

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

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI'NIN L-MOMENTLERE DAYALI TAŞKIN**  
**FREKANS ANALİZİNDE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI**

**DOKTORA TEZİ**

**İnş. Yük. Müh. Tuğçe ANILAN**

**EKİM 2014**  
**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI'NIN L-MOMENTLERE DAYALI TAŞKIN  
FREKANS ANALİZİNDE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI**

**İnş. Yük. Müh. Tuğçe ANILAN**

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

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 03.09.2014  
Tezin Savunma Tarihi : 20.10.2014**

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

**Trabzon 2014**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**Tuğçe ANILAN Tarafından Hazırlanan**

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI'NIN L-MOMENTLERE DAYALI TAŞKIN**  
**FREKANS ANALİZİNDE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI**

**başlıklı bu çalışma, enstitü yönetim kurulunun 09/09/2014 gün ve 1569 sayılı**  
**kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**DOKTORA TEZİ**  
**olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri:**

**Başkan : Prof. Dr. Ömer YÜKSEK** .....

**Üye : Prof. Dr. Basri ERTAŞ** .....

**Üye : Doç. Dr. Sezgin HACISALİHOĞLU** .....

**Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat KANKAL** .....

**Üye : Prof. Dr. İbrahim YÜKSEL** .....

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ**  
**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

“Doğu Karadeniz Havzası’nın L-Momentlere Dayalı Taşkın Frekans Analizinde Yapay Zeka Yöntemlerinin Uygulanması” başlıklı bu çalışma, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora tezi olarak hazırlanmıştır.

Doktora tezimin danışmanlığını üstlenerek bilimsel önerileri ile bana yol gösteren, insani ve ahlaki değerleri ile de örnek edindiğim, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum, değerli hocam Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’e, tecrübelerinden yararlanırken göstermiş olduğu ilgi, anlayış, hassasiyet ve hoşgörülerinden dolayı sayesinde emin adımlarla gittiğim bu yolda kendisine teşekkürlerimi sunarım. Doktora tez komitesi hocalarım Prof. Dr. Basri ERTAŞ ve Doç. Dr. Sezgin HACISALİHOĞLU’na; Yrd. Doç. Dr. Osman ÜÇÜNCÜ ve Öğr. Gör. Dr. Hülya BOĞUŞLU ÖZTÜRK’e tez süresince destekleri için teşekkür etmeyi borç bilirim. Değerli düşünceleri ile akademik hayatta ilerlememe ivme veren, zor görünen çalışmaların aslında en keyif verici olduklarını görmemi sağlayan Yrd. Doç. Dr. Murat KANKAL’a; akademik tecrübeleri ve içten samimiyetini benden esirgemeyen, bana her zaman güvenen ve destek olan abim olarak bildiğim Yrd. Doç. Dr. Adem BAYRAM’a; tez çalışmamda gerek bilimsel, gerekse teknik destek ve çok değerli arkadaşlıkları için Arş. Gör. Ergun UZLU, Arş. Gör. Uğur SATILMIŞ ve Arş. Gör. Sinan NACAR’a teşekkür ederim. Akademik hayatta ilk adımlarımı birlikte attığım, iyiliklerini hiç unutmayacağım değerli hocam Prof. Dr. Mehmet BERKÜN’e; desteklerine minnettar olduğum değerli hocam Prof. Dr. Salih TERZİOĞLU, Prof. Dr. Metin HÜSEM, merhum Doç. Dr. Murat İhsan KÖMÜRCÜ, Yrd. Doç. Dr. Fatih SAKA ve Yrd. Doç. Dr. Osman Emre YILDIZ’a; çok değerli dostluğu ve destekleri için Yrd. Doç. Dr. Uğur SERENCAM’a teşekkürlerimi sunarım. Kişiliği ve inceliği ile kendisini tanımaktan onur duyduğum İnşaat Mühendisleri Odası Trabzon Şubesi Başkanı Mustafa YAYLALI’ya ve birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum yönetim kurulu üyelerine tez süresince gösterdikleri ilgi ve destek için teşekkür ederim. Her zaman örnek aldığım çok değerli ablam Doç. Dr. Müge KOŞUCU ve eniştem Prof. Dr. Polat KOŞUCU’ya; hayatıma anlam katan biricik yeğenim Miray Bengisu KOŞUCU’ya; hayatım boyunca maddi manevi desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen, her zaman bana güvenen ve benimle gurur duyan sevgili annem Melekper KOÇ ve babam Şahin KOÇ’a; sonsuz anlayışı, ilgisi ve tez çalışmamda verdiği teknik desteği için eşim İnş. Müh. Çağdaş ANILAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Tuğçe ANILAN  
Trabzon 2014

## **TEZ BEYANNAMESİ**

Doktora Tezi olarak sunduğum ‘‘Doğu Karadeniz Havzası’nın L-Momentlere Dayalı Taşkın Frekans Analizinde Yapay Zeka Yöntemlerinin Uygulanması’’ başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Ömer YÜKSEK’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 03/09/2014

Tuğçe ANILAN

## İÇİNDEKİLER

	<b><u>Sayfa No</u></b>
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
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	2
1.3. Literatür Çalışması .....	3
1.4. Taşkın Frekans Analizi .....	12
1.5. Taşkın Frekans Analizinde Parametre Tahmin Yöntemleri.....	13
1.5.1. Momentler Yöntemi .....	13
1.5.2. Maksimum Olabilirlik Yöntemi.....	14
1.5.3. Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi .....	14
1.5.4. L-Momentler Yöntemi .....	16
1.6. Bölgesel Frekans Analizinde L-Momentlerin Kullanımı.....	18
1.6.1. Homojenlik Analizi.....	18
1.6.1.1. Uyumsuzluk Ölçüsü.....	18
1.6.1.2. Heterojenlik Ölçüsü .....	20
1.6.2. Uygun Dağılımın Seçimi .....	22
1.6.2.1. Ekstrem Değer Tip I Dağılımı (EV1) (Gumbel Dağılımı).....	22
1.6.2.2. Log Normal Dağılım (LN).....	23
1.6.2.3. Genelleştirilmiş Ekstrem Değer Dağılımı (GEV).....	23
1.6.2.4. Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım (GLO).....	24
1.6.2.5. Log Pearson III Dağılımı (LPE3).....	25

1.6.3.	Uygunluk Testleri .....	25
1.6.3.1.	Ki-Kare Testi.....	26
1.6.3.2.	Olasılık Çizgileri Korelasyon Testi (OÇK) .....	26
1.6.3.3.	L-Moment İstatistiklerine Dayalı Uygunluk Ölçüsü Testi .....	27
1.6.4.	Taşkın Debilerinin Tahmini .....	28
1.6.5.	Tahmin Edilen Değerlerin Doğruluğunun Belirlenmesi .....	29
1.6.6.	L-Momentlerin Kullanımı İçin Bilgisayar Programı .....	31
1.7.	Regresyon Analizi.....	32
1.8.	Yapay Arı Kolonisi Algoritması (YAK).....	32
1.8.1.	Yapay Arı Kolonisi Algoritmasının Çalışması .....	33
1.8.2.	Görevli Arıların Yiyecek Kaynağı Bölgelerine Gönderilmesi .....	34
1.8.3.	Gözcü Arıların Yiyecek Kaynağı Bölgesi Seçmeleri .....	35
1.8.4.	Kaşif Arıların Yeni Kaynakları Keşfi .....	36
1.9.	Öğretme Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (ÖÖTO) .....	37
1.9.1.	Öğretme Öğrenme Tabanlı Optimizasyonun Çalışması .....	37
1.9.2.	Bir Sınıfı Başlatmak.....	38
1.9.3.	Öğretme Safhası .....	39
1.9.4.	Öğrenme Safhası .....	39
1.9.5.	Sonlandırma .....	40
1.10.	Yapay Sinir Ağları (YSA).....	40
1.10.1.	Yapay Sinir Ağının Yapısı.....	41
1.10.2.	Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) Model Yapısı .....	41
1.10.3.	ÇKA Ağının Öğrenme Yapısı.....	42
1.10.4.	ÇKA Ağının Çalışma Adımları.....	44
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR .....	46
2.1.	Çalışma Alanının Tanıtımı.....	46
2.2.	Çalışmada Kullanılan Veriler.....	48
2.2.1.	Debi Verileri .....	48
2.2.2.	Havzanın Topoğrafik ve Meteorolojik Özelliklerine Ait Veriler .....	51
2.3.	Taşkın Frekans Analizi İçin Kullanılan Yöntemler .....	54
2.3.1.	L-Momentler Yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzası'nın Taşkın Frekans Analizi.....	54

