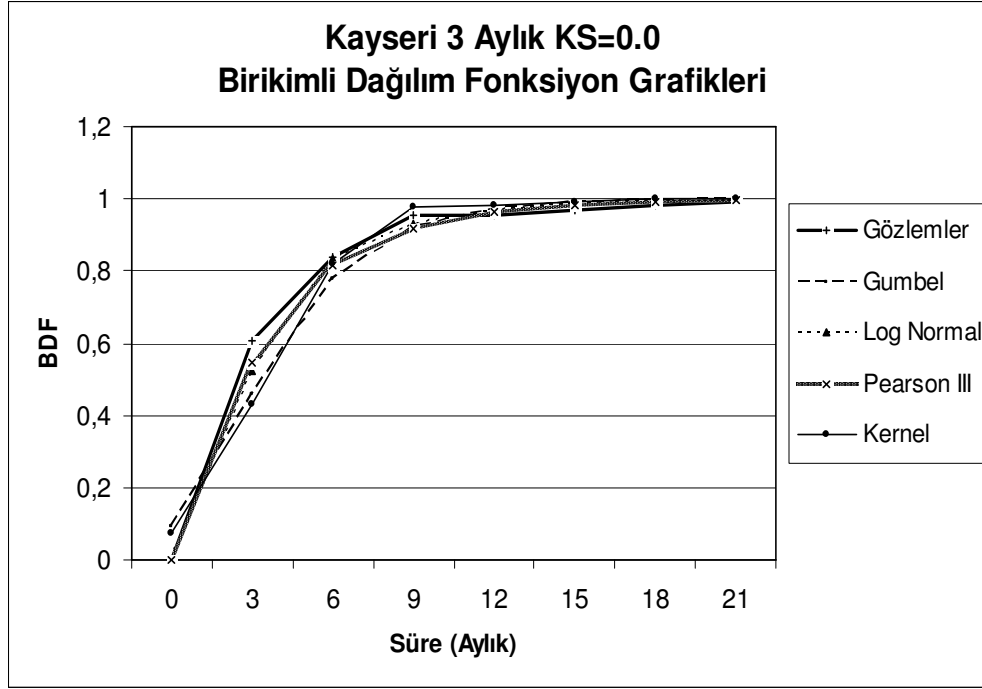
**Ek 2.4** Beypazarı 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



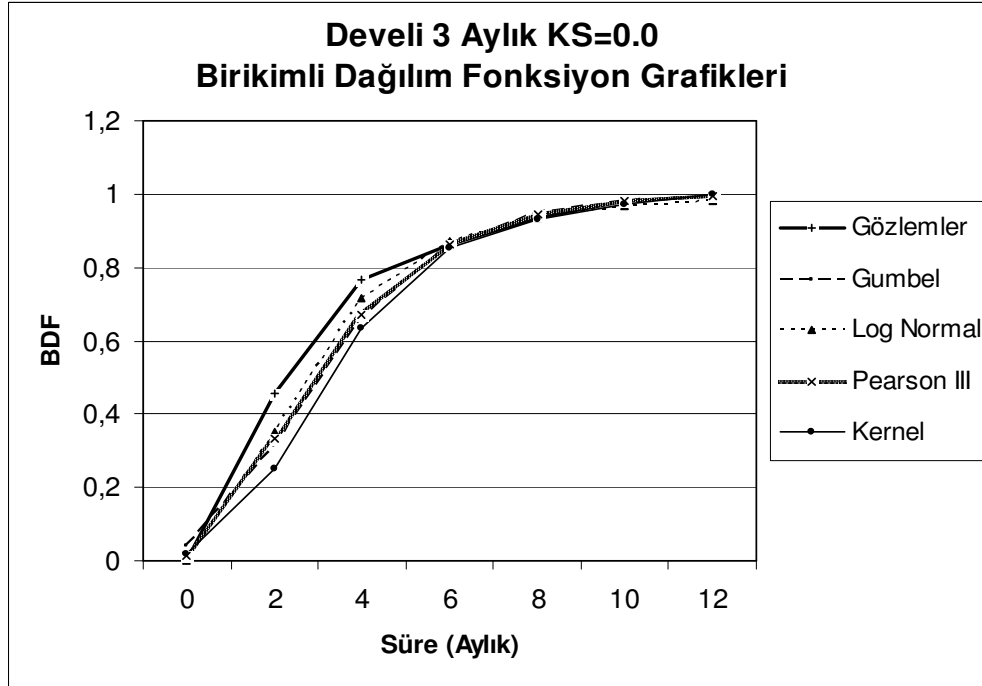
**Ek 2.5** Eskişehir 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



