

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**L - MOMENT TEKNİĞİNE DAYALI HAVZA KARAKTERİSTİK  
DEBİSİNİN TAHMİN EDİLMESİ: DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ**

**DOKTORA TEZİ**

**İnşaat Yük. Müh. Osman Emre YILDIZ**

**HAZİRAN 2012  
TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**L - MOMENT TEKNİĞİNE DAYALI HAVZA KARAKTERİSTİK  
DEBİSİNİN TAHMİN EDİLMESİ: DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ**

**İnşaat Yük. Müh. Osman Emre YILDIZ**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde  
"DOKTOR (İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ)"  
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 22 /05 /2012**  
**Tezin Savunma Tarihi : 18 /06 /2012**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK**

**Trabzon 2012**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**

**İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında**

**Osman Emre YILDIZ Tarafından Hazırlanan**

**L - MOMENT TEKNİĞİNE DAYALI HAVZA KARAKTERİSTİK  
DEBİSİNİN TAHMİN EDİLMESİ: DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 22 / 05 / 2012 gün ve 1457 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**DOKTORA TEZİ**

**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Basri ERTAŞ .....**

**Üye : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK .....**

**Üye : Prof. Dr. Fikri BULUT .....**

**Üye : Prof. Dr. Ümit GÖKKUŞ .....**

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ .....**

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Doktora danışman hocam Prof. Dr. Ömer YÜKSEK' e, doktora eğitimim boyunca göstermiş olduğu ilgi ve alakadan ötürü teşekkürü bir borç bilirim.

Tez izleme komitesinde bulunan hocalarım Prof. Dr. Fikri BULUT ve Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ ' ye katkılarından ötürü teşekkür ederim

Gümüşhane Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Yrd. Doç. Dr. Fatih SAKA ' ya yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Osman Emre YILDIZ

Trabzon 2012

## TEZ BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “L - MOMENT TEKNİĞİNE DAYALI HAVZA KARAKTERİSTİK DEBİSİNİN TAHMİN EDİLMESİ: DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ” başlıklı bu çalışmayı, baştan sona kadar danışmanım Prof.Dr. Ömer YÜKSEK’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma süresince bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 22 /05 / 2012

Osman Emre YILDIZ

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ .....	III
TEZ BEYANNAMESİ .....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	VIII
SUMMARY .....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	:X
TABLolar DİZİNİ .....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER .....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Tez Konusunun Tanıtımı .....	1
1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.1.3. Tezin Genel Yapısı.....	2
1.2. Debi verilerinin Analizi .....	3
1.2.1. Debinin Önemi ve Kullanıldığı Yerler.....	3
1.2.2. Debi Verilerinin Analiz Yöntemleri .....	5
1.2.3. İstasyon Akım Verilerinin Uygunluk Analizi ve Homojenliğin Elde Edilmesi .....	6
1.2.4. Bölgesel Frekans Dağılımının Seçimi.....	11
1.2.5. Olasılık Dağılım Fonksiyonları İçin Uygunluk Testleri (Sınamalar) .....	11
1.2.5.1. Ki-Kare ( $\chi^2$ ) Testi .....	12
1.2.5.2. Kolmogorov- Smirnov (K-S) Testi .....	12
1.2.5.3. Olasılık Çizgisi Korelasyon Testi (OÇKT).....	13
1.2.6. Bölgesel Frekans Dağılımın Parametre Tayini .....	14
1.2.7. Parametre Tahmin Yöntemleri.....	14
1.2.7.1. Genel Bilgiler.....	14
1.2.7.2. Maksimum Olabilirlik Yöntemi.....	16
1.2.7.3. Momentler Yöntemi.....	16

1.2.7.4.	Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi .....	17
1.2.7.5.	L-Momentler Yöntemi .....	19
1.2.8.	Tahmin Edilen Değerlerin Doğruluğunun Belirlenmesi .....	24
1.2.9.	Regresyon Analizi .....	25
1.2.9.1.	Giriş .....	25
1.2.9.2.	Çoklu Regresyon Analizi .....	25
1.2.9.3.	Standart Hata .....	26
1.2.9.4.	Çoklu Belirlilik Katsayısı .....	26
1.2.9.5.	Bağımsız Değişkenlerin Belirlenmesi .....	26
1.2.9.6.	Regresyon Modellerinin Anlamlılığı .....	27
1.2.9.7.	Lineer (İkili) ve Çoklu (Multi) Regresyon .....	27
1.3.	Literatür Özeti .....	28
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	37
2.1.	Doğu Karadeniz Havzasının Tanıtımı .....	37
2.2.	Çalışmada Kullanılan Veriler .....	39
2.2.1.	Debi Verileri .....	39
2.2.2.	Topoğrafik ve İklimsel Veriler .....	39
2.3.	Verilerin Analiz Yöntemleri .....	44
3.	BULGULAR .....	46
3.1.	Akım Gözlem ve Meteoroloji İstasyonu Verileri .....	46
3.2.	Havza AGİ ve DMI' leri İçin İklimsel ve Topoğrafik Karakteristikler .....	46
3.3.	Havza AGİ ler İçin Olasılık Ağırlıklı Momentler, L-Moment Oranları, Homojenlik ve Uyumsuzluk Ölçülerinin Elde Edilmesi .....	48
3.4.	Olasılık Dağılım Fonksiyonu Uygunluk Testlerinin Havza Akım Verilerine Uygulanması .....	50
3.5.	Ölçülen Akım Normal ve Logaritmik Değerleri İçin Çoklu ve Lineer İlişkilendirmelere Ait İstatistikler .....	52
3.6.	Ölçülen Akım Normal ve Logaritmik Değerleri Örnek ortalaması, Varyans, Şekil ve Yer Parametreleri İçin Çoklu ve Lineer İlişkilendirmelere Ait İstatistikler .....	53
3.7.	Ölçülen Akım Normal ve Logaritmik Değerleri Örnek Ortalaması, Standart Sapma, Örnek Ortalama Logaritması ve Standart Sapma Logaritması İçin Çoklu ve Lineer İlişkilendirmelere Ait İstatistikler .....	54

4.	İRDELEME .....	57
5.	SONUÇLAR .....	66
6.	ÖNERİLER .....	69
7.	KAYNAKLAR .....	71
8.	EKLER.....	78

## ÖZGEÇMİŞ



Doktora Tezi

ÖZET

L - MOMENT TEKNİĞİNE DAYALI HAVZA KARAKTERİSTİK  
DEBİSİNİN TAHMİN EDİLMESİ: DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ

Osman Emre YILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK  
2012, 77 Sayfa, 17 Ek Sayfa

Bu çalışmada, akım verisi bulunmayan veya yetersiz olan havzalarda debinin tahmin edilebilmesi için, Doğu Karadeniz Havzası'ndaki 39 adet akım gözlem istasyonu (AGİ) kullanılmıştır. Her bir AGİ' nin 10 yıllık debi değerleri, koordinat bilgileri ve bölgede bulunan meteoroloji istasyonlarının, sıcaklık, yağış ve koordinat bilgileri temin edilerek drenaj alanları sınırları çizilmiştir. Thiessen Metodu kullanılarak havzaların yıllık toplam yağış ve sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Debi verilerinin Ki-Kare ve olasılık çizgileri korelasyon testleri ile bazı dağılımlara uygunlukları sınanmış ve her bir istasyon için varyans analizi yapılmıştır. Debi verilerinden yola çıkılarak her bir istasyon için sırasıyla olasılık ağırlıklı momentler, L-momentler ve L-moment oranları bulunmuştur. L-moment oranlarına göre en uygun dağılım olarak Lognormal Dağılım belirlenmiş ve bu dağılımın parametreleri her bir AGİ' nin topoğrafik ve iklimsel parametreleriyle ilişkilendirilmiştir. Havza bağımlı değişkeni olarak debi, havza bağımsız değişkenleri olarak topoğrafik özelliklerden drenaj alanı, drenaj yoğunluğu, toplam akarsu uzunluğu ve akarsu kollarının ortalama eğimi; iklim özelliklerinden ise, ortalama yıllık toplam yağış yüksekliği ile yıllık ortalama sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Bu maksatla lineer/lineer olmayan ikili ve çoklu ilişkilendirmeden faydalanılmıştır. Her iki yöntemle bulunan korelasyon katsayılarının yüksek ve denklemlerin rölatif hatalarının kabul edilebilir düzeyde olması, denklemlerin güvenilir olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Debi, Doğu Karadeniz, L-momentler, Regresyon Analizi

PhD. Thesis

SUMMARY

PREDICTION OF L-MOMENT TECHNIQUE BASED BASIN CHARACTERISTIC  
DISCHARGE: A CASE STUDY IN THE EASTERN BLACK SEA

Osman Emre YILDIZ

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK  
2012, 77 Pages, 17 Pages Appendix

In this study, in order to estimate flow for basins which have insufficient or unavailable flow data, the data of 39 streamflow gauging stations (SGS) in the Eastern Black Sea have been used. 10 yearly discharge values and location data for each SGS, as well as, temperature, precipitation and location data for meteorological stations have been obtained and drainage areas have been determined. Annual temperature and precipitation values for each SGS were calculated by Thiessen Method. The fitness of the discharge data to some statistical distributions were tested by both chi-square and probability plot correlation tests and variance analysis was applied for each station. Depending on the discharge data, weighted moments, L moments and L moment ratios were calculated for each station. The best fit distribution was determined as the Lognormal Distribution by L moment ratios and the parameters of lognormal distribution have been correlated by topographic and climatic parameters of each SGS. Discharge values and some topographic data were selected as independent and dependent variables, respectively. Drainage area and stream density, total stream length and mean slope of tributary values were topographic; and mean annual precipitation height and temperature values were climatic parameters. Both linear and nonlinear simple and multi regressions were studied for the analysis. It has been determined that the correlation coefficients are high and the relative errors are at acceptable levels and it has been concluded that these equations are reliable.

**Key Words:** Discharge, Eastern Black Sea, L-Moments, Regression Analysis

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Şekil 1. Doğu Karadeniz Havzası .....	37
Şekil 2. Doğu Karadeniz Havzası AGİ'ler ve akarsu kolları .....	38
Şekil 3. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve Thiessen çokgenleri .....	41
Şekil 4. Seçilen parametrelili dağılımlar için L-basıklık ve L-çarpıklık moment oranları arasında literatürde yer alan ilişki.....	59
Şekil 5. Seçilen parametrelili dağılımlar için Doğu Karadeniz Havzası L-basıklık moment oranları ( $t_4$ ) ve L-çarpıklık moment oranları ( $t_3$ ) arasındaki ilişki ...	60
Ek Şekil 1. Doğu Karadeniz Havzasının Alan - q (Birim Debi) ilişkisi.....	89
Ek Şekil 2. Doğu Karadeniz Havzası için Alan-Qort ilişkisi .....	89
Ek Şekil 3. Doğu Karadeniz Havzası için Sıcaklık-Qort ilişkisi .....	89
Ek Şekil 4. Doğu Karadeniz Havzası için Yağış-Qort ilişkisi.....	90
Ek Şekil 5. Doğu Karadeniz Havzası için Yükselti-Qort ilişkisi.....	90

## TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) için kritik değerler.....	8
Tablo 2. Bazı dağılımlar için varolan istatistiklerin ortalamalar, varyanslar ve çeşitli fonksiyonlar cinsinden ifade edilmesi.....	23
Tablo 3. Çalışmada kullanılan AGİ'lerin 10 yıllık gözlem süreleri.....	40
Tablo 4. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları özellikleri.....	42
Tablo 5. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları sıcaklık değerleri gözlem sürelerinin yıllara göre dağılımı.....	43
Tablo 6. Doğu Karadeniz Havzası AGİ'ler için bazı iklimsel ve topoğrafik karakteristikler.....	47
Tablo 7. Doğu Karadeniz Havzası AGİ'ler için olasılık ağırlıklı momentler, L-momentler, moment oranları, homojenlik ve uyumsuzluk ölçüleri.....	49
Tablo 8. Log-Pearson Tip 3 (LPE3), Gumbel, Lognormal ve Weibull dağılımları için Ki-Kare uygunluk testi hesap değerleri ( $\chi^2h$ ).....	50
Tablo 9. Log-Pearson Tip 3 (LPE3), Gama, Lognormal ve Weibull dağılımları için Olasılık Çizgileri Korelasyon uygunluk testi hesap değerleri ( $r$ ).....	51
Tablo 10. Ölçülen akım değerleri için lineer ve logaritmik lineer regresyon istatistikleri.....	52
Tablo 11. Ölçülen akım değerleri ve yeni denklemler için çoklu regresyon istatistikleri.....	53
Tablo 12. Logaritmik akım değerleri ve yeni denklemler için logaritmik çoklu regresyon istatistikleri.....	53
Tablo 13. Ölçülen akım değerleri ve yeni denklemler için çoklu regresyon istatistikleri.....	54
Tablo 14. $\mu$ , $S_x$ , $\log \mu$ ve $\log S_x$ değerleri için çoklu regresyon istatistikleri.....	55
Tablo 15. $\mu$ , $\log \mu$ , $S_x$ , $\log S_x$ 'in yeni denklemlerine ait istatistikler.....	55
Tablo 16. $\mu$ , $S_x$ , $\log \mu$ ve $\log S_x$ değerleri için çoklu regresyon istatistikleri.....	56
Tablo 17. Dağılım parametrelerinin ( $\mu$ , $\sigma$ , $\eta$ ve $\zeta$ ) çoklu ve lineer regresyonla akım değeriyle ilişkilendirilmesi sonucu oluşan üstünlük (başarı) sıralaması.....	64
Tablo 18. Lognormal dağılım normal ve logaritmik $\mu$ ve $S_x$ değerlerinin havza bağımsız değişkenleriyle ilişkilendirilmesi sonucu oluşan üstünlük (başarı) sıralaması.....	64
Tablo 19. Doğu Karadeniz Havzası bazı akım gözlem istasyonları için regresyon denklemi sonucunda hesaplanan debilerin ölçülen debilerle karşılaştırılması.....	65
Ek Tablo 1. Ölçülen akım değerleri için lineer ve logaritmik lineer regresyon varyans analizi.....	78
Ek Tablo 2. Ölçülen akım değerleri için lineer ve logaritmik lineer regresyon katsayıları.....	79
Ek Tablo 3. Ölçülen akım değerleri ve yeni denklemler için çoklu regresyon varyans analizi.....	79
Ek Tablo 4. Ölçülen akım değerleri ve yeni denklem çoklu regresyon katsayıları.....	80

Ek Tablo 5. Logaritmik akım değerleri ve yeni denklemler için logaritmik çoklu regresyon varyans analizi.....	81
Ek Tablo 6. Logaritmik akım değerleri ve yeni denklemler için çoklu regresyon katsayıları.....	81
Ek Tablo 7. $\mu$ , $\sigma$ , $\eta$ ve $\zeta$ parametreleri için çoklu regresyon varyans analizi.....	82
Ek Tablo 8. $\mu$ , $\sigma$ , $\mu$ ve $\zeta$ parametreleri için çoklu regresyon katsayıları.....	82
Ek Tablo 9. $\mu$ , $\sigma$ , $\eta$ ve $\zeta$ parametreleri için lineer regresyon varyans analizi.....	83
Ek Tablo 10. $\mu$ , $\sigma$ , $\eta$ ve $\zeta$ parametreleri için lineer regresyon katsayıları.....	84
Ek Tablo 11. $\mu$ , $S_x$ , $\log \mu$ ve $\log S_x$ değerleri için çoklu regresyon varyans analizi.....	85
Ek Tablo 12. $\mu$ , $S_x$ , $\log \mu$ ve $\log S_x$ değerleri için çoklu regresyon katsayıları.....	86
Ek Tablo 13. $\mu$ , $\log \mu$ , $S_x$ , $\log S_x$ 'in yeni denklemleri için çoklu regresyon varyans analizi.....	87
Ek Tablo 14. $\mu$ , $S_x$ , $\log S_x$ 'in yeni denklemleri için çoklu regresyon katsayıları.....	88
Ek Tablo 15. $\mu$ , $\sigma$ , $\eta$ ve $\zeta$ parametreleri diğer dağılım için çoklu regresyon istatistikleri.	91
Ek Tablo 16. $\mu$ , $\sigma$ , $\eta$ ve $\zeta$ parametreleri diğer dağılım için çoklu regresyon varyans analizi.....	91
Ek Tablo 17. $\mu$ parametresi için çoklu regresyon katsayıları.....	91
Ek Tablo 18. $\sigma$ parametresi için çoklu regresyon katsayıları.....	92
Ek Tablo 19. $\eta$ parametresi için çoklu regresyon katsayıları.....	92
Ek Tablo 20. $\zeta$ parametresi için çoklu regresyon katsayıları.....	93

## SEMBOLLER DİZİNİ

AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
DSİ	: Devlet Su İşleri
Mİ	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
A	: Drenaj alanı (km <sup>2</sup> )
$L_{top}$	: Toplam akarsu uzunluğu (km)
r	: Korelasyon katsayısı
$r^2$	: Belirleme katsayısı
R	: Çoklu korelasyon katsayısı
$R^2$	: Çoklu belirleme katsayısı
$S_{ort}$	: Yıllık ortalama sıcaklık (°C)
$S_x$	: Örneklem standart sapması
Q	: Ölçülmüş olan debi değeri (m <sup>3</sup> /sn)
$Q_T$	: Tahmin edilen debi değeri (m <sup>3</sup> /sn)
$\mu$	: Örneklem ortalaması
$Y_d, DY$	: Drenaj yoğunluğu (m/km <sup>2</sup> )
$Y_{top}$	: Yıllık toplam yağış ortalaması (mm)
VAF	: Varyans artış faktörü
$\alpha$	: Anlamlılık düzeyi
$\sigma$	: Ana kütle varyansı
$D_i$	: Uyumsuzluk ölçüsü
$H_i$	: Heterojenlik ölçüsü
$t$	: L-cv; değişim katsayısı moment oranı, birinci derece moment oranı
$t_3$	: L-cs; Çarpıklık moment oranı, üçüncü derece moment oranı
$t_4$	: L-ck; Basıklık moment oranı, dördüncü derece moment oranı
$V_1, V_2, \dots$	: Ağırlıklı standart sapmalar
N	: İstasyon sayısı, veri sayısı
$X_m$	: Gözlem değeri
$F(x_m)$	: Teorik olasılık

$P_m$	: Deneysel olasılık
$Z$	: Dağılım ölçüsü uygunluğu
oyf	: Olasılık yoğunluk fonksiyonu
$\zeta, \eta, \mu, \sigma$	: Regresyon dağılım parametreleri
$k, s, \gamma, \lambda$	: Dağılım parametreleri
$M, M_1,$	: Momentler
$L, L_1, \dots$	: Olasılık ağırlıklı momentler
$\Gamma$	: Gama fonksiyonu
erf	: Hata fonksiyonu
SH	: Standart hata
OAE	: Ortalama akarsu eğimi
$\chi^2_h$	: Ki-kare ve ilgili diğer dağılımlar için hesap değeri
DW	: Durbin Watson katsayısı
TSH	: Tahmin standart hatası
SD	: Serbestlik derecesi
Y	: Yükselti (m)
S	: Sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )
P	: Yağış (mm)
p	: Olasılık
F	: Fonksiyon Değeri
PWM	Olasılık Ağırlıklı Momentler

## **1. GENEL BİLGİLER**

### **1.1. Giriş**

#### **1.1.1. Tez Konusunun Tanıtımı**

Su kaynaklarından etkin şekilde yararlanılması, doğanın dengesini bozmadan suyun depolanması, sulama ve su temininin sağlanması gibi pek çok değişik konuda suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristiklerinin iyi tanınmasına ihtiyaç vardır. Hidrolojik çalışmaların en önemli aşamalarından biri yağış, akış, sızma gibi hidrolojik elemanlara ait ölçümlerin yapılması ve verilerin toplanmasıdır. Ölçümlerden elde edilen veriler analiz edilerek bir su kaynağına ait su potansiyeli, kuraklık veya taşkın değerleri ile riskleri hesaplanabilir.

Hidrolojik olaylar çok sayıda değişkenin etkisi altında meydana geldikleri için önceden belirlenemeyen bir nitelik, yani rastgelelik unsuru içerirler. Bu nedenle, yağış, akış, buharlaşma, sızma gibi hidrolojik olayların alabileceği değerlerin tahmin edilebilmesi için olasılık ve istatistik yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Suyun etkin kullanımı; tüketimini denetlemenin yanı sıra, mevcut su kaynaklarının da verimli değerlendirilmesiyle mümkündür.

Giderek artan enerji talebiyle enerji kaynaklarının miktarı ve verimli kullanımı önem kazanmaktadır. Enerji sağlamada kullanılan kaynaklar iki gruba ayrılmaktadır. Bunlar; fosil kökenli (petrol, kömür, doğalgaz vb. gibi) kaynaklar ve yenilenebilir kaynaklardır (güneş, jeotermal, rüzgâr, hidroelektrik vb. gibi). Fosil kaynakların hızla azalmaları ve sonlu olmalarının yanında çevreye verdikleri zararın gün geçtikçe artması yenilenebilir enerji kaynaklarının önemini daha da artırmaktadır. Bu zararlardan korunmak ve artan enerji ihtiyacını milli ve yerel kaynaklarla karşılayabilmek için önemli su kaynakları potansiyeline sahip Türkiye açısından da mevcut su potansiyelinin verimli şekilde kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu açıdan, hidroelektrik santraller içinde gerekli olan debinin belirlenmesinin önemi giderek artmaktadır.

Bu çalışmada, debi ölçümü bulunmayan veya yetersiz olan havzalarda debi tahmininde güncel bir yöntem olan L-momentler yöntemi ile akımın belirlenmesi



amaçlanmaktadır. Çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası'nda debiyi etkileyen değişkenler ve etkileme boyutları regresyon analizleri ile tespit edilmeye çalışılmıştır.

### 1.1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, debi ölçümleri yetersiz olan veya hiç bulunmayan yerlerde debinin tahmin edilmesidir. Bu maksatla, toplam alanı 24077 km<sup>2</sup> olan Doğu Karadeniz Havzası'nın 17143 km<sup>2</sup>'lik bir kısmını kapsayan alanda 39 adet akım gözlem istasyonunun (AGİ) günlük ortalama debi değerleri kullanılmıştır. Bu istasyonlar seçilirken, en az 10 yıllık ölçüm değerlerinin olması, düzenlenmemiş (doğal) akarsu akımına sahip olmaları ve yakınlarında başka bir istasyonun bulunmaması dikkate alınmıştır. Her istasyona ait 10 yıllık veri kullanılmıştır. Bölgenin AGİ ve meteoroloji istasyonlarına ait akım, yıllık toplam yağış ve sıcaklık değerleri ile koordinat bilgileri Devlet Su İşleri (DSİ), Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (Mİ)'den elde edilmiştir.

Tez alanının 1/100000 ve 1/25000'lik ölçekli standart topoğrafik haritaları kullanılarak, AGİ' ler ve meteoroloji istasyonları NetCAD programıyla konumlandırılmıştır. AGİ'lere ait drenaj alanları ve akarsu kolları çizilmiştir. Her bir AGİ'ye ait ortalama yıllık toplam yağış miktarı, yıllık ortalama sıcaklık değeri, toplam akarsu uzunluğu, ortalama akarsu eğimi ve drenaj yoğunluğu gibi havza özellikleri de belirlenmiştir.

Ölçüm verisi bulunmayan yerlerde debi değerleri tahmin edilirken L-Momentler yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, AGİ' lere ait debi bir fonksiyon olarak ifade edilmiş ve fonksiyonun parametrelerinin havza bağımsız değişkenleriyle ilişkisi araştırılmıştır. Böylece, debi ölçümü bulunmayan yerlere ait günlük ortalama akımlar havza bağımsız değişkenleriyle tahmin edilebilmiştir. Bu çalışma; günlük debi değerlerinin L-momentler yöntemi kullanılarak havza bağımsız değişkenleriyle ilişkilendirilmesiyle akım tahminin yapıldığı Türkiye'deki ilk çalışmadır.

### 1.1.3. Tezin Genel Yapısı

Bu çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan genel bilgilerde, tezin konusu, amacı ve kapsamı hakkında bilgi verildikten sonra, debi hakkında genel bilgiler

verilerek önemi ve kullanım alanları anlatılmıştır. Debi ölçümlerinin bulunması ve bulunmaması durumlarında debinin elde edilmesi maksadıyla uygulanan yöntemler hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra da konu ile ilgili olarak literatürde yapılmış olan çalışmalardan örnekler verilerek özetlenmiştir.

İkinci bölüm olan yapılan çalışmalarda, tez konusu olan Doğu Karadeniz Havzası ve çalışma alanı tanıtılmıştır. Tezde kullanılan, AGİ'lere ait debi değerleri ile havzanın topoğrafya ve iklim verileri hakkında bilgiler verilmiş, havzaların bağımlı ve bağımsız değişkenleri açıklanmış, çoklu regresyon analizleri kullanılarak debinin havza değişkenleriyle ilişkilendirilmesinde kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde, elde edilen havza bağımlı ve bağımsız havza değişkenleri bulgular olarak verilmiştir. Dağılımların kullanılmasıyla elde edilen parametrelerin havza özellikleriyle ilişkisinin bulguları sunulmuştur. Ölçülen akım değerleri bağımlı değişken; istasyon alanı, ortalama yükselti, ortalama yıllık yağış, ortalama aylık sıcaklık, drenaj yoğunluğu ve ortalama akarsu eğimi bağımsız değişkenler olarak seçilerek tek değişkenli ve çoklu doğrusal ve doğrusal olmayan regresyona tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgular tablolar halinde verilmiştir.

Dördüncü bölümde, çalışmadan elde edilen bulgular irdelenmiş, belirleme katsayıları, tahminin standart hataları, rölatif hatalar ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde, çalışmadan elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Altıncı bölümde, gelecekteki yapılacak çalışmalara yardımcı olmak amacıyla bazı öneriler sunulmuştur.

## **1.2. Debi Verilerinin Analizi**

### **1.2.1. Debinin Önemi ve Kullanıldığı Yerler**

Debilerin planlama ve projelendirilmesi birçok su yapısının tasarımında önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmalarda, ortalama akışların dolayısıyla akım verisinin analizi çok önemli olmaktadır. Hidrolojik sistemin modellenmesinde, akım gözlem istasyonlarından elde edilen günlük, aylık ve yıllık ortalama akım değerlerinden yola çıkılarak oluşması muhtemel akımın büyüklüğü tahmin edilmeye çalışılmaktadır.

Akım miktarı veya debi bilgisi, genel anlamda su kaynakları, özel anlamda ise baraj haznelerinin işletme çalışmaları, hidroelektrik santraller ve su yapıları açısından çok

önemli bir yer tutmaktadır. Su kaynaklarının sınırlı miktarda olması, suyun birden fazla sektörde kullanılabilmesi ve bu sektörlerle ait ihtiyaçların zamanla artması, su kaynaklarının depolama tesisleriyle düzenlenmesini gerektirmektedir. Bir depolama tesisinin boyutlandırılması baraj işletme çalışması ile gerçekleştirilmektedir. Baraj işletme çalışmalarının yapılabilmesi için ise kesinlikle debilerin bilinmesi gerekmektedir. Gerek içme suyu veya sulama, gerek enerji vb. gibi maksatlar için yapılacak herhangi bir baraj işletme çalışmasında akım debisinin bilinmesi gereklidir.

Hidroelektrik santraller akan suyun gücünü elektriğe dönüştürürken, suyun miktarı yani debinin bilinmesi elde edilecek enerji miktarının tahmin edilebilmesi açısından çok önemlidir.

Sulama tesisleri ve sulama barajları talebe göre yeterli miktarda su bulundurmak ve iletmekle görevlidir. Sulanacak alanın ihtiyacı olan ve baraj haznesinden talep edileceği zaman kadar baraj haznesinde depolanabilecek suyun bilgisi yine akım miktarı yani debinin bilinmesini gerektirmektedir. Depolanacak suyun yağıştan, kar erimesinden, doğal kaynaklardan, yeraltından veya yüzey sularından ne kadarının elde edilebileceği sorusu yine debinin bilinmesi gerekliliğini göstermektedir.

Baraj işletme çalışmalarında, taşkın önleme barajından bırakılan suyun, mansapta taşkınlara sebep olmaması gerekmektedir. Barajın mansabındaki havzalara düşen yağıştan dolayı meydana gelen yüzeysel akış suyu miktarının bilinmesi gerekmektedir.

Bir taşkın koruma barajı, mansabındaki yaşamı taşkın sularından korumakla görevliyken, bir hidroelektrik santrali akan suyun gücünü elektriğe dönüştürmekle ve bu enerjiyi depolamak ve gerektiğinde iletmekle görevlidir.

Su yapılarının bu onlarca görevi yerine getirebilmesi için tek yeter ve gerek şart suyun yani debinin varlığıdır. İşte bu yüzden akım miktarının bilinmesi su kaynakları projeleri ve planlaması ve çok daha önemlisi yaşam açısından vazgeçilmezdir.

Akarsuyun belli bir noktasından alınabilecek su ile ilgili olarak da debi çok önem taşımaktadır. Akarsuda gerçek akımlar zamanla değişmektedir. Doğal akım şartlarında çoğu bölgelerde, ortalama debi, zamanın yarısından daha az zamanda mevcuttur. Bu bakımdan bir havzanın veya bir bölgenin kullanılabilir su kaynaklarının daha gerçekçi bir ifadesi zamanın büyük bir kısmında, mesela zamanın %95 inde bulunan  $q_{95}$  esas alınarak belirlenmektedir.

Bir akım ölçüm istasyonundaki ölçülmemiş veya eksik ölçülmüş değerlerin belirlenmesi için yakın havzalardaki ölçüm istasyonlarından elde edilmiş debi değerleri

kullanılmaktadır. Bunun için ilk olarak kaynak istasyonlar belirlenmekte, bundan sonra ise bu istasyonlardaki ve hedef istasyondaki (eksik ölçüm değerleri tamamlanacak veya mevcut ölçüm değerleri uzatılacak istasyon) akım rejimleri arasındaki benzerlik derecesine göre ağırlık yüzdesi değeri saptanmaktadır (Dingman, 2008).

Akım bilgisi havzaların karakteristiklerini karşılaştırmak için de kullanılmaktadır. Bunun için bir akarsu havzasında bulunan AGİ'lerin debi değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak, o havzayı temsil edecek bir ortalama akım değerine ulaşılabilmektedir. Benzer işlemlerle başka havzaların da ortalama debi değerleri elde edilerek bunlarla havzaların kıyaslamalı yorumlarının yapılabileceği bir grafik elde edilebilmektedir.

Akım verileri nehir rejimi hakkında da bilgi vermektedir. Kurak ve sulak dönemler, debinin eşit veya fazla olduğu bu değerlere bakılarak belirlenebilmektedir. Debi değerleri nehirdeki ortalama akım ve medyan akım hakkında bilgi sağlamaktadır. Nehrin yaygın ya da yaygın olmayan aşırı akış durumlarını göstermektedir. Akım verilerinden elde edilen Debi süreklilik çizgileri (eğrileri) logaritma olasılık kağıdına çizildiğinde düz çizgi olarak görünmektedir. Bu eğrinin şekli ve eğimi genellikle havzanın hidrolojik ve jeolojik karakteristiklerini ifade etmektedir. Eğrinin eğiminin birden bire artması ani ve çok yüklü bir miktarda direkt veya yüzey altı akışın olduğu anlamına gelmektedir. Eğrinin düz olması ise havzanın birincil su kaynağının yer altı suyu olduğuna işaret etmektedir (Fennesey ve Vogel, 1990).

### **1.2.2. Debi Verilerinin Analiz Yöntemleri**

Akarsu üzerindeki bir yıldan küçük zaman dilimlerindeki akımlar istatistik olarak zamanla değişen bir süreç göstermektedir. Değişken bu süreçte ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı gibi istatistik özellikler zamanla değişkendir. Bu nedenle, günlük akım değerlerinin belirli bir değeri aşma olasılığı yıl içinde bulunan güne bağlıdır. Su mühendisliğindeki pek çok problem için, belli akarsu akımlarının bulunma sıklığını veya belli akarsu akımlarının aşılmasının beklendiği zaman uzunluklarının belirlenmesi gerekmektedir (Bayazıt, 1999).

Analizi gerçekleştirecek hidrolojik verilerin uzunluğu ne kadar fazla ise analizden elde edilecek sonuçlar o derece doğru ve sağlıklı olmaktadır. Dağılım parametrelerini tahmin etmek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; momentler yöntemi, maksimum olabilirlik yöntemi, en küçük kareler yöntemi, grafik yöntem, olasılık

ağırlıklı momentler yöntemi ve L-momentler yöntemidir (Cıgızoğlu ve Bayazıt, 2000). L-momentler yöntemi, olasılık ağırlıklı momentler yönteminin lineer bir fonksiyonudur. 3 veya 4 parametrelili dağılımlar verilerle ilgili bağıntı geliştirmek için yüksek esnekliğe sahiptirler. 3 parametrelili dağılımların tahminlerinin taraflılığı genellikle çok küçüktür ve küçük örneklerde bile ihmal edilirler. Bununla birlikte bazı tahminlerin standart sapmaları kabul edilemeyecek büyüklükte olabilir. Diğer taraftan 2 parametrelili dağılımlar kabul edilebilir küçük standart sapmalara sahiptirler, fakat bunlar oldukça yüksek taraflılığa sahip olabilirler. Bu metod bölge hidrolojik olarak homojen olduğu sürece her boyutta havzaya uygulanabilmektedir. Bu metotta aynı zamanda Kikare ve Kolmogorov-Simirnov uygunluk testleri yapılarak dağılım modellerinin eldeki örneğe uygunluğunu tespit edebilmektedir. Hosking ve ark. (1987), Lettenmaier ve Potter (1985), Wallis ve Wood (1985), Lettenmaier ve ark. (1987), Hosking ve Wallis (1988), Potter ve Lettenmaier (1990) çalışmalarında L-momentler veya olasılık ağırlıklı momentlere dayalı akım tahmin metodunun güçlü ve doğru tahminler verdiğini göstermişlerdir. Çok sayıda benzetim çalışmaları göstermiştir ki, “L-momentler Yöntemi”, parametrelerin tahminlerinin ortalama karekök hataları dikkate alındığında, “Momentler Yöntemi”, “Maksimum Olabilirlik yöntemi”, “En Küçük Kareler Yöntemi”, “Grafik Yöntem” ve “Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi”nden daha yaklaşık sonuçlar vermektedir (Hosking ve Wallis, 1987).