2.3.2.	Regresyon Analizi, Yapay Arı Kolonisi Algoritması ve Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon Yöntemleri ile Doğu Karadeniz Havzası'nın Taşkın Frekans Analizi .....	56
2.3.3.	Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzası'nın Taşkın Frekans Analizi .....	60
3.	BULGULAR VE İRDELEME .....	64
3.1.	Taşkın Frekans Analizinde L-Momentlerin Kullanımı.....	64
3.1.1.	Olasılık Ağırlıklı Momentler, L-Momentler, L-Moment Oranları Hesapları ve Homojenlik Analizi .....	64
3.1.2.	Uygun Dağılımların Belirlenmesi .....	67
3.1.2.1.	Her Bir İstasyon İçin Uygun Dağılımların Belirlenmesi .....	70
3.1.2.2.	Bölge İçin Tek Bir Dağılımın Belirlenmesi .....	73
3.1.3.	Taşkın Debilerinin Tahmini .....	73
3.1.3.1.	Her Bir İstasyon İçin Uygun Olan Dağılıma Göre Taşkın Debilerinin Tahmini .....	73
3.1.3.2.	Bölge İçin Tek Bir Dağılım Kabulüne Göre Taşkın Debilerinin Tahmini .....	74
3.2.	Taşkın Frekans Analizinde Regresyon Analizi, Yapay Arı Kolonisi Algoritması ve Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyonun Kullanılması .....	83
3.2.1.	Bağımsız Değişkenlere Ait Hesaplar ve Regresyon Analizi.....	83
3.2.2.	YAK ve ÖÖTO ile Elde Edilen Denklemler .....	94
3.3.	Taşkın Frekans Analizinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı.....	103
3.3.1.	Regresyon Analizi.....	103
3.3.2.	Yapay Sinir Ağlarının Farklı Veri Setlerine Uygulanması ve Regresyon Analizi ile Karşılaştırılması .....	104
3.3.2.1.	Birinci Veri Seti .....	105
3.3.2.2.	İkinci Veri Seti .....	106
3.3.2.3.	Üçüncü Veri Seti .....	108
3.3.3.	En İyi YSA Modeli .....	110
4.	SONUÇLAR .....	111
5.	ÖNERİLER.....	113
6.	KAYNAKLAR .....	114
7.	EKLER.....	122
ÖZGEÇMİŞ		



Doktora Tezi

ÖZET

“DOĞU KARADENİZ HAVZASI’NIN L-MOMENTLERE DAYALI TAŞKIN FREKANS ANALİZİNDE YAPAY ZEKA YÖNTEMLERİNİN UYGULANMASI”

Tuğçe ANILAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı  
Danışman: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK  
2014, 121 Sayfa, 17 Sayfa Ek

Bu çalışmada, Türkiye'nin Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan 33 akım gözlem istasyonuna ait yıllık maksimum debilere taşkın frekans analizi uygulanmıştır. Bölgenin homojenliği, L-momentler yöntemine dayalı uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) ve heterojenlik ölçüsü ( $H_i$ ) ile kontrol edilmiştir. Elde edilen homojen bölgeye, ekstrem-değer tip I, genelleştirilmiş-ekstrem değer, log normal, log Pearson tip III ve genelleştirilmiş lojistik dağılımlarının uygunluğu sınanmıştır. Uygun dağılımların belirlenmesi için Ki-kare ve olasılık çizgileri korelasyon testleri kullanılmıştır. Her bir istasyona uygun olan dağılımlara göre  $T= 5, 10, 25, 50, 100$  ve  $500$  yıl tekerrürlü taşkın debileri hesaplanmıştır. Bölgede ölçümü olmayan yerlerde taşkın debisi tahmini için lineer olmayan regresyon modeli geliştirilmiştir. Regresyon modelinde, bağımsız değişkenler olarak drenaj alanı, eğim, kot, drenaj yoğunluğu, yıllık ortalama yağış ve yağış şiddeti değerleri kullanılmıştır. Regresyon analizinin performansını değerlendirmek için, ortalama rölatif hata, ortalama mutlak hata ve ortalama karesel hatanın karekökü değerleri hesaplanmıştır. Yapay arı kolonisi (YAK) ve öğretim-öğrenme tabanlı optimizasyon (ÖÖTO) modelleri geliştirilerek elde edilen sonuçlar regresyon analizi ile karşılaştırılmıştır. Analizler, YAK ve ÖÖTO ile oluşturulan modellerin regresyon modeline göre daha iyi olduğunu göstermiştir. Hata değerleri dikkate alındığında, ÖÖTO'nun YAK'a göre farklı bağımsız değişken durumlarında taşkın debisi tahmininde daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Çalışmada ayrıca, drenaj alanı, eğim, kot, drenaj yoğunluğu, yıllık ortalama yağış ve tekerrür periyotları kullanılarak yapay sinir ağı (YSA) ve çoklu doğrusal olmayan regresyon analizi (RA) ile modeller geliştirilmiştir. Maksimum debiyi tahmin etmede, YSA'nın RA'ya göre daha güvenilir tahminler verdiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Taşkın Frekans Analizi, L-Momentler, Yapay Arı Kolonisi Algoritması, Öğretim-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon, Yapay Sinir Ağları

PhD. Thesis

SUMMARY

“APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS TO L-MOMENTS BASED  
REGIONAL FREQUENCY ANALYSIS IN THE EASTERN BLACK SEA BASIN ”

Karadeniz Technical University  
The Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Civil Engineering Graduate Program  
Supervisor: Prof. Dr. Ömer YÜKSEK  
2014, 121 Pages, 17 Pages Appendix

In this study, a regional flood frequency analysis (RFFA) is applied to annual maximum discharges of 33 gauging stations in the Eastern Black Sea Basin, Turkey. Homogeneity of the region is determined by discordancy ( $D_i$ ) and heterogeneity measures ( $H_i$ ) based on L-moments. Extreme-value type I, generalized extreme-value, lognormal, log Pearson type III, and generalized logistic distributions are fitted to the flood data of the homogeneous region. Chi square and probability plot correlation tests are used for the determination of best fit distributions for each station. Based on the appreciate distributions for each site, flood quantiles are estimated for the return periods of  $T=5, 10, 25, 50, 100,$  and  $500$  years. A non-linear regression model is developed for the estimation of design floods for ungauged catchments in the region. Drainage area, main stream slope, elevation, stream density, mean annual rainfall, and rainfall intensities are used as independent variables in the regression model. Mean relative error, root mean square error, and mean absolute error values are applied to the model in order to evaluate the performance of regression analysis. Artificial bee colony algorithm (ABC) and teaching-learning based optimization (TLBO) models are developed to compare the results with regression analysis. The analysis has concluded that TLBO and ABC show a reasonable performance and they are superior to the regression analysis. Finally, error values indicate that TLBO method yields better results than ABC for estimation of flood quantiles for different independent variables. Furthermore; artificial neural networks (ANN) and multiple non linear regression analysis (RA) models are developed using drainage area, main stream slope, elevation, stream density, mean annual rainfall and return periods. ANN is found to give more reliable results than RA for forecasting the maximum possible discharges.

**Key Words:** Flood Frequency Analysis, L-Moments, Artificial Bee Colony Algorithm, Teaching-Learning Based Optimization, Artificial Neural Networks

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Uyumsuzluk için tanım grafiği .....	19
Şekil 1.2. ÇKA modeli.....	41
Şekil 2.1. Doğu Karadeniz Havzası .....	47
Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan AGİ'ler.....	49
Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve Thiessen çokgenleri.....	52
Şekil 3.1. İstasyonların uyumsuzluk ölçüsüne göre dağılımı .....	67
Şekil 3.2. Doğu Karadeniz Havzası %90 güvenilirlik aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği .....	83
Şekil 3.3. Q <sub>5</sub> için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller.....	97
Şekil 3.4. Q <sub>10</sub> için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller .....	97
Şekil 3.5. Q <sub>25</sub> için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller.....	98
Şekil 3.6. Q <sub>50</sub> için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller .....	98
Şekil 3.7. Q <sub>100</sub> için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller .....	99
Şekil 3.8. Q <sub>500</sub> için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller .....	99
Şekil 3.9. Q <sub>5</sub> için en iyi model .....	100
Şekil 3.10. Q <sub>10</sub> için en iyi model.....	101
Şekil 3.11. Q <sub>25</sub> için en iyi model .....	101
Şekil 3.12. Q <sub>50</sub> için en iyi model.....	102
Şekil 3.13. Q <sub>100</sub> için en iyi model .....	102
Şekil 3.14. Q <sub>500</sub> için en iyi model .....	103
Şekil 3.15. Test aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenmiş debilerin karşılaştırılması.....	105
Şekil 3.16. Doğrulama aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenmiş debilerin karşılaştırılması.....	106
Şekil 3.17. Test aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenmiş debilerin karşılaştırılması.....	107
Şekil 3.18. Doğrulama aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenmiş debilerin karşılaştırılması.....	108
Şekil 3.19. Test aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenmiş debilerin karşılaştırılması.....	109
Şekil 3.20. Doğrulama aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenmiş debilerin karşılaştırılması.....	109

## TABLolar DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1.1.	Uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) için kritik değerler .....	20
Tablo 2.1.	Çalışmada kullanılan AGİ'lere ait bilgiler .....	50
Tablo 2.2.	Önceki çalışmalarda kullanılan bağımsız değişkenler.....	51
Tablo 2.3.	Meteoroloji istasyonlarına ait genel bilgiler .....	52
Tablo 2.4.	Bağımsız değişkenlerin farklı kombinasyonlarından oluşan modeller.....	58
Tablo 2.5.	Kontrol parametre değerleri.....	59
Tablo 2.6.	Yakınsaklık değerleri.....	60
Tablo 2.7.	Birinci veri seti için eğitim, test ve doğrulama takımlarında kullanılan verilere ait bilgiler .....	61
Tablo 2.8.	İkinci veri seti için eğitim, test ve doğrulama takımlarında kullanılan verilere ait bilgiler.....	61
Tablo 2.9.	Üçüncü veri seti için eğitim, test ve doğrulama takımlarında kullanılan verilere ait bilgiler.....	62
Tablo 2.10.	Farklı YSA modelleri için kullanılan değişkenler .....	63
Tablo 3.1.	İstasyonların olasılık ağırlık momentleri ve L-momentleri .....	65
Tablo 3.2.	İstasyonların L-moment oraları ve $D_i$ değerleri.....	66
Tablo 3.3.	Havzanın heterojenlik ölçüsü .....	67
Tablo 3.4.	İstasyonların farklı dağılımlara ait parametrelerinin L-momentler ile hesabı .....	68
Tablo 3.5.	İstasyonların farklı dağılımlara ait parametrelerinin Easy Fit ile hesabı .....	69
Tablo 3.6.	İstasyonların 5 farklı dağılım için elde edilen $X^2$ değerleri .....	71
Tablo 3.7.	İstasyonların 5 farklı dağılım için elde edilen $r_h$ değerleri ve seçilen uygun dağılımlar .....	72
Tablo 3.8.	Doğu Karadeniz Havzası Uygunluk Ölçüsü Değerleri.....	73
Tablo 3.9.	İstasyonların T= 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli taşkın debileri .....	74
Tablo 3.10.	LN dağılıma göre bölgesel parametreler ve çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel karakteristik değerler .....	75
Tablo 3.11.	LN dağılıma göre istasyonlar için çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel karakteristik değerler .....	76
Tablo 3.12.	İstasyonların T= 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli taşkın debileri .....	77