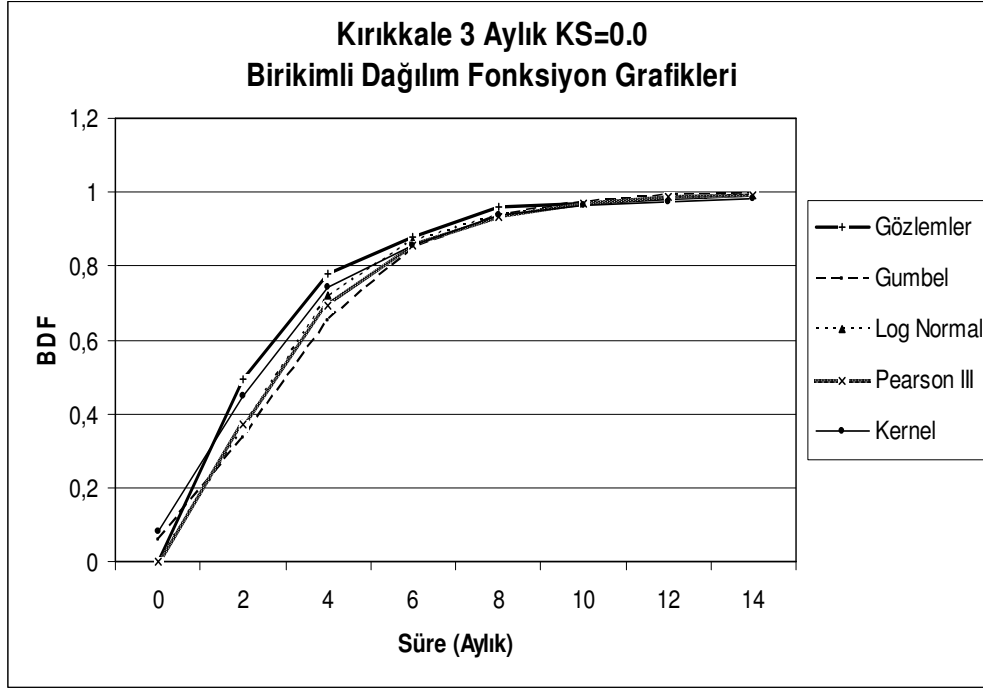
**Ek 2.6** Karaman 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



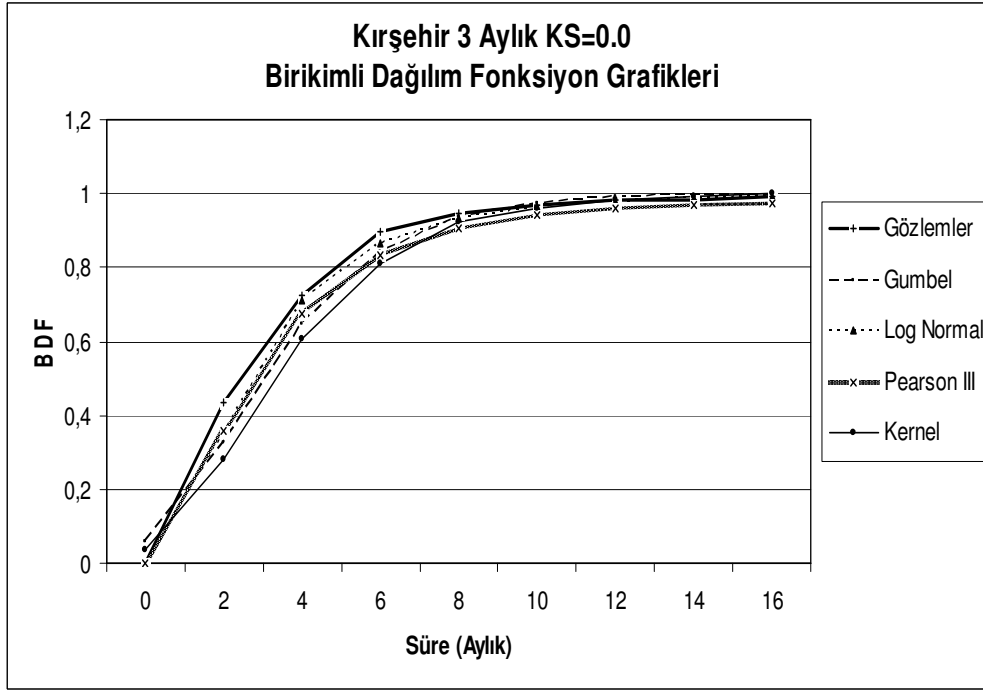
**Ek 2.7** Kayseri 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



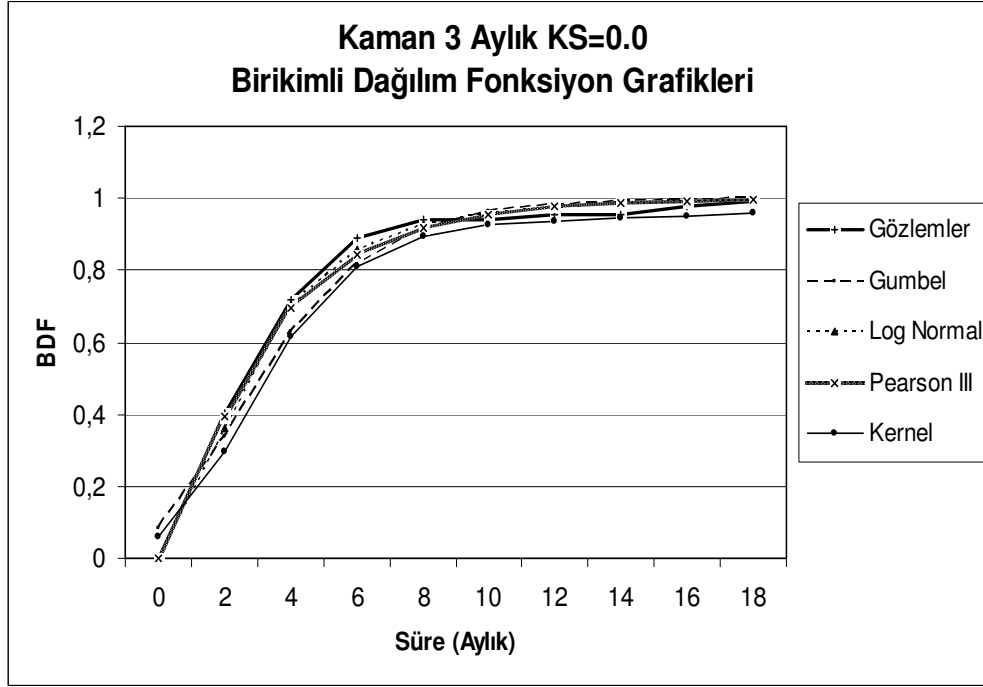
**Ek 2.8** Develi 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