### **1.2.3. İstasyon Akım Verilerinin Uygunluk Analizi ve Homojenlik Testi**

Akım gözlem istasyonu (AGİ) akım verilerinin L-Momentlere dayalı parametre tahmininde kullanılabilmesi için bölgesel analize uygunluklarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bölgesel frekans analizinde, homojen istasyonların ve dolayısıyla homojen bölgelerin tanımlanması ve havzaya tek bir frekans dağılımının uygulanması gerekmektedir. Bunun yapılabilmesi için çalışma alanının homojen olması ve istasyonların homojenlik koşulunu sağlaması gerekmektedir. Homojenlik şartı; bölgeye aynı frekans dağılımının uygulanabilirliği anlamına gelmektedir.

Bölgesel frekans analizinde benzer istasyonları gruplandırmada birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden bazıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Coğrafik Uygunluk
- Öznel Ayırma
- Nesnel Ayırma

- Grup Analizi

Bu yöntemlerden grup analizi, bölgesel frekans analizinde istasyonları gruplara ayırmada başarıyla kullanılabilen en eski ve en yaygın yöntemdir. Her bir istasyon, veri vektörlerine göre gruplandırılmaktadır. Veri vektörleri, noktasal istatistikleri, istasyon karakteristiklerini ve her ikisini de içerebilmektedir.

İstatistik analizlerde, ilk önce eldeki verilerin analiz için uygun olup olmadığı kontrol edilir. Uyumsuzluk ölçüsü, verilerin gözden geçirilmesi ve homojen bölge olarak kabul edilen istasyonların birbirleri ile olan uyumlarının saptanması amacı ile kullanılmıştır. Uyumsuzluk ölçüsü bölgedeki istasyon sayısına bağlıdır. Uyumsuz çıkan bir istasyon başka bölgeye kaydırılmalı veya analizden çıkarılmalıdır. Uyumsuzluk ölçüsü, istasyon verilerinin L-moment oranları ile hesaplanmıştır. İstasyonların L-moment oranları (L-cv, L-çarpıklık, L-basıklık) bir noktanın üç boyutlu koordinatları olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan noktaların L-cv ve L-çarpıklık değerleri grafikte karşılıklı olarak noktalandığında bir grup oluşturur ve bu grup bir merkeze yani orta noktaya sahiptir. Uyumsuz olarak adlandırılan herhangi bir nokta, bu merkezden oldukça uzaktır. Bu uzaklık kriteri, örnek L-moment oranlarının arasındaki korelasyon olarak tanımlanmıştır. Veriler için en uygun seçilen küçük ve büyük eksenli aynı merkeze sahip olan elipsler, istasyonların L-moment oranlarının örnek kovaryans matrisleri ile hesaplanmıştır. Uyumsuz noktalar, en dış elipsin de dışında yer alır. N adet istasyon olan bir grupta L-moment oranlarının vektörel formu aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

Bölgesel homojenliği test etmek için iki istatistik öne sürülmüştür. Bunlardan ilk istatistik olan uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) istasyon verilerinin L-moment oranları ile hesaplanmaktadır. L-moment oranları L-cv; ( $t_1$ ), L-cs; ( $t_2$ ) ve L-ck; ( $t_3$ ) ve L-ck; ( $t_4$ ) şeklindedir. Uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) homojen bölge olarak kabul edilen istasyon toplumdaki istasyonların birbirleri ile olan uyumlarının literatürde verilen aralıklarda kalıp kalmadığının saptanmasıdır. Uyumsuzluk ölçüsü bölgedeki istasyon sayısına bağlıdır. Uyumsuz çıkan bir istasyon başka bölgeye kaydırılmalı veya analizden çıkarılmalıdır. N adet istasyon olan bir grupta L-moment oranlarının vektörel ifadesi aşağıdaki gibidir (Hosking ve Wallis, 1993).

$$u_i = [t^i, t_3^i, t_4^i]^T \quad (1)$$

T: Vektör ya da matrisin transpozu,

$$\bar{U} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i \quad (2)$$

$\bar{u}$ : Ağırlıksız grup ortalaması,

$$A = \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (3)$$

A= Karelerinin toplamının matrisi ve çapraz çarpımı,

$$D_i = \frac{1}{3} N (u_i - \bar{u}) A^{-1} (u_i - \bar{u})^T \quad (4)$$

$D_i$ :  $i$  istasyonu için uyumsuzluk ölçüsüdür.  $D_i$ , bölgedeki istasyon sayısına bağlı olarak tanımlanır. Eğer hesaplanan  $D_i$  değeri Çizelge 1’de verilen kritik  $D_i$  değerinden büyük ise o istasyon uyumsuz kabul edilir.

Tablo 1. Uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) için kritik değerler (Hosking ve Wallis, 1997).

Bölge İstasyon Sayısı	Kritik Değer	Bölge İstasyon Sayısı	Kritik Değer
5	1.333	11	2.632
6	1.648	12	2.757
7	1.917	13	2.869
8	2.140	14	2.971
9	2.329	≥15	3.000
10	2.491		

İkinci istatistik olan heterojenlik ölçüsü ( $H_i$ ) ile istasyon gruplarının heterojenlik ölçüsü belirlenmektedir. Heterojenlik ölçüsü özellikle homojen olması muhtemel bölgelerin istasyonları arasında örnek L-momentlerin varyasyonlarını karşılaştırır. Homojen bir bölgede bulunan tüm istasyonlar, aynı toplum L-moment oranlarına sahiptir. Heterojenlik ölçüsü üç ayrı ölçüde belirlenebilmektedir ( $V_1, V_2, V_3$ ).

i) L-cv ( $t$ )’ ye bağlı;  $t$ ’nin ağırlıklı standart sapması ( $V_1$ );

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i (t^i - t^R)^2}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (5)$$

N: istasyon sayısı

$N_i$ : Her istasyonun kayıt uzunluğu

$t^R$ :  $t_i$ 'nin ortalama değeridir.

- ii) L-cv-L-cs'ye bağlı; istasyon t ve  $t_3$ 'lerinin grup ağırlıklı ortalamasına olan uzaklığı ( $V_2$ );

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \{(t^i - t^R)^2 + (t_3^i - t_3^R)^2\}^{\frac{1}{2}}}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (6)$$

- iii) L-arpıklık ve L-basıklık' a bağlı; istasyonların  $t_3$  ve  $t_4$ 'lerinin grubun ağırlıklı ortalamasına olan uzaklığı ( $V_3$ );

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \{(t_3^i - t_3^R)^2 + (t_4^i - t_4^R)^2\}^{\frac{1}{2}}}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (7)$$

Heterojenlik lusunu hesaplamak için bölgeler homojen olarak kabul edilir ve veriler çarpaz korelasyona veya dizili korelasyona sahip değildirler. İstasyonların kayıt uzunlukları değiştirilmeden kullanılabilir. Her bir simüle edilmiş bölge için,  $V_i$  ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  olarak tanımlanmış  luden herhangi biri) hesaplanır. Simüle edilmiş verilerin  $\mu_V$  (ortalaması), ve  $\sigma_V$  (standart sapması) hesaplanır. Heterojenlik lüsü ( $H_i$ ), (8) numaralı formül ile elde edilir.

$$H_i = \frac{(V_i - \mu_V)}{\sigma_V} \quad (8)$$

$H_i < 1$  ise bölgenin kabul edilebilir derecede homojen olduğunu,  $1 < H_i < 2$  ise bölgenin muhtemelen heterojen olduğunu,  $H_i > 2$  ise bölgenin kesinlikle heterojen olduğunu söylemişlerdir. Eğer bölge yeterince homojen değil ise, bölge daha alt bölgelere ayrılarak homojen hale getirilmeye çalışılır. Hosking ve Wallis [1993]' göre  $H_1$ ,  $H_2$  ve  $H_3$ ;  $V_1$ ,  $V_2$  ve  $V_3$ 'e göre hesaplanmıştır.  $H_1$ 'in homojen ve heterojen bölgelerin ayırımında daha güçlü olduğunu öne surmşlerdir. Bundan dolayı  $V_1$  'e dayalı  $H_1$  istatistiğinin, heterojenlik lusunu hesaplamada kullanılması tavsiye edilmiştir. Heterojenlik lusunu tespit ederken elde edilen çeşitli bulgular sırasıyla aşağıdaki şekilde verilmiştir:

- Gözlenen değerlerin Grup LCv lerinin Standart sapması,
- Grup LCv lerinin Standart sapmasının benzetim ortalamaları,



- c) Grup LCv lerinin Standart sapma benzetimin standart sapması,
- d) Standartlaştırılmış  $H_1$  değerleri,
- e) Standartlaştırılmış  $H_2$  değerleri,
- f) Standartlaştırılmış  $H_3$  değerleri.

Akım gözlem istasyonu (AGİ) akım verilerinin L-Momentlere dayalı parametre tahmininde kullanılabilmesi için bölgesel analize uygunluklarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bölgesel frekans analizindeki en zor kısım homojen bölgelerin tanımlanmasıdır. Frekans analizinde tüm bölgeye tek bir frekans dağılımının uygulanması gerekir. Bunun uygulanabilmesi için bölgenin homojen olması ve istasyonların homojenlik koşulunu sağlaması gerekmektedir. Homojenlik koşulu; her istasyona ait ölçek faktörünün yanı sıra bölgeye aynı frekans dağılımının uygulanabilirliği anlamına gelmektedir. Bu yüzden istasyonlar homojenlik durumunu sağlamak için alt gruplara ayrılabilir. Geçmişte yapılmış benzer çalışmalara örnekler olarak; Greenwood (1979), Landwehr (1979a), Hosking (1986), Dedun (1988), Hosking (1990), Vogel (1993), Önöz (1994), Wallis (1993), Saf (2009) ve Seçkin (2009) verilebilir. Doğu Karadeniz Havzası'ndaki 39 adet AGİ' ye ait homojenlik testi bulguları 3. Bölümde sunulmuştur.

Uyumsuz olmayan istasyonlardan oluşan homojen bir bölgede bir dağılım seçildikten sonra, bu dağılımın bölgeye uygun olup olmadığı kontrol edilmelidir. Bu nedenle birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlar Ki kare, Kolmogorov-Smirnov, diğer genel uygunluk testleri ve L-moment istatistiklerine ve momentlere dayalı testlerdir. Literatürde yaygın olarak L momentlerin basıklık katsayısını temel alan dağılımın uygunluğu ölçüsü kullanılmaktadır. Dağılıma uygunluk ölçüsü hesabında bölge N istasyona sahip kabul edilir.  $i$ 'nci istasyonun kayıt uzunluğu  $n_i$  ve örnek L-momentler oranları  $t^i$ ,  $t_3^i$ ,  $t_4^i$  ile, bölgesel ortalama L-Cv, L-çarpıklık, L-basıklık  $t^R$ ,  $t_3^R$ ,  $t_4^R$  ile gösterilir ve ağırlıklı bölgesel ortalamaları (1) nolu denklem ile hesaplanır. Gözlenmiş verilere uygun olması muhtemel 3 parametrelili dağılımlar Genelleştirilmiş Lojistik, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Genelleştirilmiş Pareto, Genelleştirilmiş Normal ve Pearson Tip 3 literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu dağılımlar için bölgesel L-moment oranları  $(t^R, t_3^R)$  hesaplanır. Benzetim kullanılarak her dağılım için ayrı ayrı hesaplanan dağılım uygunluğu ölçüsünün mutlak değeri 1.645 den küçükse ( $Z < 1.645$ ) bu dağılımın bölgesel frekans dağılımı olduğu kabul edilmektedir.  $Z < 1.645$  değeri %90 güvenirlilik sınırına karşılık gelmektedir. Doğu Karadeniz havzası 39 adet AGİ ye ait olasılık dağılım fonksiyonları için uygunluk testleri bulguları 3. Bölümde sunulacaktır.

#### 1.2.4. Bölgesel Frekans Dağılımının Seçimi

Bölgesel frekans analizinde bölgeye bir frekans dağılımı uygulanacağından her istasyona aynı dağılımı uygulamak çok zordur. Bu nedenle maksat, her istasyon için doğru tahminler verecek dağılımı bulmaktır. Burada en önemli olan nokta noktasal ile bölgesel frekans dağılımının aynı olmadığı durumlar içinde doğru tahminler yapabilecek dağılımlar kullanmaktır.

#### 1.2.5. Olasılık Dağılım Fonksiyonları İçin Uygunluk Testleri (Sınamalar)

Gözlenen bir örnekten elde edilen sıklık fonksiyonunu seçilen bir teorik olasılık dağılım fonksiyonuna uygunluğunu kontrol etmek için, olasılık dağılım fonksiyonu uygunluk sınaması yapılmaktadır. Günlük ortalama debi verilerine en uygun dağılım modelinin araştırılmasında modelin uygunluğu bazı yöntemlerle sınanabilmektedir. Uygulamada, günlük ortalama debi verileri için en uygun dağılım modelinin belirlenmesinde Ki-kare ( $\chi^2$ ), Kolmogorov- Smirnov (K-S) testi ve Olasılık Çizgisi Korelasyon (OÇK) testi sıkça kullanılmaktadır.

Eldeki orjinal bir veri grubunun, verilen bir teorik olasılık dağılıma uyup uymadığını kontrol etmenin yolu, kümülatif gözleme dayalı dağılımın, denenen teorik dağılıma ait kümülatif yoğunluk fonksiyonu ile uygunluğunun grafik olarak karşılaştırılmasıdır. Eğer iki fonksiyon aşırı sapma göstermezse, teorik dağılımın orijinal verilere uyduğu kabul edilir. Uygunluk testlerinden birisi olan ve sadece sürekli rastgele değişkenlere uygulanabilen Kolmogrov-Smirnov (K-S) testi, belirli bir önem seviyesinde hipotez dağılımın kabulü veya reddinin tespiti için bir istatistik kullanır. Diğer bir istatistik test olan ki-kare testi ise, hem kesikli hem de sürekli rastgele değişkenlere uygulanabilir ve K-S testinde olduğu gibi kümülatif yoğunluk fonksiyonları yerine, olasılık yoğunluk fonksiyonlarının mukayesesi esasına dayanmaktadır.

### 1.2.5.1. Ki-Kare ( $\chi^2$ ) Testi

Bu test, N elemanlı bir örneği m sınıfa ayırarak inceler. Buna göre her bir sınıftaki eleman sayısı ( $N_i$ ), bu elemanların aynı sınıflarda bulunma olasılıkları  $p_i$  olmak üzere;

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^m \frac{(N_i - N p_i)^2}{N p_i} \quad (9)$$

Serbestlik derecesine göre hesaplanan  $\chi^2$  değeri, aşılma olasılığı  $\alpha$  olan  $\chi^2_{\alpha}$  değerinden küçükse gözlenen dağılımın seçilen teorik dağılıma uygunluğu hipotezi kabul, aksi halde reddedilir.

$\chi^2$  testinde bir rastgele değişkene ait N elemanlı bir örnek, m adet sınıfa ayrılır (sınıf seçimi için birden fazla formül vardır ve belirli durumlar için en uygun bir seçim bulunmamaktadır) ve her bir sınıftaki eleman sayısı ( $N_i$ ) hesaplanır. Seçilen olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre aynı sınıf aralıklarında olma olasılıkları ( $p_i$ ) hesaplanır. Bu sınıftaki beklenen eleman sayısı, bu olasılık değeri veri sayısı ile çarpılarak bulunur ( $N_i = N * p_i$ ).  $m = 1 + \log_2 N$ , Burada; m grup sayısı,  $N_i$  ise ilgili sınıftaki teorik (beklenen) eleman sayısıdır. Hesaplanan  $\chi^2$  değeri,  $\alpha$  anlamlılık düzeyi için tablo değerinden küçükse ( $\chi^2_h < \chi^2$ , gözlenen verilerin ilgili dağılıma uygun olduğuna karar verilir. Tablo değeri okunurken  $\chi^2$  dağılımının serbestlik derecesi  $m-3$  olarak hesaplanır (Bayazıt, 1981; Bayazıt ve Oğuz, 1994).

### 1.2.5.2. Kolmogorov- Smirnov (K-S) Testi

Kolmogorov-Smirnov testinde test istatistiği, m. ci sıradaki  $X_m$  gözlem değeri için frekans dağılım modelinden hesaplanan  $F(X_m)$  teorik olasılıklar ile  $P_m$  ampirik olasılıkları arasındaki farkların mutlak değerce en büyüğüdür.

$$\Delta_{max} = \max |P_m - F(X_m)| \quad (10)$$

$\Delta_{max}$  istatistiği, öngörülen  $\alpha$  anlamlılık düzeyine ve N veri uzunluğuna bağlı olarak tablolardan alınan  $\Delta_{\alpha}$  kritik değeri ile karşılaştırılarak, frekans dağılım modelinin

uygunluğuyla ilgili karar verilebilmektedir.  $\Delta_{max} < \Delta_{\alpha}$  ise modelin uygunluğu  $\alpha$  kadar bir Tip-I hata olasılığı ile kabul edilmektedir.

Gözlenen verilerin eklenik frekans dağılımının teorik bir dağılıma uygunluğunun kontrolünde kullanılan testlerde olan Kolmogorov-Smirnov testinde kullanılan istatistiğinin başka bir ifadesi ise şöyledir;

$$\Delta = \max |F(x_i) - F^*(x_i)| \quad (11)$$

burada  $F^*(x_i)$ ,  $i/N$  formülüyle hesaplanan eklenik frekans dağılım ordinatlarıdır.  $F(x_i)$  ise seçilen teorik eklenik dağılım fonksiyonunun aynı  $x_i$  değerlerine karşı gelen ordinatlarıdır. Buna göre  $\Delta$  istatistiği, gözlenen ve teorik eklenik dağılımların arasındaki farkların en büyüğüdür.  $\Delta$  istatistiğinin dağılımı rastgele değişkenin dağılımdan bağımsız olup, sadece örnekteki  $N$  eleman sayısına bağlıdır. Hesaplanan  $\Delta$  istatistiği, Kolmogorov-Smirnov tablosundan okunan  $N'$  nin çeşitli değerleri için aşılma olasılığı  $\Delta_{\alpha}$  değerinden küçükse dağılımın uygunluğu hipotezi  $\alpha$  anlamlılık düzeyinde kabul, aksi halde ise reddedilir.

Gözlenen verilerin eklenik frekans dağılımının teorik bir dağılıma uygunluğunun kontrolünde kullanılan ikinci bir test olan Kolmogorov-Smirnov testidir. Burada  $F^*(x_i)$ ,  $i/N$  formülüyle hesaplanan eklenik frekans dağılım ordinatlarıdır.  $F(x_i)$  ise seçilen teorik eklenik dağılım fonksiyonunun aynı  $x_i$  değerlerine karşılık gelen ordinatlarıdır. Buna göre  $\Delta$  istatistiği, gözlenen ve teorik eklenik dağılımların arasındaki farkların en büyüğüdür.  $\Delta$  istatistiğinin dağılımı rastgele değişkenin dağılımından bağımsız olup sadece örnekteki  $N$  eleman sayısına bağlıdır. Hesaplanan  $\Delta$  istatistiği, Kolmogorov-Smirnov tablosundan okunan  $N'$  nin çeşitli değerleri için aşılma olasılığı  $\Delta_{\alpha}$  değerinden küçükse dağılımın uygunluğu hipotezi  $\alpha$  düzeyinde kabul, aksi halde reddedilir (Bayazıt, 1981; Bayazıt ve Oğuz, 1994).

### 1.2.5.3. Olasılık Çizgileri Korelasyon Testi (OÇKT)

Olasılık çizgileri korelasyon testinde,  $P_m$  ampirik olasılıklarına karşılık gelen  $X'_m$  değerleri ile gözlenmiş  $X_m$  değerleri arasındaki korelasyon katsayısı ( $r$ ),  $\alpha$  anlamlılık düzeyine,  $N$  veri uzunluğuna ve dağılım türüne bağlı olarak literatürde verilen  $r_{\alpha}$  kritik değerleri ile karşılaştırılarak frekans dağılım modelinin uygunluğuna karar verilmektedir.

$r < r_{\alpha}$  ise frekans dağılım modelinin uygunluk hipotezi reddedilmekte, aksi halde kabul edilmektedir. Dizilerdeki bazı aykırı değerler (outliers), dizilerin örnek istatistiklerinin toplum değerlerinden aşırı ölçüde uzaklaşmasına, dolayısıyla da dağılım modeli uygunluk testlerinde ciddi yanılgılara yol açmaktadır. Böyle durumlarda aykırı değerleri diziden çıkarıp, geriye kalan verilerle model uyumunu yeniden kontrol etmek gerekmektedir.

Olasılık çizgisi korelasyon (OÇK) testinin bir başka ifadesinde; örnekteki her bir elemanın  $F(x_i)$  küçük kalma olasılılığı hesaplandıktan sonra bu olasılığa karşı gelen standardize normal değişken değeri bulunur. Bu şekilde belirlenen  $(x_i; z_i)$  çiftleri arasındaki korelasyon katsayısı hesaplanır ve bunun için  $\alpha$  anlamlılık düzeyine ve örnekteki  $N$  eleman sayısına bağlı olarak hazırlanan tablodaki kritik değerle karşılaştırılır. Hesaplanan korelasyon katsayısı kritik korelasyon değerinden büyük olması halinde verilerin dağılıma uyduğu söylenebilir.

### **1.2.6. Bölgesel Frekans Dağılımın Parametre Tayini**

Homojen bölgelerdeki verilere dağılım uydurmak için birçok yöntem kullanılmaktadır. Her istasyon için boyutsuz değerler kullanılarak L-moment oranları hesaplanır. Tüm bölgeye tek bir dağılım fonksiyonu uydurabilmek amacı ile istasyon L-moment oranları, istasyondaki gözlem uzunluklarına göre ağırlıklı ortalama hesaplanarak bölgesel ağırlıklı L-moment oranları bulunur. Bu momentler kullanılarak bölgesel dağılımın fonksiyonunun parametreleri hesaplanmaktadır. Tahminlerin doğruluk derecelerini bulmak için Monte Carlo Benzeşiminin yanı sıra diğer test teknikleri de kullanılmaktadır. Her istasyon için relatif ortalama hata değerleri, relatif hata değerleri ve %5-%95 alt ve üst güvenirlilik bant sınırları elde edilmektedir. Bölge bazında ortalama hata değerleri de hesaplanabilmektedir.

### **1.2.7. Parametre Tahmin Yöntemleri**

#### **1.2.7.1. Genel Bilgiler**

İstatistikte en önemli problemlerden biri, olasılık dağılımının parametrelerinin tahminidir. Olasılık dağılım hakkındaki kabuller karar vermede ve sonuca ulaşmada

gereklidir. Olasılık yoğunluk fonksiyonunun seçimi, gözlem verilerinin objektif ve subjektif yöntemlerde kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Subjektif yöntemler, veri kümesinin grafiklerle birikimli fonksiyonlarının elde edilmesidir. Objektif yöntemler ise, uygunluk testlerinin yapılması ve karar verilmesidir. Bir rastgele değişkenin toplum parametreleri tam olarak hesap edilemediğinden gözlenen verilerden tahmin yoluna gidilmektedir. Tahminlerde minimum hata ile çalışan bir yöntem kullanılabilirse toplum parametrelerine yakın değerler elde edilebilmektedir. Tahminler arasında örnekleme varyansı en küçük olanına (örnekten örneğe en az değişenine) etkin tahmin denilmektedir.

Rastgele değişkenin toplum özellikleri mevcut veri örneğinden tahmin edilen örnek istatistiğiyle karakterize edilmektedir. Örnek istatistiği ile ilgili tahminler tarafsız ve etkin olmalıdır. Herhangi bir veri dizisine uyduğu varsayılan olasılık dağılımlarının parametre tahminlerinde momentler, maksimum olabilirlik ve gibi L-momentler birçok parametre tahmin yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada olasılık dağılımlarının parametreleri momentler ve maksimum olabilirlik yöntemleriyle belirlenmeye çalışılacaktır. Momentler yöntemi basit olması nedeniyle hidrolojide sıklıkla kullanılır. Ancak çarpık dağılımlar için özellikle büyük örneklerde etkin ve tarafsız tahminler vermemektedir. Bunun yanı sıra maksimum olabilirlik yöntemi veri uzunluğunun fazla olduğu örneklerde tarafsız ve etkin tahminler vermektedir.

Olasılık ağırlıklı momentler yöntemi ile boyutsuz bölge ortalamaları hesaplanmaktadır. Homojen havzalarda, frekans dağılımlarının N sayıdaki istasyon için aynı fakat noktaya özel ölçek faktörü ile değiştiği varsayılır. Hidrolojik verilerin istatistiksel özellikleri ortalama, varyans, çarpıklık ve sivrilik katsayıları gibi çarpım momentleri ile özetlenebileceği gibi L-momentler kullanılarak da özetlenebilir.

L-momentler, sıralanmış verilerden elde edilen olasılık ağırlıklı momentlerin doğrusal (lineer) bileşimidir ve adını da buradan alır. Bu nedenle L-momentler, çarpım momentlerinde olduğu gibi verilerin karesinin ve küpünün alınmasını gerektirmezler. Bu şekilde, çarpım momentleri yöntemi ile elde edilmiş çarpıklık ve varyans katsayıları fazla taraflı ve küçük örneklerde fazla değişken iken aynı L-momentler hemen hemen tarafsızdır ve yaklaşık normal bir dağılıma sahiptir. Hidrolojik uygulamaların büyük bir bölümünde L-momentler hidrolojik verilerin özelliklerini ve bir dağılımın parametrelerini böylece basit ve etkin bir biçimde ortaya koymalarına rağmen, gerek moment yöntemi ve gerekse L-Moment yöntemi büyük örneklerde sağlıklı sonuçlar verememektedir. Ayrıca çarpık dağılımlar içinde etkin ve tarafsız tahminler veremediğinden özellikle homojen havzalar ve

dolayısıyla homojen akım veri dizileri gerektirdiği için bu tez çalışmasında tercih edilmemişlerdir. Olasılık ağırlıklı moment ve L-Moment yöntemleri yerine daha iyi tahminler vereceği düşünülen maksimum olabilirlik yöntemi kullanılmıştır.

### 1.2.7.2. Maksimum Olabilirlik Yöntemi

Gözlenmiş serinin gerçekleşmesi durumunda olabilirliği en yüksek seri değerleri elde edilmiş demektir. Serinin olabilme ihtimali; gözlenmiş her bir değer için olasılık yoğunluk fonksiyonu yazılarak hepsinin birbiri ile çarpılmasıyla elde edilir. Serinin olabilme fonksiyonunu maksimum yapan parametre değerleri bu dağılımda örnek seriye en uygun parametrelerdir. Olabilme fonksiyonunun maksimumları ile logaritması alınmış olabilme fonksiyonunun maksimumları aynı değerlerden meydana gelmektedir. O halde; çarpımın türevini almak yerine aşağıda verilen toplamlar fonksiyonu olan Log (o.y.f.)'nin türevini almak daha uygun olmaktadır.

$$\text{Log}(o.y.f.) = \sum_{i=1}^N f(x_i, a, b, c, \dots) \quad (12)$$

Eşitliğin her bir parametreye göre türevi alınarak sıfıra eşitlenerek parametre adedi kadar denklem elde edilmektedir. Sistemdeki denklemlerin hepsini sıfır yapan parametre değerleri maksimum olabilirlik yöntemine göre tahminlerdir.

### 1.2.7.3. Momentler Yöntemi

Bir rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu eğrisi ile apsis eksenini arasında kalan alan bir kütle gibi düşünülmektedir. Bu kütle için çeşitli noktalara göre momentleri analitik olarak alınmaktadır. Parametreler, momentlerin elde edilen örnekten hesaplanan nümerik hatasız tahminlerine eşitlenmesi ile elde edilen formüllerle bulunabilmektedir.  $\alpha = f_1(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots)$  ve  $\beta = f_2(\mu_1, \mu_2, \mu_3, \dots)$  ifadelerinden  $\alpha$ ,  $\beta$  parametrelerinin  $\alpha$  ve  $\beta$  değerleri ile bulunmaktadır.

#### 1.2.7.4. Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi

Olasılık ağırlıklı momentler (PWM), ilk olarak Greenwood vd. (1979), tarafından Wakeby dağılımının parametre tahmini için geliştirilmiştir. Hosking (1986) tarafından kuramsal açıdan incelenerek, PWM' nin merkezsiz istatistik momentlerle eşdeğer özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Bu momentlerin örnek tahminleri özellikle kısa kayıtlar için hatasız ve aykırı değerlere (outliers) karşı hassas değildirler. Ayrıca verinin lineer fonksiyonu olmaları nedeniyle diğer momentlere göre örnekleme değişimlerinden daha az etkilenmektedirler. Bu özellikleri ile klasik yöntemlere göre tercih edilerek yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu yöntem toplumun sıfıncı, birinci ve ikinci olasılık ağırlıklı momentlerinin, örnek serinin tahmin edilen sıfıncı, birinci ve ikinci momentlerine eşitlenmesidir. Böylece üç adet formül elde edilerek, 3 adet bilinmeyen parametrenin bu formüllerin çözülmesi ile bulunabilir. Eğer parametre sayısı 3 ten fazla olursa parametre sayısı kadar formül elde edene kadar diğer üst mertebedeki olasılık ağırlıklı momentler de bulunmalıdır. Olasılık ağırlıklı momentler aşağıdaki gibi;  $F=F(x) = p(X \leq x)$  ve  $l, j, k$  tam sayılar olmak üzere,  $x=x(F)$  şeklinde ters formu açık olarak belirlenebilen dağılımların parametrelerinin belirlenmesinde kullanılabilir (Greenwood vd.,1979).

$$M_{1,j,k} = E[X^j F^j (1 - F)^k] \quad (13)$$

$$M_{1,j,k} = \int_0^1 X(F)^j (1 - F)^k df \quad (14)$$

şeklinde tanımlanmışlardır. İfadelerdeki  $F=F(x) = p(X \leq x)$  ve  $l, j, k$  pozitif tamsayılardır.  $j=k=0$  ve  $l$  pozitif tamsayı ise  $M_{1,0,0}$  momenti  $l$  inci mertebeden merkezsiz istatistik momente eşit olmaktadır.  $M_{1,j,0}$  ve  $M_{1,0,k}$  momentlerinin hatasız örnek tahminleri aşağıdadır (Hosking, 1986; Landwehr vd., 1979a; Gebeyehu, 1989).

$$M_{1,j,0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\binom{l-1}{j}}{\binom{l-1}{j}} \right] X(i) \quad (15)$$

$$M_{1,0,k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\binom{l-1}{k}}{\binom{l-1}{k}} \right] X(i) \quad (16)$$



$j=0,1,\dots,N-1$  ;  $k=0,1,\dots,N-1$  ve  $x(i)$ ,  $i=1,2,\dots,N$  düzenlenmiş örnek olmak üzere  $j=1$  örnekteki en küçük değeri göstermektedir. Olasılık ağırlıklı momentlerin örnek tahmini için bir başka yolda rastgele değişkenin  $i$ 'inci değere eşit veya küçük kalma frekansının hesabı aşağıdaki gibidir. Yapılan pratik çalışmalar; dağılım veriye iyi uyuyorsa bu yöntemin daha başarılı olduğunu göstermiştir.

$$F(i) = \frac{i-0,35}{N} \quad (17)$$

(13) ve (14) numaralı denklemde görülen noktalama pozisyonu formülünün, (15) ve (16) denklemlerine uygulanması aşağıdaki gibidir (Landwehr vd.,1979b).

$$\hat{M}_{1,j,0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X(i)F(i)^j \quad (18)$$

$$\hat{M}_{1,0,k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X(i)[1 - F(i)]^k \quad (19)$$

Bu denklemlerin her biri bir olasılık fonksiyonunu tanımlamaya yeterlidir ve birbirleri cinsinden yazılabilirler. İlk üç momentin birbiri cinsinden ifadeleri aşağıdaki gibidir (Önöz, 1994).

$$\begin{aligned} M_{100} &= M_{100} \\ M_{110} &= M_{100} - M_{101} \\ M_{120} &= M_{100} - 2M_{101} + M_{102} \\ M_{130} &= M_{100} - 3M_{101} + 3M_{102} - M_{103} \end{aligned} \quad (20)$$

Olasılık ağırlıklı momentler bir dağılımı belirleyebilirken tek başına diğer momentler gibi bir anlam taşımamaktadırlar (Gebeyehu, 1989). Bu nedenle olasılık dağılımlarının biçimlerinin belirlenmesinde Hosking (1986) tarafından elde edilen L momentleri kullanılmaktadır. Bilinen momentlere benzer olup olasılık ağırlıklı momentler cinsinden ifade edilebilirler.

### 1.2.7.5. L-Momentler Yöntemi

L-Momentler yöntemi ilk olarak Hosking (1986;1990) tarafından geliştirilmiştir. L-momentler; parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlama ile ilgili çeşitli problemleri çözmeye yaygın olarak kullanılmaktadır. L-momentler yöntemi PWM yöntemlerinin lineer bir fonksiyonudur. L-momentler bilinen momentlere benzer olup olasılık ağırlıklı momentleri cinsinden aşağıdaki gibi ifade edilebilirler (Gebeyehu, 1989).

$$L_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^r (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} M_{1,0,k} \quad (21)$$

L momentler;

$$\begin{aligned} r = 0 \text{ ise } L_1 &= M_{100} \\ r = 1 \text{ ise } L_2 &= M_{100} - 2M_{101} = 2M_{110} - M_{100} \\ r = 2 \text{ ise } L_3 &= M_{100} - 6M_{101} + 6M_{102} = 6M_{120} - 6M_{110} + M_{100} \\ r = 3 \text{ ise } L_4 &= M_{100} - 12M_{101} + 30M_{102} - 20M_{103} = 20M_{130} - 30M_{120} + 12M_{110} - \\ &M_{100} \end{aligned} \quad (22)$$

Yüksek mertebeden momentlerde ölçümler birbirinden bağımsızlaştırılırsa L-moment oranları aşağıdaki gibidir (Vogel ve Fennessey, 1993).

$$r = 3, 4, \dots, \text{ ise } t_r = \frac{L_r}{L_2}, \quad t = \frac{L_2}{L_1} \quad (23)$$

L-momentler ( $L_1$ ) ve ( $L_2$ ), L-moment oranları değişim katsayısı ( $t$ ), çarpıklık katsayısı ( $t_3$ ), basıklık (kurtosis) katsayısı ( $t_4$ ), olasılık dağılımını özetlemek için en çok kullanılan parametrelerdir.  $L_1$  dağılımı yer parametresini,  $L_2$  dağılımı ise ölçek parametresini temsil etmektedir. Bu metodun uygulanabilmesi için aşağıdaki hususlar aranmaktadır (Şorman, 2004):

a) Frekans analizi hatasız ve güçlü olmalıdır. Bir modelleme yönteminin güçlü olabilmesi için yöntemin gerçek fiziksel sürecinin modelin kabullerinden farklılaşma göstermesi durumunda dahi tahmin edilen değerler gerçeğe çok yakın veya hatasız olabilmesidir.

b) Frekans analiz yöntemi benzetime dayandırılmalıdır.