Tablo 3.13. Doğu Karadeniz Havzası, LN dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre her bir istasyondaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri.....	78
Tablo 3.14. Doğu Karadeniz Havzası, LN dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri.....	82
Tablo 3.15. Doğu Karadeniz Havzası, LN dağılımı için çeşitli yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri .....	82
Tablo 3.16. Meteoroloji istasyonlarına ait uygun dağılımlar ve yağış şiddetleri.....	84
Tablo 3.17. Çalışmada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler.....	85
Tablo 3.18. Bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait istatistiksel bilgiler .....	87
Tablo 3.19. Farklı regresyon fonksiyonlarına uygulanan regresyon analizinden elde edilen $R^2$ değerleri .....	90
Tablo 3.20. Lineer, üs ve eksponansiyel fonksiyonlarına ait ORH hata değerleri .....	91
Tablo 3.21. Lineer, üs ve eksponansiyel fonksiyonlarına ait OMH hata değerleri.....	92
Tablo 3.22. Lineer, üs ve eksponansiyel fonksiyonlarına ait OKHK hata değerleri .....	93
Tablo 3.23. YAK'dan elde edilen katsayılar.....	94
Tablo 3.24. ÖÖTO'dan elde edilen katsayılar .....	95
Tablo 3.25. YAK ve ÖÖTO algoritmalarından elde edilen hata değerleri .....	96
Tablo 3.26. Farklı $Q_T$ değerleri için YAK ve ÖÖTO en iyi fonksiyonlar.....	97
Tablo 3.27. $Q_5$ , $Q_{10}$ , $Q_{25}$ , $Q_{50}$ , $Q_{100}$ ve $Q_{500}$ için elde edilen en iyi denklemler .....	100
Tablo 3.28. Üç farklı veri seti için fonksiyonlara ait $R^2$ değerleri.....	104
Tablo 3.29. Test ve doğrulama aşamalarının RA ve YSA modellemelerinden elde edilen hata değerleri .....	105
Tablo 3.30. Test ve doğrulama aşamalarının RA ve YSA modellerinden elde edilen hata değerleri .....	107
Tablo 3.31. Test ve doğrulama aşamalarının RA ve YSA modellerinden elde edilen hata değerleri .....	108

## SEMBOLLER DİZİNİ

A	: Drenaj alanı
AGİ	: Akım gözlem istasyonu
$D_i$	: Uyumsuzluk ölçüsü
DSİ	: Devlet Su İşleri
DMİ	: Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
EV1	: Ekstrem-değer tip I
$f(x)$	: Olasılık yoğunluk fonksiyonu
$F(x)$	: Kümülatif dağılım fonksiyonu
$F_i$	: Beklenen (teorik) değerler
GLO	: Genelleştirilmiş lojistik
GEV	: Genelleştirilmiş-ekstrem değer
$H_i$	: Heterojenlik ölçüsü
$L_{Cv}$	: Varyasyon katsayısı
$L_{kurt}$	: Basıklık katsayısı
$L_{skew}$	: Çarpıklık katsayısı
LN	: Lognormal
LPE3	: Log Pearson tip III
N	: Gözlem sayısı
OÇK	: Olasılılık çizgileri korelasyon testi
OMH	: Ortalama mutlak hata
OKHK	: Ortalama karesel hatanın karekökü
ORH	: Ortalama rölatif hata
$O_i$	: Gözlenen değerler
ÖÖTO	: Öğretme-öğrenme tabanlı optimizasyon
Q	: Ölçülmüş olan debi değeri
$Q_T$	: T yıl tekerrürlü taşkın debisi
$R^2$	: Determinasyon katsayısı
$t_c$	: Konsantrasyon süresi
$W_0$	: Çoklu regresyon denkleminin sabit değeri

$W_1, W_2, \dots, W_n$	: Çoklu regresyon denklemleri değişkenlerinin katsayıları
YAK	: Yapay arı kolonisi
YSA	: Yapay sinir ağları
$Y_d$	: Drenaj yoğunluğu
$x(F)$	: Tekerrür fonksiyonu
$\chi^2$	: Ki-kare değerleri
$\alpha$	: Ölçek parametresi
$\xi$	: Yer parametresi
k	: Şekil parametresi

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş

Taşkın; bir yataktaki mevcut su miktarının, havzaya normalden fazla düşen yağmur ve/veya kar erimesinden dolayı hızla artması ile yatak çevresinde yaşayan canlılara, arazilere, mal ve mülke zarar vermesi olayıdır. Bir yatakta debi normalinden fazla artarsa su artık nehir yatağına sığmayacak ve yandaki arazilere taşacaktır. Bu alanlarda bulunan mevcut yapılar sular altında kalacak ve önemli ölçüde can ve mal kaybına neden olacaktır.

Doğal olaylar, jeomorfolojik durumlar, insanların uyguladığı politikalar ve bu etkenlerin kendi aralarındaki etkileşimleri sonucu meydana gelen taşkın felaketleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki insanların hayatlarını olumsuz olarak etkilemektedir. Taşkınlar doğal afetler olsa da; meydana geldikleri havza alanları, insanların yaşadığı sosyal, ekonomik ve politik çevre tarafından etkilenmektedir (Yüksek ve Üçüncü, 2003; Altınkaynak, 2008). Özellikle akarsu havzası içerisinde yapılan konutlar, yeni yol açmak için tahrip edilen bitki örtüsü, tarım alanlarına dönüştürülen araziler ve uygunsuz açılan tesisler nedeniyle taşkınlar daha büyük ve sık olarak görülmektedir (Serencam vd., 2011).

Taşkın afetinin etkileri, yerleşim alanlarındaki teknik ve ekonomik gelişmişliğe, toprağa yapılan basınca ve nüfus yoğunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Bu sebeple, özellikle taşkın olması muhtemel sahalardaki taşkın riskini azaltmak için, etkin taşkın planlama ve yönetim stratejisine ihtiyaç duyulmaktadır (Serencam, 2013).

Dünyanın pek çok yerinde olduğu gibi, ülkemizde de taşkınlar çok önemli zararlara yol açmaktadır. Geçmişten bugüne yaşanan taşkınlar pek çok insanın ölümüne, yaralanmasına ve çeşitli şekillerde sağlığının bozulmasına neden olmaktadır. Her yıl milyonlarca TL taşkınlardan kaynaklanan zararın azaltılmasına ve yaraların kapatılmasına harcanmaktadır (Yüksek vd. a, 2013).

Çalışma alanının yer aldığı Doğu Karadeniz Havzası topoğrafik yapısı nedeniyle taşkınlara sık sık maruz kalmaktadır. Oluşan taşkınlarda, yerleşimlerin genellikle taşkın alanlarında bulunmasından ötürü birçok can kaybı, yaralanma ve maddi zararlar oluşmaktadır. Doğu Karadeniz Havzası'nda yaşanan bu taşkınların gerek ekonomik, gerek can kaybı açısından boyutu, fiziki ve iklimsel koşulları nedeniyle Türkiye'deki diğer havzalardan daha fazladır (Yüksek vd. b, 2013).