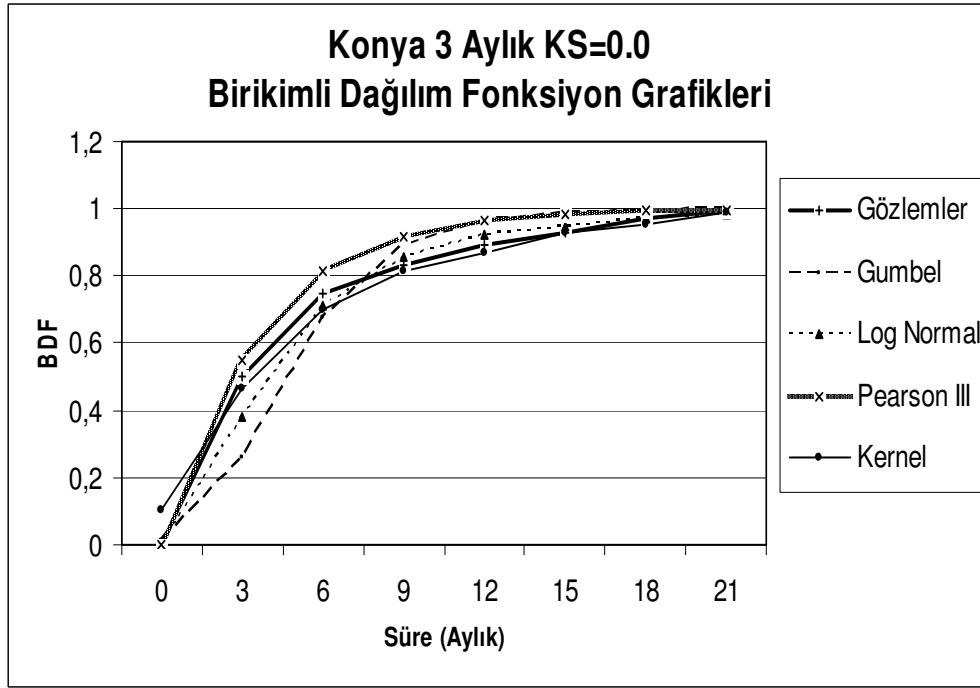
**Ek 2.9** Kırıkkale 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



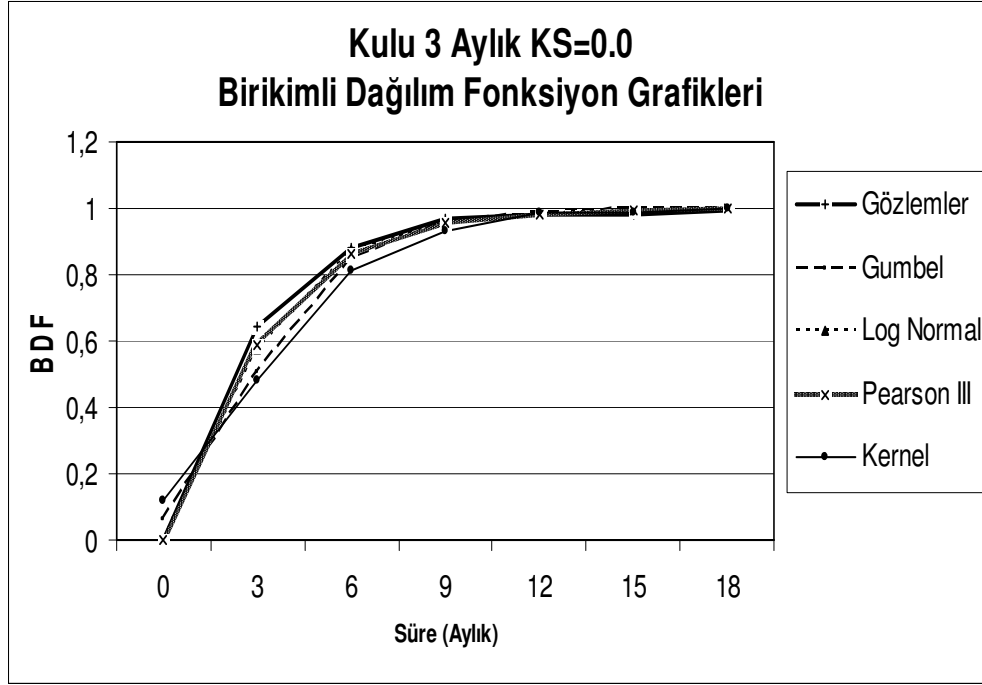
**Ek 2.10** Kırşehir 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