- c) Bölgeselleştirmenin önemli ölçüde bu tür çalışmada katkısı olmaktadır.
- d) Bölgelerin coğrafik ölçeğe dayandırılma zorunluluğu olmamalıdır.
- e) L-moment istatistik parametreleri dağılımın geniş bir alanını kapsar ve hatalı olma özelliği azdır.

Klasik parametre tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında L-momentler yönteminin avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Şorman ve Okur, 2000);

- a. L-momentler yöntemi ile bulunan varyasyon, çarpıklık ve basıklık katsayıları hemen hemen hatasızdır ve yaklaşık normal bir dağılıma sahiptir. Aynı çarpım momentleri küçük örneklerde oldukça değişken ve hatalıdır.
- b. L-momentler, çarpım momentlerinden daha hatasız oldukları için moment diyagramları oluşturulmasında kullanımları daha uygundur.
- c. L-momentler, dağılım ortalamasının bulunabildiği her durumda hesaplanır. Bu özellik, bazı çarpım momentlerinin hesaplanmadığı durumlar için de geçerlidir.
- d. Çarpım momentlerinde bir sınırlama yoktur. L-moment oranları  $-1$  ile  $1$  arasında değiştiğinden doğal bir sınıra sahiptir. Bu sınırlama, bu değerlerin yorumlanmasını kolaylaştırır.
- e. L momentlerde örnekleme bağlı sınırlamalar yoktur. Popülasyon değerlerinin alabileceği tüm değerleri örneklem L-momentleri de alabilir.
- f. L-momentlerin aksine çarpım momentleri dağılımın uçlarına daha fazla ağırlık verirler ve uçlardaki gözlemlerden daha fazla etkilenirler.
- g. Klasik tekniklerle kıyaslandığında, L-momentler daha fazla sayıda dağılımın parametrelerinin bulunmasında kullanılabilir.
- h. L-momentler bir örneklemeden tahmin edildiğinde, örnekleme bulunan uç değerlere karşı daha doğru ve etkin sonuçlar verir.
- ı. L-momentler kullanılarak elde edilen dağılım parametreleri küçük örneklerde genellikle daha doğru sonuçlar verir.
- j. L-momentler, verilerin doğrusal fonksiyonları oldukları için örneklemin değişkenliğinin etkisi fazla değildir (Hosking, 1990).
- k. L-momentler bölgeselleştirme tekniklerinde kolaylıkla kullanılır. L-momentler tekniği ilgili istasyonlardan bölgesel parametrelerin elde edilmesi için en üstün tekniktir.
- l. L-momentleri temel alan analizler, model varsayımlarından sapmalar olduğunda ve/veya uygun dağılım fonksiyonunun seçilmediği durumlarda daha etkin sonuçlar vermektedir.

Olasılık yoğunluk dağılımlarına örnek olarak aşağıdaki dağılımlar sıralanabilir:

Normal dağılımda rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği ve dağılımın pozitif çarpıklığı olduğu için bu dağılım pratikte karşılaşılan birçok değişkene iyi uymaktadır. İnşaat mühendisliğinde normal dağılımın kullanım yerleri; ölçüm hataları, yıllık yağışlar, malzemelerin dirençleri, yapı yükleri, çerçevelerin çökme dirençleri, elastik sehimler ve yol kapasitelerinin analizleri şeklinde sıralanabilir. Gauss Dağılımı olarak da bilinir. (Hosking, 1990). Bunun yanında dağılımın bir özelliği de Log-Normal dağılmış değişkenlerin çarpımı ile elde edilen değişkenlerinde Log-Normal dağılmış olmasıdır. (Jing vd.,1989). (Bayazıt, 1999).

Log-Normal dağılımda rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği ve dağılımın pozitif çarpıklığı olduğu için bu dağılım pratikte karşılaşılan birçok değişkenlere iyi uymaktadır. Lognormal dağılım; yıllık ve aylık yağışlar, yıllık akımlar, taskın debileri, yorulma süreleri, deprem siddetleri akarsulardaki danelerin çapları, en büyük dalga yüksekliklerinin analizinde kullanılan bir dağılımdır. (Bayazıt, Oğuz, 1994; Bayazıt, 1981; Bayazıt, 1996). Normal dağılımın kolay ve özelliklerinin iyi bilinmesinden dolayı normal dağılmış olmayan dağılımların da uygun bir dönüşümle normal dağılıma uydurulması yoluna gidilir. Bu amaçla logaritmik dönüşüm yaygın olarak kullanılır. Lognormal dağılımda rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği ve dağılımın pozitif çarpıklığı olduğu için bu dağılım pratikte karşılaşılan birçok değişkenlere iyi uyar. (Yüksek, 2009). Log-normal dağılım logaritması normal dağılım gösteren herhangi bir rastgele değişken için tek-kuyruklu bir olasılık dağılımdır (Aşıkoğlu ve Benzedem, 2007).

Logistik dağılım bir sürekli olasılık dağılımdır. Logistik dağılımın yığılmalı dağılım fonksiyon bir logistik fonksiyondur ve bu fonksiyon logistik regresyon ve ileriye-geçiş-sağlayan sinirsel ağlar konularında da rol oynar. Şekil bakımından çan şeklinde olan normal dağılıma çok benzer; fakat kuyukları daha ağır olduğu için daha basık bir şekil gösterir (Hosking, 1886; 1990).

Pearson dağılımı genellikle taskın debileri için kullanılır ve Poisson sürecindeki bir olayın gerçekleşebilme ihtimalini belirtir (Özdemir, 2008). Olaylar pozitif bir çarpıklığa sahipse Pearson dağılımına logaritmik dönüşüm uygulanır ve yeni elde edilen dağılıma Log Pearson Tip III dağılımı adı verilir. (Hosking ve Wallis, 1997; Yüksek, 2009). Log-Pearson Tip III (LPE3) dağılımı yıllık ortalama akım verilerine uygulanan istatistiksel bir teknik olup, akarsular üzerinde farklı aralıktaki akımı tahmin etmede kullanılmaktadır. Log Pearson Tip III dağılımı taşkın periyotları tahmini için de sıkça kullanılmaktadır Pearson

Tip III dağılımının hidrolojide ilk kullanımı yıllık maksimum akımlar için olmuştur. (Wallis ve Wood, 1985; Dedun ve Jing, 1988).

Genelleştirilmiş pareto dağılımı için de L-momentler yöntemi kullanılarak yer, ölçek ve şekil parametreleri hesaplanabilmektedir (Hosking ve Wallis, 1997;

Wakeby dağılımının parametre tahmini maksimum olabilirlik yöntemi ile çok fazla iterasyon gerektirmektedir. Momentler yöntemi ile de, dağılımın parametreleri momentlerin bir fonksiyonu olarak ifade edilemediğinden iteratif çözümler gerektirmiştir. Bu nedenle Landwehr ve ark (1979b, c) tarafından önerilen, olasılık ağırlıklı momentler yöntemiyle çözümü mümkündür.

Gamma dağılımının da lognormal dağılım gibi sadece değişkenin pozitif değerleri için tanımlanmış ve pozitif çarpık bir dağılımdır. Gamma dağılımını kullanabilmek için Pearson Tip III dağılım tablosundan yararlanılır. İnşaat mühendisliğinde taşkın debileri ve yorulma süresi analizlerinde kullanılır (Bayazıt, 1981; Bayazıt ve Oğuz, 1994).

Weibull dağılımı yapı elemanlarının ömürleri, taşkın debileri, en düşük akımlar ve en büyük dalgaların yüksekliği için kullanılır (Bayazıt, 1996).

t-dağılımı ya da Student'in t dağılımı genel olarak örneklem sayısı veya sayıları küçük ise ve anakütle normal dağılım gösterdiği varsayıldığında çıkartımsal istatistik uygulaması için çok kullanılan bir sürekli olasılık dağılımıdır. Tek bir anakütle ortalaması için güven aralığı veya hipotez sınaması ve iki anakütle ortalamasının arasındaki fark için güven aralığı veya hipotez sınamasında (çıkarımsal istatistik analizleri) uygulama görmektedir.

F-dağılımı bir sürekli olasılık dağılımıdır. Kısaca  $(U_1/d_1)/(U_2/d_2)$  şeklinde ifade edilebilir. Burada  $U_1$  ve  $U_2$  aynı sırayla  $d_1$  ve  $d_2$  serbestlik derecesi gösteren ki-kare dağılımlarıdır. Böylelikle F-dağılımı.  $d_1$  birinci veya alt serbestlik derecesi ve  $d_2$ , ikinci veya üst serbestlik derecesi parametreleri ile tam olarak tanımlanır. F-dağılımı çok sık olarak bir test istatistiğinin sıfır hipotezi olarak pratikte kullanılır. Bu pratik kullanım en çok tanınmış şekilde, çoğu zaman F-testi olarak anılan varyans analizidir. Daha az tanınmış kullanım alanları ise olunabilirlik oranı testleridir.

Üstel dağılım bir sürekli olasılık dağılımlar grubu iken Bernoulli dağılımı p olasılıklı başarı ile 1 değeri alan ve  $q = 1 - p$  olasılıklı başarısızlık ile 0 değeri alan bir ayrık olasılık dağılımıdır.

Ki-kare dağılım ( $\chi^2$  dağılımı) özellikle çıkarımsal istatistik analizinde çok geniş bir şekilde pratik olarak kullanılmaktadır.

Binom dağılımı n sayıda iki kategori (yani başarı/başarısızlık, evet/hayır, 1/0 vb. gibi) sonucu veren denemelere uygulanır. Bu türlü her bir deneyde, bağımsız olarak, başarı (evet=1) olasılığının p olduğu (ve yalnızca iki kategori sonucu mümkün olduğu için başarısızlık olasılığının 1 - p olduğu) bilinmektedir.

Laplace dağılımı bir sürekli olasılık dağılımıdır. Arka arkaya birbiriyle yapıştırılmış şekilde ve bir de konum parametresi eklenerek birleştirilmiş iki üstel dağılımdan oluştuğu için, çift üstel dağılımı adı ile de anılmaktadır. İki bağımsız ve tıpatıp aynı şekilde üstel dağılım gösteren bir rastgele değişken bir Laplace dağılımı ile işlev görmektedir.

Poisson dağılımı bir ayrık olasılık dağılımı olup belli bir birim zaman aralığında meydana gelme sayısının olasılığını ifade etmektedir. Beta dağılımı (0,1) aralığında normalize edilmiş bir sürekli olasılık dağılımı ailesidir. Cauchy-Lorentz dağılımı da sürekli olasılık dağılımına örnek olarak verilmektedir.

Tablo 2. Bazı dağılımlar için varolan istatistiklerin ortalamalar, varyanslar ve çeşitli fonksiyonlar cinsinden ifade edilmesi

Dağılım adı	Olasılık yoğunluk fonksiyonu	Eklenik dağılım fonksiyonu	Ortalama
Lojistik dağılım	$\frac{e^{-(x-\mu)/s}}{s(1 + e^{-(x-\mu)/s})^2}$	$\frac{1}{1 + e^{-(x-\mu)/s}}$	$\mu$
Normal dağılım	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$\frac{1}{2}\left(1 + \operatorname{erf}\frac{x-\mu}{\sigma\sqrt{2}}\right)$	$\mu$
Lognormal dağılım	$\frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)$	$\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf}\left[\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma\sqrt{2}}\right]$	$e^{\mu+\sigma^2/2}$
Gama dağılımı	$x^{k-1} \frac{\exp(-\frac{x}{\theta})}{\Gamma(k)\theta^k}$	$\frac{\gamma(k, \frac{x}{\theta})}{\Gamma(k)}$	$k\theta$
Weibull dağılımı	$(k/\lambda)(x/\lambda)^{(k-1)} e^{-(x/\lambda)^k}$	$1 - e^{-(x/\lambda)^k}$	$\lambda\Gamma(1 + \frac{1}{k})$
Üstel dağılım	$\lambda e^{-\lambda x}$	$1 - e^{-\lambda x}$	$1/\lambda$
Ki-Kare dağılımı	$\frac{(\frac{1}{2})^{\frac{k}{2}}}{\Gamma(\frac{k}{2})} x^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{x}{2}}$	$\frac{\gamma(k/2, \frac{x}{2})}{\Gamma(k/2)}$	$k$
Binom dağılımı	$\binom{n}{p} p^k (1-p)^{n-k}$	$\binom{n}{1-p} p^k (1-p)^{n-k}$	$np$
Cauchy dağılımı	$\frac{1}{\pi\gamma \left[1 + \left(\frac{x-x_0}{\gamma}\right)^2\right]}$	$\frac{1}{\pi} \arctan\left(\frac{x-x_0}{\gamma}\right) + \frac{1}{2}$	
Dağılım adı	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
Lojistik dağılım	$(\pi^2 s^2)/3$	0	6/5
Normal dağılım	$\sigma^2$	0	0
Lognormal dağılım	$(e^{\sigma^2} - 1)e^{2\mu+\sigma^2}$	$(e^{\sigma^2} + 2)\sqrt{e^{\sigma^2} - 1}$	$e^{4\sigma^2} + 2e^{3\sigma^2} + 3e^{2\sigma^2} - 6$
Gama dağılımı	$k\theta^2$	$2/\sqrt{k}$	6/k

Tablo 6'nın devamı

Weibull dağılımı	$\lambda^2 \Gamma\left(1 + \frac{2}{k}\right) - \mu^2$	$\frac{\Gamma\left(1 + \frac{3}{k}\right) \lambda^3 - 3\mu\sigma^2 - \mu^3}{\sigma^3}$	
Üstel dağılım	$\lambda^{-2}$	$\frac{2}{\sigma^3}$	6
Ki-Kare dağılımı	2k	$\frac{8}{\sqrt{k}}$	12/k
Binom dağılımı	np(1-p)	$\frac{1-2p}{\sqrt{np(1-p)}}$	$\frac{1-6p(1-p)}{np(1-p)}$

### 1.2.8. Tahmin Edilen Değerlerin Doğruluğunun Belirlenmesi

İstatistiksel analizlerle elde edilen sonuçlar doğal olarak kesin değildir. Kesin olmayan bu sonuçların maksimum kullanışlı olmaları için, eldeki verilere uygun olmaları gerekir. Bu, geleneksel istatistik analizlerle elde edilen parametreler ve tekerrür değerleri için güven aralığının hesaplanması ile başarılabilir. Bölgesel L-moment algoritması kullanılarak yapılan bölgesel frekans analizinde, homojen bölgeler tahmin edilirken de güven aralığı benzer şekilde hesaplanır. Benzer sonuçlar, bölgesel frekans analizinin diğer metotları için elde edilebilir, ama hesaplanan değerlerin doğruluğu, her bir metodun tahminleri, birbirini sağladığı zaman farklı metotlar ile yapılan tahminlerin kararlılığını yansıtır. Böyle güven aralıkları pratikteki faydaları ile sınırlıdır. Çünkü bölgesel Lmoment algoritmasında metodunun temelini oluşturan tahminlerin hepsinin verileri sağladığından nadiren emin olunabilir. Gerçekte, tahminlerin tamamını tam olarak sağlamasa da L-moment algoritması kullanışlıdır. Bölgenin heterojenlik olasılığını, frekans dağılımının tanımlanamaması ve farklı istasyonlardaki gözlemler arası istatistiksel bağımlılığı hesaba kattığından dolayı L-moment algoritması ile elde edilen tahminlerin kesinliği gerçekçi bir kanıdır. Hesaplanan tekerrür tahminlerinin doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olup olmadığı Monte Carlo benzetimi ile hesaplanır. Güven aralığının belirlenmesinde iki parametre vardır. Bunlar hatalar karelerinin ortalamasının karekökü ve hatadır. Her istasyon için, göreceli hatalar karelerinin ortalamasının karekökü (RMSE), göreceli hata değerleri (Relatif hata) ve %5-%95 alt ve üst güvenilirlik bant sınırları elde edilmektedir. Bölge bazında bu değerlere ek olarak, ortalama hata değerleri de hesaplanabilir (Hosking, 2000).

## 1.2.9. Regresyon Analizi

### 1.2.9.1. Giriş

Regresyon analizi, debi süreklilik eğrileri ile bölgesel anlamda yapılan hidrolojik çalışmalarda kullanılan araçlardan biridir. Regresyon analizi, bağımlı veya açıklanan değişken Y ile bağımsız veya açıklayıcı değişken X (ya da X'ler) arasındaki ilişkiyi tanımlama ve bu ilişkinin derecesini hesaplama ile ilgilidir. Regresyon analizi, bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişki ile uğraşmakla birlikte; mutlaka bir nedensellik ilişkisi ifade etmemektedir. Yani, mutlaka bağımsız değişkenin sebep ve bağımlı değişkenin sonuç olduğu anlamına gelmemektedir. Regresyon analizinin gayeleri şunlardır::

- 1- Bağımsız değişkenlerin verilen değerleri ile bağımlı değişkenin ortalama değerini tahmin etmek (estimate),
- 2-Bağımsız değişkenlerin, bağımlı değişken üzerinde önemli bir etkiye sahip olup olmadığını araştırmak (test etmek),
- 3-Bağımsız değişkenlerin verilen değerleri ile bağımlı değişkenin ortalama değerini öngörmek (predict) veya gelecekte alacağı değeri tahmin etmektir.

Literatürde bağımlı (Y) ve bağımsız değişken (X)'lerin çok farklı söylenişleri vardır. Bağımlı değişken; açıklanan, etkilenen, içsel ve amaç değişken olarak da ifade edilmektedir. Bağımsız değişken ise; açıklayıcı, etkileyici, dışsal ve araç değişken olarak isimlendirilmektedir. Bunlardan en çok kullanılanı, bağımlı ve bağımsız değişken ayrımıdır.

### 1.2.9.2. Çoklu Regresyon Analizi

Çoklu regresyon yukarıda ifade edilen basit regresyon analizinin bir uzantısıdır. Çoklu regresyonda birden fazla bağımsız değişken ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) ile bir bağımlı değişken (Y) arasındaki ilişki incelenmektedir.



### 1.2.9.3. Standart Hata

Gerçek Y değerlerinin regresyon yüzeyi etrafında ne kadar uzağa dağıldıkları standart hata (SH) ile ölçülebilir. Parametre tahminlerinin anlamlılık testlerinin yapılabilmesi için, standart hatalarının da bilinmesi gerekmektedir. Parametre tahminlerinin standart hataları hesaplanırken önce, tahminin standart hatası bulunmalıdır. Standart hata varyansın karekökü olduğundan, önce varyanslar hesaplanır ve sonra karekökleri alınarak standart hatalar elde edilir.

### 1.2.9.4. Çoklu Belirlilik Katsayısı

Çoklu belirlilik katsayısı  $R^2$  ile ifade edilir. Birden çok bağımsız değişkenli modellerde, bağımlı değişkende meydana gelen değişmelerin, modeldeki bağımsız değişkenler tarafından açıklanabilen oranını verir. Başka bir ifadeyle  $R^2$ , Y'deki değişimin X'lerdeki değişimlerle açıklanan yüzdesini verir.  $R^2$ 'nin değeri 0 ile 1 arasında değişir.  $R^2$  büyüdükçe, Y'deki değişimin modelin bağımsız değişkenleri ile açıklanan yüzdesi de büyür ve regresyon doğrusunun, gözlemlere uyumunun iyiliği artar.  $R^2$  küçüldükçe bu uyum da bozulmaktadır.

$R^2$  değeri modelin gözlemlere uygunluğunun bir ölçüsü olmakla beraber, bu her zaman güvenilen tam bir ölçü olmayıp, sadece kısmi bir ölçü olmaktadır.  $R^2$ 'nin yüksek olması arzu edilirken, bu yüksekliğin ölçüsü konusunda tam bir fikir birliği yoktur. Genellikle, 0.50'nin altında bir  $R^2$  değeri zayıf, 0.50 ile 0.70 arasında orta ve 0.70'in üzerinde iyi bir uyum ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Ancak, trend etkisinden dolayı, zaman serilerinde  $R^2$  değeri yüksek çıkarken, öte yandan yatay kesit verilerinde model uygun olduğu halde  $R^2$  değeri düşük çıkabilmektedir. Ayrıca regresyon sabiti olmayan modellerde  $R^2$  anlamını kaybetmektedir (Tarı,1999).

### 1.2.9.5. Bağımsız Değişkenlerin Belirlenmesi

Çoklu regresyonda kullanılan bağımsız değişkenler içersinde modele katkısı en fazla olan daha az sayıdaki değişken veya değişkenler çeşitli yöntemler yardımıyla belirlenebilir. Söz konusu yöntemler arasında; adım adım regresyon yöntemi (stepwise), ileriye doğru

seçim (forward selection), geriye doğru eleme (backward elimination) gibi yöntemler bulunmaktadır.

#### **1.2.9.6. Regresyon Modellerinin Anlamlılığı**

Regresyon modellerinin ve model parametrelerinin anlamlılığı F ve t testine göre belirlenmiştir. Her bir model ya da parametre için hesaplanmış F ya da t istatistiği belirlenen kritik değerden büyükse, kurulan model anlamlıdır ya da seçilen değişken varyansın büyük bir kısmını açıklamaktadır ve modelde mutlaka yer alması gerekmektedir sonucuna varılabilir.

Regresyon testi sonucunda, varyans analizinde (ANOVA) F testi için F-değeri sayısı büyük ve F-önemi sayısı küçük olur ise regresyon modelindeki terimlerin anlamlılığı yüksek olmaktadır (Steppan ve diğ. 1998).

Çoklu regresyon modelinde her parametrenin tek tek anlamlılık testi, örnek büyüklüğüne bağlı olarak, t veya Z testi ile yapılmaktadır. Genellikle küçük örneklerde t testi, büyük örneklerde ise Z testi yapılmaktadır. Çoklu regresyonda, regresyon sabiti dışındaki bütün parametrelerin anlamlı olup olmadığını, yani açıklayıcı değişkenlerin, açıklanan değişken üzerinde etkili olup olmadıklarını anlamak için F testi uygulanmaktadır (Tarı,1999).

Regresyon analizi, değişkenler arasındaki neden-sonuç ilişkisini bulmamıza imkan veren bir analiz yöntemidir. Korelasyon analizinde ise iki değişkene arasındaki ilişkinin yönü ve şiddeti hesaplanır. Fakat bu ilişki bir neden-sonuç ilişkisi olmak zorunda değildir.

#### **1.2.9.7. Lineer (İkili) ve Çoklu (Multi) Regresyon**

İkili regresyonda bağımsız değişken X hakkında sahip olunan bilgilerden hareketle bağımlı değişken Y'yi tahmin etmeye çalışılır. Lineer regresyon, aralık-oran değişkenleri üzerinde gerçekleştirilen bir analiz türüdür. Bu çalışmada debi yani akım değerleri ve zaman bağımlı değişken olarak kabul edilmiştir. Havza karakteristiklerinden olan sıcaklık, yağış, alan ve yükselti parametreleri ise bağımsız değişken olarak kabul edilmiştir. Regresyon değerleri SPSS 17 programı ile hesaplanmıştır.

### 1.3. Literatür Özeti

Booker vd. (2012), Yeni Zelanda da 379 adet akım gözlem istasyonunun verilerini kullanarak, ölçümü olmayan havzalarda ve bölgelerde akım verisi tahmin etmeye çalışmıştır. Tahmini debi değerinin doğruluğu için yeni yöntemlerin ve geleneksel kabullerin birlikte veya ayrı ayrı kullanılmasının sonuçları araştırılmıştır. Karma metotlar yaklaşımıyla genel sınır değer olasılık dağılımının kullanıldığı bir yöntemin kullanılmasyla en uygun sonuçlar elde edilmiştir.

Malekinezhad vd. (2011), debi ölçümü olmayan veya yetersiz olan İran'ın kurak ve yarı kurak bölgelerinde akım büyüklüğünün tahmin edilmesinde indeks taşkın ve toplam regresyon yöntemleri kullanmıştır. Bu yöntemlerden hangisinin eğri uydurma metodu içinde daha uygun olduğunun kıyaslaması L-Momentler yöntemiyle yapılmıştır. Homojen karakterli bölgelerde akım değerlerinin birçok dağılıma uydurulması ve Z testleri sonucunda, genel sınır değer dağılımının en uygun dağılım olduğu bulunmuştur.

Parada vd. (2010), debi ölçümü yetersiz havzalar için akımın tahmininde yeni bir yaklaşımdan bahsetmiştir. Bu çalışma Kernel Tekniğinin ve veri ayrıştırmasının birleşimidir. Ölçek, ölçü birimi, bölgesel alanla toplam alan arasındaki ilişkiyi açıklamak için kullanılan oranın ve Bayesian Kalman Filtresinin hassaslığına dayandırılmıştır. Debi ölçümü eksik havzalarda akım tahmininde hidrolojik sistem bileşenlerinin Gaussian ve lineer olmayan davranışlarına çözüm olarak önerilmiştir.

Li vd. (2010), akım ölçümünün yetersiz olduğu havzalardaki gözlenen akım değeri olmayan havzalar ve alt havzalar için parametre değerlerinin tahmininde bölgeselleştirmeyi kullanmıştır. Çalışmada İndex Model olarak önerilen yeni bölgeselleştirme yöntemi; akım tahmin araçlarının her parametresi arasındaki parametrik olmayan bir ilişki ve bağlantıların lineer bileşkesinden kurulmuştur. Yöntem lineer ve lineer olmayan fonksiyonların geniş bir aralığında tanımlandığı için lineer regresyon kullanımının olağan bir sonucu olan potansiyel belirleme kayıplarından arınmıştır.

Besaw vd. (2010), ölçümsüz havzalardaki akım debi tahminini iki yapay sinir ağı (YSA) ile test ederek geliştirmiştir. Modelin girdileri gecikme zamanlı sıcaklık ve yağış kayıtlarıdır. Geçmişteki yetersiz döngülerde YSA ile akım debisi tahmininde model girdilerinin kullanılmasına müsaade etmektedir. Ölçümsüz havzalardaki akım tahmininde bir havzadan kesin olmayan YSA ile eğitilen akım-iklim verileri ve yakın bir havzanın yüksek temsil kabiliyetli farklı akım-iklim verileri kullanılmıştır. Çalışmayı ve sonuçlarını

ilginç kılan; iyileştirilmiş akım tahminlerinin gecikme zamanlı tespitinde, geçersiz akım tahminlerinin gecikme zamanlı yerel ölçülmüş iklim verilerince kullanılmasıdır.

Villarini (2010), taşkın zaman serileri içindeki yavaş değişkenlikli ve beklenmeden oluşan değişimleri parametrik olmayan testlerle elde etmiştir. Taşkın pik dağılımlarının varyans ve ortalamaları içindeki değişimler, Pettit Testi (Spearman ve Mann-Kendall ) kullanılarak elde edilmiştir. Beklenmedik değişimler bireysel eğilimlerden ziyade varsayımın sabitliğine uyulmamasından kaynaklanmıştır. Genel sınır değer (GEV) dağılımının şekil, ölçek ve yer parametrelerinin tahminleri, taşkın pik dağılımlarının ölçeksel özelliklerinin eldesinde kullanılmıştır.

Guse (2010), taşkın frekans analizinde bilinen yaklaşıma ek olarak, 100 yıldan büyük yineleme aralıklarla debinin tahmini için yeni özel bir yaklaşım önermiştir. Büyük taşkın dağılımları için debi ve debiye ait yineleme aralığını en üst sınır debi aralığı gibi karma bir sınır dağılım fonksiyonuyla birleştirmiştir. Belli bir pik noktası üzerindeki yineleme aralıkları için bir genel sınır değer (GEV) dağılım fonksiyonu ile pozitif şekil parametresi kullanmıştır.

Beşiktaş (2010), regresyon analizi ile Doğu Karadeniz Bölgesinde akım gözlem istasyonu verileri kullanılarak, daha önce fiziksel anlamda ölçümü yapılmamış noktalarda debi tahmini yapılmasına çalışmıştır. Elde edilen bağıntılardan bölgesel debi tahmini yapılmış, tahminler literatürde daha önce farklı metotlarla yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Değerleme için kullanılan iki istasyondan günlük veriye sahip yıl sayısı yüksek olan istasyonla yapılan değerlemede daha yüksek belirlilik katsayısı değerleri elde edilmiş ve verisi olan yıl sayısı arttıkça bölgeyi daha iyi temsil eden eşitliklerin elde edilebileceği kanısına varılmıştır.

Ülken (2010), akım ölçümü olmayan ya da yetersiz olan havzalarda akım tahmini yapabilmek amacıyla Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan AGİ'lerin günlük ve aylık akım verileri kullanmıştır. Çeşitli dağılımlardan, her %5'lik asılma olasılığına denk gelen akımlar hesaplanmış, teorik akım değerleriyle çarpılarak boyutlu hale getirilmiş ve debi-süreklilik eğrileri çizilmiştir. Çizilen eğriler başlangıçta test istasyonu olarak seçilen AGİ'lerin debi-süreklilik eğrileriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda günlük verilerle oluşturulan modelin aylıklara oranla daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir.

Yang (2009), bölgesel frekans analizi içinde, Pearl nehir havzasındaki aşırı yağışların alansal ve zamansal karakterlerinin tahmin edilmesinde L-Momentler yöntemiyle, zamandan bağımsız ve seri korelasyonlu gelişmiş istatistiksel testleri birlikte

kullanmışlardır. Ortalama yağışın topoğrafik ve alansal karakterlerinin bulunması için, havza altı bölgeye ayrılmıştır. Uygunluk testi hesap sonuçları; Genelleştirilmiş Normal, Genelleştirilmiş Lojistik, Genelleştirilmiş Sınır Değer ve Pearson Tip 3 dağılımlarının havzayı ve alt bölgeleri daha iyi temsil ettiğini göstermiştir.

Ağırlioğlu ve diğ. (2009), TÜBİTAK destekli akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi başlıklı proje çerçevesinde Doğu Karadeniz'de Solaklı Havzası için debi süreklilik eğrilerinin normalleştirilmesi üzerinde çalışmıştır. Aylık ve yıllık değerler için uygulanabilir sonuçlar elde edilmesine rağmen günlük verilerin normalleştirilememesi nedeniyle bölge için tam uygulanabilir sonuçlar alınamamıştır.

Bocchiola (2009), akım ölçümü eksik olan havzalarda taşkın tahmini için bir dağılım yaklaşımı türü geliştirmiştir. Derinlik, zaman ve frekans eğrileri içindeki yoğunluk ve zemin bilgi eksiklikleri; toprak koruma servisi eğri numarası metodu ve hidrolojik temelli Naş'ın kesik çizgili birim hidrograf metoduyla aşılmaya çalışılmıştır. Nem dağılımını içeren taşkın tasarımı için kritik zaman değerlendirmesi yapan basit bir şema önerilmiştir.

Guse ve Thielen (2009), index taşkın hipoteziyle homojen bölgeler elde etmeyi amaçlamıştır. Bir taşkın debisi bir yinelenen aralıkla beraber, her homojen bölgenin her istasyonu için tahmin edilmiştir. İlk olarak homojenleştirilmiş bölgeler sınıf analizi ile türetilmiştir. Sonra ise bölgesel etki yaklaşımı yinelenen aralıkla birleştirilmiştir. Farklı heterojenlik dereceli türetilmiş karma gruplarla karşılaştırıldığında, çoğu heterojen gruplarda ölçümlenemeyen havzalar için yineleme aralığı performansının azaldığı gözlenmiştir.

Castellarin (2009), şiddetli yağış sonucu oluşan derinlik-zaman zarf eğrisinden (DZZE) yola çıkarak, taşkın akışının bölgesel zarf eğrisini elde etmeyi amaçlamıştır. DZZE birçok sağanak yağış süresi için gözlenen maksimum sağanak üzerinde bölgesel en üst bantlar şeklinde tanımlanmıştır. Ölçümsüz alanlar için sağlanan sağanak dağılımı doğruluğu, aynı çalışma alanı için yeni önerilen bir bölgesel DZZE eşitliği ile karşılaştırılmıştır.

Yang ve Shao (2009), Pearl nehri havzasında (Çin) aşırı yağışların zamansal-uzamsal özelliklerinin karakterize edilmesi ve bölgesel frekans analizi için L-moment yaklaşımı ile birlikte standart ve çoklu korelasyon (ilgileşim) testlerini içeren gelişmiş istatistiksel testler kullanmıştır. Yineleme tahminleri ve Monte Carlo benzetim ile hesaplanan yaklaşık

hatalar, yüz yıldan küçük yinleme periyotları için yeterli güvenirliliğin sağlandığını göstermiştir.

Mamun vd. (2009), frekans ve büyüklükleri 1 ile 7 arasında değişen 30 günlük düşük akım değerleri için bölgesel haritalar ve denklemler çıkarmıştır. Komşu bölgelerin akarsu ölçüm istasyonlarından elde edilen verilerle diğer benzer bölgelerin düşük akım frekans eğrileri türetilmiştir. Bölgesel denklemler çok değişkenli regresyon denklemleri kullanılarak geliştirilmiştir. Yıllık ortalama yağış ve buharlaşma, bölge alanının bir fonksiyonu olarak deneysel bir ilişki şeklinde, ortalama yıllık minimum akım için geliştirilmiştir. Bölgesel alan, ortalama yıllık yağış ve buharlaşma bilindiğinde, akım ölçümü eksik veya olmayan havzalar için farklı süreli düşük akım dizayn edilmiştir.