## 1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası'ndaki 33 akım gözlem istasyonuna (AGİ) ait yıllık maksimum debilere bölgesel taşkın frekans analizi uygulanmıştır. Bölgenin homojenliği L-momentlerle elde edilen uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) ve heterojenlik ölçüsü ( $H_i$ ) ile test edilmiştir. Elde edilen homojen bölgede, ekstrem-değer tip I (EV1), lognormal (LN), genelleştirilmiş-ekstrem değer (GEV), genelleştirilmiş lojistik (GLO) ve log Pearson tip III (LPE3) dağılımları test edilmiş ve her bir istasyon için uygun dağılımlar Ki-kare ve olasılılık çizgileri korelasyon testleri (OÇK) ile belirlenmiştir. Belirlenen bu dağılımlara göre her bir istasyona ait T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yinelemeli (tekerrürlü) taşkın debileri tahmin edilmiştir. Havza karakteristiklerinin, her bir istasyonun 6 farklı tekerrürdeki debi değerleri ile ilişkisini belirlemek ve ölçümü olmayan noktalarda debi tahmini amacıyla, bağımlı değişken olan çeşitli yinelemeli taşkın debileri ile bağımsız değişkenler arasında regresyon analizi yapılmıştır. Bağımsız değişkenler olarak; havza alan, eğim, kot, drenaj yoğunluğu, yıllık ortalama yağış ve T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli yağış şiddetleri seçilmiş ve bu 6 değişken için 16 model geliştirilmiştir. Doğrusal, üs, eksponansiyel, logaritmik, ters ve S fonksiyonu olmak üzere 6 fonksiyon için 16 modele regresyon analizi uygulanmıştır. Analizler sonucu elde edilen en iyi determinasyon (belirleme) katsayısı ( $R^2$ ) değerlerini veren 3 fonksiyon seçilmiş ve bu fonksiyonlara ait modellerin ortalama rölatif hata (ORH), ortalama mutlak hata (OMH), ortalama karesel hatanın karekökü (OKHK) değerleri hesaplanmıştır. Hata değerlerine göre en iyi sonuç veren 16. modele yapay arı koloni algoritması (YAK) ve öğretme-öğrenme tabanlı algoritma (ÖÖTO) teknikleri uygulanmış ve aynı şekilde bu teknikler için de hata değerleri hesaplanmıştır. Değerler karşılaştırıldığında, YAK ve ÖÖTO'nun regresyon analizine göre daha iyi sonuç verdiği, ÖÖTO'nun da YAK'a göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. En iyi model için T= 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli taşkın debisi regresyon denklemleri çıkarılmıştır. Çalışmada ayrıca, L-moment hesapları ile belirlenen tekerrür periyotlarına (T) göre taşkın debisi tahmini için, yapay sinir ağı (YSA) ve çoklu regresyon analizi (RA) ile modeller geliştirilmiştir. Bu amaçla, havza alanı, eğim, kot, drenaj yoğunluğu, yıllık ortalama yağış ve T değerleri bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Gelecekte gelebilecek maksimum debiyi tahmin etmede kullanılabilecek model için YSA'nın RA'ya göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm olan genel bilgilerde, tezin konusu ve kapsamı hakkında bilgi verildikten sonra taşkın frekans analizi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Taşkın frekans analizinin önemi ve analiz için kullanılan metotlar literatürde yapılan çalışmalar doğrultusunda açıklanmıştır. Ayrıca, çalışmada kullanılan yöntemler hakkında bilgiler de birinci bölümde verilmiştir.

İkinci bölüm olan yapılan çalışmalarda, çalışma alanı olan Doğu Karadeniz Havzası tanıtılmıştır. Ayrıca, çalışmada kullanılan AGİ'lere ait debi değerleri ile havzanın topoğrafik, hidrolojik ve meteorolojik verileri hakkında bilgiler verilmiş; modellerde kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler açıklanmış, verilerin analiz yöntemlerinden bahsedilmiştir.

Bulgular ve irdelemeyi içeren üçüncü bölümde, L-momentlere dayalı homojenlik testi sonuçları, istasyonlara ait uygun dağımlar ve tahmin edilen debi değerleri sunulmuştur. Regresyon analizinde kullanılan bağımsız değişkenler ve hesaplanan hata değerleri de bu bölümde verilmiş olup YAK, ÖÖTO ve YSA metotlarından elde edilen bulgular açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, çalışmadan elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Beşinci bölümde, gelecekte yapılacak diğer çalışmalara yardımcı olması amacıyla önerilerden bahsedilmiş olup altıncı bölümde kaynak bilgileri verilmiştir.

### **1.3. Literatür Çalışması**

Taşkın frekans analizinde kullanılan yöntemlerden bazıları; momentler yöntemi, maksimum olasılık yöntemi, en küçük kareler yöntemi, olasılık ağırlıklı momentler yöntemi ve L-momentler yöntemidir. Son yıllardaki çalışmalarda bu yöntemlere alternatif olarak ileri regresyon analizi ve yapay zeka teknikleri de geliştirilmiştir. Bu bölümde, tez çalışmasının kapsamında bulunan L-momentler, regresyon analizi, YSA, YAK ve ÖÖTO teknikleri ile yapılmış araştırma ve çalışmaların özet bilgileri konu sırasına göre verilmiştir.

Hosking (1990), olasılık ağırlıklı momentlerin doğrusal kombinasyonları olarak tanımladığı L-momentler'in, dağılım fonksiyonlarının yer, şekil ve ölçek parametreleri olarak ifade edilebileceğini ve bu yöntemin dağılımların tahmin ve tanımlanmasında kapsamlı bir temel oluşturduğunu öne sürmüştür. Ayrıca, L-momentler yönteminin

parametre tahmini, bölgeselleştirme ve dağılım tanımlamasıyla, çeşitli problemleri çözmeye olasılık ağırlıklı momentler yönteminden daha geçerli olduğunu göstermiştir.

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 dayanan bir test önermiştir.

Haktanır (1991), momentler, maksimum olabilirlik ve olasılık ağırlıklı momentler yöntemleri ile farklı dağılımların parametre tahminlerini yapmış ve bu dağılımlara uygunlukları Ki-kare ve Kolmogorov-Smirnov testleri ile sınamıştır. Türkiye'deki 112 istasyonu kullandığı çalışmasında GLO ve PE3 dağılımlarının uygun olduğunu belirtmiştir.

Hosking ve Wallis (1993), çalışma alanının homojenlik derecesini belirlemek için, uyumsuzluk ve heterojenlik testlerini geliştirmişlerdir. Bölgesel frekans analizinde kullanılan üç istatistiği ( $H_1$ ,  $H_2$  ve  $H_3$ ) tanımlamışlardır.

Vogel ve Fennessey (1993), 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 sonucuna ulaşmışlardır.

Önöz (1994), çalışmasında olasılık ağırlıklı momentler yönteminin 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 gibi yöntemlerin yanında, olasılık ağırlıklı momentler yöntemini de içeren ve toplam 28 farklı olasılık dağılım modeline göre hesap yapan bir bilgisayar programı geliştirmiştir. Programda Ki-kare, Kolmogorov-Smirnov ve Crammer Von Mises uygunluk testleri de uygulanmıştır.

Karım ve Chowdhury (1995), Bangladeş'te örnek büyüklüğü 16 ila 24 arasında değişen 31 adet yıllık taşkın serisine LN, EV1, PE3 ve GEV dağılımlarını uygulamışlardır. Sonuç olarak GEV dağılımının istatistiksel karakteristikleri en iyi temsil eden dağılım olduğunu belirtmişlerdir.

Saf (1995), Batı Akdeniz Havzası'nda bölgesel taşkın frekans analizi çalışması yapmıştır. Çalışma alanını üç alt bölgeye ayırarak, bu alt bölgelerdeki çarpıklık-değişkenlik ve değişkenlik-yağış alanı ilişkileri elde etmiştir.

Rao ve Hamed (1997), Wabash Havzası'nın homojenlik analizini L-moment oranlarını kullanarak yapmışlar ve uygunluk testleri için en uygun dağılımları noktasal ve bölgesel olarak belirlemişlerdir.

Büyükkaracığan (1997), Konya Havzası'nda bulunan 13 akarsuya ait yıllık maksimum debilere en uygun dağılım modellerini belirlemek için, LN, EV1, PE3, LPE3, GLO ve Log Boughton (LB) dağılımlarını uygulamıştır. Momentler, maksimum olabilirlik, olasılık ağırlıklı momentler ve L-momentler yöntemleri ile yaptığı parametre tahminleri ve uygunluk testlerinin sonucunda LPE3 dağılımının diğer dağılımlara göre daha iyi sonuç verdiğini belirtmiştir.

Parida vd. (1998), Mahi-Sabarmati Havzası'na L-momentler yöntemi kullanarak yaptıkları taşkın frekans analizi sonucunda, LN dağılımının bölge için iyi sonuç verdiğini öne sürmüşlerdir.

Adamsovski (2000), parametrik olmayan yöntemler ve L-momentler yöntemi ile yıllık maksimum yağışların bölgesel frekans analizini incelemiştir. Yıllık maksimum yağışlara ilaveten kısmi yağış sürelerini de dikkate alarak Quebec ve Ontario bölgelerini 9 bölgeye ayırmış ve her bir bölge için ayrı frekans analizleri yapmıştır.

Şorman ve Okur (2000), bölgeselleştirme tekniği olarak gösterge sel metodunda, tahmin edilen tekerrür değerlerinin doğruluğu için Monte Carlo benzetimini kullanmıştır. Analizleri iki aşamada gerçekleştirmiş ve ek gözlenmiş verilerin sonuçlar üzerindeki etkisini araştırmışlardır.

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 doğrusal regresyon modeli belirlemiştir. Çalışmada, GLO, LN, PE3 ve Genelleştirilmiş Pareto (GPA) dağılımları uygunluk sağlamıştır.

Seçkin (2002), çalışmasında Seyhan ve Ceyhan havzaları için bölgesel taşkın frekans analizini boyutsuz olarak incelemiş ve yapılan testler sonucunda, güçlü taşkın tahminlerine imkan veren modelleri belirlemiştir. Homojen alt bölgelere genelde Wakeby (WAK) dağılımının en iyi uyumu sağladığını tespit etmiştir.

Kumar vd. (2003), Kuzey Brahmaputra ve Orta Ganj Nehir Havzası'nın bölgesel taşkın formüllerini L-momentler tekniğini kullanarak geliştirmişlerdir. Çalışmada 10 adet istasyona literatürde yaygın olarak kullanılan dağılımları uygulanmış ve GEV dağılımının en iyi uyuma sahip olduğu belirlenmiştir.

Jaiswal vd. (2003), taşkın frekans modeli için L-momentler tekniğini kullanmışlardır. Taşkın serilerine EV1, GEV, GLO, GPA ve LN dağılımlarını uygulamışlardır. L-momentlere dayalı uygunluk testi sonucunda GEV dağılımının Baes Havzası taşkınlarının tahminlerinde en uygun dağılım olduğunu belirlemişlerdir.