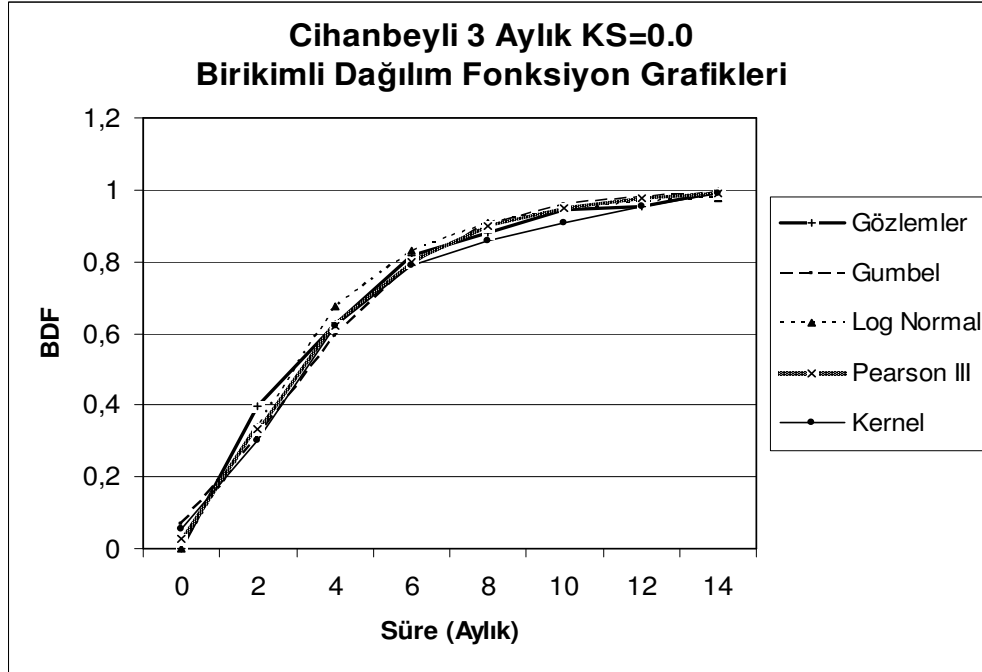
**Ek 2.11** Kaman 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



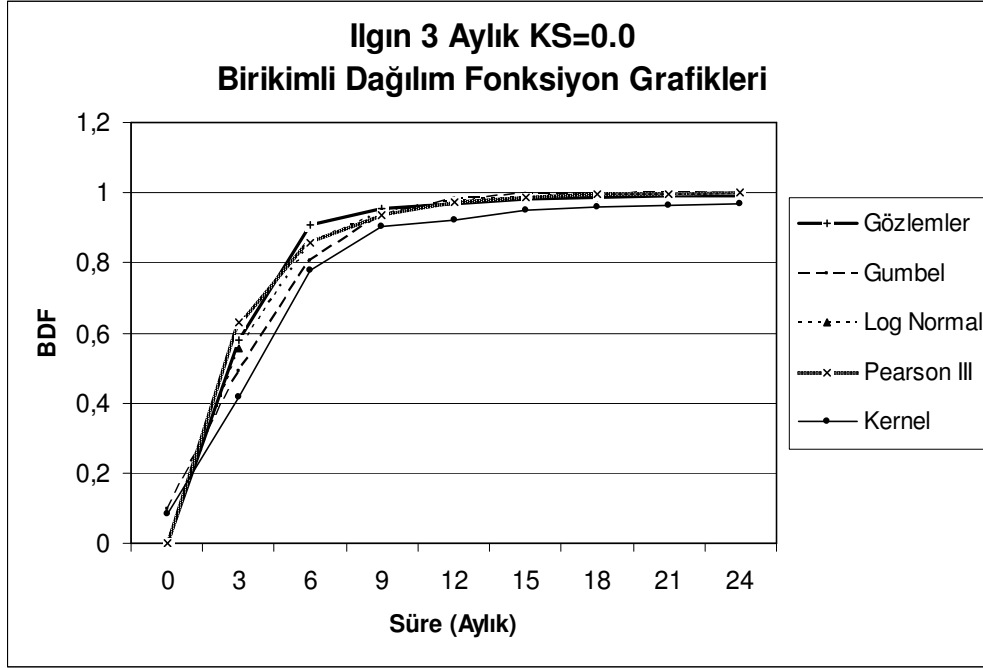
**Ek 2.12** Konya 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



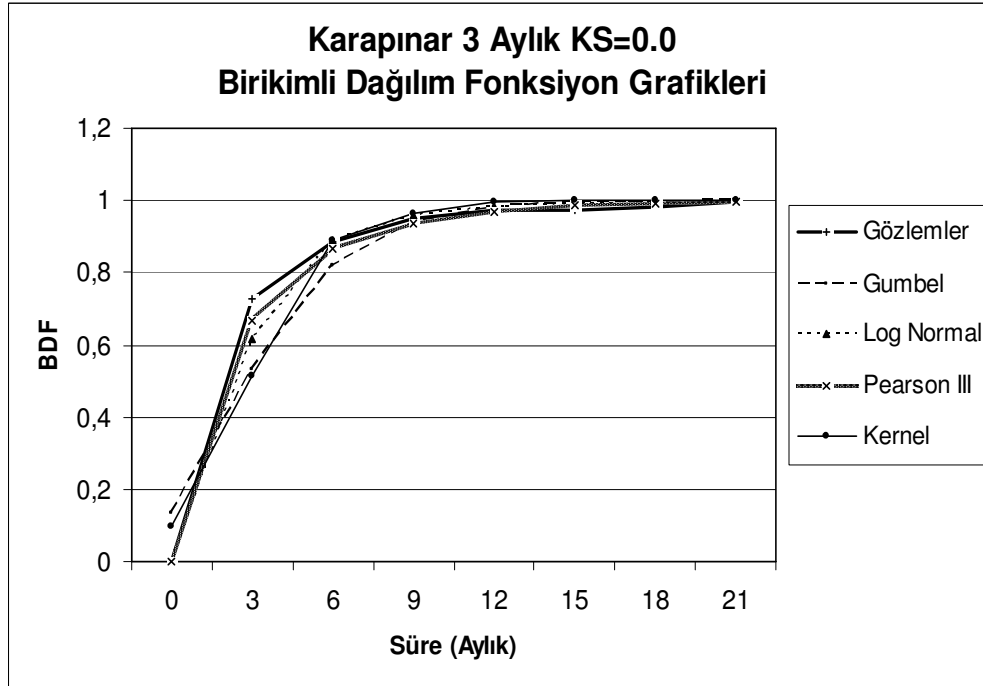
**Ek 2.13** Kulu 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