Castiglioni vd. (2009), yetersiz veya ölçüm olmayan havzalardaki düşük akım indislerinin tahmini için fizyografiksel alan temeline dayanan interpolasyonların uygunluğunu araştırmıştır. Fizyografiksel alan içindeki düşük akım indislerinin interpolasi için hem jeostatistiksel hem de deterministik teknikler uygulanmıştır. Debi değerleri eksik veya olmayan havzalarda uygulanacak tekniklerden hangisinin daha kesin ölçüm yaptığını saptamak için bir Jack-Knife çapraz değerleme yöntemi uygulanmıştır.

Petersen (2008), bir debi ölçüm düzeneği ile güç ile sayının ters orantılı olduğu yeni bir model, olasılık tabanlı yıllık maksimum debiler ve GEV için geliştirilmiştir. GEV parametreleri ve anahtar eğrisi eşzamanlı tahminleri, anahtar eğrisi belirsizliği ve örnek çeşitliliği nedeniyle kabul edilebilir bulunmuştur. GEV yinleme tahminlerinin değerlendirme çeşitliliğindeki hatada anahtar eğrisi belirsizliğinin ana etken olduğu gözlenmiştir.

Liou (2008), hidrolojik frekans analizinden önce hidrolojik değerşkenler için uygunluk testleri ile en uygun dağılımı araştırmıştır. En uygun dağılımı seçmede L-moment yönteminin kullanışlılığını olasılık ağırlıklı momentler yöntemiyle araştırmıştır. Stokastik benzetimler normal ve gumbel dağılımların basıklık ve çarpıklıklarıyla değerlendirilmiştir. Normal ve gumbel dağılımlar için L momentin en uygun yöntem olduğu bulunmuştur.

Risley ve diğer. (2008), 466 adet akım gözlem istasyonundan elde edilen günlük ortalama debi kayıtları ile istasyonlardaki meteorolojik ve fiziksel havza karakteristikleri hesaplamıştır. Bu hesaplara bağlı olarak ölçülmemiş bölgelerde akım tahmini için regresyon eşitlikleri geliştirilmiştirlerdir.

Işık ve Singh (2008) Türkiye'nin 26 havzası için hiyerarşik kümeleme algoritmasıyla homojen bölgelerin sayısını hesaplamıştır. k ortalamaları metodunu kullanarak homojen

bölgeleri belirlemiş ve ölçümü olmayan homojen alanlarda akımı hesaplamıştır. Bunun sonucunda 1410 akım ölçüm istasyonundan oluşan 26 havzanın 6 homojen bölgeye ayrılabilceğini bulmuştur. Bu homojen bölgelerdeki istasyonların çoğunda test sonucunda yüksek korelasyon katsayısı görülmüştür.

Mohamoud (2008), akım ölçümü olmayan havzalarda akım tahmini ile ilgili çalışmasında; çoklu regresyon analizi, iklim-fiziki-coğrafi yapı değerlendirmesi ve bölgesel debi süreklilik eğrisi modellerini birbirleriyle kıyaslamıştır. Seçilen 29 adet havzada çalışma yapılmıştır ve çalışma sonucunda debi süreklilik eğrisine dayalı yöntemin akım ölçümü olmayan havzalardaki akım tahmininde daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Gelder (2007), L-momentler ile birden fazla bölgenin verisinden oluşan çok değişkenli bir örneğin olasılık dağılım fonksiyonları için bölgesel bir istatistik model geliştirmiştir. L-momentler aile popülasyonunda hatasız kabul edilen sıralı gözlemlerin lineer kombinasyonları şeklinde açıklanmıştır. Bu çalışmada L-moment tekniği bozulmamış veri örnekleri için analiz edilmiştir. Monte Carlo benzetim yardımıyla L-moment tekniği sonuçlarının diğer tekniklerinden daha güvenli olduğu gözlemlenmiştir.

Anlı vd. (2007), Göksu havzasının taşkın frekans analizini L-momentler yöntemini kullanarak yapmışlardır. Homojen olarak belirlenen 10 istasyonun yıllık maksimum akımlarına Genelleştirilmiş Lojistik, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Genelleştirilmiş Normal dağılım, Pearson Tip 3, Genelleştirilmiş Pareto dağılımlarını uygulamış ve en uygun dağılımın Genelleştirilmiş Ekstrem Değer dağılım olduğunu belirlemişlerdir.

Bari ve Shaiful İslam (2006), günlük ortalama debiler için uygun bir olasılık dağılımı araştırmıştır.  $\chi^2$  ve Kolmogorov-Smirnov uyum derecesi test edilerek, lognormal dağılımının en uygun olduğu gösterilmiştir. Seçilen dağılımla gözlenmiş bütün değerler için standart sapmalar hesaplanarak karşılaştırma yapılmıştır. Lognormal dağılımın, ilgili akarsuların yüksek mevsimsel değişimleri için esnek bir dağılım olduğu bulunmuştur.

Atiem ve Harmancıoğlu (2006), Nil nehri üzerindeki 14 adet AGİ için gösterge sel metodu kullanarak L-momentler yaklaşımı ile taşkın frekans analizi yapmışlardır. Bu istasyonlara literatürde yaygın olarak kullanılan 5 farklı dağılım modelini noktasal olarak uygulanmış ve 4 istasyon için Genelleştirilmiş Lojistik (GLO), 2 istasyon için Pearson Tip 3 (PE3), 2 istasyon için Genelleştirilmiş Ekstrem Değerler (GEV), 1 istasyon için Genelleştirilmiş Normal dağılımı (GNO), 1 istasyon için Genelleştirilmiş Pareto dağılımı (GPA), 4 istasyon için Wakeby dağılımı (WAK) uygun bulunmuştur.

Özkan (2005), Küçük Menderes ve Büyük Menderes havzalarını birleştirmiş ve toplam 45 adet akım gözlem istasyonuna ait yıllık maksimum akış verilerini kullanarak bölgesel analiz yapmıştır. Student-t ve Dalrymple yöntemlerini kullanarak havzalardaki homojen olmayan gözlem istasyonlarını tanımlamıştır. Homojenlik şartlarını sağlamayan istasyonları çıkarttıktan sonra çarpıklık ve değişkenlik katsayılarının bölgesel değerlerini tahmin etmiş ve bunlarla ilgili bölgesel bağıntılar çıkarmıştır. Gumbel dağılımını esas alarak bölgesel boyutsuz taşkın katsayılarını hesaplamıştır.

Özdemir (2004), iki periyodik-stokastik hidrolojik süreç arasındaki bağımlılık (kovaryans) yapısını matematiksel ve yapısal olarak tanımlamış ve verilerin içsel ve karşılıklı bağımlılık yapılarının doğrusal regresyona ve bilgi aktarıma etkilerini analiz etmiştir. Çalışmada, Monte-Carlo teknikleri kullanılarak, periyodik bileşen yapıları ile içsel ve karşılıklı bağımlılık yapıları öngörülen, altı farklı tipte sentetik aylık akım dizisi üretilmiştir.

Yanık (2004), özellikle akım ölçüm değeri olmayan veya eksik ve yetersiz olan akarsulardaki debi değerinin belirlenmesinde düşü parametresine bağlı olarak hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan küme analiz yöntemlerini kullanmıştır. Bölgenin homojen alt bölgelere ayrılması ve her bir homojen bölgeye ait özgül debi süreklilik eğrilerinin elde edilmesi yoluna gidilmiştir.

Perry vd. (2004), akarsu verilerinin ölçüldüğü ve ölçülmediği akarsuların ortalama debilerinin ve debi sürekliliklerinin analizinde iklim ve havza karakteristikleri kullanmıştır. Akış verileri olmayan alanların istatistiksel tahminlerinde, drenaj-alan oranı metodu ve çoklu doğrusal regresyon metodu olmak üzere iki metod yaygın olarak kullanılmıştır. Drenaj-alan oranı metodu, akım ölçüsü bulunmayan alanın aynı akarsu üzerinde ve ölçüm istasyonlarına yakın olduğu durumlarda, çoklu doğrusal regresyon analizinin ise diğer durumlarda daha uygun olduğu ifade edilmiştir.

Şorman (2004), klasik parametre tahmin yöntemlerini (momentler yöntemi, maksimum olabilirlik yöntemi) olasılık ağırlıklı momentler yöntemi ile karşılaştırmış ve bu karşılaştırmaya uygunluk testlerini de ilave etmiştir. L-momentler yöntemi ile noktasal dağılım parametrelerini tahmin etmiş ve Batı Karadeniz'deki akım verileri ile örneklemiştir. Daha sonra bölgesel frekans analiz çalışmasında bölge büyüme oranlarını bulmuştur. Her bir ölçüm noktasının ve tüm noktaların ortalama en küçük hata değerlerini hesap ederek güven aralıklarını tespit etmiştir. Bölgeselleştirme ve mevcut kaydedici istasyonlar arası korelasyon katsayısı ve kayıt sürelerini hesaba katmıştır.



Post (2004), debinin belirlenmesinde alan, ortalama yıllık yağış, drenaj yoğunluğu ve toplam nehir uzunluğu değişkenlerini dikkate almıştır.

Jaiswal vd. (2003), Hindistandaki Beas havzasının taşkın frekans modeli için L-momentler tekniğini kullanmıştır. Taşkın serilerine EV-I, GEV, Lojistik, Genelleştirilmiş Lojistik, Genelleştirilmiş Pareto, Normal ve Log Normal dağılımlarını uygulamıştır. L-momentlere dayalı uygunluk testi sonucunda GEV dağılımının Beas havzası taşkınlarının tahminlerinde en uygun dağılım olduğunu belirlemiştir.

Kumar vd. (2003a), Kuzey Brahmaputra ve Orta Ganj nehir havzasının bölgesel taşkın formüllerini L-momentler tekniğini kullanarak geliştirmiştir. Çalışmada 10 adet istasyona literatürde yaygın olarak kullanılan dağılımları uygulanmış ve GEV dağılımının en iyi tahmine sahip olduğunu belirlenmiştir. Yıllık maksimum debi ve havza alanı arasındaki ilişkiyi grafiksel olarak belirlemişlerdir. Çeşitli alanlara ve dönüş periyotlarına karşılık gelen taşkın debisini belirlemişlerdir.

Morales (2001), erozyon kontrol programları, akarsu erozyonları, sedimentasyonu ve taşmalarına alternatif çözüm yolları bulmayı amaçladığı çalışmasında, havzada ölçülmüş debi verileri kullanılarak verileri ölçülmemiş benzer havzalarda akımların tahmin edilebilmesi için hidrolojik modeller geliştirmiştir. Debi süreklilik eğrisi sonuçlarının bir parametrelili exponentsiyel dağılıma uygunluğu test edilmiştir.

Porparoto (2001), akarsu akımlarının, non-lineer tahmin (NLP) referans alınarak, non-lineer metot içinde modern non-lineer zaman serileri analizi içerikli tek-değişkenli formun geliştirilmesiyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Metot akım bilgisine ek olarak diğer zaman serilerinden farklı bilgiler içeren çok değişkenli yeni bir metot şeklinde açıklanmıştır. Çalışmanın birinci kısmında çok değişkenli yaklaşımın temel kavramı, ikinci kısmında ise akarsu akım tahmin uygulaması anlatılmıştır. Bilgilerin farklı kaynaklarına uyarlanmış çok değişkenli bu metodun esnekliği ile elde edilen doğru tahmin, metodun hidrolojik alanlardaki gerçeklik payının göstermiştir.

Gelder (2001), taşkın koruma yapılarının risk analizinde genellikle küçük aşılma olasılıklarına bağlı yinelenen uç tahminleri bulmak için bilinen momentlerle kıyaslandıklarında daha kesin sonuçlarından dolayı L momentleri kullanmıştır. L-kurtosis (basıklık) dayanan yaklaşımın performansı diverjans, integre-kare hatası, ki kare ve olasılık-çizgi korelasyonu uygunluk testleriyle ölçülmüştür.

Muhara (2001), Kenya da bulunan Tanzanya bölgesindeki istasyonlar için bölgesel istatistiksel dağılımları ve hidrolojik olarak homojen bölgeleri L-momentler diyagramları

yardımıyla tespit etmiştir. Homojen bölgeler ve tüm Tanzanya için lineer regresyon modeli belirlenmiştir. Log-Lojistik, Genelleştirilmiş Pareto, 3 parametrelili Log Normal ve Pearson Tip 3 dağılımları uygunluk sağlamıştır.

Şorman ve Okur (2000), bölgeselleştirme tekniği olarak gösterge sel metodunda, tahmin edilen tekerrür değerlerinin doğruluğu için Monte Carlo benzetimini kullanmıştır. Analizleri iki aşamada gerçekleştirilmiş ve ek gözlenmiş verilerin sonuçlar üzerindeki etkisini araştırılmıştır. Uç noktaların ve benzetim sayısının etkisini ve Batı Karadeniz bölgesinde Mayıs 1998 de görülen selin akım değerlerinin dönüş aralıklarını analiz etmişlerdir.

Gelder, (1999), bölgesel frekans taşkın analizinde L moment teorisi temelli yaklaşım kullanmıştır. L momentler yönteminin, verilerin lineer olması halinde, çoklu dereceden momentlerin ihtiyaç duyduğu gözlenen veriler küp, kare gibi çoklu üst aykırılıklarından çok az etkilenmesi avantajını kullanmıştır.

Önöz (1994), çalışmasında literatürde mevcut olan olasılık ağırlıklı momentler yöntemini tanıtmış ve diğer yöntemlere olan üstünlüklerini açıklamıştır. Kolay uygulanabilmesi nedeniyle geniş kullanım alanı bulmuş olan bu yöntemle hidrolojide sıkça kullanılan bazı olasılık dağılımlarının parametre tahminlerini vermiştir.

Haktanır ve Çapar (1994), momentler ve maksimum olabilirlik v.b. gibi klasik yöntemlerinin yanında, entropy ve olasılık ağırlıklı momentler yöntemlerini de içeren ve toplam 28 farklı olasılık dağılım modeline göre hesap yapan bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Programda Ki kare, Kolmogorov-Simirnov ve Crammer Von Mises uygunluk testleri de uygulanabilmiştir.

Vogel ve Fennessey (1993), varyasyon katsayısı ( $c_v$ ), çarpıklık katsayısı ( $\gamma$ ) ve basıklık (kurtosis) katsayısının ( $\alpha$ ) küçük örnekler için klasik moment oran tahminlerinde gösterdiği hata ve uyuşmazlığı Massachusetts'deki 23 gözlem istasyonunun günlük akım değerleri için L-moment oranları ile karşılaştırmış ve L-moment oran tahminlerinin hemen hemen tarafsız olduğunu çalışmalarında savunmuşlardır.

L-moment diyagramları bölgesel bir dağılımı tanımlamada birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır (Chowdhury vd. (1991), Adamowski (2000), Vogel ve Fennessey (1993), Saf (2009)).

Hosking ve Wallis (1993) bölgesel çalışmalarda kullanmak için çok sayıda testler geliştirmişlerdir. Bir grubun homojenlik derecesini anlamak için yöntemler sunulmuştur. Bölgesel frekans analizinde kullanılan üç istatistiği ( $H_1$ ,  $H_2$  ve  $H_3$ ) tanımlamıştır.

Chowdhury vd. (1991) bölgesel GEV dağılımı için çok sayıda uygunluk testlerini karşılaştırmış ve yeni bir ki kare testi geliştirmiştir. L-değişim katsayısına ve L-sivrilik katsayısına dayanana bir test önermiştir.

Hosking (1990), L-momentler yönteminin parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlamasıyla, çeşitli problemleri çözmede olasılık ağırlıklı momentler yönteminden daha geçerli olduğunu göstermiştir. L-momentler yöntemi ile dağılımın şekil ölçüsünü açıklamak, daha kolay ve uygun olmuştur. L-moment oran tahminleri özellikle klasik moment oranları ile karşılaştırıldığı zaman küçük değişim ve eğilimler göstermiştir.

Cunnane (1988), bölgesel bir Wakeby dağılımı ile L-moment metodunun mevcut en iyi bölgesel yöntem olduğunu belirtmiştir.

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

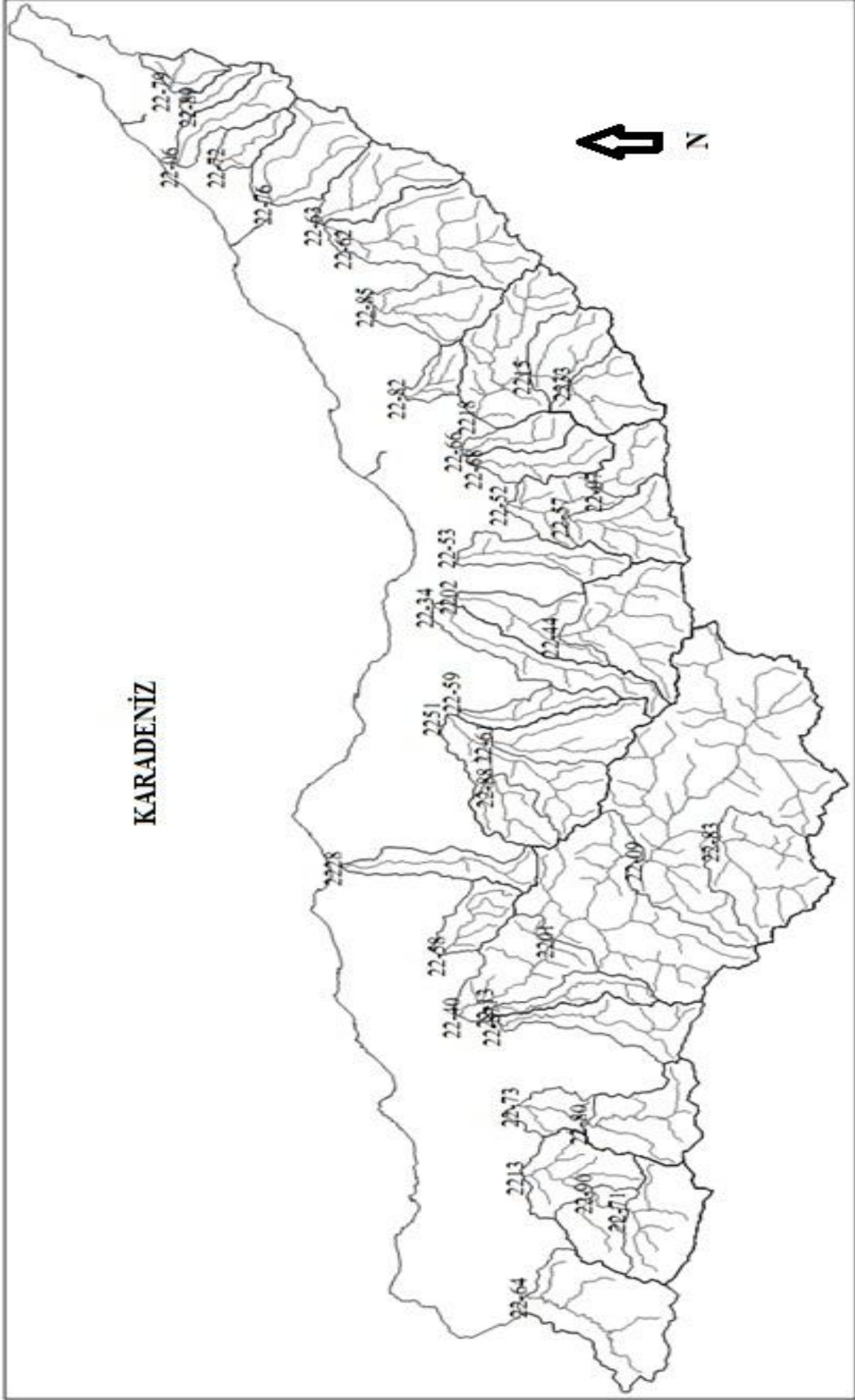
### 2.1. Doğu Karadeniz Havzasının Tanıtımı

Doğu Karadeniz Havzası (Şekil 1) 1200 ile 1300 mm arasında değişen ortalama yağış yüksekliği ile Türkiye’de en çok yağış alan bölgedir. Havza 24077 km<sup>2</sup> olan toplam alanı ile, yılda ortalama 14,9 km<sup>3</sup> yüzeysel su potansiyeli sağlamaktadır ve bu Türkiye su potansiyelinin % 7,9’unu karşılamaktadır. Birim alandan sağlanan debi açısından 19,6 lt/sn/km<sup>2</sup> değerle, Antalya Havzası’ndan sonra ikinci sırada yer almaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesinin, Türkiye’nin 433 milyar kWh olan toplam brüt hidroelektrik potansiyeli içinde yaklaşık olarak %11,2’ sine sahip olduğu belirtilmiştir (Yüksek vd., 2008).



Şekil 1. Doğu Karadeniz Havzası (Yüksek vd., 2008).

Çalışma alanı Doğu Karadeniz Havzasının 22. Bölge sınırları içinde kalmakta, batıda 22-64 istasyonundan, doğuda 22-79 istasyonuna kadar olan AGİ’leri içermektedir. Çalışma alanı 17143 km<sup>2</sup> toplam alana sahiptir. Çalışma alanını içine alan bölgenin 1/100000’lik standart topoğrafik haritalar üzerinde AGİ’lerin drenaj alanları çizilerek alt havzalar belirlenmiştir. Daha sonra bölgeyi içine alan 116 adet 1/25000’lik standart topoğrafik harita yardımıyla drenaj alanları kontrol edilmiştir. AGİ’lerin drenaj alanlarındaki akarsu kolları çizilmiştir ve Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Doğu Karadeniz Havzası Akım Gözlem İstasyonları (AGİ'ler) ve akarsu kolları (Saka, 2012).

## 2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler

### 2.2.1. Debi Verileri

Çalışma alanında minimum 10 yıllık veri ölçümü bulunan istasyonlar belirlenmiştir. Bu istasyonlar arasında, aynı akarsuda bulunan ve akarsu boylarındaki farklılığın fazla olmadığı, istasyonlardan biri tercih edilmiştir. Sonuç olarak çalışma alanında 39 adet istasyon belirlenmiş ve günlük ortalama akım ölçümleri ( $m^3/sn$ ) elde edilmiştir. Havzada bulunan AGİ'lerdeki debi ölçümleri, DSİ ve EİEİ tarafından yürütülmektedir.

Çalışmada kullanılan AGİ'lerin 10 yıllık gözlem sürelerinin yıllara göre dağılımı Tablo 2'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan AGİ'lerin istasyon isimleri, koordinatları ve hesaplanan diğer bazı karakteristikleri 3. Bölümde Tablo 6'da verilmiştir. Bu istasyonlar ve kullanılan gözlem yılları seçilirken, akarsu akım doğallığının bozulmamış, yani düzenlenmemiş olmasına özen gösterilmiştir. Bu maksatla, Torul ve Kürtün barajlarını içinde alan Harşit Çayı'ndaki istasyonların AGİ ölçümleri, 2001 yılından önceki veriler kullanılarak ele alınmıştır.

Her bir AGİ'ye ait 10 yıllık, 3650 adet ölçüm değerleri DSİ, EİEİ ve akım yıllıklarından elde edilmiştir. Toplamda 39 istasyona ait 142350 adet veri, dijital ortamda araştırılmıştır. Günlük akarsu akımları sürekli olup yıl boyunca sıfır değerine düşmemektedir.

### 2.2.2. Topoğrafik ve İklimsel Veriler

Su kaynakları ile ilgili çalışmalarda kullanılan havza karakteristikleri, topoğrafik ve iklimsel (meteorolojik) veriler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzasının yağış, sıcaklık, drenaj alanları, drenaj yunluğu, akarsu eğimi, kot (yüksekti) ve koordinatlar gibi iklimsel ve topoğrafik verileri kullanılmıştır. Bu verilere ek olarak, bazı değişkenler de tanımlanmıştır. İhtiyaç duyulan veriler, DSİ, Mİ ve EİEİ'ye ait çeşitli kaynaklardan elde edilmiştir.

Yüzeysel akışı etkileyen topoğrafik veriler arasında, drenaj alanı, havza eğimi, akarsuların sayısı, akarsuların uzunluğu, ortalama akarsu eğimi, drenaj yoğunluğu ve

ortalama havza yükseltisi gelmektedir. Çalışmada kullanılan havza değişkenleri aşağıda tanımlanmıştır.

Tablo 3. Çalışmada kullanılan AGİ'lerin 10 yıllık gözlem süreleri (Saka, 2012).

İst.No	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
2201																																
2202																																
2213																																
2215																																
2218																																
2228																																
2233																																
2251																																
22-06																																
22-07																																
22-09																																
22-13																																
22-34																																
22-40																																
22-44																																
22-52																																
22-53																																
22-57																																
22-58																																
22-59																																
22-61																																
22-62																																
22-63																																
22-64																																
22-66																																
22-68																																
22-71																																
22-72																																
22-73																																
22-76																																
22-79																																
22-80																																
22-82																																
22-83																																
22-85																																
22-87																																
22-88																																
22-89																																
22-90																																

Drenaj yoğunluğu, birim alana ait toplam akarsu uzunluğunu ifade etmektedir ve alansal kanal gelişimini ifade eden bir değerdir. 1/25000' lik haritalar kullanılarak her bir AGİ'nin drenaj alanları ve toplam akarsu uzunlukları belirlenmiştir. Daha sonra bu değerler kullanılarak drenaj yoğunluğu değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Y_d = \frac{L_{top}}{A} \quad (24)$$

Burada,

$Y_d$ : Drenaj yoğunluğunu, ( $m/km^2$ ),

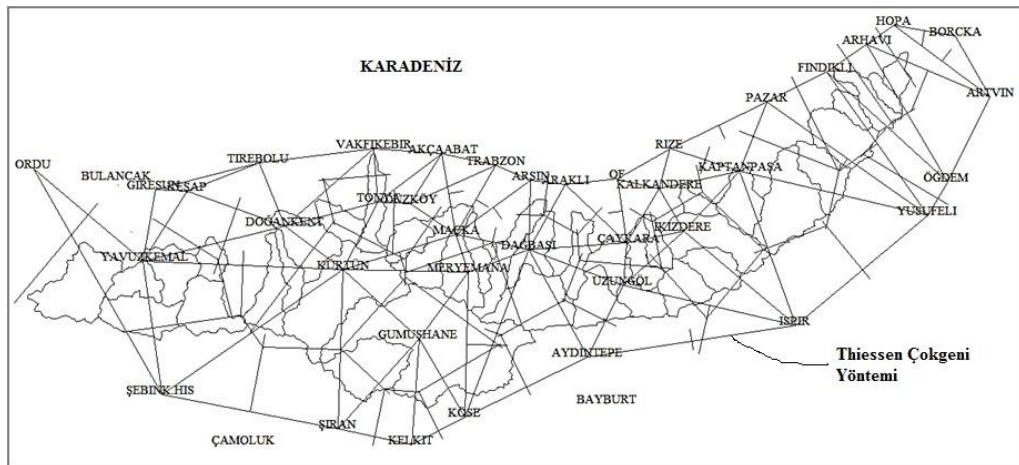
$L_{top}$ : Toplam akarsu uzunluğunu (m),

A: Drenaj alanını ( $km^2$ ) göstermektedir.

Drenaj yoğunluğu havzanın drenaj etkinliğini ifade etmektedir. Drenaj yoğunluğunun yüksek değerlerde olması, etkili taşkınlara sebep olan şiddetli akışa geçen drenaj özelliğini göstermektedir. Bu değer düşük olması ise, ılımlı bir akışı ve yüksek permeabiliteye sahip alanları ifade etmektedir.

Bu değerlere ek olarak, bütün akarsu kollarından, belli mesafelerde kot değerleri de okunarak akarsu kollarının eğimleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu kolların eğimlerinin harmonik ortalaması alınarak, drenaj alanının ortalama eğimi belirlenmiştir. Toplam akarsu uzunluğu değeri, ilerideki bölgeselleştirme işlemlerinde kilometre olarak hesaplara katılmıştır.

1929-2007 yılları arası verileri de içine alan incelemelerle bölgedeki meteoroloji istasyonları değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında, DSİ tarafından işletilmiş 23 adet, Mİ tarafından işletilmiş 68 adet istasyon incelenmiştir. Bu istasyonlardan, yağış ve sıcaklık verilerinden herhangi biri olmayanlar veya veri ölçümü 5 yıldan daha az olan istasyonlar çıkarılmıştır. Sıcaklık verilerinin yetersiz oluşu sebebiyle DSİ tarafından işletilen istasyonlar kullanılmamıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve Thiessen çokgenleri (Saka, 2012).



İklim özellikleri açısından, yağış ve sıcaklık değerlerinin akarsu akımları üzerinde etkili olduğu düşünülerek AGİ'lere ait ortalama yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmıştır. Bu hesaplarda Thiessen çokgeni metodu kullanılmıştır. Çalışma alanında seçilen meteoroloji gözlem istasyonları, doğrularla birleştirilmiştir. Daha sonra bu doğrulardan orta dikmeler çizilerek her bir AGİ'ye ait Thiessen alanları belirlenmiştir (Şekil 3). Böylece, meteoroloji istasyonlarının yağış ve sıcaklık verileri (Tablo 4), AGİ'lerin sahip olduğu drenaj alanlarına göre hesaplanmış ve her bir istasyona ait ortalama yıllık toplam yağış ve yıllık ortalama sıcaklık değerleri elde edilmiştir.

Tablo 4. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları özellikleri (Saka, 2012).

İstasyon Adı	İstasyonların Koordinatları	Yıllık Ortalama Toplam Yağış (mm)	Yıllık Ortalama Sıcaklık (C°)
Araklı	40° 56' 00"K-40° 03' 60"D	1072,29	14,2
Arhavi	41° 20' 60"K-41° 18' 60"D	2355,78	13,7
Arsin	40° 56' 58"K-39° 55' 34"D	907,06	13,4
Aydıntepe	40° 23' 60"K-40° 08' 60"D	436,81	6,5
Çaykara	40° 45' 00"K-40° 19' 00"D	983,66	12,4
Dağbaşı	40° 43' 60"K-39° 54' 60"D	710,84	12,34
Doğankent	40° 48' 33"K-38° 55' 09"D	1267,52	13,1
Düzköy	40° 52' 46"K-39° 25' 48"D	686,56	11,1
Fındıklı	41° 16' 00"K-41° 08' 60"D	2180,62	13,2
Gümüşhane	40° 27' 27"K-39° 27' 53"D	455,93	9,5
Hopa	41° 24' 24"K-41° 25' 59"D	2171,97	14,3
İkizdere	40° 47' 00"K-40° 32' 60"D	1090,62	11,1
İspir	40° 29' 13"K-40° 59' 59"D	472,1	10,36
Kalkandere	40° 54' 60"K-40° 27' 00"D	2055,11	13
Kaptanpaşa	40° 58' 00"K-40° 47' 60"D	1556,58	10,6
Kelkit	40° 07' 44"K-39° 26' 23"D	362,03	6,7
Keşap	40° 54' 60"K-38° 31' 00"D	1443,37	13,6
Köse	40° 13' 00"K-39° 38' 60"D	358	5,8
Kürtün	40° 40' 29"K-39° 09' 18"D	716,29	9,6
Maçka	40° 46' 59"K-39° 37' 00"D	690,54	12,4
Meryemana	40° 39' 60"K-39° 39' 60"D	755,11	9,4
Öğdem	40° 54' 60"K-41° 37' 60"D	383,1	7,13
Pazar	41° 10' 40"K-40° 53' 57"D	2031,03	13,3
Şebinkarahisar	40° 17' 15"K-38° 25' 09"D	573	9,1
Şiran	40° 11' 01"K-39° 08' 02"D	498,3	7,1
Tonya	40° 52' 60"K-39° 17' 60"D	1007,71	9,05
Uzungöl	40° 37' 09"K-40° 17' 58"D	1031,65	8,4
Vakfikebir	41° 02' 59"K-39° 16' 60"D	1255,4	14,2
Yavuzkema	40° 41' 59"K-38° 20' 22"D	1167,93	6,1
Yusufeli	40° 49' 05"K-41° 32' 21"D	322,69	14,2

Tablo 4'te görülen meteoroloji istasyonlarının yıllık ortalama sıcaklık değerleri elde edilirken kullanılan istasyonların gözlem sürelerinin yıllara göre dağılımı Tablo 5'te görülmektedir. Thiessen çokgeni metodu kullanılarak hesaplanan, her bir AGİ'ye ait



Havzasında bulunan toplam 39 adet istasyona ait su yılı ortalama günlük akım değerlerine L-momentler yöntemi uygulanmıştır. Literatürde yeralan dağılımlardan Lognormal, Weibull, Genelleştirilmiş Lojistik, Genelleştirilmiş Normal, Genelleştirilmiş Ekstrem Değer, Genelleştirilmiş Pareto, Log-Pearson dağılım parametreleri bulunmuş ve ortalama akım verisine uygulanarak dağılım parametreleri elde edilmiştir. Bu parametreler kullanılarak havzada günlük ortalama akımı temsil eden en uygun dağılım araştırılmıştır. Bu altı dağılıma ek olarak on adet dağılım içinde yine parametreler bulunmuş ve toplam 16 adet dağılım için akım verisi parametreleriyle ilişkileri incelenmiştir. Lineer ve çoklu regresyon yöntemiyle havza günlük ortalama akımını temsil eden en uygun dağılımın sırasıyla Lognormal, Weibull ve lojistik dağılımlar olduğu görülmüştür. Lognormal ve Weibull dağılım parametreleri havza bağımlı değişkeni olan debi ve havza bağımsız değişkenleri olan alan, sıcaklık, yağış, yükselti, drenaj yoğunluğu ve ortalama akarsu eğimi ile lineer ve çoklu regresyona tabi tutulmuştur. Bu dağılım parametrelerinin debiyi etkileme yönü ve boyutlarının yanında havza bağımsız değişkenlerini etkileme boyutları ve yönleri de ayrıca ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır.

Doğu Karadeniz Havzası AGİ' ler için olasılık ağırlıklı momentler, L-moment değerleri, L-moment oranları, homojenlik ölçüsü ve uyumsuzluk değerleri hesaplanarak 3. Bölümde verilmiştir.