Jingyi ve Hall (2004), homojen bölgelerin belirlenmesi için Ming ve Gan Nehri havzalarındaki 86 istasyona, Residuals metodu, Ward küme metodu, bulanık C-ortalamalar metodu ve Kohonen sinir ağıları metotlarını uygulamışlardır. Uygun dağılımları belirlemek için L-momentler kullanılmış ve Kohonen sinir ağıları metodunun daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Şorman (2004), momentler yöntemi, maksimum olabilirlik yöntemlerini olasılık ağırlıklı momentler yöntemi ile karşılaştırmış ve uygunluk testlerini uygulamıştır. L-momentler yöntemi ile noktasal dağılım parametrelerini tahmin etmiş ve Batı Karadeniz'deki akım verileri ile örneklemiştir.

Atiem ve Harmancıoğlu (2006), L-momentler yaklaşımı ile taşkın frekans analizi yapmışlardır. Çalışma alanındaki istasyonlara 5 farklı dağılım modelini noktasal olarak uygulamış ve 4 istasyon için GLO, 2 istasyon için PE3, 2 istasyon için GEV, 1 istasyon için LN, 1 istasyon için GPA, 4 istasyon için WAK dağılımlarını uygun bulmuşlardır.

Anlı vd. (2007), Göksu havzasının taşkın frekans analizini L-momentler yöntemini kullanarak yapmışlardır. Homojen olarak belirlenen 10 istasyonun yıllık maksimum akımlarına GLO, GEV, LN, PE3, GPA dağılımlarını uygulamış ve en uygun dağılımın GEV dağılımı olduğunu belirlemişlerdir.

Şahin (2007), Gevaş-Gürpınar Havzası'nda bulunan 12 akarsuya ait yıllık pik akım serilerine en uygun olasılık dağılım modelinin belirlenmesi için, LN, EV1, PE3, LPE3, LB, GLO, GEV dağılımlarını uygulamıştır. Bu dağılımların parametrelerinin tahminlerinde, momentler, maksimum olabilirlik, olasılık ağırlıklı momentler ve L-momentler yöntemleri kullanılmıştır. En uygun dağılımı belirlemek amacıyla Ki-kare ve Kolmogorov-Smirnov testlerini uygulamıştır. Bu testlerin değerlendirmelerine göre EV1 dağılımının diğerlerine göre daha uygun bir model olduğu sonucuna varmıştır.

Aydoğan (2008), Çoruh Havzası'nın bölgesel frekans analizinde parametre tahminini L-momentler yöntemiyle yapmış ve Aşağı Çoruh havzaları için PE3, Yusufeli bölgesi için GEV ve Oltu Çayı bölgesi için GLO dağılımların en uygun dağılımlar oldukları bulmuştur.

Saf (2008), Batı Akdeniz Bölgesi'ndeki taşkın frekans analizi çalışmasında, Student-t ve Dalrymple testlerini kullanarak bölgeyi 3 alt bölgeye ayırmıştır. Çalışmasının sonucunda, indeks taşkın metodunun homojen bölgelere uygulanabileceğini belirtmiştir.

Bayazıt ve Önöz (2009), taşkın frekans analizi çalışmalarında dağılımların parametre tahmini için L-momentlerin bir varyansı olan LL-momentler yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntemin, küçük gözlemlere daha yüksek ağırlık verdiğini ve L-momentlerden daha iyi sonuç verdiğini açıklamışlardır.

Saf (2009), Batı Akdeniz havzasının yıllık maksimum taşkın serilerinin bölgesel taşkın frekans analizi için, L-momentlere dayalı homojenlik testi ile homojen bölgelerin belirlemiş ve sonra akım gözlem istasyonlarına ait çeşitli yineleme aralıklarına sahip tasarım taşkın değerlerini hesaplamıştır.

Seçkin (2009), dağılım parametrelerini tahmin etmek için L-momentler tekniği kullanarak Türkiye'de bulunan 26 havzadaki 455 istasyona ait su yılı maksimum akım değerlerine bölgesel taşkın frekans analizi uygulamıştır. Elde edilen homojen bölgelere GNO, GEV, GLO, GPA, PE3 ve WAK dağılımları uygulayarak tekerrür değerleri elde etmiştir. Sonuç olarak, Türkiye havzalarına genellikle GLO dağılımının uyduğu belirlenmiştir.

Yang vd. (2010), Çin'de bulunan Pearl Nehri havzasındaki aşırı yağışların alansal ve zamansal karakterlerinin tahmin edilmesinde L-momentler yöntemiyle, zamandan bağımsız ve seri korelasyonlu gelişmiş istatistiksel testleri kullanmışlardır. Uygunluk testi hesap sonuçları; LN, GLO, GEV ve PE3 dağılımlarının havzayı ve alt bölgeleri daha iyi temsil ettiğini göstermiştir.

Malekinezhad vd. (2011), debi ölçümü olmayan veya yetersiz olan İran'ın kurak ve yarı kurak bölgelerinde akım büyüklüğünün tahmin edilmesinde L-momentlere dayalı indeks taşkın ve çoklu regresyon yöntemlerini kullanmışlardır. L-momentler ile yaptıkları homojenlik analizi ile bölgeyi 3 alt bölgeye ayırmışlar her bir bölge için GEV dağılımının uygun olduğunu bulmuşlardır. Çalışmalarında, ana suyolunun uzunluğu, doluluk katsayısı, ortalama yıllık yağış ve sıcaklığın taşkın büyüklüğünde en etkili parametreler olduğu sonucuna varmışlardır.

Ewemoje (2011), çalışmasında normal, LN ve LPE3 olasılık dağılımlarını karşılaştırmış ve çalışma alanı olan Nijerya'nın Ona Nehri Havzası'na LPE3 en uygun dağılım olduğu sonucuna varmıştır.

Saf (2011), Batı Akdeniz havzasının yıllık maksimum taşkın serilerine Dalrymple ve L-momentler homojenlik yaklaşımlarını kullanarak bölgesel taşkın frekans analizi yapmıştır. Antalya ve Aşağı Batı Akdeniz bölgeleri için PE3 dağılımı, Yukarı Batı Akdeniz bölgesi için GLO dağılımının uygun olduğu sonucuna varmış ve bu dağılımlara göre boyutsuz taşkın değerlerini hesaplanmıştır.

Seçkin vd. (2011), Türkiye'deki en az 15 yıl uzunluğundaki AGİ'lere ait yıllık maksimum debilere L-momentler metodunu uygulamış ve GEV dağılımının çalışma alanı için en iyi dağılım olduğunu belirlemiştir. Bu dağılıma göre çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debilerini hesaplanmıştır.

Bhuyan ve Borah (2012), Hindistan Tripura'daki 6 adet ölçüm istasyonuna ait yıllık maksimum debilere L-momentler metodu kullanarak yaptığı bölgesel taşkın frekans analizi sonucu, PE3 dağılımının homojen bölge için uygun dağılım olduğunu belirlemiştir.

Nyeko-ogiramoi vd. (2012), Nil Nehri'nde yaptıkları taşkın frekans analizinde L-momentler yöntemi ile bölgeye GEV dağılımının uygun olduğunu belirlemişlerdir. Sonuçlar, bölgeselleştirmenin performansının veri uzunluğuna ve bölgelere ait hidrolojik özelliklerin benzerliğine bağlı olduğunu göstermiştir.

Yıldız (2012) çalışmasında, akım verisi bulunmayan veya yetersiz olan havzalarda debinin tahmin edilebilmesi için, Doğu Karadeniz Havzası debi verilerine L-momentler yöntemini uygulamış ve havzayı en iyi temsil edecek dağılım fonksiyon ve debi tahminlerini elde ettikten sonra, çoklu doğrusal regresyon ile havza özelliklerine ait bağımsız değişkenlerle debiyi ilişkilendirmiştir.

Zaman vd. (2012), Avustralya'daki kurak bölgelerde yaptıkları taşkın frekans analizinde L-momentler yöntemini kullanmışlar ve çalışma alanına GPA dağılımının uyduğunu bulmuşlardır. Çalışmalarının sonucunda kurak bölgelerdeki taşkın frekans eğrilerinin nemli bölgedekilere göre daha dik olduğunu göstermişlerdir.

Anılan vd. (2013), Doğu Karadeniz Havzası taşkın debileri için homojenlik analizi yapmış ve bölgeye genel olarak LPE3 dağılımının uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Nobert vd. (2014), LN, GLO, GEV ve LPE3 dağılımlarını kullanarak yıllık maksimum debileri modellemiştir. Dağılımların parametrelerini olasılık ağırlıklı momentler yöntemi ile tahmin etmiş ve GEV dağılımının çalışma alanı için en iyi dağılım olduğu sonucuna varmıştır. Bu dağılıma göre ölçümü olmayan havzalara ait çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debileri hesaplanmıştır.

Aydoğan vd. (2014), L-momentler yöntemiyle Çoruh Havzası'nın taşkın frekans analizini yapmışlardır. Homojenlik ve heterojenlik ölçüleriyle bölgeyi 4 alt bölgeye ayırmışlar ve dağılım uygunluk testleri sonucunda belirli dönüş periyotlarındaki taşkın debilerini tahmin etmişlerdir.

Pandey ve Nguyen (1999), regresyon tabanlı farklı metotların parametre tahmin performanslarını karşılaştırmışlardır. Çalışmada havzanın hidrolojik ve meteorolojik özelliklerini kullanmışlardır.

Perry vd. (2004), akış verileri olmayan alanların istatistiksel tahminlerinde, drenaj-alan oran metodu ve çoklu doğrusal regresyon metodu olmak üzere iki metot 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 olduğunu ifade etmişlerdir.

Shu ve Burn (2004) ve Dawson vd. (2006), taşkın frekans analizinde çoklu regresyon modelleri ve ampirik yöntemlerle YSA'yı karşılaştırdıklarında, YSA ile daha doğru taşkın tahminleri yapılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmalarında, ayrıca coğrafik faktörlerin model performansına etkisini araştırmışlardır.