**Ek 2.14** Cihanbeyli 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.

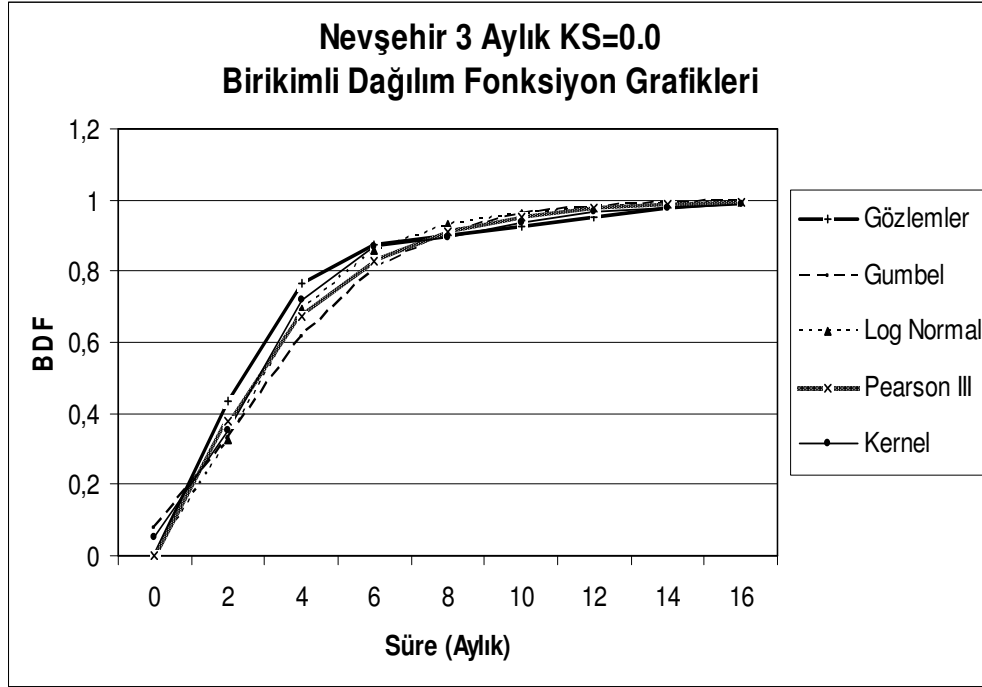


**Ek 2.15** İlgin 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.

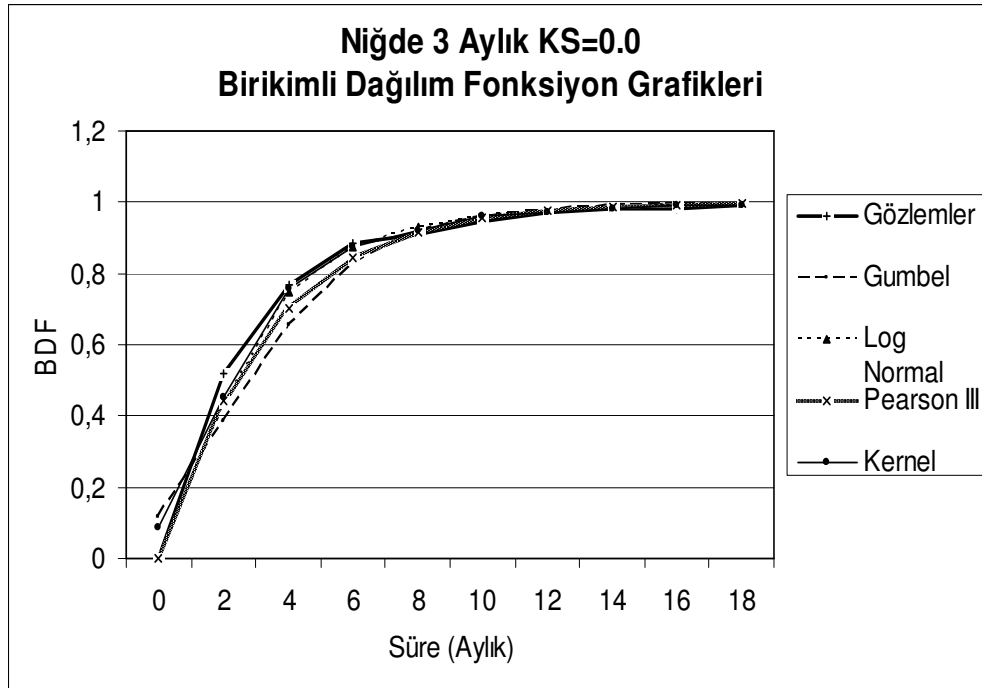


**Ek 2.16** Karapınar 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.