Log-Pearson Tip 3 (LPE3), Gumbel, Lognormal ve Weibull dağılımları için Ki-Kare ( $\chi^2$ ) ve Olasılık Çizgileri Korelasyon (r) uygunluk testi hesap değerleri 3. Bölümde verilmiştir.

Ölçülen akım değerleri için lineer ve çoklu regresyon istatistikleri, regresyon varyans analizi ve regresyon katsayıları yine 3. Bölümde verilmiştir. Bu hesaplara ait yorumlar ve irdeleme ise 4. Bölümde verilmiştir.

### **2.3. Verilerin Analiz Yöntemleri**

Havza AGİ' ler için olasılık ağırlıklı moment değerleri, 1. Bölümde verilen (19) ve (20) nolu denklemler yardımıyla elde edilmiştir. (19) nolu denklemdeki  $X_i$  teriminin yerine günlük ortalama debi değeri ve  $F_i$  teriminin yerine ise (17) numaralı denklemle bulunan değerler yazılmıştır. Bu denklemler ve denklemlerdeki sembollerin anlamları ve nasıl bulunduğu 1.2.7.4 te ayrıntılı olarak elde edilmiştir.

L-moment değerleri, 1. Bۆlümde (22) nolu denklem yardımıyla bulunmuştur. (22) nolu denklemdeki sıfırncı (sıfır dereceli) olasılık ağırlıklı moment ( $M_{100}$ ), birinci olasılık ağırlıklı moment ( $M_{101} = M_{110}$ ), ikinci olasılık ağırlıklı moment ( $M_{102} = M_{120}$ ), üçüncü olasılık ağırlıklı moment ( $M_{103} = M_{130}$ ), dördüncü olasılık ağırlıklı moment ( $M_{104} = M_{140}$ ) ve sembolelerin anlamları ve nasıl elde edildikleri 1.2.7.5 te ayrıntılı olarak verilmiştir.

L-moment oranları, 1.2.7.5. te (22) nolu denklem yardımıyla elde edilmiştir. Bu denklemdeki sembollerin anlamları ve nasıl elde edilirdikleri 1.2.7.5 te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Heterojenlik ölçüsü ( $H_i$ ) analizi, 1. Bۆlümde (8) nolu denklemle ifade edilmiştir. Denklemdeki  $V_1$ ,  $V_2$  ve  $V_3$  terimleri (5), (6) ve (7) denklemleriyle bulunmuştur. Bu denklemlerdeki sembolelerin anlamları ve nasıl elde edildikleri 1.2.3. te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) analizi, 1. Bۆlümde (4) nolu denklemle ifade edilmiştir. Denklemdeki sembolelerin anlamları ve nasıl elde edildikleri 1.2.3. te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Log-Pearson Tip 3 (LPE3), Gumbel, Lognormal ve Weibull dağılımları için Ki-Kare ( $\chi^2$ ) uygunluk analizi, (9) nolu denklem yardımıyla yapılmış ve hesapların nasıl yapıldığı 1.2.5.1 de anlatılmıştır.

Olasılık Çizgileri Korelasyon ( $r$ ) uygunluk analizi, (10) nolu denklem yardımıyla yapılmış ve hesapların nasıl yapıldığı 1.2.5.3 te anlatılmıştır.

Ölçülen akım normal ve logaritmik değerleri için havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ve lineer ilişkilendirme analizleri yapılmıştır. Bu ilişkilendirmelerin nasıl yapılacağı 1.2.9. Regresyon Analizi kısmında ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Ölçülen akım normal ve logaritmik değerleri örnek ortalaması, varyans, şekil ve yer parametreleri için çoklu ve lineer ilişkilendirme analizleri yapılmıştır.

Ölçülen akım normal değerleri örnek ortalaması, standart sapma, örnek ortalama logaritması ve standart sapma logaritması için çoklu ve lineer ilişkilendirme analizleri yapılmıştır. Bu ilişkilendirmelerin nasıl yapılacağı yine 1.2.9. Regresyon Analizi kısmında ayrıntılı bir şekilde anlatılmıştır.

Bu analizlere ait bulgular sırasıyla 3. Bۆlümde verilmiştir. Bulgular için irdelemeler 4. Bۆlümde, irdeleme sonuçları ise 5. Bۆlümde verilmiştir.

### **3. BULGULAR**

#### **3.1. Akım Gözlem ve Meteoroloji İstasyonu Verileri**

Günümüzde birçok su yapısı tasarımında, akım kontrolünün planlama ve projelendirilmesi önemli yer tutmaktadır. Bu tür çalışmalarda ortalama akışların analizi önem kazanmaktadır. Bu nedenle ülkemizde, Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresinin (EİEİ) akarsular üzerinde kurmuş olduğu akım gözlem istasyonlarından elde edilen yıllık ortalama akım değerlerinden yola çıkılarak oluşması muhtemel akımın büyüklüğü istatistik yöntemlerle tahmin edilmeye çalışılmaktadır. İstatistiksel bu yöntemlerde akım verilerine ek olarak akım verisinin alındığı istasyona veya havzaya en yakın noktadaki Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne (Mİ) ait gözlem istasyonları verileri de kullanılmaktadır. Analizlerde kullanılan istasyonların gözlem süreleri ne kadar uzun olursa tahmin edilen akım değerleri de gerçek değerlere o kadar yakın olmaktadır.

#### **3.2. Havza AGİ ve Mİ'leri İçin İklimsel ve Topoğrafik Karakteristikler**

Dağılım parametrelerini tahmin etmek için Doğu Karadeniz Havzasında bulunan 31 i DSİ ye ve 8 i ise EİEİ ye ait olan toplam 39 adet istasyona ait su yılı ortalama günlük akım verileri kullanılmıştır. Bu istasyonların gözlem süreleri 4 ile 23 sene arasında değişiklik göstermektedir. 39 adet AGİ'nin günlük ortalama debileri ( $m^3/sn$ ) ve bölgedeki meteoroloji istasyonlarının verileri elde edilmiştir. Çoklu regresyon analizlerinde, NetCAD'le modellenen AGİ'lerin drenaj alanları ( $A, km^2$ ) kullanılmıştır. Drenaj alanındaki tüm akarsuların ortalama eğimi ( $E_a, \%$ ) NetCAD programı yardımıyla hesaplanmıştır. Thiessen metodu yardımıyla elde edilen ortalama yıllık toplam yağış ( $Y_{top}, mm$ ) ve yıllık ortalama sıcaklık ( $S_{ort}, ^\circ C$ ), ortalama havza yüksekliği değerleri de lineer ve çoklu regresyonlarda kullanılmıştır. Doğu Karadeniz Havzası AGİ' ler için bazı iklimsel ve topoğrafik karakteristikler aşağıda Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Doğu Karadeniz Havzası AGİ' ler için bazı iklimsel ve topoğrafik karakteristikler (Saka, 2012).

İstasyon No (Adı)	İstasyon Koordinatları	Kotu	Drenaj Alanı, NetCAD'den [1]	Yağış Alanı (km <sup>2</sup> )	Toplam Akarsu Uzunluğu (m) [2]
2201 (Harşit Çayı)	40° 40' 29"K-39° 07' 58"D	400	2740.8	2750	723234
2202 (Kara Dere)	40° 51' 08"K-40° 00' 27"D	78	639.5	635.7	160577
2213 (Aksu)	40° 44' 52"K-38° 26' 44"D	248	713.9	713	155420
2215 (Çamlık Dere)	40° 43' 44"K-40° 35' 52"D	942	425.5	445.2	90430
2218 (İyidere)	40° 48' 56"K-40° 29' 33"D	308	834.9	834.9	198453
2228 (Fol Deresi)	41° 01' 51"K-39° 16' 43"D	17	183.3	191.4	51238
2233 (Tozköy Deresi)	40° 39' 57"K-40° 34' 44"D	1296	220.6	223.1	45321
2251 (Değirmendere)	40° 52' 29"K-39° 41' 09"D	155	726.5	729.6	186255
22-06 (Köprübaşı)	41° 13' 50"K-41° 15' 30"D	60	170.7	156	37008
22-07 (Şerah)	40° 37' 20"K-40° 17' 20"D	1114	150.4	154.7	33955
22-09 (Torul)	40° 33' 30"K-39° 17' 50"D	925	1945.9	1900.4	505606
22-13 (Sütleş)	40° 47' 40"K-39° 54' 30"D	470	126	124.9	49594
22-34 (Fındıklı)	40° 53' 30"K-39° 59' 10"D	90	257.9	258.6	73253
22-40 (Eymür)	40° 51' 00"K-38° 52' 30"D	120	3172.9	3132.8	857330
22-44 (Aytaş)	40° 41' 15"K-39° 54' 00"D	500	427.7	421.2	107007
22-52 (Ulucami)	40° 46' 00"K-40° 15' 20"D	275	570.2	576.8	149993
22-53 (Ortaköy)	40° 51' 00"K-40° 06' 30"D	150	177.8	173.6	50768
22-57 (Alçakköprü)	40° 40' 15"K-40° 12' 45"D	650	244.9	242.6	109302
22-58 (Cücenköprü)	40° 53' 15"K-39° 00' 45"D	300	149.7	162.7	49177
22-59 (Çiftdere)	40° 51' 00"K-39° 41' 55"D	250	127.4	121.5	40397
22-61 (Ortaköy)	40° 47' 50"K-39° 37' 00"D	380	260.1	261	61508
22-62 (Konaklar)	41° 02' 00"K-41° 00' 30"D	300	509.4	496.7	127600
22-63 (Mikronköprü)	41° 02' 45"K-41° 01' 45"D	325	243.8	239.2	55077
22-64 (Kovanlık)	40° 44' 40"K-38° 07' 45"D	530	473.6	468	79177
22-66 (Cevizlik)	40° 50' 30"K-40° 47' 00"D	400	114.3	115.9	26481
22-68 (Yeniköy)	40° 49' 00"K-40° 20' 00"D	470	167.9	171.6	35310
22-71 (İkisü)	40° 34' 45"K-38° 21' 10"D	990	297.3	292.7	58735
22-72 (Arılı)	41° 12' 30"K-41° 10' 00"D	175	94.7	92.2	21591
22-73 (Tuğlacık)	40° 45' 30"K-39° 38' 20"D	400	406.5	397.9	106466
22-76 (Kemerköprü)	41° 07' 30"K-41° 04' 00"D	230	305.7	302	58884
22-79 (Çamlıca)	41° 22' 30"K-41° 16' 20"D	300	87.9	89.7	28241
22-80 (Sınırköy)	40° 40' 30"K-38° 36' 30"D	750	295.5	296.9	76426
22-82 (Kömürcüler)	40° 56' 40"K-40° 32' 40"D	290	81.8	83.3	31815
22-83 (Gümüşkaya)	40° 28' 00"K-39° 22' 20"D	1150	397.5	410.8	98923
22-85 (Kaptanpaşa)	40° 58' 10"K-40° 47' 45"D	400	230.6	231.2	60303
22-87 (Hasanşih)	40° 47' 20"K-38° 51' 10"D	355	248.5	256.8	70615
22-88 (Ormanüstü)	40° 48' 00"K-39° 31' 15"D	710	154.9	150	41261
22-89 (Küçükköy)	41° 22' 10"K-41° 16' 10"D	400	68.5	66.4	17719
22-90 (Alancık)	40° 39' 10"K-38° 24' 20"D	700	468.6	470.2	87907

Tablo 6'nın sağı doğru devamı

İstasyon No (Adı)	Drenaj Yoğunluğu (m/km <sup>2</sup> )[2/1]	Yıllık Ortalama Yağış (mm)	Yıllık Ort. Sıcaklık (C°)	Ort. Akarsu Eğimi	Ölçüm Yapan Kurum
2201 (Harşit Çayı)	263.9	544.5	8.86	0.033	EİEİ
2202 (Kara Dere)	251.1	677.14	10.97	0.043	EİEİ
2213 (Aksu)	217.7	1140.36	6.24	0.022	EİEİ
2215 (Çamlık Dere)	212.5	1068.24	10.51	0.061	EİEİ
2218 (İyidere)	237.7	1065	10.77	0.064	EİEİ
2228 (Fol Deresi)	279.5	989.4	9.76	0.035	EİEİ
2233 (Tozköy Deresi)	205.4	1066.26	9.98	0.07	EİEİ
2251 (Değirmendere)	256.4	718.96	10.84	0.047	EİEİ
22-06 (Köprübaşı)	216.8	2172.2	13.15	0.065	DSİ
22-07 (Şerah)	225.8	1031.65	8.4	0.041	DSİ
22-09 (Torul)	259.8	483.78	8.59	0.032	DSİ
22-13 (Süttaşı)	393.6	975.05	11.24	0.041	DSİ
22-34 (Fındıklı)	284	756.63	11.3	0.038	DSİ
22-40 (Eymür)	270.2	612.08	9.23	0.033	DSİ
22-44 (Aytaş)	250.2	654.45	10.29	0.048	DSİ
22-52 (Ulucami)	263.1	977.99	8.88	0.058	DSİ
22-53 (Ortaköy)	285.5	930.18	11.61	0.056	DSİ
22-57 (Alçakköprü)	446.3	923.61	8.05	0.074	DSİ
22-58 (Cücenköprü)	328.5	1026.41	10.62	0.054	DSİ
22-59 (Çiftidere)	317.1	728.31	10.65	0.068	DSİ
22-61 (Ortaköy)	236.5	740.7	10.07	0.056	DSİ
22-62 (Konaklar)	250.5	1535.07	10.63	0.065	DSİ
22-63 (Mikronköprü)	225.9	1482.27	12.01	0.084	DSİ
22-64 (Kovanlık)	167.2	1167.93	6.1	0.029	DSİ
22-66 (Cevizlik)	231.7	1120.47	11.83	0.071	DSİ
22-68 (Yeniköy)	210.3	1003.95	10.71	0.056	DSİ
22-71 (İkisü)	197.6	1100.65	6.44	0.049	DSİ
22-72 (Arılı)	228	2180.62	13.2	0.067	DSİ
22-73 (Tuğlacık)	261.9	1063.65	7.62	0.031	DSİ
22-76 (Kemerköprü)	192.6	2045	13.1	0.065	DSİ
22-79 (Çamlıca)	321.3	2330.81	13.78	0.08	DSİ
22-80 (Sınırköy)	258.6	1002.48	6.96	0.031	DSİ
22-82 (Kömürcüler)	388.9	1348.71	11.61	0.071	DSİ
22-83 (Gümüşkaya)	248.9	471.87	8.6	0.041	DSİ
22-85 (Kaptanpaşa)	261.5	1527.71	10.63	0.071	DSİ
22-87 (Hasanşih)	284.2	1081.95	11.92	0.034	DSİ
22-88 (Ormanüstü)	266.4	708.04	11.08	0.051	DSİ
22-89 (Küçükköy)	258.7	2355.78	13.7	0.107	DSİ
22-90 (Alancık)	187.6	1126.24	6.31	0.04	DSİ

### 3.3. Havza AGİ' ler İçin Olasılık Ağırlıklı Momentler, L-Momentler, L-Moment Oranları, Homojenlik ve Uyumsuzluk Ölçülerinin Elde Edilmesi

Havza için olasılık ağırlıklı yoğunluk fonksiyonlarından yola çıkılarak olasılık ağırlıklı momentler birinci bölümde anlatıldığı şekilde hesaplanmıştır. Olasılık ağırlıklı momentlerin yardımıyla L-momentler bulunmuştur. L-momentler ile de L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüsü elde edilmiştir. Daha sonra ise heterojenlik ölçüsü bulunmuştur.

Çoklu ve lineer (ikili) regresyon analizleriyle havzaya tek bir dağılım uygulayabilmek için en uygun dağılım araştırılmıştır. Bu analizlerin içeriğine, bağımlı-bağımsız değişkenlerine ve hesaplama sonucunda bulunan bulgulara bu bölümde yer verilmiştir. Doğu Karadeniz Havzası AGİ' ler için olasılık ağırlıklı momentler, L-momentler, L-moment oranları, homojenlik ve uyumsuzluk ölçüleri aşağıda Tablo 7'de verilmiştir. Tablo 7'de verilen kısaltmaların tamamı 1. Bölümde ve semboller dizininde ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Tablo 7. Doğu Karadeniz Havzası AGİ' ler için olasılık ağırlıklı momentler, L-momentler, L-moment oranları, homojenlik ve uyumsuzluk ölçüleri

İS. NO	$L_1(M_{100})$	$M_{110}$	$M_{120}$	$M_{130}$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$t_3$	$t_4$	Di	Hi
2201	4.761	1.299	0.476	0.197	2.163	0.176	0.468	0.081	0.216	0.66	0.97
2202	22.900	6.866	2.845	1.343	9.165	1.231	1.025	0.134	0.112	0.54	0.89
2213	3.934	0.922	0.281	0.097	2.090	0.091	0.625	0.044	0.299	0.59	0.66
2215	5.332	1.014	0.249	0.069	3.304	0.746	0.723	0.226	0.219	1.48	0.93
2218	3.322	1.006	0.403	0.180	1.309	0.299	0.268	0.229	0.205	0.44	0.55
2228	0.589	0.051	0.005	0.001	0.487	0.316	0.126	0.648	0.399	0.43	0.61
2233	1.525	0.243	0.051	0.012	1.039	0.370	0.113	0.356	0.109	0.72	0.84
2251	2.318	0.368	0.083	0.022	1.583	0.608	0.040	0.384	0.026	0.34	0.57
22-06	4.970	2.242	1.306	0.857	0.488	0.641	0.120	1.314	0.246	0.34	0.86
22-07	6.054	1.829	0.705	0.301	2.397	0.689	0.772	0.288	0.322	1.19	0.95
22-09	4.480	1.934	1.120	0.738	0.613	0.400	0.116	0.653	0.189	1.3	0.62
22-13	2.239	0.229	0.029	0.004	1.782	1.043	0.291	0.586	0.164	0.84	0.58
22-34	3.530	1.375	0.699	0.398	0.781	0.527	0.030	0.676	0.038	0.72	0.54
22-40	22.050	6.370	2.540	1.550	9.320	0.910	1.250	0.090	0.135	0.67	0.59
22-44	11.610	4.596	2.359	1.352	2.414	1.815	0.194	0.752	0.080	1.04	0.55
22-52	0.399	0.031	0.003	0.004	0.336	0.230	0.110	0.684	0.326	1.55	0.57
22-53	4.068	1.571	0.802	0.459	0.927	0.542	0.108	0.585	0.117	0.77	0.58
22-57	3.320	1.010	0.403	0.180	1.310	0.300	0.268	0.229	0.205	0.55	0.61
22-58	4.760	2.050	1.140	0.720	0.660	0.710	0.040	1.070	0.065	0.47	0.83
22-59	1.650	0.513	0.217	0.104	0.630	0.121	0.064	0.193	0.102	0.66	0.88
22-61	3.530	1.370	0.700	0.398	0.780	0.530	0.030	0.680	0.040	1.37	0.6
22-62	8.640	2.140	0.710	0.270	4.370	0.060	1.110	0.010	0.255	1.56	0.56
22-63	5.050	1.160	0.360	0.130	2.740	0.280	0.530	0.100	0.190	1.78	0.49
22-64	2.700	0.360	0.060	0.010	1.970	0.920	0.040	0.460	0.020	0.51	0.59
22-66	1.330	0.170	0.030	0.006	0.990	0.470	0.030	0.480	0.030	1.65	0.65
22-68	1.370	0.180	0.030	0.006	1.010	0.470	0.020	0.470	0.020	1.33	0.91
22-71	1.860	0.250	0.040	0.008	1.370	0.640	0.020	0.467	0.013	1.58	0.96
22-72	1.630	0.215	0.037	0.007	1.200	0.560	0.013	0.467	0.011	0.94	0.93
22-73	5.040	1.340	0.480	0.194	2.360	0.125	0.563	0.053	0.238	1.14	0.97
22-76	4.080	0.570	0.100	0.020	2.940	1.275	0.113	0.430	0.040	1.46	0.88
22-79	1.470	0.194	0.033	0.006	1.080	0.500	0.003	0.463	0.002	0.52	0.9
22-80	2.710	0.360	0.082	0.022	1.450	0.504	0.110	0.350	0.073	0.87	0.66
22-82	4.480	1.930	1.120	0.740	0.610	0.400	0.120	0.650	0.190	1.80	0.71
22-83	1.440	0.210	0.040	0.008	1.020	0.420	0.070	0.410	0.070	1.45	0.82
22-85	6.050	-1.830	0.705	0.300	2.400	0.690	0.770	0.290	0.320	2.72	0.75
22-87	2.730	0.370	0.090	0.022	1.570	0.590	0.050	0.375	0.030	1.43	0.84
22-88	0.670	0.080	0.013	0.003	0.510	0.270	0.060	0.530	0.120	0.86	0.52
22-89	0.974	0.134	0.024	0.005	0.710	0.314	0.014	0.444	0.021	1.12	0.95
22-90	2.860	0.430	0.083	0.020	2.010	0.800	0.132	0.400	0.070	0.77	0.73



### 3.4. Olasılık Dağılım Fonksiyonu Uygunluk Testlerinin Havza Akım Verilerine Uygulanması

Doğu Karadeniz Havzası için Alan - q (Birim Debi), Alan-debi (A-Q<sub>ort</sub>), ortalama yağış-debi, ortalama sıcaklık-debi, ortalama yükselti-debi ilişkileri belirlenmiş ve grafik olarak Ekler de verilmiştir. 39 tane AGİ ye ait olan günlük ortalama akım değerleri Ki-Kare ve Olasılık Çizgileri Korelasyon testleri için (Olasılık dağılım fonksiyonu uygunluk testlerine) Excel programıyla sınanmıştır. Bulunan değerler aşağıda tablolar halinde verilmiştir. (+) işaret olumluluğu, - işareti ise olumsuzluğu ifade etmektedir. Ki-Kare uygunluk testi hesap ( $\chi^2$ ) sonuçları Tablo 8'de, Olasılık Çizgileri Korelasyon Testi sonuçları Tablo 9'da gösterilmiştir. Tablolardaki + işareti olumluluğu, - işareti ise olumsuzluğu göstermektedir.

Tablo 8. Log-Pearson Tip 3 (LPE3), Gumbel, Lognormal ve Weibull dağılımları için Ki-Kare uygunluk testi hesap değerleri ( $\chi^2$ ) ve sonuçları

İST NO	LOGNORMAL	WEIBULL	GUMBEL	LOGPEARSON	SONUÇ
2201	133.06	295.274	375.51	304.621	-
2202	87.54	182.634	241.07	302.14	-
22-06	37.95	151.22	73.93	302.03	+
22-07	164.98	313.02	204.38	326.96	-
22-09	179.79	338.55	432.28	306.3	-
22-13	88.15	310.04	166.88	350.183	-
2213	54.12	211.27	220.67	301.92	+
2215	299.75	385.04	424.44	310.36	-
2218	185.44	192.79	262.71	391.17	-
2228	44.59	212.42	171.85	334.24	+
2233	307.04	525.24	450.7	306.3	-
22-34	45.03	238.94	90.58	323.2	+
22-40	59.67	165.57	252.16	304.493	+
22-44	145.88	279.16	408.73	320.28	-
2251	155.81	426.33	329.65	303.93	-
2252	116.16	311.78	205.8	314.59	-
22-53	33.31	217.18	99.46	310.56	+
22-57	163.18	248.273	298.79	318.3	-
22-58	14.75	175.74	150.56	327.39	-
22-59	79.79	298.74	106.82	348.881	-
22-61	85.89	360.65	163.54	320.16	-
22-62	97.46	252.984	196.16	315.42	-
22-63	115.28	269.06	122.73	336.04	-
22-64	74.73	280.3	263.17	303.014	-
22-66	66.1	376.49	78.13	301.01	+
22-68	115.42	233.17	112.7	303.75	-
22-71	188.65	278.77	2.92	303.89	-
22-72	42.87	219.934	119.57	302.54	+
22-73	53.76	181.3	197.25	304.93	+
22-76	80.47	174.73	91.88	359.53	-

Tablo 8'in devamı

İST NO	LOGNORMAL	WEIBULL	GUMBEL	LOGPEARSON	SONUÇ
22-79	42.07	222.28	91.21	305.29	+
22-80	98.01	269.3	241.94	303.534	-
22-82	55.65	220.36	107.14	55.65	+
22-83	107,48	223,814	296,66	330,14	-
22-85	20,87	218,38	41,64	316,493	+
22-87	111,92	337,2	277,79	312,141	-
22-88	68,39	197,81	152,48	350,183	+
22-89	47,73	263,66	97,4	325,29	+
22-90	160,95	340,03	378,74	304,383	+

Tablo 9. Log-Pearson Tip 3 (LPE3), Gama, Lognormal ve Weibull dağılımları için OÇK uygunluk testi hesap değerleri (r) ve sonuçları

İST NO	LOGNORMAL	WEIBULL	GAMA	LOGPEARSON	SONUÇ
2201	0.9679	0.9737	0.9685	0.8024	+
2202	0.9659	0.9913	0.9655	0.7985	+
22-06	0.9839	0.8994	0.9686	0.8865	+
22-07	0.9638	0.9432	0.9514	0.8497	+
22-09	0.9778	0.9789	0.9045	0.7992	+
22-13	0.9699	0.9904	0.9137	0.8223	+
2213	0.9806	0.9591	0.9899	0.8317	+
2215	0.9435	0.9907	0.9655	0.8281	+
2218	0.9657	0.9928	0.9521	0.8736	+
2228	0.9813	0.9803	0.9791	0.76	+
2233	0.9449	0.9904	0.9658	0.8022	+
22-34	0.9813	0.9857	0.9912	0.8541	+
22-40	0.9863	0.9899	0.9156	0.7917	+
22-44	0.9611	0.9734	0.9393	0.7983	+
2251	0.9587	0.9942	0.9573	0.8002	+
2252	0.9583	0.9893	0.9868	0.8444	+
22-53	0.9737	0.9829	0.9976	0.8086	+
22-57	0.9375	0.9861	0.9742	0.8291	+
22-58	0.9855	0.958	0.944	0.7867	+
22-59	0.9606	0.9951	0.939	0.8292	+
22-61	0.9687	0.9859	0.9223	0.8423	+
22-62	0.9812	0.9817	0.931	0.8734	+
22-63	0.9641	0.9991	0.8307	0.866	+
22-64	0.9796	0.9708	0.9594	0.7899	+
22-66	0.9646	0.9913	0.9109	0.8419	+
22-68	0.9667	0.997	0.8919	0.863	+
22-71	0.9607	0.9935	0.893	0.8209	+
22-72	0.9672	0.9875	0.934	0.7756	+
22-73	0.9775	0.9762	0.9585	0.7994	+
22-76	0.9538	0.9979	0.8632	0.849	+
22-79	0.9745	0.9859	0.9205	0.8099	+
22-80	0.9532	0.9937	0.886	0.7421	+
22-82	0.9351	0.9873	0.8548	0.7415	+
22-83	0.9679	0.9912	0.976	0.7647	+
22-85	0.9817	0.9687	0.927	0.9009	+
22-87	0.9572	0.9908	0.8568	0.7682	+
22-88	0.9638	0.9916	0.9672	0.8079	+
22-89	0.9687	0.9951	0.9347	0.8364	+
22-90	0.957	0.9933	0.869	0.7673	+

### 3.5. Ölçülen Akım Normal ve Logaritmik Değerleri İçin Çoklu ve Lineer İlişkilendirmelere ait İstatistikler

Ölçülen akım değerleri bağımlı değişken kabul edilerek, istasyon alanı, ortalama yükselti, ortalama yıllık yağış, ortalama aylık sıcaklık, drenaj yoğunluğu ve ortalama akarsu eğimi bağımsız değişkenler kabul edilerek, SPSS programıyla lineer ve çoklu regresyona tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgular aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Ölçülen akım değerleri ve bu değerlerin logaritmalarının alınmış halleri için lineer ve logaritmik lineer regresyon analizi yapılmıştır. Lineer ve logaritmik lineer regresyon istatistikleri Tablo 10'da, varyans analizi ve regresyon katsayıları Ekler bölümünde Ek Tablo 1, 2, 3, 4 te, denklemler ise 4. Bölümde verilmiştir.

Tablo 10. Ölçülen akım değerleri için lineer ve logaritmik lineer regresyon istatistikleri

Model; 1	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	Tahmin Standart Hatası
Yağış	.165	.027	.001	7.16439
Alan	.813	.662	.652	4.22571
Sıcaklık	.081	.006	.020	7.23998
Yükselti	.316	.100	.076	6.89110
DrenajY.	.102	.010	.016	7.22604
Ort.A.Eğ	.179	.032	.006	7.14619
Model; 2	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	T. S.H.
Yağış	.106	.011	.015	.28203
Alan	.705	.498	.484	.20104
Sıcaklık	.051	.003	.024	.28326
Yükselti	.388	.151	.128	.26142
DrenajY	.164	.027	.001	.27978
Ort.AEğ	.112	.012	.014	.28186

Ölçülen akım değerleri için çoklu regresyon analizi SPSS programı ile yapıldıktan sonra debi üzerinde en az etkili değişkenden en fazla etkili değişkene doğru değişkenlerin denklemden çıkarılmasıyla (adım adım regresyon) yeni denklemler elde edilmiştir. Bu denklemlere ait istatistikler Ekler bölümünde verilmiştir.

Ölçülen akım değerlerinin logaritmalarının alınmasıyla elde edilen logaritmik akım değerleri için çoklu regresyon analizi yapıldıktan sonra debi üzerinde adım adım regresyon yöntemi uygulanarak yeni denklemler elde edilmiştir. Logaritmik akım değerleri ve yeni denklemler için logaritmik çoklu regresyon istatistikleri Tablo 11 de verilmiştir. Bu denklemlere ait varyans analizi Ek Tablo 5 te, regresyon katsayıları Ek Tablo 6 da, denklemler ise 4. Bölümde verilmiştir.

Tablo 11. Logaritmik akım değerleri ve yeni denklemler için logaritmik çoklu regresyon istatistikleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	Tahmin. S.H.
1	.848	.720	.676	.15938
2	.846	.716	.673	.16008
3	.843	.710	.667	.16149
4	.832	.693	.666	.16166

### 3.6. Ölçülen Akım Normal ve Logaritmik Değerleri Örnek Ortalaması, Varyans, Şekil ve Yer Parametreleri için Çoklu ve Lineer İlişkilendirmelere ait İstatistikler

Doğu Karadeniz havzasına ait 39 adet AGİ'ye ait günlük ortalama debinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre tarif edilmiş 6 adet dağılım için örnek ortalaması ( $\mu$ ), varyans ( $\sigma$ ), şekil parametre ( $\eta$ ) ve yer parametre ( $\zeta$ ) değerleri bulunmuştur. Bu değerlerin dağılımlara göre lineer ve çoklu regresyona tabi tutulması ile elde edilen istatistiklerin tamamı aşağıda ve Ekler bölümünde tablolar halinde verilmiştir. Bu altı adet dağılım; Lognormal, Gama, Genelleştirilmiş Pareto, Genelleştirilmiş Ekstrem, Lojistik ve Weibull şeklindedir. Literatürde yeralmayan diğer on adet dağılım için elde edilen istatistiklerin tamamı ise Ekler bölümünde tablolar halinde verilmiştir.  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\eta$  ve  $\zeta$  parametreleri için çoklu regresyon istatistikleri Tablo 12 de, varyans analizi Ek tablo 7 de, regresyon katsayıları Ek tablo 8 de verilmiştir.

Tablo 12.  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\eta$  ve  $\zeta$  parametreleri için çoklu regresyon istatistikleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	T.S.H.
$\mu$	.936	.875	.859	2.77941
$\sigma$	.999	.998	.997	0.00001
$\eta$	.968	.938	.926	1.95152
$\zeta$	.999	.999	.998	.32347

Tablo 12, Ek Tablo 7 ve Ek Tablo 8'den debi değerlerinin dağılım parametreleriyle çoklu regresyonla ifadesinde (ilişkilendirilmesinde) en başarılı dağılımın Lognormal dağılım olduğu görülmektedir. Bunu sırayla Weibull dağılımı ve Lojistik dağılım takip etmektedir.

Tablo 13.  $\eta$ ,  $\sigma$ ,  $\mu$  ve  $\zeta$  parametreleri için lineer regresyon istatistikleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	T.S.H.
$\mu$ ; Lognormal	.937	.878	.874	2.54048
Gama	.938	.879	.876	2.52156
G. Ekstrem	.635	.403	.385	5.79816
G. Pareto	.938	.879	.876	2.52268
Lojistik	.930	.866	.862	2.69479
Weibull	.937	.879	.875	2.52987
$\sigma$ ; Lognormal	.517	.267	.248	257.53777
Gama	.999	.998	.998	13.91346
G. Ekstrem	.605	.366	.154	17.03189
G. Pareto	.975	.950	.949	67.13958
Lojistik	.996	.992	.991	27.45595
Weibull	.999	.998	.998	13.73355
$\eta$ ; Lognormal	.788	.621	.611	4.47297
Gama	.044	.002	.025	7.25663
G. Ekstrem	.636	.405	.389	5.60332
G. Pareto	.051	.003	.024	7.25423
Lojistik	.931	.866	.862	2.65901
Weibull	.931	.867	.863	2.64844
$\zeta$ ; Lognormal	.202	.041	.015	7.63908
Gama	.985	.971	.970	1.33740
G. Ekstrem	.929	.863	.860	2.88277
G. Pareto	.816	.665	.656	4.51302
Lojistik	.997	.993	.993	.63256
Weibull	.200	.040	.014	7.64184

Tablo 13, Ek Tablo 10 ve Ek Tablo 11'den debi değerlerinin dağılım parametreleriyle lineer regresyonla ilişkilendirilmesinde en başarılı dağılımın Weibull dağılımı olduğu görülmektedir. Bunu sırayla Lojistik dağılım ve Lognormal takip etmektedir.