Reis vd. (2005), Gruber vd. (2007), Griffis ve Stedinger (2007), bölgesel şekil parametrelerinin tahmini için Bayes genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemini (GLS) kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucu, bu metodun doğru ve gerçekçi model hata değişkenlerini bulduğunu göstermiştir.

Ouarda vd. (2006), eşik veriler üzerinde pik debilere dayalı grafik yaklaşımı, yönlü istatistik tabanlı metot ve taşkın meydana gelmesi göreceli frekansına dayalı metotlarını kullanarak 2, 100, 1000 yıl tekerrürlü taşkın debilerini tahmin etmişlerdir. Bu yöntemleri klasik regresyon yöntemiyle de karşılaştırmışlar ve daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.

Leclerc ve Ouarda (2007), Kanada'nın güneydoğusundaki çalışma alanı olan havzanın meteorolojik ve hidrolojik özelliklerini kullanarak çoklu regresyon modeli geliştirmişlerdir. Drenaj alanı, toplam ortalama yağış, ortalama hava sıcaklığı, istasyonun enlem ve boylamı olan bağımsız değişkenler ile  $Q_5$  ve  $Q_{100}$  için debi tahminleri yapmışlardır.

Shu ve Ouarda (2007), Canada Quebec'de 151 havzaya ait yıllık maksimum debi verilerini kullanarak ölçümü olmayan istasyonların debi tahmini için taşkın frekans analizi



yapmışlardır. Kanonik korelasyon analizi (CCA) ve YSA'ya dayalı modeller geliştirmişler ve CCA tabanlı YSA'nın en iyi sonucu verdiğini ifade etmişlerdir.

Shu ve Ouarda (2008), yine Canada Quebec'de, uyarlanabilir sinir bulanık mantık sistem (ANFIS) metodu kullanmışlar ve bu metodu YSA ve doğrusal olmayan regresyon analizi ile karşılaştırdıklarında ANFIS'in daha iyi bir model oluşturduğu sonucuna varmışlardır.

Besaw vd. (2010), ölçümsüz havzalardaki akım debi tahminini YSA ile test ederek geliştirmiştir. Modelde sıcaklık ve yağış verileri bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır.

Haddad vd. (2010), daha geniş veri setinin daha iyi sonuçlar verdiğini göstermek için çeşitli istatistik teknikler kullanmışlardır. Taşkın frekans analizinde kullanılan istasyon sayısının %50 azalması halinde tahmin edilen taşkın debilerinin standart hatalarının da %90'a çıkacağını belirlemişlerdir.

Parada vd. (2010), debi ölçümü yetersiz havzalar için akım tahmininde yeni bir yaklaşımdan bahsetmişlerdir. Bu çalışma Kernel tekniğinin ve veri ayrıştırmasının birleşimidir. Debi ölçümü eksik havzalarda akım tahmininde hidrolojik sistem bileşenlerinin Gaussian ve doğrusal olmayan davranışlarına çözüm olarak önerilmiştir.

Seçkin vd. (2010), Batı Karadeniz havzasındaki 21 adet AGİ'nin yıllık maksimum debilerine çoklu doğrusal regresyon, çoklu doğrusal olmayan regresyon ve YSA uygulayarak taşkın frekans analizi yapmıştır. Modellere ait hata değerleri değerlendirildiğinde YSA'nın daha iyi sonuç verdiği sonucuna varmıştır.

Dodangeh (2011), çalışmasında İran'ın kuzey bölgesindeki Sefidrud Barajı Havzası'nda yer alan 41 adet akım ölçüm istasyonuna ait verileri dikkate alarak bölgesel frekans analizi yapmıştır. Havzanın fizyografik ve hidrolojik özelliklerine dayalı bulanık grup analizi (FCA) yöntemi ile havza doğu ve batı olarak iki bölgeye ayrılmıştır. Seçilen uygun dağılımların Sefidrud havzası bölgesel düşük akımlarının tahmininde kullanılmalrı önerilmiştir.

Palmen ve Weeks (2011), Avustralya'da yaptıkları çalışmada, ölçümü olmayan istasyonlarda tasarım taşkın debilerini tahmin etmek için kuantil regresyon tekniğini kullanmışlardır ve elde ettikleri debi değerleri ile havza karakteristiklerini de ilişkilendirmişlerdir.

Rahman vd. (2011), taşkın frekans analizinde, olasılıkçı rasyonel metot ve genelleştirilmiş en küçük kareler regresyon analizi yöntemleri arasındaki benzerlikler ve farklılıkları araştırmıştır. Her iki yöntemde de aynı bağımsız değişkenleri ve veri setini

kullanmışlar ve genelleştirilmiş en küçük kareler regresyon analizinin daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Haddad ve Rahman (2012), Bayes genelleştirilmiş en küçük kareler regresyon analizini kullanarak ölçümü olmayan istasyonlar için taşkın frekans analizi yapmışlardır. Kuantil regresyon tekniği ve parametre regresyon tekniği ile tekerrür debilerini hesaplamışlar ve bu iki yöntemin de doğru ve güvenilir sonuçlar verdiğini tespit etmişlerdir.

Aziz vd. (2013), çalışmalarında YSA tabanlı bir taşkın frekans analizi modeli geliştirmişlerdir. Havzanın fiziksel ve meteorolojik özelliklerini kapsayan bağımsız değişkenleri kullanarak farklı tekerrürdeki taşkın debilerini tahmin etmişlerdir. Geleneksel regresyon analizine göre, YSA tabanlı TFA modelinin daha doğru tahminler sağladığını belirtmişlerdir.

Rahman vd. (2013), Avustralya'daki 6 bölgeye ait havzalara Bayes genelleştirilmiş en küçük kareler regresyon analizini uygulamışlardır. Tasarım taşkın debilerinin tahmini için bölgeye LPE3 dağılımının uygun olduğunu kabul ederek havza alanı ve yağış şiddeti olmak üzere 2 adet bağımsız değişken kullanarak bölgeye ait regresyon denklemi elde etmişlerdir. Bu denklemin, sadece enlem, boylam ve alan bilgileri girilerek ölçümü olmayan istasyonlar için %90 güven aralığında çeşitli tekerrürdeki debi tahminleri elde etmek için kullanılabilmesi sağlanmıştır.

Rezaeianzadeh vd. (2013), taşkın frekans analizi çalışmalarında YSA, ANFIS, çoklu lineer regresyon (ÇLR) ve çoklu lineer olmayan regresyon (ÇLOR) kullanmışlar ve maksimum günlük akışların tahmininde ÇLOR'nin daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir.

Seçkin vd. (2013), Doğu Akdeniz Havzası taşkın frekans analizinde L-momentlere dayalı homojenlik testi ve uygun dağılım belirlenmesinden sonra havzanın fiziksel özelliklerine ait bağımsız değişkenler kullanarak, ÇLR, ÇNLR, çok katmanlı algılayıcı tabanlı YSA (ÇKA), radyal temelli fonksiyon tabanlı yapay sinir ağları (RBNN) ve genelleştirilmiş regresyon yapay sinir ağları (GRNN) yöntemlerini uygulamıştır. Yöntemlerin performansları karşılaştırıldığında ÇKA'nın en iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Şahin (2013), Ceyhan Havzası'na uyguladığı taşkın frekans analizinde, çeşitli regresyon analizi teknikleri geliştirmiş ve çalışmasının sonucunda Ceyhan Havzası için ilave havza parametreleri ile birlikte çok değişkenli istatistik yöntemler kullanarak yapılan hesapların, klasik yöntem olarak bilinen Dalyrmple yöntemine göre daha doğru sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir.

Son yıllarda YAK, ÖÖTO vb. optimizasyon teknikleri hidrolojide kullanılmakta ancak taşkın frekans analizinde bu örneklerle rastlanmamaktadır (Kişi vd. 2012; Salimi vd. 2013; Uzlu vd. 2014a). Bu doktora tezi çalışmasında, klasik regresyon analizi; YAK ve ÖÖTO teknikleriyle karşılaştırılmıştır. Her iki yöntemde de, Doğu Karadeniz Havzası'na ait meteorolojik ve hidrolojik özellikleri içeren aynı bağımsız değişkenler kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak L-momentler yöntemiyle elde edilen belirli yineleme sürelerine ait taşkın debileri kullanılmıştır. Ayrıca, L-moment hesapları ile belirlenen tekerrür periyotlarına (T) göre taşkın debisi tahmini için, yapay sinir ağı (YSA) regresyon analizi (RA) ile modeller geliştirilmiştir.

#### **1.4. Taşkın Frekans Analizi**

Hidrolik yapıların projelendirilmesinde çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debilerin tahmini önemli bir yer tutmaktadır. Yanlış bir proje debisi seçilmesi durumunda istenmeyen iki durum ortaya çıkabilir. Bunlardan birincisi gereğinden büyük seçilen bir proje debisi nedeniyle yapı ekonomik olmayacaktır. İkincisi ve daha tehlikelisi de küçük seçilen proje debisi nedeniyle projelendirilen yapı proje debisinden daha büyük gelebilecek taşkın debisi nedeniyle, yapı gelebilecek taşkın debileri durumunda yıkılma riskine maruz kalarak büyük can kayıplarına ve maddi zararlara neden olacaktır. Dolayısıyla su yapılarının projelendirilmesinde debilerin büyüklüğünün yeterince doğru olarak tahmin edilmesi oldukça önemlidir (Aydoğan, 2008).