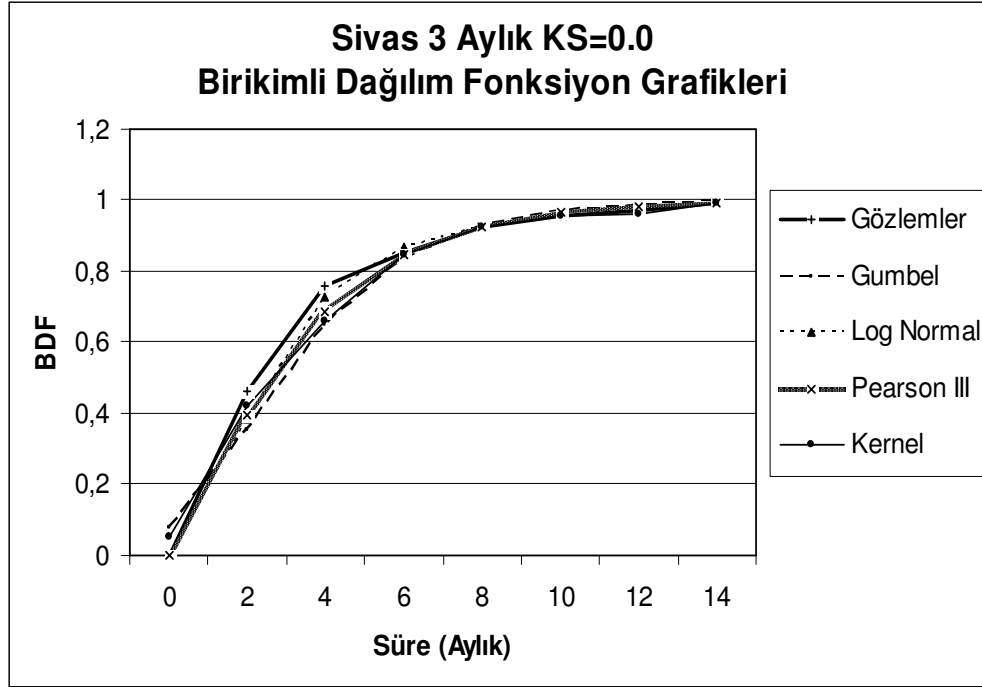




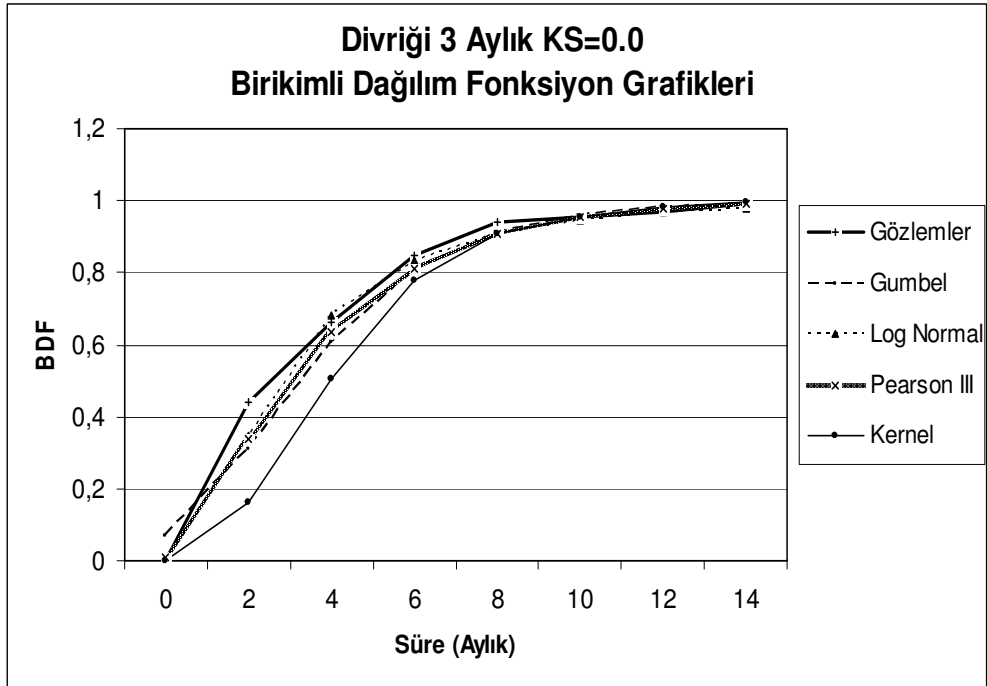
**Ek 2.17** Nevşehir 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



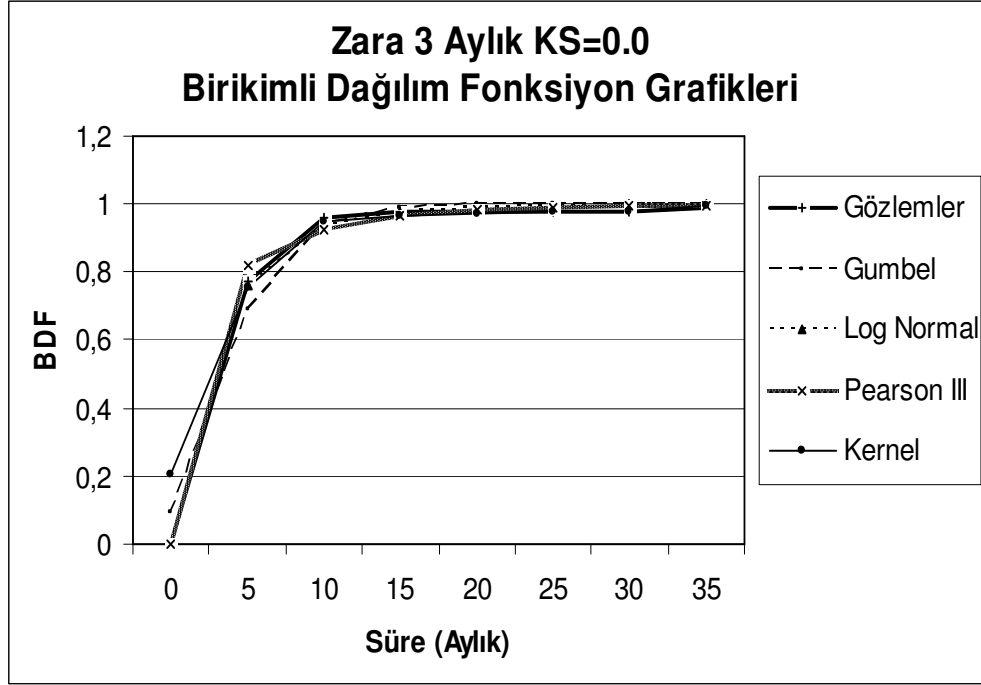
**Ek 2.18** Niğde 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