### 3.7. Ölçülen Akım Normal Değerleri Örnek Ortalaması, Standart Sapma, Örnek Ortalama Logaritması ve Standart Sapma Logaritması İçin Çoklu Lineer İlişkilendirmelere Ait İstatistikler

Debi değerlerinin dağılım parametreleriyle çoklu regresyonla ilişkilendirilmesinde en başarılı dağılım Lognormal dağılım olarak bulunduğu için, lognormal dağılım örnek ortalaması ( $\mu$ ), standart sapma ( $S_x$ ), örnek ortalama logaritması ( $\log \mu$ ) ve standart sapma logaritması ( $\log S_x$ ) değerleri havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirilme sonucunda elde edilen bulgular;  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerleri için çoklu regresyon istatistikleri aşağıda Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14.  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerleri için çoklu regresyon istatistikleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	Std. Hata
$\mu$	.821	.674	.612	.3960276
$\log \mu$	.869	.755	.739	0.1131
$S_x$	.692	.479	.381	.1247142
$\log S_x$	.743	.552	.467	0.06476

$\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerleri için çoklu regresyon varyans analizi ve regresyon katsayıları tablolar halinde Ekler bölümünde verilmiştir.  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerleri için çoklu regresyon analizi yapıldıktan sonra debi üzerinde en az etkili değişkenden en fazla etkili değişkene doğru değişkenlerin denklemden çıkarılmasıyla (adım adım regresyon) yeni denklemler elde edilmiştir. Bu denklemlere ait istatistikler Tablo 15 te verilmiştir.  $\mu$ ,  $\log \mu$ ,  $S_x$ ,  $\log S_x$ 'in yeni denklemleri için çoklu regresyon varyans analizi ve regreyon katsayıları Ekler bölümünde Tablo 13 ve 14 te verilmiştir.

Tablo 15.  $\mu$ ,  $\log \mu$ ,  $S_x$ ,  $\log S_x$ 'in yeni denklemlerine ait istatistikler

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	Std. Hata
2; $\mu$	.819	.671	.621	.3917383
3; $\mu$	.813	.661	.621	.3916169
2; $\log \mu$	.868	.537	.724	.1101
3; $\log \mu$	.865	.514	.727	.1095
4; $\log \mu$	.857	.487	.719	.1111
2; $S_x$	.692	.479	.400	.1228341
3; $S_x$	.691	.478	.417	.1210663
4; $S_x$	.678	.460	.414	.1213531
5; $S_x$	.665	.442	.411	.1216246
2; $\log S_x$	.737	.543	.489	.0634
3; $\log S_x$	.718	.516	.475	.0643
4; $\log S_x$	.694	.482	.453	.0646

Debi değerlerinin dağılım parametreleriyle çoklu regresyonla ilişkilendirilmesinde en başarılı dağılım Lognormal dağılım olarak bulunduğu için, lognormal dağılım örnek ortalaması ( $\mu$ ), standart sapma ( $S_x$ ), örnek ortalama logaritması ( $\log \mu$ ) ve standart sapma logaritması ( $\log S_x$ ) değerleri havza bağımsız değişkenleriyle lineer ilişkilendirilmiştir. Bu ilişkilendirilme sonucunda elde edilen bulgular;  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerleri için lineer regresyon istatistikleri Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16.  $\mu$ ,  $\log \mu$ ,  $S_x$ ,  $\log S_x$  değerleri için lineer regresyon istatistikleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	Std. Hata
$\mu$ ; Alan	.642	.413	.397	.4940495
Yükselti	.400	.160	.137	.5908265
Drenaj yoğunluğ.	.378	.143	.120	.5967219
Sıcaklık	.137	.019	.008	.6384945
Ort. Akar. Eğimi	.118	.014	.013	.6400996
Yağış	.084	.007	.020	.6423114
$\log \mu$ ; Alan	.618	.382	.365	.167
Drenaj yoğunlu.	.399	.159	.136	.1947
Yükselti	.397	.157	.135	0.184
Sıcaklık	.159	.025	.001	.2097
Yağış	.134	.018	.008	.2105
Ort. Akar. Eğimi	.099	.01	.017	.2113
$S_x$ ; Yağış	.625	.390	.374	.1254316
Ort Akar. Eğimi	.569	.323	.305	.1321622
Sıcaklık	.508	.258	.238	.1384110
Alan	.292	.085	.060	.1536646
Yükselti	.262	.069	.043	.1550440
Drenaj Yoğunlu.	.137	.019	.008	.1591448
$\log S_x$ ; Yağış	.649	.421	.405	.068
Ort Akar. Eğimi	.557	.311	.292	.075
Sıcaklık	.481	.231	.211	.079
Alan	.306	.094	.069	.086
Yükselti	.257	.066	.041	.087
Drenaj Yoğunlu.	.13	.07	.01	.089

Tablo 16'dan anlaşıldığı üzere; lognormal dağılım örnek ortalamasının havza bağımsız değişkenleriyle ikili ilişkisinde (lineer regresyon) en etkili değişken sırasıyla alan, yükselti, drenaj yoğunluğu, sıcaklık, ortalama akarsu eğimi ve yağıştır. Lognormal dağılım örnek ortalama logaritmasının havza bağımsız değişkenleriyle lineer ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla alan, drenaj yoğunluğu, yükselti, sıcaklık, yağış, ve ortalama akarsu eğimidir. Lognormal dağılım standart sapmasının havza bağımsız değişkenleriyle lineer ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla yağış, ortalama akarsu eğimi, sıcaklık, alan, yükselti ve drenaj yoğunluğudur. Lognormal dağılım standart sapma logaritmasının havza bağımsız değişkenleriyle lineer ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla yağış, ortalama akarsu eğimi, sıcaklık, alan, yükselti ve drenaj yoğunluğudur.

#### 4. İRDELEME

Doğu Karadeniz Havzası, günlük ortalama akım değerleri için olasılık ağırlıklı yoğunluk fonksiyonlarından yola çıkılarak olasılık ağırlıklı momentler hesaplanmıştır. Olasılık ağırlıklı momentlerin yardımıyla L-momentler bulunmuştur. Havzada bulunan 39 adet istasyona ait su yılı ortalama akım değerlerine L momentler yöntemi uygulanmıştır. L-momentlerin bulunmasında sonra L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüsü elde edilmiştir. Daha sonra ise heterojenlik ölçüsü bulunmuştur. Uyumsuzluk ölçüsü ile heterojenlik ölçüsü karşılaştırılarak her iki kıstasa göre havza tanımlanmaya çalışılmıştır.

Uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) literatürde verilmiş ve genel bilgilerde anlatıldığı şekilde her bir istasyon için ayrı ayrı hesaplanmıştır. İstasyonlar için hesaplanan tüm  $D_i$  değerlerinin istasyon sayısına bağlı olarak Tablo 1' de tarif edilen kritik  $D_i=3,00$  değerinden küçük olduğu görülmüştür. Böylece Doğu Karadeniz Havzası, günlük ortalama akım değerleri için  $D_i$  değerine göre kabul edilebilir ölçüde uyumlu (homojen) çıkmıştır.

Heterojenlik ölçüsü ( $H_i$ ) literatürde verilmiş ve genel bilgilerde anlatıldığı şekilde her bir istasyon için ayrı ayrı hesaplanmıştır. İstasyonlar için hesaplanan tüm  $H_i$  değerlerinin istasyon sayısından bağımsız olarak, " $H_i < 1$  ise bölgenin kabul edilebilir ölçüde homojen olduğunu,  $1 < H_i < 2$  ise bölgenin muhtemelen heterojen olduğunu,  $H_i > 2$  ise bölgenin kesinlikle heterojen olduğu" şeklindeki tarifine göre  $H_i < 1$  şartını sağladığı görülmüştür. Böylece Doğu Karadeniz Havzası, günlük ortalama akım değerleri için  $H_i$  değerine göre kabul edilebilir ölçüde homojen çıkmıştır, heterojen çıkmamıştır.

Günlük ortalama debi verilerine en uygun dağılım araştırılırken, dağılımın uygunluğu bazı yöntemlerle sınıanmıştır. Uygulamada, günlük ortalama debi verileri için en uygun dağılımın belirlenmesinde Ki-Kare ( $\chi^2$ ) ve Olasılık Çizgileri Korelasyon testi (OÇKT) kullanılmıştır. Log-Pearson Tip 3 (LPE3), Gumbel, Lognormal ve Weibull dağılımları için Ki-Kare uygunluk testi hesap değerleri ( $\chi^2_h$ ) araştırılmıştır. Ki-Kare testi hesap değeri ( $\chi^2_h$ ), grup sayısı 20, serbestlik derecesi 17 ve anlamlılık düzeyi 0,01 ve 0,05 için Ki-Kare kritik değerleri tablosundan okunmuştur. Bu değerler 0,01 anlamlılık düzeyi için 33,409 ve 0,05 anlamlılık düzeyi için ise 27,587 olarak bulunmuştur. Log-Pearson Tip3 (LPE3), Gumbel, Lognormal Normal ve Weibull dağılımları için Olasılık Çizgileri Korelasyon uygunluk testi hesap değerleri (r) araştırılmıştır. OÇKT hesap değeri (r), grup örnek sayısı 365 ve anlamlılık düzeyi 0,01 ve 0,05 için korelasyon katsayısının kritik



değerleri tablosundan okunmuştur. Bu değerler 0,01 anlamlılık düzeyi için 0,19 ve 0,05 anlamlılık düzeyi için ise 0,13 olarak bulunmuştur.

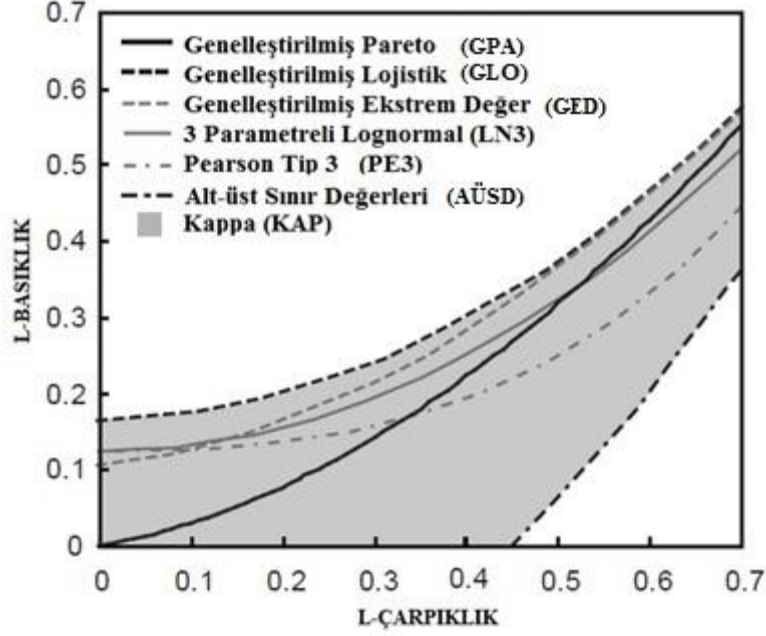
Ölçülen akım değerleri ve bu değerlerin logaritmalarının alınmış halleri için lineer ve logaritmik lineer regresyon analizi ikinci bölümde yapılmış ve üçüncü bölümde tablolar halinde verilmiştir. Üçüncü bölümde elde edilen hesap değerleri ile aşağıdaki denklemler elde edilmiştir.

Ölçülen akım değerleri için çoklu regresyon ve adım-adım regresyon yöntemine ait istatistikler üçüncü bölümde verilmişti. Hesap değerleri kullanılarak çoklu regresyon yöntemiyle elde edilen denklem aşağıda verilmiştir. Adım-adım regresyon yöntemiyle elde edilen denklemler Ek Tablo 4'te verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{DEBİ} = & -18,328 + (0,436) * \text{SICAKLIK} + (0,002) * \text{YAĞIŞ} + (0,009) * \text{ALAN} + \\ & (0,007) * \text{YÜKSELTİ} + (0,014) * \text{DRE. YOĞ.} - (57,551) * \text{ORT. AKR. EĞ.} \\ & (\text{R} = 0,871, \text{R}^2 = 0,758) \end{aligned} \quad (25)$$

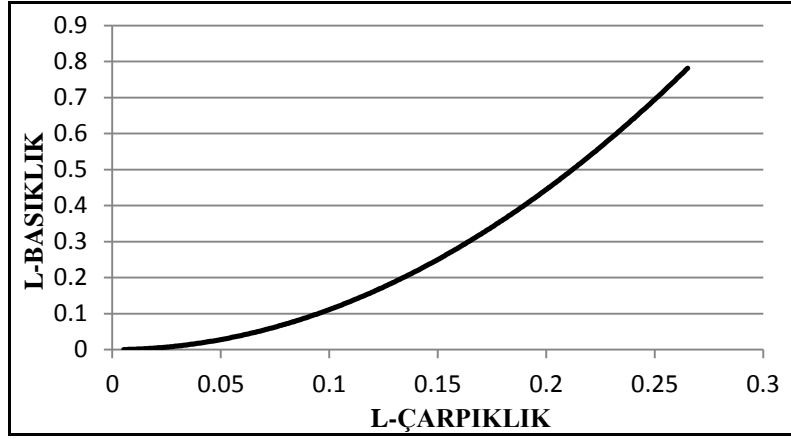
Varyans Artış Faktörü (VAF) ve Durbin Watson (DW) katsayısı için hesap değerleri Ekler bölümünde gösterilmiştir. VAF için literatürde verilmiş olan kritik değer  $\text{VAF} < 10$  şeklindedir. DW için literatürde verilmiş olan kritik değer ise  $1,5 < \text{DW} < 2,5$  şeklindedir. Tablo 14'te ölçülen akım değerleri için yapılan çoklu regresyonda; 2,06, 1,381, 1,986, 1,934, 1,653 ve 3,487 VAF değerlerinin hepsi 10 dan küçük olduğu için  $\text{VAF} < 10$  şartını sağlamıştır. Durbin Watson katsayısı 2,167 değeri de  $1,5 < \text{DW} < 2,5$  şartını sağlamıştır. Tablo 16'da ölçülen akım değerlerinin logaritmaları için yapılan çoklu regresyonda; 1,955, 2,560, 1,946, 2,275, 1,671 ve 3,654 VAF değerlerinin hepsi 10 dan küçük olduğu için  $\text{VAF} < 10$  şartını sağlamıştır. DW katsayısı 2,106 değeri de  $1,5 < \text{DW} < 2,5$  şartını sağlamıştır.  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\eta$  ve  $\zeta$  parametreleri için yapılan çoklu regresyonda; 4,678, 3,63, 2,282, 4,515, 8,382, 1,883, 7,811, 1,322, 8,569, 5,008, 3,206, 3,383, 2,61, 2,684, 3,034, 7,999, 2,781, 1,579, 1,271 ve 2,907 VAF değerlerinin hepsi 10 dan küçük olduğu için  $\text{VAF} < 10$  şartını sağlamıştır. 2,099, 1,655, 1,868 ve 2,228 DW değerlerinin hepsi  $1,5 < \text{DW} < 2,5$  şartını sağlamıştır.  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerleri için yapılan çoklu regresyonda; 2,06, 1,381, 1,986, 1,934, 1,653, 3,487, 1,955, 2,56, 1,946, 2,275, 1,671 ve 3,654 VAF değerlerinin hepsi 10 dan küçük olduğu için  $\text{VAF} < 10$  şartını sağlamıştır. 1,574, 1,836, 1,894 ve 1,816 değerlerinin hepsi  $1,5 < \text{DW} < 2,5$  şartını sağlamıştır.

Literatürde yer alan, seçilen parametrelili dağılımlar için L-basıklık ve L-çarpıklık moment oranları arasındaki ilişki Şekil 4'le Vogel ve Fennessey tarafından 1993 yılında, Hosking ve Wallis tarafından ise 1997 yılında ifade edilmiştir.



Şekil 4. Seçilen parametrelili dağılımlar için L-basıklık ve L-çarpıklık moment oranları arasında literatürde yer alan ilişkinin grafiği (Vogel vd.,1993; Hosking vd., 1997).

Doğu Karadeniz Havzasında seçilen parametrelili dağılımlar için L-basıklık moment oranları ( $t_4$ ) ve L-çarpıklık moment oranları ( $t_3$ ) ikinci Bölümde hesaplanarak üçüncü bölümde Tablo 7'de verilmiştir. Seçilen parametrelili dağılımlar için Doğu Karadeniz Havzası L-basıklık moment oranları ( $t_4$ ) ve L-çarpıklık moment oranları ( $t_3$ ) arasındaki ilişki ise Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Seçilen parametrelili dağılımlar için Doğu Karadeniz Havzası L-basıklık moment oranları ( $t_4$ ) ve L-çarpıklık moment oranları ( $t_3$ ) arasındaki ilişkinin grafiği

Logaritmik akım değerleri için çoklu ve adım adım regresyon analizi ikinci bölümde yapılmış ve üçüncü bölümde verilmiştir. SPSS programı hesap sonuçlarından elde edilen denklem katsayıları Ek Tablo 6'da verilmiştir.

Havza günlük ortalama debilerinin L-Moment oranlarına göre tarif edilmiş literatürde yeralan 6 adet dağılım örnek ortalaması ( $\mu$ ), varyans ( $\sigma$ ), şekil parametre ( $\eta$ ) ve yer parametre ( $\zeta$ ) değerleri çoklu regresyon istatistikleri ikinci Bölümde hesaplanarak üçüncü Bölümde verilmiştir. Havza günlük ortalama debilerinin L-Moment oranlarına göre tarif edilmiş literatürde yeralan 6 adet dağılım örnek ortalaması ( $\mu$ ), varyans ( $\sigma$ ), şekil parametre ( $\eta$ ) ve yer parametre ( $\zeta$ ) değerleri lineer regresyon istatistikleri ikinci Bölümde hesaplanarak üçüncü bölümde verilmiştir. Günlük ortalama akım  $\mu$  parametre değerlerinin literatürde yeralan L-moment oranı tarifli dağılımlara göre çoklu regresyonuyla aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$\mu = 0,769 + 1,165*\text{LOGNORMAL}(\mu) + 0,012*\text{G.EKSTREM}(\mu) - 0,147*\text{LOJİSTİK}(\mu) - 0,124*\text{WEİBULL}(\mu) \quad (R = 0,936, R^2 = 0,875) \quad (26)$$

Çoklu Regresyon ile günlük ortalama akımın bahsi geçen dağılımlara göre ifade edilmesinde etki oranı diğerlerine göre çok daha düşük olan Genelleştirilmiş Pareto ve Gama dağılım değerleri sırasıyla varyans denkleminde uzaklaştırılmıştır. Bu yüzden varyans denklemi dört bileşenlidir. Akım değeri örnek ortalamasının ( $\mu$ ) literatürde

yeralan ve L-Moment oranlarına bağlı dağılımlarla lineer regresyonla elde edilen denklem katsayıları Ek Tablo 17’de verilmiştir.

Günlük ortalama akım  $\sigma$  parametre değerlerinin L-Moment oranlarıyla tarifli dağılımlara göre çoklu regresyonuyla aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$\sigma = 2,077 - 0,338*\text{LOGNORMAL}(\sigma) - 0,007*\text{G.EKSTREM}(\sigma) - 0,123*\text{G.PARETO}(\sigma) + 1,626*\text{WEİBULL}(\sigma) \quad (R = 0,999, R^2 = 0,998) \quad (27)$$

Çoklu Regresyon ile günlük ortalama akımın bahsi geçen dağılımlara göre ifade edilmesinde etki oranı diğerlerine göre çok daha düşük olan Lojistik ve Gama dağılım değerleri sırasıyla varyans denkleminde uzaklaştırılmıştır. Bu yüzden denklem dört bileşenlidir.

Akım ortalama  $\sigma$  değerlerinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına bağlı dağılımlarla lineer regresyonuyla elde edilen denklem katsayıları Ek Tablo 18’de verilmiştir.

Günlük ortalama akım  $\eta$  parametre değerlerinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre çoklu regresyonla aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$\eta = 1,828 - 3,613*\text{LOGNORMAL}(\eta) + 1,015*\text{GAMA}(\eta) - 0,656*\text{G.EKSTREM}(\eta) + 4,039*\text{G.PARETO}(\eta) - 1,899*\text{LOJİSTİK}(\eta) + 2,942*\text{WEİBULL}(\eta) \quad (R = 0,999, R^2 = 0,998) \quad (28)$$

Akım ortalama  $\eta$  değerlerinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına bağlı dağılımlarla lineer regresyonuyla elde edilen denklem katsayıları Ek Tablo 19’da verilmiştir.

Günlük ortalama akım  $\zeta$  parametre değerlerinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre çoklu regresyonla aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$\zeta = 9,365 - 6,314*\text{LOGNORMAL}(\zeta) + 0,84*\text{GAMA}(\zeta) + 0,354*\text{G.EKSTREM}(\zeta) + 0,081*\text{G.PARETO}(\zeta) + 0,457*\text{LOJİSTİK}(\zeta) + 3,287*\text{WEİBULL}(\zeta) \quad (R = 0,968, R^2 = 0,938) \quad (29)$$

Akım ortalama  $\zeta$  değerlerinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına bağlı dağılımlarla lineer regresyonuyla elde edilen denklem katsayıları Ek Tablo 20’de verilmiştir.

Üçüncü bölümde verilen  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerlerine göre elde edilen çoklu regreyon denklemleri Ek Tablo 12’de verilmiştir.

Ek Tablo 11’den görüldüğü üzere; lognormal dağılım örnek ortalamasının havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla ortalama akarsu eğimi, sıcaklık, drenaj yoğunluğu, yağış ve alandır.

Ek Tablo 11’den görüldüğü üzere; lognormal dağılım örnek ortalama logaritmasının havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla yağış, alan, ortalama akarsu eğimi, sıcaklık, drenaj yoğunluğu ve yükseltidir.

Ek Tablo 11’den görüldüğü üzere; lognormal dağılım standart sapmasının havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla ortalama akarsu eğimi, sıcaklık, yağış ve drenaj yoğunluğudur.

Ek Tablo 11’den görüldüğü üzere; lognormal dağılım standart sapma logaritmasının havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkisinde (çoklu regresyon) en etkili değişken sırasıyla yağış, sıcaklık, ortalama akarsu eğimi, drenaj yoğunluğu, yükselti ve alandır.

Üçüncü Bölümde bahsedilen  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerlerine göre elde edilen adım adım regreyon denklemleri Ek Tablo 14’te verilmiştir.

Ölçülen akım değerleri için kurulan lineer regresyonun Model özeti tablosundaki  $R^2$  sütunundaki değerinden bağımsız değişken durumundaki “alan”ın bağımlı değişken durumundaki “debi” değişkenine ait varyansı % 66,2 oranında açıkladığı, diğer bir ifade ile debinin % 66,2 sinin alana bağlı olduğu, alanla tarif edilebileceği anlaşılmaktadır.

Varyans analizi tablosunun anlamlılık sütunundaki değer ise söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin  $p < 0,01$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Eğer bu sütundaki değer 0,05’in üzerinde olsaydı ilişkinin anlamsız (rastlantısal) olduğu yorumunu yapılabildi. Tablodaki ilişki formüle edildiğinde;  $F(1,37) = 72,321$ ;  $p < 0,01$  denklemi oluşturulabilir. Katsayı tablosu ise, regresyon denklemi için kullanılan regresyon katsayılarını ve bunların anlamlılık düzeylerini vermektedir. Debinin (akım değeri) alan değişkeniyle tahmininde, alan değişkeninin katsayısı 0,009, denklemin sabit değeri ise 5,185’tir. Bu değerler  $Y = bx + a$  denklemine yerleştirildiğinde  $DEBİ = 5,185 + (0,009) * ALAN$  eşitliğini elde edilmektedir. Bu eşitlik alan değişkeninin alacağı değerlerin akım verisini nasıl etkilediğini göstermektedir.

Model özeti tablosundaki  $R^2$  sütunundaki değerden bağımsız değişken durumundaki “alan” ın bağımlı değişken durumundaki “debi” değişkenine ait varyansı % 49,8 oranında açıkladığı, diğer bir ifade ile debinin % 49,8 sinin alana bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

ANOVA (varyans analizi) tablosunun anlamlılık sütunundaki değer ise söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin  $p < 0,01$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Eğer bu sütundaki değer 0,05’in üzerinde olsaydı ilişkinin anlamsız (rastlantısal) olduğu yorumunu yapılabilirdi. Tablodaki ilişki formüle edildiğinde;  $F(1,37) = 36,648$ ;  $p < 0,01$  denklemi oluşturulabilir. Katsayı (Coefficients) tablosu ise, regresyon denklemi için kullanılan regresyon katsayılarını ve bunların anlamlılık düzeylerini vermektedir. Debinin (akım değeri) alan değişkeniyle tahmininde, alan değişkeninin katsayısı 0,009, denklemin sabit değeri ise 5,185’tir. Bu değerler  $Y = bx + a$  denkleminde yerleştirildiğinde  $DEBİ = 5,185 + (0,009) * ALAN$  eşitliğini elde edilmektedir. Bu eşitlik alan değişkeninin alacağı değerlerin akım verisini nasıl etkilediğini göstermektedir.

Çoklu regresyonda ikili regresyondan farklı olarak bağımlı değişken üzerinde birden fazla bağımsız değişkenin toplu etkisi araştırılır. Model özeti tablosundaki  $R$  sütunundaki değerlerden yine bağımsız değişken durumundaki “alan”, “sıcaklık”, “yağış” ve “yükseltinin” bağımlı değişken durumundaki “debi” değişkenine ait varyansı % 75,8 oranında açıkladığı, diğer bir ifade ile akım değerinin % 75,8 oranında bu faktörlere bağlı olarak şekillendiği anlaşılmaktadır. Varyans analizi tablosunun anlamlılık sütunundaki değer ise söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin  $p < 0,01$  düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Tablodaki ilişki formüle edilecek olursa;  $F(6, 32) = 16,71$ ;  $p < 0,01$  denklemi oluşturulabilir. Katsayı tablosu ise, regresyon denklemi için kullanılan regresyon katsayılarını ve bunların anlamlılık düzeylerini vermektedir. Debi ile alan arasındaki ilişki  $p < 0,01$  düzeyinde anlamlı iken, sıcaklık, yağış ve yükselti arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Ayrıca tablodaki katsayılardan debi üzerinde en fazla etkiye sahip faktörün sıcaklık değişkeni olduğu, bunu sırasıyla drenaj yoğunluğu, alan, yükselti ve yağış değişkenlerinin izlediği anlaşılmaktadır.

$\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\eta$  ve  $\zeta$  parametrelerinin dağılımlara göre başarı durumu sonuçları Tablo 17 ile aşağıda verilmiştir. Doğu Karadeniz havzası günlük ortalama akım değerleri Ki-Kare, Olasılık çizgileri korelasyon testi ve Kolmogorov-Smirnov testlerine tabi tutulduğunda Gumbel, Lognormal ve Log-pearson dağılımı şartlarını sağlamıştır. Bu sına testlerinde en başarılı dağılım Lognormal dağılım şeklinde olmuştur. Tablodan da anlaşıldığı gibi akım değer parametrelerinin dağılım parametre değerleriyle çoklu regresyonla ifadesinde

(ilişkilendirilmesinde) en başarılı dağılım Lognormal dağılım olmuştur Bunu sırayla Weibull dağılımı ve Lojistik dağılımı takip etmiştir. Akım değer parametrelerinin dağılım parametre değerleriyle lineer regresyonla ifadesinde (ilişkilendirilmesinde) en başarılı dağılım Weibull dağılımı olmuştur. Bunu sırayla Lojistik dağılım ve Lognormal dağılım takip etmiştir.

Tablo 17. Dağılım parametrelerinin ( $\mu$  ,  $\sigma$  ,  $\eta$  ve  $\zeta$  ) çoklu ve lineer regresyonla akım değeriyle ilişkilendirilmesi sonucu oluşan üstünlük (başarı) sıralaması

Parametre	Çoklu Regresyon Başarı Sırası	Lineer Regresyon Başarı Sırası
$\mu$	1. Lognormal	1. Gama Ve Pareto
	2. Lojistik	2. Lognormal ve Weibull
	3. Weibull	3. Lojistik
	4. G.Ekstrem	4. G.Ekstrem
$\sigma$	1. Weibull	1. Gama ve Weibull
	2. Lognormal	2. Lojistik
	3. Pareto	3. Pareto
	4. G.Ekstrem	4. G.Ekstrem
$\eta$	1. Pareto	1. Lojistik ve Weibull
	2. Lognormal	2. Lognormal
	3. Weibull	3. G.Ekstrem
	4. Lojistik	4. Pareto
$\zeta$	1. Lognormal	1. Lojistik
	2. Weibull	2. Gama
	3. Gama	3. G.Ekstrem
	4. Lojistik	4. Pareto

Tablo 18. Lognormal dağılım normal ve logaritmik  $\mu$  ve  $S_x$  değerlerinin havza bağımsız değişkenleriyle ilişkilendirilmesi sonucu oluşan üstünlük (başarı) sıralaması

Değer	Çoklu Regresyon Başarı Sırası	Lineer Regresyon Başarı Sırası
$\mu$ (örnek ortalama değeri)	1. O.A.E	1. Alan
	2. Sıcaklık	2. Yükselti
	3. Dre. Yoğ.	3. Dre. Yoğ.
	4. Yağış	4. Alan
$S_x$ (örnek standart sapması)	1. O.A.E	1. Yağış
	2. Sıcaklık	2. Ort. Ak.Eğ.
	3. Yağış	3. Sıcaklık
	4. Dre. Yoğ	4. Alan
Log $\mu$	1. Yağış	1. Alan
	2. Alan	2. Dre. Yoğ.
	3. O.A.E	3. Yükselti
	4. Sıcaklık	4. Sıcaklık

Tablo 18'in devamı

Değer	Çoklu Regresyon Başarı Sırası	Lineer Regresyon Başarı Sırası
Log Sx (Standart Sapma logarit.)	1. Yağış	1. Yağış
	2. Sıcaklık	2. Ort.Ak.Eğ.
	3. O.A.E	3. Sıcaklık
	4. Dre. Yoğ	4. Alan

Doğu Karadeniz Havzası günlük ortalama akım verilerinden yola çıkılarak; lognormal dağılım normal ve logaritmik  $\mu$  ve Sx değerleri havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ve lineer regresyon yöntemiyle ilişkilendirilmiştir. Tablo 18'den görüldüğü üzere; lognormal dağılım  $\mu$  (örnek ortalaması) ve Sx (örnek standart sapması) sırasıyla yağış, ortalama akarsu eğimi (OAE), sıcaklık ve alan bağımsız değişkenlerine bağlı olarak değişmektedir.

Tablo 19. Doğu Karadeniz Havzası bazı akım gözlem istasyonları için (25) numaralı regresyon denklemi sonucunda hesaplanan debilerin ölçülen debilerle karşılaştırılması

İstasyon No	İstasyon Adı	Ölçülen Debi (m <sup>3</sup> /sn)	Hesaplanan Debi (m <sup>3</sup> /sn)
2201	Harşit	26,4134	29,9762
2202	Karadere	10,0402	10,3614
2215	Çamlıkdere	13,8351	12,6971
2240	Eymür	35,1313	33,7875
22-51	Ulucami	11,9259	10,7155
22-53	Ortaköy	5,0794	4,9186
22-62	Konaklar	16,7642	14,1202
22-63	Mikronköprü	9,5591	10,8388
22-66	Cevizlik	5,0559	6,5064
22-80	Sımrköy	6,3250	6,8520
22-82	Kömürcüler	4,6325	4,5382
22-90	Alancık	8,8623	7,5126

Günlük ortalama debilerin; alan, sıcaklık, yağış, yükselti, drenaj yoğunluğu ve ortalama akarsu eğimi değerleri ile çoklu regresyona tabi tutulmasıyla elde edilen (25) numaralı denklemde, bağımsız değişken değerlerinin bazı istasyonlar için yerine yazılması ile günlük ortalama hesap debileri bulunmuş ve Tablo 19 oluşturulmuştur. Bazı istasyon değerleri hariç, ölçülen günlük ortalama debiler ile hesaplanan günlük ortalama debiler arasında ortalama % 90,5 oranında tutarlılık olduğu gözlenmiştir.



## 5. SONUÇLAR

Doğu Karadeniz havzasındaki 39 adet AGİ'ye ait günlük ortalama akım değerlerin tahmininde alan, sıcaklık, yağış ve yükselti, drenaj yoğunluğu ve ortalama akarsu eğimi değerleri havza bağımsız değişkenleri olarak kullanılmıştır. NetCAD programıyla Thiesen çokgeni metoduna göre Doğu Karadeniz Havzası üçgenlere (meşlere) ayrılarak havza sınırları kesinleştirilmiştir. Böylece ortalama akım gözlem istasyonu alanları, ortalama aylık sıcaklık değerleri, ortalama yıllık yağış değerleri ve özel bir formülle düzenlenmiş ortalama istasyon yükselti değerleri sağlıklı bir şekilde elde edilmiştir. Sonra bu akım verileri alan, sıcaklık, yağış, yükselti, drenaj yoğunluğu ve ortalama akarsu eğimi değerleri ile lineer (doğrusal) ve çoklu regresyona tabi tutularak akım denklemleri elde edilmiştir. Çoklu regresyon sonucunda oluşan debi denklemi (25) numaralı denklemle ifade edilmiştir. Doğu Karadeniz havzası her bir akım gözlem istasyonu için günlük ortalama akım verilerinin 365 gün için 10 yıllık medyan değerlerinin ortalaması, akım tahmininde kullanılan ortalama günlük akım değerleri olarak alınmıştır.

Lineer Regresyon ile akımın yağış, alan, sıcaklık, yükselti, drenaj yoğunluğu ve ortalama akarsu eğimi değişkenlerine göre ifade edilmesinde en etkili değişken sırasıyla alan, yükselti, ortalama akarsu eğimi, yağış, drenaj yoğunluğu ve sıcaklık olarak bulunmuştur. Çoklu Regresyon ile akımın yağış, alan, sıcaklık, yükselti drenaj yoğunluğu ve ortalama akarsu eğimi değişkenlerine göre ifade edilmesinde en etkili değişken sırasıyla sıcaklık, drenaj yoğunluğu, alan, yükselti ve yağış olarak bulunmuştur. Etki oranı diğerlerine göre çok daha düşük olan değerlerin sırasıyla akım denkleminde uzaklaştırılmasıyla elde edilen denklemler 4. Bölümde verilmiştir.