Eldeki akım gözlemleri yardımıyla, çeşitli yineleme (tekerrür) süreli taşkın debilerinin tahmin edilmesi çalışmalarına taşkın frekans analizi denir. Tek bir noktadaki hidrolojik verilerin (akım, yağış miktarı veya şiddeti) analizi noktasal taşkın frekans analizi ile elde edilir. Eğer farklı istasyonlar için benzer frekanslar hesaplanıyorsa, tek bir istasyondan örnek kullanmaktansa tüm veriler toplanarak analiz yaparak çok daha sağlıklı sonuçlar elde edilir. Bölgesel taşkın frekans analizi olarak adlandırılan bu yöntem, genellikle ölçüm yapılmamış ya da yetersiz miktarda ölçümün bulunduğu havzalardaki taşkın debilerinin tahmininde kullanılır. Bu metodun uygulaması esnasında yetersiz veri sayısını arttırmak için bölgede bulunan diğer istasyonlar kullanılır. Diğer istasyonların kullanılabilmesi ve verilerin ölçüm olmayan havzaya taşınabilmesi için bu havzaların hidrolojik olarak aynı veya benzer özellikleri taşıması önemlidir.

## 1.5. Taşkın Frekans Analizinde Parametre Tahmin Yöntemleri

İstatistikte en önemli problemlerden biri, olasılık dağılımının parametrelerinin tahminidir. Herhangi bir veri dizisine uyduğu varsayılan olasılık dağılımlarının parametre tahminlerinde; momentler, maksimum olabilirlik, olasılık ağırlıklı momentler ve L-momentler gibi birçok parametre tahmin yöntemi kullanılmaktadır. Momentler yöntemi basit olması nedeniyle hidrolojide sıklıkla kullanılır. Ancak çarpık dağılımlar için özellikle de büyük örneklerde etkin ve tarafsız tahminler vermemektedir. Maksimum olabilirlik yöntemi ise, veri uzunluğunun fazla olduğu örneklerde tarafsız ve etkin tahminler vermektedir. Olasılık ağırlıklı momentler yöntemi ile boyutsuz bölge ortalamaları hesaplanmaktadır. 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 (doğrusal) bileşimidir. 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.

### 1.5.1. 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  $\bar{\alpha}$  ve  $\bar{\beta}$  değerleri bulunmaktadır.

### 1.5.2. 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 seriyeye 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.)'un türevini almak daha uygun olmaktadır.

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

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 tahminler olmaktadır.

### 1.5.3. Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi

Olasılık ağırlıklı momentler ilk olarak Greenwood vd. (1979), tarafından Wakeby dağılımının parametre tahmini için geliştirilmiştir. Hosking (1986) tarafından kuramsal açıdan incelenerek, bu yöntemin merkezsel istatistik momentlerle eşdeğer özelliklere sahip olduğu gösterilmiştir. Bu momentlerin örnek tahminleri özellikle kısa kayıtlar için hatasızdır ve aykırı değerlere karşı hassas değildir. Ayrıca, verinin doğrusal fonksiyonu olmaları nedeniyle diğer momentlere göre örnekleme değişimlerinden daha az etkilenmektedirler. Bu özellikleri ile klasik yöntemlere göre tercih edilerek yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu yöntemin esası, toplumun sıfıncı, birinci ve ikinci olasılık ağırlıklı momentlerinin, örnek serinin tahmin edilen sıfıncı, birinci ve ikinci momentlerine eşitlenmesine dayanır. Böylece 3 adet eşitlik elde edilerek, 3 adet bilinmeyen parametrenin bu formüllerin çözülmesi ile bulunabilmesidir. Eğer parametre sayısı 3'ten fazla olursa parametre sayısı kadar eşitlik 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).

$$M_{1,j,k} = E[X^l F^j (1-F)^k] \quad (2)$$

$$M_{1,j,k} = \int_0^1 X(F)^l (1-F)^k df \quad (3)$$

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 1 inci mertebeden merkezsel 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).

$$M_{1,j,0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\binom{i-1}{j}}{\binom{i-1}{j}} \right] \times (i) \quad (4)$$

$$M_{1,0,k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left[ \frac{\binom{i-1}{j}}{\binom{i-1}{j}} \right] \times (i) \quad (5)$$

$j=0,1,\dots,N-1$  ;  $k=0,1,\dots,N-1$  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.

$$F(i) = \frac{i-0,35}{N} \quad (6)$$

(2) ve (3) numaralı denklemlerde görülen noktalama pozisyonu formülünün, (4) ve (5) denklemlerine uygulanması aşağıdaki gibidir (Landwehr vd.,1979b).

$$\hat{M}_{1,j,0} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i) F(i)^j \quad (7)$$

$$\hat{M}_{1,0,k} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x(i) [1 - F(i)]^k \quad (8)$$

Bu denklemlerin her biri bir olasılık fonksiyonunu tanımlamaya yeterlidir ve birbirleri cinsinden yazılabilirler. İlk üç momentin birbiri cinsinden ifadeleri aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} M_{100} &= M_{100} \\ M_{110} &= M_{100} - M_{101} \\ M_{120} &= M_{100} - 2M_{101} + M_{102} \\ M_{130} &= M_{100} - 3M_{101} + 3M_{102} - M_{103} \end{aligned} \quad (9)$$

Olasılık ağırlıklı momentler tabanlı çalışan Easy Fit paket programı ile birçok dağılıma ait parametre tahminleri yapılabilmektedir.

#### 1.5.4. L-Momentler Yöntemi

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

$$L_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^r (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} M_{1,0,k} \quad (10)$$

L-momentler;

$$\begin{aligned}
r=0 \text{ ise } L_1 &= M_{100} \\
r=1 \text{ ise } L_2 &= M_{100} (2M)_{101} = 2M_{110} - M_{100} \\
r=2 \text{ ise } L_3 &= M_{100} (6M)_{101} + 6M_{102} = 6M_{120} - 6M_{110} + M_{100} \\
r=3 \text{ ise } L_4 &= M_{100} - 12M_{101} + 30M_{102} - 20M_{103} = 20M_{130} - 30M_{120} + 12M_{110} - M_{100} \quad (11)
\end{aligned}$$

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

$$r = 3, 4, \dots, \text{ ise } t_r = \frac{L_r}{L_2}, \quad t = \frac{L_2}{L_1} \quad (12)$$

L-momentler ( $L_1$ ) ve ( $L_2$ ), L-moment oranları  $L-cv(t)$ , 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 (Hosking, 1990).

L-momentler, sıralanmış gözlemlerin doğrusal biçimleridir. Bu nedenle, geleneksel yöntemlerde olduğu gibi gözlemlerin kareleri ve küpleri hesaplanmaz. Boyutsuz olarak hesaplanan değişim katsayısı ve çarpıklık katsayısı değerleri tarafsız olup normal dağılıma sahiptir. Diğer moment yöntemleri ise taraflı olup düşük sayıdaki örneklerde bile değişkendir. Birçok hidrolik uygulamalarında, L-moment basit ve uygun hidrolojik verilerden ve dağılım parametrelerinden tahmin yapılmasını sağlar. Klasik parametre tahmin yöntemleri ile karşılaştırıldığında L-momentler yönteminin birçok avantajı vardır (Şorman ve Okur, 2000). L-momentler yöntemi ile bulunan varyasyon, çarpıklık ve basıklık katsayıları hemen hemen hatasızdır ve yaklaşık normal bir dağılıma sahiptir. Aynı çarpım momentleri küçük örneklemlerde oldukça değişken ve hatalıdır. L-momentler, çarpım momentlerinden daha hatasız oldukları için moment diyagramları oluşturulmasında kullanımları daha uygundur. Çarpım momentlerinde bir sınırlama yoktur. L-moment oranları  $-1$  ile  $1$  arasında değiştiğinden doğal bir sınıra sahiptir. Bu sınırlama, bu değerlerin yorumlanmasını kolaylaştırır. L-momentlerin aksine çarpım momentleri dağılımın uçlarına daha fazla ağırlık verirler ve uçlardaki gözlemlerden daha fazla etkilenirler. Bundan dolayı L-momentler bir örneklemeden tahmin edildiğinde, örnekleme bulunan uç değerlere karşı daha doğru ve etkin sonuçlar verir ve L-momentler kullanılarak elde edilen dağılım parametreleri küçük örneklemlerde genellikle daha doğru sonuçlar verir. Klasik tekniklerle



kıyaslandığında, L-momentler daha fazla sayıda dağılımın parametrelerinin bulunmasında kullanılabilir. Hosking ve Wallis (1988), az ve orta uzunluktaki örnekler için L-momentler metodunun maksimum olabilirlik metoduna göre çok daha etkili olduğu sonucuna varmıştır. L-momentler bölgeselleştirme tekniklerinde kolaylıkla kullanılır. L-momentler tekniği ilgili istasyonlardan bölgesel parametrelerin elde edilmesi için en üstün tekniktir. (Hosking, 1990).

## **1.6. Bölgesel Taşkın Frekans Analizinde L-Momentlerin Kullanımı**

Parametre tahmini istatistik yöntemlerin en önemli ancak en zor aşamalarından biridir. N veri boyutuna sahip bir değişkenin p kadar parametre içerdiği varsayılınsın. Geleneksel yöntemlerden çok daha iyi sonuçlar veren L-momentler yöntemi, ilk p değerinin L-momentlerini ilgili popülasyon karakteristik değerlerine eşitleyerek parametre tahmini yapar.