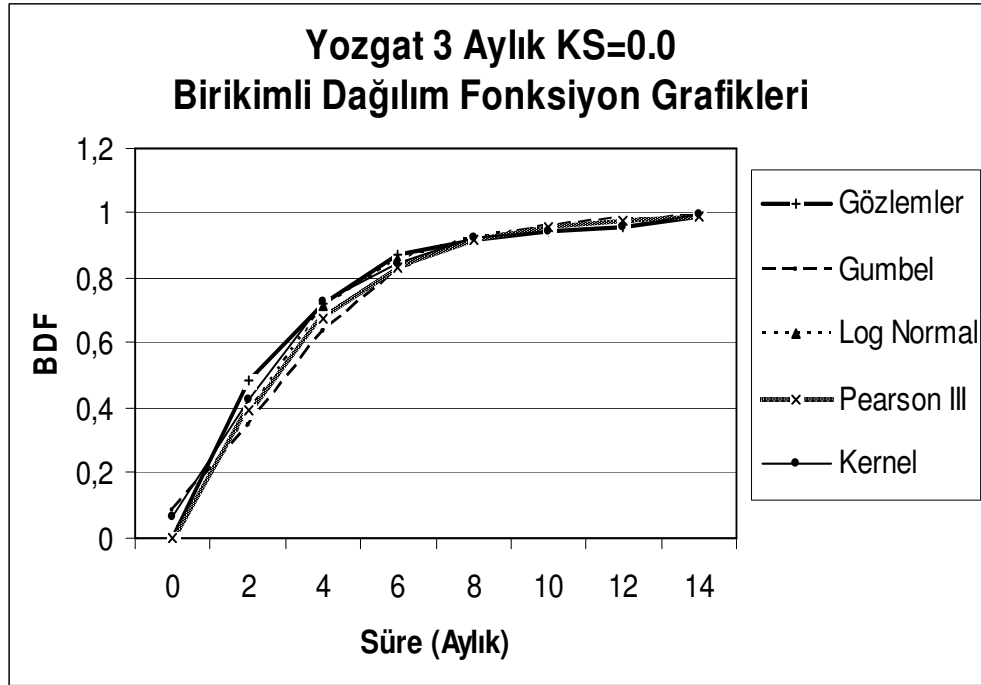
**Ek 2.19** Sivas 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



**Ek 2.20** Divriği 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



**Ek 2.21** Zara 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.



**Ek 2.22** Yozgat 3 aylık K.S: 0.0 BDF Grafikleri.

### **EK-3**

İç Anadolu Bölgesi İstasyonlarına ait BDF grafiklerinin mutlak sapma, Ortalama Karesel Hataların Karekökü ve Korelasyon değerleri.

**Ek 3.1** Aksaray BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>AKSARAY</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,019637872	0,015766121	0,021278621	0,004289009
OKHK	0,068109862	0,040519024	0,047966423	0,067893753
KORELASYON	0,979845103	0,994416883	0,992460716	0,981094812

**Ek 3.2** Ankara BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ANKARA</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,015207825	0,011167827	0,034723382	0,025918227
OKHK	0,061756097	0,032661581	0,044649241	0,051082151
KORELASYON	0,981744614	0,996063091	0,996034625	0,990161979

**Ek 3.3** Beypazarı BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>BEYPAZARI</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,003767506	0,002412251	0,003478918	0,014225477
OKHK	0,063598341	0,018614393	0,006366213	0,068596763
KORELASYON	0,979675382	0,998379483	0,999854851	0,983530435

**Ek 3.4** Bolvadin BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>BOLVADİN</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,002318975	0,001204274	0,004958226	0,000390842
OKHK	0,04132597	0,014259232	0,023459061	0,053267357
KORELASYON	0,9923592	0,9990793	0,997574821	0,994103206

**Ek 3.5** Cihanbeyli BDF Grafikleri Mutlak Sapma ,OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>CİHANBEYLİ</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,001440958	0,003447763	0,001652237	0,016554687
OKHK	0,044591656	0,030203444	0,027546936	0,042932174
KORELASYON	0,99054608	0,996239638	0,996588651	0,992664211

**Ek 3.6** Çankırı BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ÇANKIRI</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,01532329	0,015299514	0,014421736	0,001264843
OKHK	0,054366132	0,030294473	0,027593911	0,02868285
KORELASYON	0,986712693	0,997234278	0,997478533	0,99601374

**Ek 3.7** Develi BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>DEVELİ</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,02720461	0,024078095	0,027949523	0,047962295
OKHK	0,068720812	0,044789588	0,05934078	0,092983378
KORELASYON	0,983307989	0,994364918	0,988958733	0,975669062