Doğu Karadeniz havzasına ait 39 adet AGİ'ye ait günlük ortalama akım değerlerinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre tarif edilmiş 6 adet dağılım (Lognormal, Gama, Genelleştirilmiş Pareto, Genelleştirilmiş Ekstrem, Lojistik ve Weibull dağılımları) için  $\mu$ , varyans,  $\eta$  parametre ve  $\zeta$  parametre değerleri elde edilmiştir. Bu değerler lineer ve çoklu regresyona tabi tutulmuştur. Hesaplanan istatistiksel sonuçlara göre; Doğu Karadeniz havzası günlük ortalama akım verilerinin 365 gün için 10 yıllık medyan değerlerinin örnek ortalamasının ( $\mu$  değerlerinin) literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına bağlı dağılımlarla lineer regresyonunda en başarılı dağılım Gama ve Genelleştirilmiş Pareto

dağılımları olmuştur ( $R$  = güvenilirlik, korelasyon katsayısı). Bunu sırasıyla Lognormal, Weibull ve Genelleştirilmiş Ekstrem, Lojistik dağılımları takip etmiştir.

Çoklu Regresyon ile günlük ortalama akımın bahsi geçen dağılımlara göre ifade edilmesinde en başarılı dağılım sırasıyla; Lognormal, Lojistik, Weibull ve Genelleştirilmiş Ekstrem dağılımları olmuştur. Etki oranı diğerlerine göre çok daha düşük olan Genelleştirilmiş Pareto ve Gama dağılım değerleri sırasıyla varyans denkleminde uzaklaştırılmıştır. Bu yüzden denklem dört bileşenlidir.

Günlük ortalama akım  $\sigma$  parametre değerlerinin L-Moment oranlarına bağlı lineer regresyonunda en başarılı dağılım Gama ve Weibull dağılımları olmuştur. Bunu sırasıyla, Genelleştirilmiş Lojistik, Genelleştirilmiş Pareto, Genelleştirilmiş Ekstrem ve Lognormal dağılımlar takip etmiştir. Çoklu Regresyon ile  $\sigma$  parametre değerlerinin bahsi geçen dağılımlara göre ifade edilmesinde en başarılı dağılım sırasıyla; Weibull, Lognormal, Pareto ve Genelleştirilmiş Ekstrem dağılımları olmuştur.

Doğu Karadeniz havzası günlük ortalama akım  $\eta$  parametre değerlerinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre lineer regresyonla tarifinde en başarılı dağılımlar Lojistik ve Weibull dağılımları olmuştur. Bunu sırasıyla Lognormal, Genelleştirilmiş Ekstrem, Genelleştirilmiş Pareto, Gama dağılımları takip etmiştir. Çoklu Regresyon ile  $\eta$  parametre değerlerinin bahsi geçen dağılımlara göre ifade edilmesinde en başarılı dağılım sırasıyla; Pareto, Lognormal, Weibull ve Lojistik dağılımları olmuştur.

Doğu Karadeniz havzası günlük ortalama akım  $\zeta$  parametre değerlerinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre lineer regresyonla tarifinde en başarılı dağılım Genelleştirilmiş Lojistik dağılım olmuştur. Bunu sırasıyla Gama, Genelleştirilmiş Ekstrem, Genelleştirilmiş Pareto, Lognormal ve Weibull dağılımları takip etmiştir. Çoklu Regresyon ile günlük ortalama akım  $\zeta$  parametre değerlerinin bahsi geçen dağılımlara göre ifade edilmesinde en başarılı dağılım sırasıyla; Lognormal, Weibull, Gama ve Lojistik dağılımları olmuştur.

Lognormal dağılım örnek ortalamasının havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla ortalama akarsu eğimi, sıcaklık, drenaj yoğunluğu, yağış ve alan olmuştur (Ek Tablo 11).

Lognormal dağılım örnek ortalama logaritmasının havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla yağış, alan, ortalama akarsu eğimi, sıcaklık, drenaj yoğunluğu ve yükselti olmuştur (Ek Tablo 11).

Lognormal dağılım standart sapmasının havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkisinde en etkili değişken sırasıyla ortalama akarsu eğimi, sıcaklık, yağış ve drenaj yoğunluğu olmuştur (Ek Tablo 11).

Lognormal dağılım standart sapma logaritmasının havza bağımsız değişkenleriyle çoklu ilişkisinde (çoklu regresyon) en etkili değişken sırasıyla yağış, sıcaklık, ortalama akarsu eğimi, drenaj yoğunluğu, yükselti ve alan olmuştur (Ek Tablo 11).

## 6. ÖNERİLER

Akım verisinin tahmininde kullanılan AGİ VE Mİ gözlem verilerinin daha uzun süreli ve kesintisiz olarak elde edilmesi için gözlem istasyonu ağları genişletilebilir. Mevcut olan AGİ ler ve yeni kurulacakların sayıları ve gözlem süreleri uzatılabilir. Böylece istasyon bazında yapılan uyumsuzluk ve homojenlik ölçüsü çalışmaları daha güvenli ve tutarlı hale getirilebilir. İstasyon bazında yapılan bu ve benzer çalışmalar havzalar ve sonuçta ülkemizin tümünü içine alacak şekilde genişletilebilir.

Havzadaki akım gözlem istasyonlarından elde edilen gözlenmiş günlük ortalama akım verilerinin istasyon bazında uyumsuzluk ve homojenlik ölçülerinin bulunmasında Excel ve X-test programından daha yeni ve daha gelişmiş programların veya yöntemlerin kullanılması sağlanabilir.

Akım verisi ile havza dağılım parametrelerinin lineer ve çoklu ilişkilendirmesinde L-Momentler yönteminden daha güncel ve sağlıklı yöntemler araştırılabilir. Bu yöntemler çok sayıda uzun istasyon verileri ve havza bağımsız değişkenleriyle ilişkilendirilebilir.

Havza akım verilerinin yanında havza iklim verilerinin de homojenlik ve uygunluk ölçüleri araştırılabilir. Güncel dağılımlara ve fonksiyonlarına uygunluk testlerinin yanı sıra yeni yoğunluk dağılım fonksiyonları ve bunları sınavacak yeni uygunluk testleri araştırılabilir. Akım verilerine uydurulmaya çalışılan dağılımların güncel olanlarının sayısı artırılabilir. Bu dağılımlar için verilen parametrelere ek olabilecek güncel parametreler çalışmalar içine dahil edilebilir.

Akım verisinin tahmin edilmesinde kullanılan L-Momentler yönteminden daha yeni ve gelişmiş yöntemler içinde benzer veya daha fazla olasılık yoğunluk fonksiyonu dolayısıyla daha fazla dağılım ve parametreninde dahil edileceği çalışmalar yapılabilir.

Lineer, çoklu ve adım-adım regresyonların yanı sıra daha güncel ve gelişmiş regresyon yöntemleri havza bağımlı ve bağımsız değişkenlerinin artırılması ve yeniden düzenlenmesiyle kullanılabilir. Bağımlı ve bağımsız değişken sayısı artırılarak veya azaltılarak düzenlenmiş yeni regresyonlarla ilişkilendirme daha güvenilir ve tutarlı hale getirilebilir. Elde edilecek yeni denklemler, değişkenler ve istatistikler ile öncekiler kıyaslanabilir ve daha mantıklı yorumlar yapılabilir.

Zeminin jeolojik özellikleri, yüzey ve yer altı su ayrımı çizgileri vb. gibi yağıştan akışa geçen su miktarını etkileyen bazı değişkenlerin belirlenmesi çalışmaları yapıldıktan

sonra, ilgili değişkenler de göz önüne alınarak regresyon modeli ve sonuçlar daha da iyileştirilebilir.

Akarsu debi değişiminin mevsimselliği araştırılabilir. Böylece, bölge hidrolojik yapısı ve iklimin akım değerleri üzerindeki etkileri daha net olarak incelenebilir. Mevsimsel modellerle senelik modeller arasında değerlendirmeler yapılabilir.

Bütünleştirilmiş havza yönetimi planlamalarının yapılarak, verilerin topluca daha güvenli şekilde elde edilmesi sağlanabilir. Gözlem istasyonlarının koordinat, kot bilgileri ile haritaların güncelleme çalışmaları yapılabilir. Kurak ve sulak geçen yıllarla ilgili analizler de yapılarak, HES potansiyeli diğer çalışmalarda kullanılabilir.

Özgül debi değerlerinin kullanılacağı çalışmalarda, zemin örtüsünün farklı özelliklere sahip olma ihtimali, göz önünde tutulmalıdır. Bitki örtüsü, analizde kullanılacak bölgeler arasında değişebilir, sızma ve su tutma miktarları farklılık gösterebilir. Bu nedenle bitki örtüsüyle ilgili araştırmalar yapıldıkça çalışmaya eklenebilir ve etkileri araştırılabilir.

Doğu Karadeniz Havzasının bir kısmında yapılan bu çalışma daha da genişletilebilir ve havza bağımlı ve bağımsız değişkenleri arttırılarak daha fazla irdelenebilir. Tüm havzalar ve ülkemizin tamamı için de benzer çalışmalar geliştirilebilir.

Çeşitli havza parametrelerinin modele eklenmesi ile regresyon analizleri ilerletilebilir. Regresyon yöntemleri uygulanırken, kabullerin sağlanıp sağlanmadığına kurulan modelin güvenilirliği açısından özen gösterilmelidir.

Islah edilmemiş akarsularda yapılan bu çalışmanın, ıslah edilmiş akarsular üzerindeki değişimleri de incelenerek, düzenlenmiş akım veri tahmini üzerinde de çalışmalar yapılabilir.

Tahminlerin etkinliğinin arttırılabilmesi için yeterli veri uzunluğuna sahip olmayan ve küçük gözlem süreli olan istasyonlar analizden çıkartılabilir.

## 7. KAYNAKLAR

- Adamowski, K., 2000. Regional Analysis of Annual Maximum and Partial Duration Flood Data by Nonparametric and L-Moment methods, Journal of Hydrology, 229, 219-231.
- Ağırlioğlu, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., Coşkun, H.G., Aksoy, H., Toprak, F., Eriş, E., Algancı, U., Andiç, G., Usta, G., Beşiktaş, M., Ülken, İ., 2009. Akım ölçümleri olmayan akarsu havzalarında teknik hidroelektrik potansiyelin belirlenmesi, İstanbul, TUBİTAK Sonuç Raporu.
- Anlı, S. A., Apaydın, H. ve Öztürk, F., 2007. Regional Flood Frequency Estimation for The Göksu River Basin Through L-moments, International Congress on River Basin Management, DSİ, 424-438.
- Archfield, S., A., 2009. Estimation of Continuous Daily Streamflow At Ungaged Locations In Southern New England, Doktora Tezi, Tufts Üniversitesi, 122 s., ABD.
- Aşıkoglu, Ö.L., 2005. Standart Süreli Maksimum Yağışlar İçin Genelleştirilmiş Şiddet-Süre-Tekerrür Modelleri. E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Atiem, I. A. and Harmancıoğlu, N., 2006. Assesment of Regional Floods Using L-Moments Approach: The Case of The River Nile. Water Resources Management, 20, 723-747.
- Bari, M., F., Shaiful İslam, KH., MD., 2006. Stochastic Model of Flow Duration Curves for Selected Rivers in Bangladesh, Proceedings of the Fifth Friend World Conference held at Havana, Cuba, 99-104.
- Bayazıt, M., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayın No:1573, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B., 1994. "İstatistik", Birsen Yayınevi, İstanbul, 211s.
- Besaw E. L., Donna M, R. ve Bierman R. P., 2010. William R. H., Advance in Ungauged Streamflow Prediction Using Artificial Neural Networks, Journal of Hydrology, 386, 27-37.
- Beşiktaş, M, 2010. Doğu Karadeniz'de Debi Süreklilik Eğrilerinin Regresyon Analizi ile Belirlenmesi ve Akım Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, İstanbul, 89.

- Booker, D. J. ve Snelder, T. H., 2012. Comparing Methods For Estimating Flow Duration Curves At Ungauged Sites, Journal of Hydrology, 434–435, 78–94.
- Büyükkaracığan, N., 1997. Taşkın Frekans Analizinde Kullanılan Değişik Dağılımların Konya Havzası Yıllık Pik Akım Serilerine Uygulanıp Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Konya, 97s.
- Castiglioni S, Castellarin, A. ve Montanari A., 2009. Prediction of Low-flow Indices in Ungauged Basins Through Physiographical Space-Based Interpolation, Journal of Hydrology, 378, 272-280.
- Chowdhury, J.U., Stedinger, J.R. and Lu, L.H., 1991. Goodness-of-fit tests for Regional Generalized Extrem Value Distributions, Water Resources Research, 27: 1765-1776.
- Cıgızoğlu, H., K., 1997. Debi Süreklilik Çizgisinin Matematik Modelleri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Copestake P. ve Young A., R., 2008. How Much Water Can a River Give? Uncertainty and The Flow Duration Curve, BHS 10th National Hydrology Symposium, 59–66.
- Cunnane, C., 1988. Methods and Merits of Regional Flood Frequency Analysis. Journal of Hydrology, 100, 269-290.
- Dedun, S. and Jing, D., 1988. “The Application of Probability Weighted Moments in Estimating The Parameters of The Pearson Type Three Distribution”. Journal of Hydrology, 101, 47–61.
- Dingman, S. L., 1978. Synthesis of flow-duration curves for unregulated streams in New Hampshire, Water Resour. Bull., 14, 6, 1481–1502.
- Gebeyehu, A., 1989. Regional Flood Frequency Analysis, The Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, Bulletin No. TRIVA-VBI–148.
- Greenwood, J.A., Landwehr, J.M., Matalas, N.C. and Wallis, J.R., 1979. “Probability Weighted Moments: Definition and Relation to Parameters of Several Distribution Expressible in Inverse Form. Water Resources Research”, 15, 5, 1049–1054.
- Gustard, A., Rees, H. G., Croker K. M. ve Dixon J. M., 1997. Using Regional Hydrology For Assessing European Water Resources, FRIEND '97 Regional Hydrology; Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management, IAHS Publ., 246, 107-115.
- Haktanır, T. ve Çapar, Ö.F. 1994. Güncel Modelleri de İçeren Taşkın Frekans Analizi için Paket Program, Çukurova Üniversitesi, Müh.Mim. Fakültesi Dergisi 15.Yıl Sempozyumu Özel Sayısı, Cilt I, 37-42.

- Heitz, L. F., 1981. Hydrologic Evaluation Methods for Hydropower Studies, Doctoral Thesis, University of Idaho Graduate School.
- Hosking, J.R.M., 1986. The Theory of Probability Weighted Moments. Research Rep. RC 12210, 160 pp., IBM Research Division, Yorktown Heights, NY.
- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R., 1987. "Parameter and Quantile Estimation for The Generalized Pareto Distribution", Technometrics, 29, 3, 339–349.
- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R., 1988. "The Effect of Intersite Dependence on Regional Flood Frequency Analysis. Water Resources Research", 24, 588- 600.
- Hosking, J.R.M., 1990. "L-Moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics", J. Royal Statistical Society, 52, 2, 105–124. 201.
- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R., 1993. "Some Statistics Useful in Regional Frequency Analysis. Water Resour. Res. ", 29, 2, 271-281, IBM Research Division, Yorktown Heights, New York.
- Hosking, J.R.M. and Wallis, J.R., 1997. Regional Frequency Analysis An Approach Based on L-Moments. Cambridge University Press. UK.
- Hosking, J.R.M., 2000. FORTRAN Routines for Use with the Method of LMoments. Version 3.03.
- Işık, S. and Singh, V. P., 2008. Hydrologic Regionalization of Watersheds in Turkey J. Hydrologic Engrg. 13, 824.
- Jaiswal, R.K., Goel, N.K., Singh, P. and Thomas, T., 2003. L-moment Based Flood Frequency Modelling, The Institution of Engineers (India), 84, 6-10.
- Jing, D., Dedun, S. and Ronfu, Y., 1989. "Further Research on Applications of Probability Weighted Moments in Estimating Parameters of The Type Three Distributions", Journal of Hydrology, 110, 239–257.
- Kao J.-J. ve Shyang-Fu B., 1996. Risk analysis for flow duration curve baes seasonal discharge management programs, Water Research, 30, 6, 1369-1376.
- Kite, G.W., 1977. Frequency and Risk Analysis in Hydrology, Fort Collins, Water Res. Publications, Colorado, USA.
- Kjelstrom, L., C., 1998. Methods for Estimating Selected Flow-Duration and Flood-Frequency Characteristics at Ungaged Sites in Central Idaho, Water-Resources Investigations Report 94-4120, Idaho.



- Krasovskaia, I., Gottschalk, L., Leblois, E. ve Pacheco, A., 2006. Regionalization of Flow Duration Curves, Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, 105-110.
- Kumar, R., vd., 2003a. Development of Regional Flood Frequency Relationships Using L-moments for Middle Ganga Plains Subzone 1(f) of India, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, Water Resources Management, 17, 243–257.
- Landwehr, J.M., Matalas, N.C. and Wallis, J.R., 1979a. “Probability Weighted Moments Compared with Some Traditional Techniques in Estimating Gumbel Parameters and Quantiles”, Water Resources Research, 15, 5, 1055–1064.
- Landwehr, J.M., Matalas, N.C. and Wallis, J.R., 1979b. “Estimation of Parameters and Quantiles of Wakeby Distributions”. 1. Know Lower Bounds, Water Resources Research, 15, 6, 1361–1372. 202.
- Leboutillier D. W. ve Waylen, P. R., 1993. Stochastic Model of Flow Duration Curves, Water Resources Research, 29, 10, 3535-3541.
- Lettenmaier D.P. ve Potter, K.W., 1985. Testing Flood-frequency Estimation Methods Using a Regional Flood Generation Model, WaterResources Research, 21, 12, 1903-1914.
- Liou, J., J., vd., 2008. Establishing Acceptance Regions for L-Moments Based Goodness-Of-Fit Tests by Stochastic Simulation, Journal of Hydrology, 355, 49– 62.
- Malekinezhad, H., vd., 2011. Comparing The Index-Flood and Multiple-Regression Methods Using L-Moments, Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 36, 1–4, 54–60.
- Mamun A. A., Hashim A. ve Daoud I. J., 2010. Regionalisation of low flow frequency curves for the Peninsular Malaysia, Journal of Hydrology, 381,174-180.
- Mimikou, M. ve Kaemaki, S., 1985. Regionalization of Flow Duration Characteristics, Journal of Hydrology, 82, 77-91.
- Mohamoud, Y. M., 2008. Prediction of daily flow duration curves and streamflow for ungauged catchments using regional flow duration curves, Hydrological Sciences, 53, 4, 706-724.
- Morales, R., A., R., 2001., Hydrologic Characterization of Goodwin Creek, Mississippi, Master Thesis, University of Puerto Rico.
- Muhara, G., 2001. Selection of Flood Frequency Model in Tanzania Using L-moments and Region of Influence Approach, 2nd WARFSA/WaterNet

Symposium: Integrated Water Resources Management: Theory, Practice, Cases; Cape Town, 1-13.

- Önöz, B., 1994. "Yeni Bir Parametre Tahmin Yöntemi; Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi". DSİ Teknik Bülteni, 81, 49-54.
- Özcan, Z., 1990. Türkiye Akarsularının Taşkın Pikleri Frekans Analizi, Yüksek Lisans Tezi. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ç.Ü., Adana, 156.
- Özdemir, Y., 2004. Information Transfer via Regression Among Periodic-Stochastic Hydrologic Processes, Degree of Doctor of Philosophy, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir.
- Özdemir, H., 2008, Coğrafi Bilimler Dergisi, 6, 1, 41-52 Havran Çayı'nın (Balıkesir) Taşkın Sıklık Analizinde Gumbel ve Log Pearson Tip III Dağılımlarının Karşılaştırılması.
- Özkan, Ö. Ö., 2005. Büyük ve Küçük Menderes Havzaları Bölgesel Taşkın Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, D.E.Ü., İzmir.
- Quimpo, R. G., Alejandrino, A. A. ve McNally, T. A., 1983. Regionalized Flow Duration for Philippines, Journal of Water Resources Plan. Manag., 109, 4, 320-330.
- Parada M. L. ve Liang Xu., 2010. A Novel Approach to Infer Streamflow Signals for Ungauged Basins, Advance in Water Resources, 33, 372-386.
- Parida, B.P., Kachroo, R.K., and Shrestha, D.B., 1998. Regional Flood Frequency Analysis of Mahi-Sabarmati Basin (Subzone 3-a) using Index Flood Procedure with L-moments, Water Resources Management, 12, 1-12.
- Perry, C., A., Wolock, D., M. ve Artman, J., C., 2004. Estimates of Flow Duration, Mean Flow and Peak-Discharge Frequency Values for Kansas Stream Locations, Scientific Investigations Report, Kansas Department of Health and Environment and the Kansas Department of Transportation.
- Post, D. A., 2004. A new method for estimating flow duration curves: an application to the Burdekin River Catchment, North Queensland, Australia, International Environmental Modelling and Software Society, Osnabruck, Germany, 14-17.
- Potter, K.W. and D.P. Lettenmaier, 1990. A Comparison of Regional Flood Frequency Estimation Methods Using A Resampling Method, Water Resour. Res., 26, 3, 415-424.
- Rao, A.R., ve Hamed, K.H., 2000, Flood Frequency Analysis, CRS Press, USA.
- Risley, J., Stonewall, A. ve Haluska, T., 2008. Estimating Flow-Duration and Low-Flow Frequency Statistics for Unregulated Streams in Oregon, U.S.

Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report.

- Saf, B., 2009. Regional Flood Frequency Analysis Using L-moments for the West Mediterranean Region of Turkey, Water Resour Management, 23, 3, 531-551.
- Saka, F., 2012. Sentetik Debi Süreklilik Eğrilerinin Matematiksel Yöntemlerle Belirlenmesi ve Doğu Karadeniz Örneği, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Trabzon.
- Seçkin, N., 2009. L-Momentlere Dayalı Gösterge-Sel Metodu İle Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana.
- Shao Q, Yang L. ve Chiew H. S. F. , 2009, A New Regionalization Approach and Its Application to Predict Flow Duration Curve in Ungauged Basins, Journal of Hydrology, Accepted Manuscript.
- Smakhtin V. ve Hughes, D. A., 1996. Regional daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves, Hydrological Sciences -Journal- des Sciences Hydrologiques, 41, 6.
- Şorman, Ü. ve Okur, A., 2000. “L-momentler Tekniği Kullanılarak Noktasal ve Bölgesel Frekans Analizinin Uygulanması”. İMO Teknik Dergi, 2199–2216.
- Şorman, Ü., 2004. “Bölgesel Frekans Analizindeki Son Gelişmeler ve Batı Karadenizde Bir Uygulama”. İMO Teknik Dergi, 15, 2, 3155–3169.
- Shaw, E., M., 1988. Hydrology in Practice, Chapman and Hall, Second edition, 539.
- Ülken, İ, 2010. Doğu Karadeniz Havzası’nda En Uygun Dağılımla Debi Süreklilik Eğrilerinin Bulunması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimler Enstitüsü, İnşaat Anabilim Dalı, İstanbul.
- Wallis, J.R., and Wood, E.F., 1985. Relative Accuracy of Log Pearson-3 Procedures. Journal of Hydrology, Div.”, ASCE, 111, 7, 1043-1056.
- Wiltshire, S.W., 1986. Identification of Homogeneous Regions for Flood Frequency Analysis, Journal of Hydrology, 84, 287-302.
- Vogel, R.M. and N.M. Fennessey, 1993. “L Moment Diagrams Should Replace Product Moment Diagrams, Water Resour. Res.”, 29, 6, 1745-1752.
- Yang, T., vd., 2009. Regional frequency analysis and spatio-temporal pattern characterization of rainfall extremes in the Pearl River Basin, China, Journal of Hydrology, 380, 386–405.

Yanık, B., 2004. Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesinde Bölgesel Analiz Yaklaşımı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yüksek, Ö., 2009. Hidrolojide İstatistiksel Yöntemler, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon.

## 8. EKLER

**Ek 1.** Doğu karadeniz havzası ölçülen akım normal değerleri için çoklu ve lineer ilişkilendirmelere ait varyans analizi ve regresyon katsayıları aşağıda verilmiştir.

Ek Tablo 1. Ölçülen akım değerleri için lineer ve logaritmik lineer regresyon varyans analizi

Model; 1	Kareler toplamı	S.D.	Kareler ortalaması	F	p
Yağış; Regresyon	52.958	1	52.958	1.032	.316
Kalan	1899.152	37	51.328		
Toplam	1952.109	38			
Alan; Regresyon	1291.413	1	1291.413	72.321	.000
Kalan	660.697	37	17.857		
Toplam	1952.109	38			
Sıcaklık; Regresyon	12.669	1	12.669	0.242	0.626
Kalan	1939.440	37	52.417		
Toplam	1952.109	38			
Yükselti; Regresyon	195.083	1	195.083	4.108	0.050
Kalan	1757.027	37	47.487		
Toplam	1952.109	38			
Drenaj yoğunluğu; Reg.	20.132	1	20.132	0.386	0.538
Kalan	1931.978	37	52.216		
Toplam	1952.109	38			
Ortalama akarsu eğimi; Reg.	62.592	1	62.592	1.226	0.275
Kalan	1889.517	37	51.068		
Toplam	1952.109	38			
S.D.; Serbestlik Derecesi					
Model; 2	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
Yağış; Regresyon	.033	1	.033	.421	.520
Kalan	2.943	37	.080		
Toplam	2.977	38			
Alan; Regresyon	1.481	1	1.481	36.648	.000
Kalan	1.495	37	.040		
Toplam	2.977	38			
Sıcaklık; Regresyon	.008	1	.008	.098	.756
Kalan	2.969	37	.080		
Toplam	2.977	38			
Yükselti; Regresyon	.448	1	.448	6.556	.015
Kalan	2.529	37	.068		
Toplam	2.977	38			
Drenaj yoğunluğu; Reg.	.080	1	.080	1.026	.318
Kalan	2.896	37	.078		
Toplam	2.977	38			
Ortalama akarsu eğimi; Reg.	.037	1	.037	.467	.499
Kalan	2.939	37	.079		
Toplam	2.977	38			

Ek Tablo 2. Ölçülen akım değerleri için lineer ve logaritmik lineer regresyon katsayıları

Model; 1	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
sabit	12.088	2.874		.000	4.284	19.892
Yağış	-.002	.002	-.165	.316	-.009	.004
sabit	5.185	.840		.000	2.905	7.465
Alan	.009	.001	.813	.000	.006	.011
sabit	12.217	5.823		.043	-3.595	28.029
Sıcaklık	-.276	.562	-.081	.626	-1.801	1.249
sabit	-6.551	7.952		.415	-28.145	15.043
Yükselti	.007	.003	.316	.050	-.002	.016
sabit	12.745	5.493		.026	-2.169	27.660
Drenaj yağ	-.013	.021	-.102	.538	-.069	.043
sabit	13.140	3.557		.001	3.481	22.799
Ort .ak.eği	-69.844	63.087	-.179	.275	-241.151	101.464
Model; 2	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
sabit	1.383	.777		.083	-.727	3.492
Yağış	-.167	.257	-.106	.520	-.865	.531
sabit	-.373	.209		.083	-.942	.195
Alan	.506	.084	.705	.000	.279	.733
sabit	1.028	.476		.037	-.265	2.321
Sıcaklık	-.149	.475	-.051	.756	-1.440	1.142
sabit	-4.921	2.266		.036	-11.074	1.231
Yükselti	1.720	.672	.388	.015	-.104	3.544
sabit	2.142	1.247		.094	-1.245	5.528
Drenaj yağ	-.525	.518	-.164	.318	-1.931	.882
sabit	.616	.388		.121	-.438	1.670
Ort .ak.eği	-.203	.297	-.112	.499	-1.009	.603

Ek Tablo 3. Ölçülen akım değerleri ve yeni denklemler için çoklu regresyon istatistikleri ve varyans analizi

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	T.S.H	
1	.871	.758	.713	3.84183	
	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F	p.
Regresyon	1479.801	6	246.633	16.710	.000
Kalan	472.308	32	14.760		
Toplam	1952.109	38			
2	.867	.752	.714	3.83167	
3	.865	.749	.719	3.79813	
4	.863	.744	.722	3.77592	
5	.853	.728	.713	3.84308	
Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
1; Regresyon	1479.801	6	246.633	16.710	.000
Kalan	472.308	32	14.760		
Toplam	1952.109	38			
2; Regresyon	1467.613	5	293.523	19.992	.000
Kalan	484.497	33	14.682		
Toplam	1952.109	38			
3; Regresyon	1461.633	4	365.408	25.330	.000
Kalan	490.477	34	14.426		

Ek Tablo 3'ün devamı

Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
Toplam	1952.109	38			
4; Regresyon	1453.094	3	484.365	33.972	.000
Kalan	499.015	35	14.258		
Toplam	1952.109	38			
5; Regresyon	1420.416	2	710.208	48.087	.000
Kalan	531.693	36	14.769		
Toplam	1952.109	38			
Toplam	1952.109	38			

Ek Tablo 4. Ölçülen akım değerleri ve yeni denklem çoklu regresyon katsayıları

Model	B. katsayı	Std. Hata	Beta	P	Alt sınır	Üst sınır	VAF	Durbin Watson
1; sabit	-18.328	8.280		.034	-41.004	4.348		2.167
Yağış	.002	.002	.146	.249	-.003	.007	2.060	
Alan	.009	.001	.831	.000	.006	.012	1.381	
Sıcaklık	.436	.420	.127	.307	-.714	1.587	1.986	
Yükselti	.007	.003	.320	.013	.000	.014	1.934	
Drenaj yoğ	.014	.014	.108	.343	-.025	.052	1.653	
Ort .ak.eği	-57.551	63.332	-.148	.370	-230.985	115.882	3.487	
2; sabit	-14.380	7.030		.049	-33.596	4.836		
Yağış	.001	.002	.101	.384	-.003	.006		
Alan	.009	.001	.861	.000	.006	.012		
Sıcaklık	.261	.372	.076	.487	-.756	1.279		
Yükselti	.005	.002	.256	.014	.000	.011		
DrenajYogn	.008	.013	.064	.528	-.027	.043		
3; sabit	-11.456	5.285		.037	-25.876	2.964		
Yağış	.001	.002	.085	.447	-.003	.006		
Alan	.009	.001	.858	.000	.006	.012		
Sıcaklık	.335	.351	.098	.347	-.623	1.293		
Yükselti	.005	.002	.230	.014	.000	.010		
4; sabit	-12.029	5.202		.027	-26.198	2.140		
Alan	.009	.001	.833	.000	.006	.012		
Sıcaklık	.464	.306	.135	.139	-.371	1.299		
Yükselti	.005	.002	.246	.007	.000	.010		
5; sabit	-7.732	4.437		.090	-19.798	4.334		
Alan	.009	.001	.794	.000	.006	.011		
Yükselti	.005	.002	.258	.005	.000	.010		

**Ek 2.** Doğu karadeniz havzası ölçülen akım logaritmik değerleri için çoklu ve lineer ilişkilendirmelere ait varyans analizi ve regresyon katsayıları aşağıda verilmiştir.

Ek Tablo 5. Logaritmik akım değerleri ve yeni denklemler için varyans analizi

Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
1; Regresyon	2.142	6	.357	13.689	.000
Kalan	.835	32	.026		
Toplam	2.977	38			
2; Regresyon	2.131	5	.426	16.632	.000
Kalan	.846	33	.026		
Toplam	2.977	38			
3; Regresyon	2.113	4	.528	20.795	.000
Kalan	.864	34	.025		
Toplam	2.977	38			
4; Regresyon	2.062	3	.687	26.298	.000
Kalan	.915	35	.026		
Toplam	2.977	38			

Ek Tablo 6. Logaritmik akım değerleri ve yeni denklemler için çoklu regresyon katsayıları

Model	B.katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır	VAF	Durbin W
1; sabit	-5.447	3.055		.084	-13.814	2.920		2.106
Yağış	.604	.206	.384	.006	.040	1.168	1.955	
Alan	.782	.107	1.090	.000	.488	1.076	2.560	
Sıcaklık	.527	.378	.182	.173	-.508	1.563	1.946	
Yükselti	.408	.626	.092	.519	-1.306	2.122	2.275	
Drenaj yoğ	.401	.386	.126	.307	-.657	1.459	1.671	
Ort .ak.eği	.229	.325	.126	.487	-.662	1.119	3.654	
2; sabit	-3.691	1.428		.014	-7.594	.212		
Yağış	.608	.204	.386	.005	.050	1.166		
Alan	.816	.093	1.137	.000	.562	1.070		
Sıcaklık	.497	.372	.172	.191	-.520	1.513		
Yükselti	.285	.340	.089	.408	-.644	1.215		
DrenajYogn	.358	.255	.197	.170	-.339	1.055		
3; sabit	-2.808	.961		.006	-5.431	-.186		
Yağış	.540	.187	.344	.007	.031	1.050		
Alan	.792	.088	1.104	.000	.552	1.032		
Sıcaklık	.567	.361	.196	.125	-.417	1.552		
Yükselti	.360	.254	.198	.165	-.333	1.053		
4; sabit	-3.698	.738		.000	-5.709	-1.687		
Alan	.615	.182	.391	.002	.120	1.110		
Sıcaklık	.762	.087	1.062	.000	.526	.998		
Yükselti	.840	.309	.290	.010	-.002	1.683		

**Ek 3.** Doğu karadeniz havzası ölçülen akım normal ve logaritmik değerler örnek ortalaması, varyans, şekil ve yer parametreleri için çoklu ilişkilendirmelere ait varyans analizi ve regresyon katsayıları aşağıda verilmiştir.



Ek Tablo 7.  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\eta$  ve  $\zeta$  parametreleri için çoklu regresyon varyans analizi

Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
$\mu$ ; Regresyon	1625.457	4	406.364	52.603	.000
Kalan	231.754	30	7.725		
Toplam	1857.211	34			
$\sigma$ ; Regresyon	1372.299	4	343.075		
Kalan	.000	0			
Toplam	1372.299	4			
$\eta$ ; Regresyon	1830.239	6	305.040	80.096	.000
Kalan	121.870	32	3.808		
Toplam	1952.109	38			
$\zeta$ ; Regresyon	2247.315	6	374.552	3579.728	.000
Kalan	3.348	32	.105		
Toplam	2250.663	38			

Ek Tablo 8.  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\mu$  ve  $\zeta$  parametreleri için çoklu regresyon katsayıları

Model	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır	VAF	D.W.
$\mu$ ; sabit	.769	.802		.346	-1.437	2.975		2.099
LOGNORMAL	1.165	4.542	1.131	.799	-11.325	13.654	4.678	
G.EKSTREM	.012	.020	.072	.561	-.043	.066	3.630	
LOJISTIK	-.147	1.208	-.119	.904	-3.469	3.174	2.282	
WEIBULL	-.124	4.314	-.124	.977	-11.989	11.741	4.515	
$\sigma$ ; sabit	2.077	.000			2.077	2.077		1.655
LOGNORMAL	-.338	.000	-.494	.000	-.338	-.338	8.382	
G.EKSTREM	-.007	.000	-.021	.000	-.007	-.007	1.883	
LOJISTIK	-.123	.000	-.185	.000	-.123	-.123	7.811	
WEIBULL	1.626	.000	1.646	.000	1.626	1.626	1.322	
$\eta$ ; sabit	1.828	1.723		.297	-2.891	6.547		1.868
LOGNORMAL	-3.613	1.377	-.339	.013	-7.384	.157	8.569	
GAMA	1.015	.978	.103	.307	-1.662	3.693	5.008	
G.EKSTREM	-.656	.142	-.366	.000	-1.043	-.268	3.206	
G.PARETO	4.039	3.508	.094	.258	-5.568	13.646	3.383	
LOJISTIK	-1.899	2.805	-1.528	.503	-9.581	5.783	2.610	
WEIBULL	2.942	2.192	3.071	.189	-3.060	8.944	2.684	
$\zeta$ ; sabit	9.365	2.902		.003	1.417	17.312		2.228
LOGNORMAL	-6.314	1.848	-.128	.002	-11.375	-1.253	3.034	
GAMA	.840	.251	.645	.002	.153	1.527	7.999	
G.EKSTREM	.354	.136	.093	.014	-.019	.727	2.781	
G.PARETO	.081	.088	.079	.361	-.159	.322	1.579	
LOJISTIK	.457	.512	.217	.379	-.945	1.859	1.271	
WEIBULL	-3.287	1.154	-.105	.008	-6.447	-.126	2.907	

**Ek 4.** Doğu karadeniz havzası ölçülen akım normal ve logaritmik değerler örnek ortalaması, varyans, şekil ve yer parametreleri için lineer ilişkilendirmelere ait varyans analizi ve regresyon katsayıları aşağıda verilmiştir.

Ek Tablo 9.  $\eta$ ,  $\sigma$ ,  $\mu$  ve  $\zeta$  parametreleri için lineer regresyon varyans analizi

Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
Lognormal; Regresyon	1713.309	1	1713.309	265.462	.000
Kalan	238.800	37	6.454		
Toplam	1952.109	38			
Gama; Regresyon	1716.854	1	1716.854	270.020	.000
Kalan	235.256	37	6.358		
Toplam	1952.109	38			
G.Ekstrem; Regresyon	747.794	1	747.794	22.243	.000
Kalan	1109.417	33	33.619		
Toplam	1857.211	34			
G. Pareto; Regresyon	1716.645	1	1716.645	269.747	.000
Kalan	235.464	37	6.364		
Toplam	1952.109	38			
G. Lojistik; Regresyon	1682.834	1	1682.834	231.736	.000
Kalan	261.427	36	7.262		
Toplam	1944.262	37			
Weibull; Regresyon	1715.300	1	1715.300	268.006	.000
Kalan	236.809	37	6.400		
Toplam	1952.109	38			
Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	P
Lognormal; Regresyon	896009.417	1	896009.417	13.509	.001
Kalan	2454051.085	37	66325.705		
Toplam	3350060.502	38			
Gama; Regresyon	3342897.883	1	3342897.883	17268.435	.000
Kalan	7162.619	37	193.584		
Toplam	3350060.502	38			
G.Ekstrem; Regresyon	502.044	1	502.044	1.731	.280
Kalan	870.255	3	290.085		
Toplam	1372.299	4			
G. Pareto; Regresyon	3183274.749	1	3183274.749	706.182	.000
Kalan	166785.753	37	4507.723		
Toplam	3350060.502	38			
G. Lojistik; Regresyon	3322168.826	1	3322168.826	4407.058	.000
Kalan	27891.676	37	753.829		
Toplam	3350060.502	38			
Weibull; Regresyon	3343081.916	1	3343081.916	17724.797	.000
Kalan	6978.587	37	188.610		
Toplam	3350060.502	38			
Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
Lognormal; Regression	1211.833	1	1211.833	60.569	.000
Kalan	740.276	37	20.007		
Toplam	1952.109	38			
Gama; Regression	3.736	1	3.736	.071	.791
Kalan	1948.373	37	52.659		
Toplam	1952.109	38			
G.Ekstrem; Regression	790.415	1	790.415	25.175	.000
Kalan	1161.694	37	31.397		
Toplam	1952.109	38			
G. Pareto; Regression	5.026	1	5.026	.096	.759
Kalan	1947.083	37	52.624		
Toplam	1952.109	38			
G. Lojistik; Regression	1690.506	1	1690.506	239.098	.000
Kalan	261.603	37	7.070		
Toplam	1952.109	38			

Ek Tablo 9'un devamı

Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
Weibull; Regression	1692.584	1	1692.584	241.308	.000
Kalan	259.526	37	7.014		
Toplam	1952.109	38			
Model	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
Lognormal; Regression	91.505	1	91.505	1.568	.218
Kalan	2159.158	37	58.356		
Toplam	2250.663	38			
Gama; Regression	2184.483	1	2184.483	1221.309	.000
Kalan	66.180	37	1.789		
Toplam	2250.663	38			
G.Ekstrem; Regression	1943.180	1	1943.180	233.826	.000
Kalan	307.483	37	8.310		
Toplam	2250.663	38			
G. Pareto; Regression	1497.071	1	1497.071	73.504	.000
Kalan	753.592	37	20.367		
Toplam	2250.663	38			
G. Lojistik; Regression	2235.858	1	2235.858	5587.857	.000
Kalan	14.805	37	.400		
Toplam	2250.663	38			
Weibull; Regression	89.947	1	89.947	1.540	.222
Kalan	2160.715	37	58.398		
Toplam	2250.663	38			

Ek Tablo 10.  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\eta$  ve  $\zeta$  parametreleri için lineer regresyon katsayıları

Model; $\mu$	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
Sabit	.588	.677		.391	-1.251	2.427
LOGNORMAL	.964	.059	.937	.000	.804	1.125
Sabit	.585	.672		.390	-1.240	2.409
GAMA	.938	.057	.938	.000	.783	1.093
Sabit	6.937	1.122		.000	3.870	10.004
G.EKSTREM	.103	.022	.635	.000	.043	.163
Sabit	.604	.671		.374	-1.219	2.427
G.PARETO	.936	.057	.938	.000	.781	1.091
Sabit	.546	.732		.461	-1.445	2.537
LOJISTIK	1.158	.076	.930	.000	.951	1.365
Sabit	.582	.675		.394	-1.250	2.413
WEIBULL	.934	.057	.937	.000	.779	1.089
Model; $\sigma$	B	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
Sabit	55.972	47.678		.248	-73.494	185.439
LOGNORMAL	.842	.229	.517	.001	.220	1.464
Sabit	-3.787	2.495		.138	-10.563	2.989
GAMA	1.518	.012	.999	.000	1.486	1.549
Sabit	42.992	10.741		.028	-19.748	105.732
G.EKSTREM	-.211	.161	-.605	.280	-1.150	.727
sabit	-4.478	12.115		.714	-37.375	28.418
G.PARETO	.865	.033	.975	.000	.777	.954
sabit	-7.014	4.950		.165	-20.454	6.426
LOJISTIK	1.396	.021	.996	.000	1.339	1.453
sabit	-4.653	2.466		.067	-11.349	2.043
WEIBULL	1.348	.010	.999	.000	1.320	1.375

Ek Tablo 10'un devamı

Model; $\eta$	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
sabit	-4.334	1.906		.029	-9.509	.841
LOGNORMAL	8.390	1.078	.788	.000	5.463	11.317
sabit	8.692	2.939		.005	.713	16.672
GAMA	.433	1.624	.044	.791	-3.978	4.844
sabit	4.562	1.319		.001	.981	8.143
G.EKSTREM	1.139	.227	.636	.000	.523	1.756
sabit	9.432	1.164		.000	6.273	12.592
G.PARETO	-2.191	7.089	-.051	.759	-21.442	17.060
sabit	.564	.713		.434	-1.373	2.501
LOJİSTİK	1.157	.075	.931	.000	.954	1.360
sabit	.591	.709		.409	-1.333	2.516
WEİBULL	.892	.057	.931	.000	.736	1.048
Model; $\zeta$	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
sabit	1.021	6.728		.880	-17.248	19.289
LOGNORMAL	9.922	7.923	.202	.218	-11.593	31.436
sabit	1.060	.319		.002	.195	1.926
GAMA	1.282	.037	.985	.000	1.183	1.382
sabit	-.155	.772		.842	-2.251	1.941
G.EKSTREM	3.523	.230	.929	.000	2.897	4.148
sabit	1.483	1.164		.210	-1.677	4.644
G.PARETO	.837	.098	.816	.000	.572	1.102
sabit	-.057	.161		.724	-.495	.380
LOJİSTİK	2.100	.028	.997	.000	2.024	2.176
sabit	16.823	6.181		.010	.041	33.606
WEİBULL	-6.276	5.057	-.200	.222	-20.008	7.456

**Ek 5.** Doğu karadeniz havzası ölçülen akım normal değerleri örnek ortalaması, standart sapma, örnek ortalama logaritması ve standart sapma logaritması için çoklu lineer ilişkilendirmelere ait varyans analizi ve regresyon katsayıları aşağıdaki tablolarda verilmiştir.

Ek Tablo 11.  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerleri için çoklu regresyon varyans analizi

Model	Kareler toplamı	SD	Kareler ortalaması	F	p.
$\mu$ ; Regresyon	10.356	6	1.726	11.005	.000
Kalan	5.019	32	.157		
Toplam	15.374	38			
$\log \mu$ ; Regresyon	1.259	6	.210	16.398	.000
Kalan	.410	32	.013		
Toplam	1.669	38			
$S_x$ ; Regresyon	.457	6	.076	4.900	.001
Kalan	.498	32	.016		
Toplam	.955	38			
$\log S_x$ ; Regresyon	.165	6	.028	6.559	.000 <sup>a</sup>
Kalan	.134	32	.004		
Toplam	.299	38			

Ek Tablo 12.  $\mu$ ,  $S_x$ ,  $\log \mu$  ve  $\log S_x$  değerleri için çoklu regresyon katsayıları

Model	B. katsayı	Std. Hata	Beta	P	Alt sınır	Üst sınır	VAF	D W
$\mu$ . sabit	.403	.854		.640	-1.935	2.740		1.574
Yağıs	.001	.000	.419	.007	.000	.001	2.060	
Alan	.001	.000	.716	.000	.000	.001	1.381	
Sıcaklık	-.027	.043	-.089	.537	-.146	.092	1.986	
Yükselti	.0001	.000	.255	.079	.000	.001	1.934	
Drenaj yağ	-.002	.001	-.138	.295	-.006	.002	1.653	
Ort .ak.eği	-3.510	6.528	-.101	.595	-21.388	14.368	3.487	
$\log \mu$ ; sabit	-1.896	2.141		.382	-7.758	3.966		1.836
yağıs	.752	.144	.638	.000	.357	1.147	1.955	
alan	.586	.075	1.091	.000	.380	.792	2.560	
sıcaklık	-.027	.265	-.012	.921	-.752	.699	1.946	
yükselti	-.202	.439	-.061	.648	-1.403	.998	2.275	
Drenaj yağ	-.232	.271	-.097	.397	-.974	.509	1.671	
Ort .ak.eği	.299	.228	.219	.199	-.325	.922	3.654	
$S_x$ ; sabit	1.137	.269		.000	.401	1.873		1.894
yağıs	.0001	.000	-.346	.068	.000	.000	2.060	
alan	3.985E-6	.000	.017	.911	.000	.000	1.381	
sıcaklık	-.015	.014	-.192	.294	-.052	.023	1.986	
yükselti	-1.590E-5	.000	-.034	.850	.000	.000	1.934	
Drenaj yağ	.0001	.000	.152	.362	.000	.002	1.653	
Ort .ak.eği	-1.980	2.056	-.229	.343	-7.610	3.650	3.487	
$\log S_x$ sabit	.254	1.225		.837	-3.102	3.609		1.816
yağıs	-.271	.083	-.544	.002	-.497	-.045	1.955	
alan	-.062	.043	-.271	.162	-.180	.056	2.560	
sıcaklık	-.218	.152	-.238	.160	-.634	.197	1.946	
yükselti	.096	.251	.068	.704	-.591	.784	2.275	
Drenaj yağ	.123	.155	.121	.434	-.302	.547	1.671	
Ort .ak.eği	-.175	.130	-.304	.189	-.532	.182	3.654	

Ek Tablo 13.  $\mu$ ,  $\log \mu$ ,  $S_x$ ,  $\log S_x$ 'in yeni denklemleri için çoklu regresyon varyans analizi

	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
2; $\mu$ Regresyon	10.310	5	2.062	13.437	.000
Kalan	5.064	33	.153		
Toplam	15.374	38			
3; $\mu$ Regresyon	10.160	4	2.540	16.562	.000
Kalan	5.214	34	.153		
Toplam	15.374	38			
2; $\log \mu$ Regresyon	1.259	5	.252	20.284	.000
Kalan	.410	33	.012		
Toplam	1.669	38			
3; $\log \mu$ Regresyon	1.257	4	.314	25.903	.000
Kalan	.412	34	.012		
Toplam	1.669	38			
4; $\log \mu$ Regresyon	1.249	3	.416	34.729	.000
Kalan	.420	35	.012		
Toplam	1.669	38			
5; $\log \mu$ Regresyon	1.224	2	.612	49.570	.000

Ek Tablo 13'ün devamı

	Kareler top.	S.D.	Kareler ort.	F	p
Kalan	.445	36	.012		
Toplam	1.669	38			
2; Sx Regresyon	.457	5	.091	6.058	.000
Kalan	.498	33	.015		
Toplam	.955	38			
3; Sx Regresyon	.457	4	.114	7.788	.000
Kalan	.498	34	.015		
Toplam	.955	38			
4; Sx Regresyon	.440	3	.147	9.949	.000
Kalan	.515	35	.015		
Toplam	.955	38			
5; Sx Regresyon	.422	2	.211	14.278	.000
Kalan	.533	36	.015		
Toplam	.955	38			
2; log Sx Regres.	.164	5	.033	8.050	.000
Kalan	.135	33	.004		
Toplam	.299	38			
3; log Sx Regres.	.162	4	.041	10.090	.000
Kalan	.137	34	.004		
Toplam	.299	38			
4; log Sx Regres.	.154	3	.051	12.446	.000
Kalan	.145	35	.004		
Toplam	.299	38			

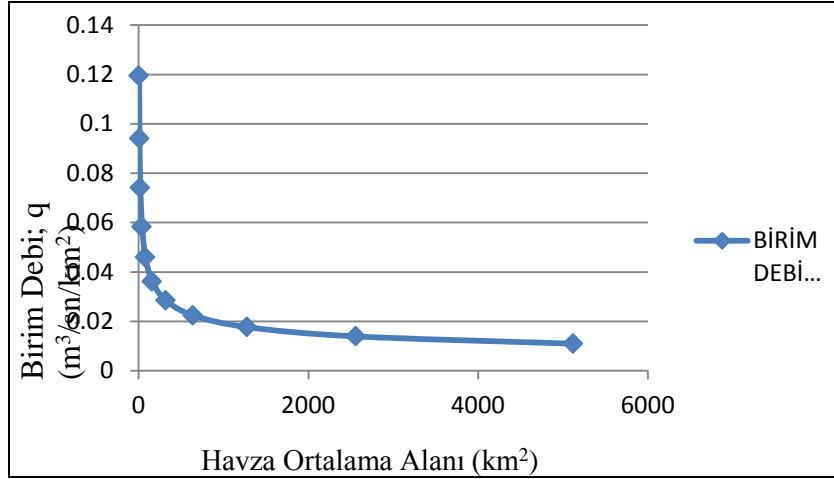
Ek Tablo 14.  $\mu$ ,  $\log \mu$ , Sx,  $\log Sx$ 'in yeni denklemleri için çoklu regresyon katsayıları

Model	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
$\mu$ ; (sabit)	.644	.719		.377	-1.321	2.608
yagıs	.0001	.000	.388	.006	.000	.001
alan	.001	.000	.737	.000	.000	.001
sıcaklık	-.038	.038	-.124	.330	-.142	.066
yükselti	.0001	.000	.211	.071	.000	.001
drenajYogn	-.002	.001	-.168	.158	-.005	.002
$\mu$ ; (sabit)	.508	.705		.476	-1.416	2.433
yagıs	.0001	.000	.321	.007	.000	.001
alan	.001	.000	.743	.000	.000	.001
sıcaklık	.0001	.000	.199	.085	.000	.001
yükselti	-.002	.001	-.203	.074	-.006	.001
$\log \mu$ ; (sabit)	-1.943	2.058		.352	-7.567	3.682
yagıs	.751	.142	.638	.000	.364	1.138
alan	.586	.074	1.090	.000	.383	.789
yükselti	-.197	.429	-.059	.649	-1.368	.974
drenajYogn	-.236	.264	-.099	.377	-.958	.485
Ort akr eğim	.287	.196	.211	.153	-.250	.825
$\log \mu$ ; (sabit)	-2.777	.956		.006	-5.385	-.169
yagıs	.750	.140	.636	.000	.368	1.132
alan	.569	.064	1.059	.000	.395	.743
drenajYogn	-.177	.228	-.074	.442	-.799	.445
Ort akr eğim	.230	.150	.169	.134	-.179	.640

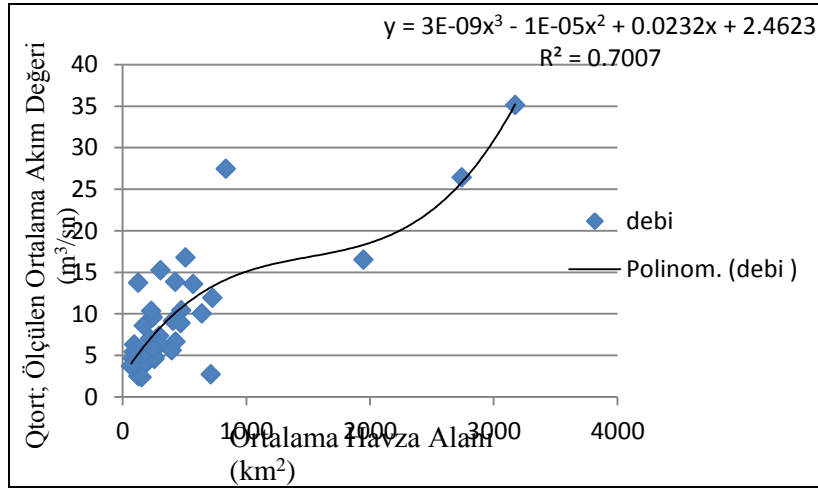
Ek Tablo 14'ün devamı

log $\mu$ ;(sabit)	-3.395	.527		.000	-4.831	-1.960
yagıs	.792	.128	.672	.000	.443	1.141
alan	.586	.060	1.090	.000	.423	.749
Ort akr eğim	.213	.147	.156	.158	-.189	.614
log $\mu$ ;(sabit)	-3.768	.466		.000	-5.036	-2.501
yagıs	.851	.123	.722	.000	.515	1.186
alan	.553	.056	1.030	.000	.400	.707
Sx; (sabit)	1.135	.264		.000	.413	1.857
yagıs	.0001	.000	-.350	.058	.000	.000
sıcaklık	-.014	.013	-.190	.289	-.051	.022
yükselti	-1.322E-5	.000	-.028	.867	.000	.000
drenajYogn	.0001	.000	.153	.347	.000	.002
Ort .ak.eği	-2.054	1.917	-.238	.292	-7.293	3.185
Sx; (sabit)	1.096	.124		.000	.758	1.434
yagıs	.0001	.000	-.343	.053	.000	.000
sıcaklık	-.014	.013	-.185	.288	-.049	.021
drenajYogn	.0001	.000	.168	.214	.000	.001
Ort .ak.eği	-2.228	1.590	-.258	.170	-6.566	2.109
Sx; (sabit)	1.031	.108		.000	.736	1.326
yagıs	.0001	.000	-.392	.024	.000	.000
drenajYogn	.0001	.000	.141	.289	.000	.001
Ort .ak.eği	-2.973	1.436	-.345	.046	-6.884	.938
Sx; (sabit)	1.127	.062		.000	.959	1.295
yagıs	.0001	.000	-.442	.009	.000	.000
Ort .ak.eği	-2.519	1.376	-.292	.075	-6.261	1.222
Log Sx; (sabit)	.668	.570		.250	-.891	2.226
yagıs	-.270	.081	-.542	.002	-.493	-.048
alan	-.054	.037	-.236	.158	-.155	.048
sıcaklık	-.226	.149	-.246	.138	-.631	.180
drenajYogn	.095	.136	.094	.487	-.276	.467
Ort akr eğim	-.144	.102	-.251	.166	-.423	.134
Log Sx;(sabit)	.963	.383		.017	-.081	2.007
yagıs	-.293	.074	-.587	.000	-.495	-.090
alan	-.062	.035	-.271	.086	-.157	.034
sıcaklık	-.202	.144	-.220	.169	-.594	.190
Ort akr eğim	-.144	.101	-.250	.164	-.420	.132
Log Sx;(sabit)	.639	.310		.047	-.205	1.482
yagıs	-.290	.075	-.582	.000	-.495	-.085
alan	-.055	.035	-.242	.126	-.151	.041
Ort akr eğim	-.220	.087	-.381	.016	-.456	.016
Log Sx;(sabit)	.432	.286		.139	-.345	1.209
yagıs	-.245	.071	-.491	.001	-.438	-.052
Ort akr eğim	-.169	.082	-.293	.046	-.392	.054

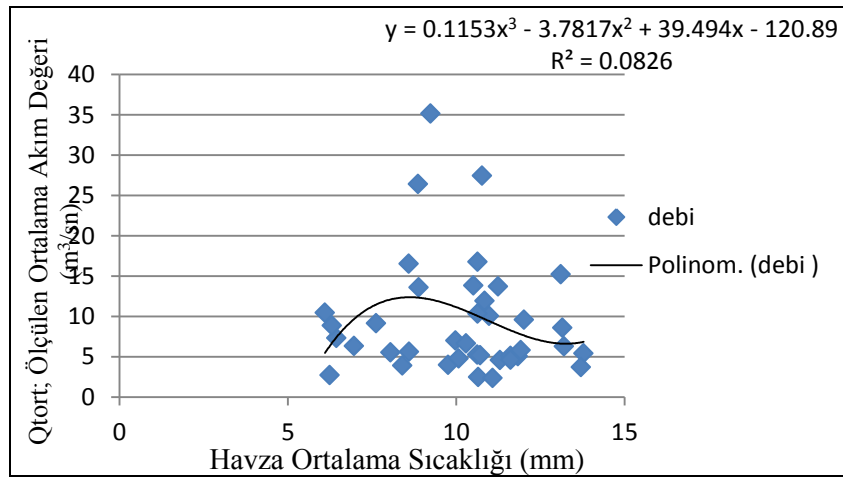
**Ek 6.** Doğu karadeniz havzası ölçülen akım normal değerleri ve bağımsız değişkenleri için, Alan - q (Birim Debi), Alan-Qort, Sıcaklık-Qort, Yağış-Qort ve Yükselti-Qort ilişkileri aşağıdaki şekillerde verilmiştir.



Ek Şekil 1. Doğu Karadeniz Havzasının Alan - q (Birim Debi) ilişkisi

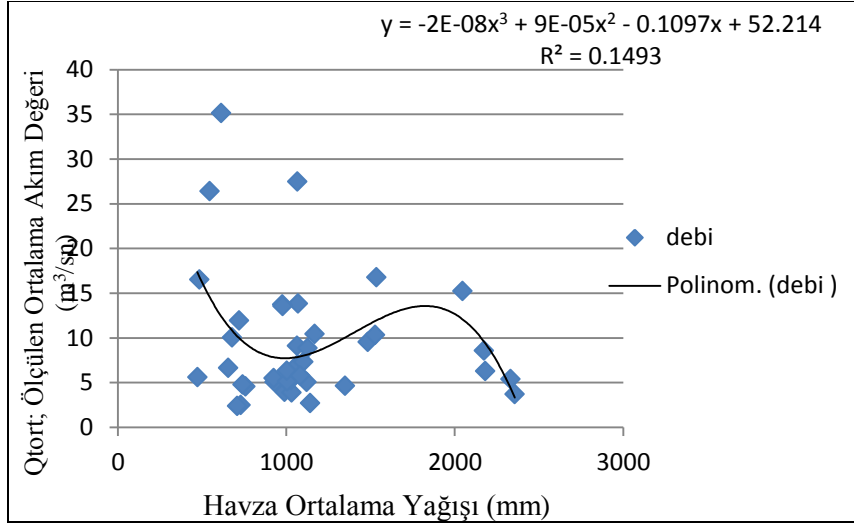


Ek Şekil 2. Doğu Karadeniz Havzası için Alan-Qort ilişkisi

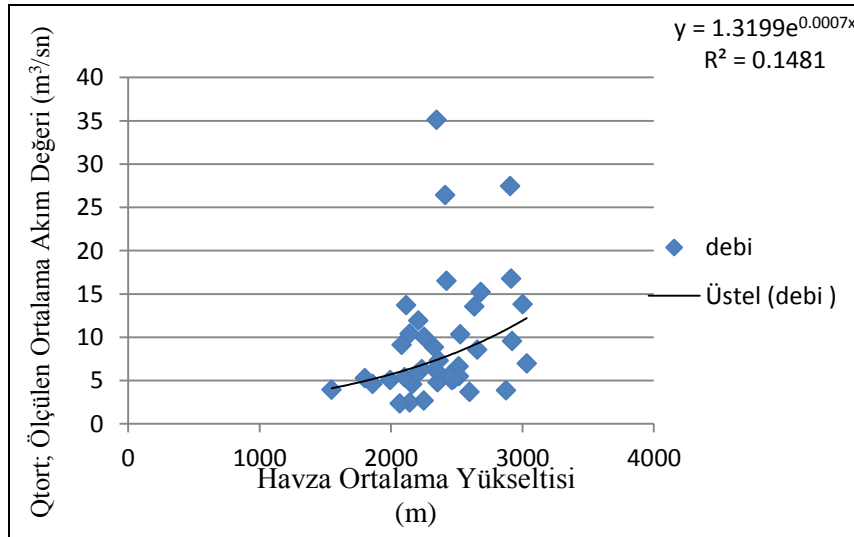


Ek Şekil 3. Doğu Karadeniz Havzası için Sıcaklık-Qort ilişkisi





Ek Şekil 4. Doğu Karadeniz Havzası için Yağış-Qort ilişkisi



Ek Şekil 5. Doğu Karadeniz Havzası için Yükselti-Qort ilişkisi

**Ek 7.** Doğu Karadeniz havzası 39 adet AGİ'ye ait günlük ortalama debinin literatürde yer alan ve L-Moment oranlarına göre tarif edilmiş altı adet toplam onaltı adet dağılım için  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\eta$  ve  $\zeta$  değerlerinin çoklu regresyona tabi tutulması ile elde edilen diğer istatistikler aşağıda verilmiştir. Bu dağılımlar; lognormal, weibull, gama, genelleştirilmiş ekstrem değer, genelleştirilmiş lojistik, genelleştirilmiş pareto, loglojistik, ekstrem değer, nakagami, t lokasyon, normal, riçyen, ekponansiyel, invers gausyen, birnbours ve raylek dağılımlarıdır.

Ek Tablo 15.  $\mu$ ,  $\sigma$ ,  $\eta$  ve  $\zeta$  değerleri için çoklu regresyon istatistikleri

Model	R	R <sup>2</sup>	Düzenlenmiş R <sup>2</sup>	Dağılımın standart hatası
$\mu$	.962	.925	.897	2.51100
$\zeta$	.947	.898	.845	2.82598
$\sigma$	.947	.896	.864	2.64003
$\eta$	.969	.939	.914	2.09730

Ek Tablo 16.  $\mu$  değerleri için çoklu varyans analizi

model	Karelerin toplamı	S.D.	Karelerin ortalaması	F	p
$\mu$ ; Regresyon	1243.677	6	207.280	32.875	.000
Kalan	100.882	16	6.305		
Toplam	1344.559	22			
$\sigma$ ; Regresyon	1749.986	9	194.443	27.898	.000
Kalan	202.123	29	6.970		
Toplam	1952.109	38			
$\eta$ ; Regresyon	1833.345	11	166.668	37.891	.00
Kalan	118.764	27	4.399		
Toplam	1952.109	38			
$\zeta$ ; Regresyon	1752.455	13	134.804	16.880	.000
Kalan	199.654	25	7.986		
Toplam	1952.109	38			

Ek Tablo17.  $\mu$  değerlerine göre çoklu regresyon katsayıları

Model	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
sabit	-.127	1.035		.904	-3.148	2.895
G.EKSTREM	.023	.024	.163	.345	-.046	.092
NORMAL	-4.473	6.245	-4.427	.484	-22.714	13.768
tLOKASYON	1.136	.915	.538	.232	-1.537	3.809
NAKAGAMI	3.780	4.551	4.238	.418	-9.511	17.072
EKSTREMDGR	.353	1.149	.236	.763	-3.002	3.708
LOGLOJISTIK	.319	1.791	.327	.861	-4.912	5.549

Doğu Karadeniz havzasına ait 39 adet AGİ'ye ait günlük ortalama debinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre tarif edilmiş altı adet, toplam onaltı adet dağılım için varyans ( $\sigma$ ) değerleri ve bu  $\sigma$  değerlerin çoklu regresyona tabi tutulması ile elde edilen diğer istatistikler aşağıda verilmiştir.

Ek Tablo 18.  $\sigma$  değerleri için çoklu regresyon katsayıları

Model	B. katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
sabit	5.045	.590		.000	3.417	6.672
LOGNORMAL	-.002	.010	-.050	.853	-.031	.027
G.PARETO	.027	.018	1.257	.154	-.024	.078
LOJISTIK	-.053	.105	-1.553	.620	-.342	.237
NORMAL	.014	.095	.569	.885	-.247	.274
EKSPNNSYL	.023	.020	.781	.265	-.033	.079
INVRSGAUSS	-.097	.063	-4.278	.134	-.272	.077
NAKAGAMI	.147	.120	4.753	.231	-.185	.479
BIRNBAURS	.000	.002	-.021	.795	-.005	.004
EKSTREMDGR	-.003	.006	-.584	.581	-.021	.014

Doğu Karadeniz havzasına ait 39 adet AGİ'ye ait günlük ortalama debinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre tarif edilmiş altı adet toplam onaltı adet dağılım için  $\eta$  parametre değerleri ve bu  $\eta$  değerlerin çoklu regresyona tabi tutulması ile elde edilen diğer istatistikler aşağıda verilmiştir.

Ek Tablo 19.  $\eta$  değerleri için çoklu regresyon katsayıları

Model	B.katsayı	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
sabit	3.978	2.203		.082	-2.125	10.080
LOGNORMAL	-4.195	2.556	-.394	.112	-11.279	2.888
GAMA	-.242	1.900	-.025	.899	-5.508	5.023
G.EKSTREM	-.644	.159	-.360	.000	-1.086	-.203
G.PARETO	1.861	4.947	.043	.710	-11.847	15.569
LOJISTIK	-1.230	2.909	-.989	.676	-9.289	6.829
tLOKASYON	.309	.743	.163	.681	-1.750	2.368
RAYLEK	.630	.832	.647	.456	-1.676	2.936
RICIAN	.090	.201	.022	.659	-.467	.647
NAKAGAMI	-.153	5.872	-.004	.979	-16.422	16.117
BIRNBAURS	2.507	1.998	1.805	.220	-3.028	8.043
LOGLOJISTIK	.259	1.342	.024	.848	-3.458	3.976

Doğu Karadeniz havzasına ait 39 adet AGİ'ye ait günlük ortalama debinin literatürde yeralan ve L-Moment oranlarına göre tarif edilmiş onaltı adet dağılım için  $\zeta$  parametre değerleri ve bu  $\zeta$  değerlerin çoklu regresyona tabi tutulması ile elde edilen diğer istatistikler aşağıda verilmiştir.

Ek Tablo 20.  $\zeta$  değerleri için çoklu regresyon katsayıları

Model	B	Std. Hata	Beta	p	Alt sınır	Üst sınır
sabit	-34.917	39.100		.380	-143.907	74.073
LOGNORMAL	21.460	97.548	.468	.828	-250.449	293.370
GAMA	-.554	2.674	-.457	.837	-8.008	6.899
G.EKSTREM	-3.117	2.148	-.883	.159	-9.104	2.870
G.PARETO	.664	.856	.694	.445	-1.722	3.049
LOJISTIK	1.857	5.525	.947	.740	-13.543	17.258
WEIBULL	14.599	13.984	.499	.306	-24.380	53.578
tLOKASYON	.410	1.267	.114	.749	-3.122	3.942
INVRSGAUSS	-.003	.043	-.007	.943	-.123	.117
RICIAN	-.016	.064	-.023	.807	-.195	.163
NAKAGAMI	.000	.003	-.035	.810	-.010	.008
BIRNBAURS	.273	71.867	.007	.997	-200.051	200.596
EKSTREMDGR	.385	.388	.622	.331	-.698	1.468
LOGLOJISTIK	.381	5.332	.007	.944	-14.481	15.242

## ÖZGEÇMİŞ

21.10.1978 tarihinde Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise eğitiminin Recep Handan İlkokulu, Behrampaşa Ortaokulu ve Sivas Lisesi'nde tamamladı. Lise eğitiminden sonra 1996 yılında Niğde Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünü kazandı ve 15.06.2000 tarihinde mezun oldu. 13.12.2000 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 09.09.2001 tarihinde Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve 28.09.2004 tarihinde mezun oldu. 01.07.2008 tarihinde KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı'nda doktora eğitimine başladı. Halen Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir. Evli ve bir kız çocuğu babasıdır.