**Ek 3.8** Divriği BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>DİVRİĞİ</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,021276895	0,017354802	0,022267302	0,06496362
OKHK	0,058883838	0,036422245	0,04130704	0,117105085
KORELASYON	0,985833832	0,99549263	0,994719043	0,967942877

**Ek 3.9** Eskişehir BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ESKİŞEHİR</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,044298391	0,010934693	0,012504693	0,012569444
OKHK	0,06521487	0,036053501	0,051750387	0,047336925
KORELASYON	0,987756575	0,993883246	0,986897142	0,988984682

**Ek 3.10** Ilgın BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>ILGIN</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,006503522	0,0051279	0,001505434	0,045975572
OKHK	0,055888464	0,019555042	0,025122836	0,079989394
KORELASYON	0,985126889	0,998243482	0,996864655	0,979014976

**Ek 3.11** Kaman BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KAMAN</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,004326179	0,001728224	0,000898224	0,037003124
OKHK	0,052205678	0,022400971	0,023002719	0,058995207
KORELASYON	0,985852718	0,997871088	0,997377898	0,989125449

**Ek 3.12** Kangal BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KANGAL</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,00930984	0,000368247	0,009894801	0,001206149
OKHK	0,070036962	0,026141231	0,07198004	0,038275485
KORELASYON	0,972649567	0,997214771	0,976732381	0,991896333

**Ek 3.13** Karaman BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KARAMAN</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,002329226	8,91519E-05	0,000455819	0,01137423
OKHK	0,071550693	0,02291806	0,013485422	0,070607894
KORELASYON	0,973531125	0,997532495	0,999055184	0,978714826

**Ek 3.14** Karapınar BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KARAPINAR</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,009987165	0,005686899	0,008774399	0,002549279
OKHK	0,086320335	0,039197492	0,02271645	0,083699477
KORELASYON	0,963791197	0,993202952	0,997872603	0,964677677

**Ek 3.15** Kayseri BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KAYSERİ</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,012569556	0,009597001	0,011425572	0,003380322
OKHK	0,072816288	0,035144655	0,030198977	0,074659537
KORELASYON	0,977794754	0,995624762	0,996817408	0,976646523

**Ek 3.16** Kırıkkale BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KIRIKKALE</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,029312868	0,026968205	0,028923761	0,007784268
OKHK	0,07187167	0,049377358	0,05178549	0,035829226
KORELASYON	0,97913168	0,992625357	0,99196967	0,995792182

**Ek 3.17** Kırşehir BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KIRŞEHİR</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,017128951	0,01552804	0,033850262	0,036645951
OKHK	0,051521927	0,029831627	0,040745463	0,072390714
KORELASYON	0,988698472	0,997284745	0,997516411	0,982517966

**Ek 3.18** Kızılcahamam BDF Grafikleri Mutlak Sapma, OKHK, Korelasyon değerleri.

<b>KIZILCAHAMAM</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,015032094	0,010350417	0,012262917	5,99954E-05
OKHK	0,05930366	0,029653056	0,033778196	0,047191697
KORELASYON	0,984234123	0,996854616	0,995340454	0,98932949

**Ek 3.19** Konya BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KONYA</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,009579266	0,013370488	0,043767012	0,006279392
OKHK	0,098111563	0,047084453	0,052840582	0,043894193
KORELASYON	0,967347047	0,991542537	0,996421013	0,994558002

**Ek 3.20** Kulu BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>KULU</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,011013773	0,008832929	0,009075786	0,018389047
OKHK	0,057567727	0,026674687	0,022724166	0,080756469
KORELASYON	0,985920658	0,997401387	0,998175636	0,973845792



**Ek 3.21** Nevşehir BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>NEVŞEHİR</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,015870238	0,010161247	0,014205692	0,006461853
OKHK	0,071325418	0,046867491	0,041618629	0,036331163
KORELASYON	0,975467199	0,991973242	0,993086677	0,993468312

**Ek 3.22** Niğde BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>NİĞDE</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,011547987	0,00590999	0,01398999	0,003444902
OKHK	0,069788773	0,028893793	0,034613243	0,035019995
KORELASYON	0,973123769	0,996394834	0,995121405	0,993970463

**Ek 3.23** Pınarbaşı BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri.

<b>PINARBAŞI</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,001862078	0,028266946	0,004004446	0,001638879
OKHK	0,0725452	0,055813371	0,028374631	0,043971237
KORELASYON	0,974044347	0,989229439	0,99635826	0,99462964

**Ek 3.24** Sivas BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri

<b>SİVAS</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,014859197	0,010939098	0,016576598	0,01285861
OKHK	0,06272048	0,031319791	0,036413927	0,042383185
KORELASYON	0,982077045	0,996538696	0,995567519	0,992398419

**Ek 3.25** Yozgat BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri

<b>YOZGAT</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,016365126	0,010889842	0,018727342	0,000551346
OKHK	0,068114034	0,036068937	0,041644722	0,032480656
KORELASYON	0,97834493	0,995158716	0,994179388	0,995353693

**Ek 3.26** Zara BDF Grafikleri Mutlak Sapma , OKHK ve Korelasyon değerleri

<b>ZARA</b>	Gumbel	Lognormal	Pearson III	Kernel
MUTLAK SAPMA	0,010492783	0,003690627	0,004165627	0,004610585
OKHK	0,045818101	0,014953502	0,022865326	0,016925023
KORELASYON	0,991962331	0,999037335	0,997538971	0,998855625