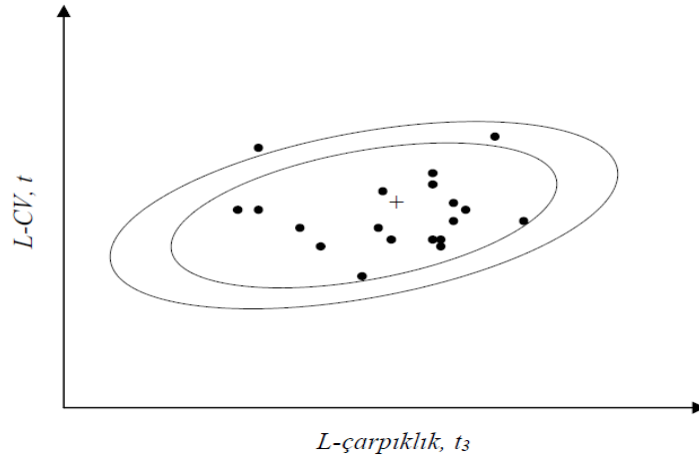
### **1.6.1. Homojenlik Analizi**

Akım gözlem istasyonu (AGİ) akım verilerinin L-momentlere dayalı parametre tahmininde kullanılabilmesi için bölgesel analize uygunluklarının kontrol edilmesi gerekmektedir. Bölgesel taşkın 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 homojenliği test etmek için iki istatistik öne sürülmüştür. Bunlar; uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüsüdür.

#### **1.6.1.1. Uyumsuzluk Ölçüsü**

Uyumsuzluk ölçüsü, verilerin gözden geçirilmesi ve homojen bölge olarak kabul edilen istasyonların birbirleri ile olan uyumlarının saptanması amacı ile kullanılır. Uyumsuzluk ölçüsü bölgedeki istasyon sayısına bağlıdır. Uyumsuz çıkan bir istasyon başka bölgeye kaydırılmalı veya analizden çıkarılmalıdır. Uyumsuzluk ölçüsü, istasyon

verilerinin L-moment oranları ile hesaplanır. 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 tanımlanan herhangi bir nokta, bu merkezden oldukça uzaktır. Uyumsuz noktalar, en dış elipsin de dışında yer alır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Uyumsuzluk için tanım grafiği

Uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) homojen bölge olarak kabul edilen istasyon toplumdaki istasyonların birbirleri ile olan uyumlarının literatürde verilen aralıklarda kalıp kalmadığının saptanmasıdır (Tablo 1.1). Uyumsuzluk ölçüsü bölgedeki istasyon sayısına bağlıdır. N adet istasyon olan bir grupta L-moment oranlarının vektörel ifadesi aşağıdaki gibidir (Hosking ve Wallis, 1993).

$$u_i = [t^i, t_3^i, t_4^i]^T \quad (13)$$

T: Vektör ya da matrisin transpozu,

$$\bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i \quad (14)$$

$\bar{u}$ : Ağılsız grup ortalaması,

$$A = \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (15)$$

A: Karelerinin toplamının matrisi ve çapraz çarpımı,

$$D_i = \frac{1}{3} N(u_i - \bar{u})^T A^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (16)$$

$D_i$ :  $i$  istasyonu için uyumsuzluk ölçüsüdür.  $D_i$ , bölgedeki istasyon sayısına bağlı olarak tanımlanır. Eğer hesaplanan  $D_i$  değeri Tablo 1.1'de verilen kritik  $D_i$  değerinden büyük ise o istasyon uyumsuz kabul edilir.

Tablo 1.1. 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		

### 1.6.1.2. Heterojenlik Ölçüsü

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 ( $V_1$ );

$$V_1 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i (t^i - t^R)^2}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (17)$$

N: istasyon sayısı

$N_i$ : Her istasyonun kayıt uzunluğu

$t^R$ :  $t_i$ 'nin ortalama değeri olup  $t^R = \frac{\sum_{i=1}^N N_i t^i}{\sum_{i=1}^N N_i}$  'dir.

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

$$V_2 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \{(t^i - t^R)^2 + (t_3^i - t_3^R)^2\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (18)$$

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

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^N N_i \{(t_3^i - t_3^R)^2 + (t_4^i - t_4^R)^2\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^N N_i} \quad (19)$$

Heterojenlik ölçüsünü hesaplamak için bölgeler homojen olarak kabul edilir ve veriler çapraz korelasyona veya dizili korelasyona sahip değildirler. İstasyonların kayıt uzunlukları değiştirilmeden kullanılabilir. Her bir benzeşim yapılmış bölge için,  $V_i$  ( $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  olarak tanımlanmış üç ölçüden herhangi biri) hesaplanır. benzeşim yapılmış verilerin  $\mu_V$  (ortalaması), ve  $\sigma_V$  (standart sapması) hesaplanır. Heterojenlik ölçüsü ( $H_i$ ), aşağıdaki formül ile elde edilir.

$$H_i = \frac{(V_i - \mu_V)}{\sigma_V} \quad (20)$$

$H_i < 1$  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)' e 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 sürmüşlerdir. Bundan dolayı  $V_1$ 'e dayalı  $H_1$  istatistiğinin, heterojenlik ölçüsünü hesaplamada kullanılmasını tavsiye etmiş ve bu istatistiğin hesabı için X-test adlı bir yazılım geliştirmişlerdir.

### 1.6.2. Uygun Dağılımın Seçimi

Su yapıları, akarsu yatağı düzenleme vb. projelerde, en uygun dağılımın seçimi büyük önem taşımaktadır. Yanlışlıkla küçük değerler üreten dağılım seçilirse ve taşkın meydana gelirse büyük can ve mal kaybına sebep olabilir. Tam tersi durumunda ise inşa edilen yapının maliyeti gereğinden fazla olup, optimizasyon açısından yanlış projelendirilme yapılmış olacaktır. Eldeki gözlem sonuçlarına en iyi uyan olasılık dağılım fonksiyonu istatistik yöntemler kullanarak belirlenebilir.

Bu çalışmada kullanılan dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonları  $f(x)$ , kümülatif dağılım fonksiyonları  $F(x)$  ve tekerrür fonksiyonları  $x(F)$  dağılımların L-momentlere dayalı parametre tahmini doğrultusunda aşağıda verilmiştir. Formüllerin detayları Hosking ve Wallis (1997)'nin çalışmasında bulunmaktadır.

#### 1.6.2.1. Ekstrem-Değer Tip I Dağılımı (EV1)

Gumbel dağılımı olarak da bilinen EV1 dağılımı ile ilgili eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$f(x) = \alpha^{-1} \exp\{-(x - \xi) / \alpha\} \exp\left[-\exp\{-(x - \xi) / \alpha\}\right] \quad (21)$$

$$F(x) = \exp\left[-\exp\{-(x - \xi) / \alpha\}\right] \quad (22)$$

$$x(F) = \xi - \alpha \log(-\log F) \quad (23)$$

Parametreler: yer:  $\xi$ , ölçek:  $\alpha$

$$\alpha = \lambda_2 / \log 2 \quad (24)$$

$$\xi = \lambda_1 - \gamma\alpha \quad (25)$$

### 1.6.2.2. Lognormal Dağılım (LN)

LN dağılımı ile ilgili eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$f(x) = \frac{e^{ky} - y^2 / 2}{\alpha\sqrt{2\pi}} \quad (26)$$

$$y = \begin{cases} -k^{-1} \log \{1 - k(x - \xi) / \alpha\}, k \neq 0 \\ (x - \xi) / \alpha, k = 0 \end{cases} \quad (27)$$

$$F(x) = \Phi(y) \quad (28)$$

Burada  $\Phi$ , standart normal dağılımın kümülatif fonksiyonudur.

Parametreler: yer:  $\xi$ , ölçek:  $\alpha$ , şekil:  $k$

$$k \approx -\tau_3 \frac{E_0 + E_1\tau_3^2 + E_2\tau_3^4 + E_3\tau_3^6}{1 + F_1\tau_3^2 + F_2\tau_3^4 + F_3\tau_3^6} \quad (29)$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k e^{-k^2/2}}{1 - 2\Phi(-k / \sqrt{2})} \quad (30)$$

$$\xi = \lambda_1 - \frac{\alpha}{k} (1 - e^{k^2/2}) \quad (31)$$

### 1.6.2.3. Genelleştirilmiş-Ekstrem Değer Dağılımı (GEV)

GEV dağılımı ile ilgili eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$f(x) = \alpha^{-1} e^{-(1-k)y - e^{-y}} \quad (32)$$

$$y = \begin{cases} -k^{-1} \log \{1 - k(x - \xi) / \alpha\}, k \neq 0 \\ (x - \xi) / \alpha, k = 0 \end{cases} \quad (33)$$

$$F(x) = e^{-y^y} \quad (34)$$

$$x(F) = \begin{cases} \xi + \alpha \{1 - (-\log F)^k\} / k, k \neq 0 \\ \xi - \alpha \log(-\log F), k = 0 \end{cases} \quad (35)$$

Parametreler: yer:  $\xi$ , ölçek:  $\alpha$ , şekil:  $k$

$$k \approx 7.8590c + 2.9554c^2 \quad (36)$$

$$c = \frac{2}{3 + \tau_3} - \frac{\log 2}{\log 3} \quad (37)$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 k}{(1 - 2^{-k}) \Gamma(1 + k)} \quad (38)$$

$$\xi = \lambda_1 - \alpha \{1 - \Gamma(1 + k)\} / k \quad (39)$$

#### 1.6.2.4. Genelleştirilmiş Lojistik Dağılım (GLO)

GLO dağılımı ile ilgili eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$f(x) = \frac{\alpha^{-1} e^{-(1-k)y}}{(1 + e^{-y})^2} \quad (40)$$

$$y = \begin{cases} -k^{-1} \log \{1 - k(x - \xi) / \alpha\}, k \neq 0 \\ (x - \xi) / \alpha, k = 0 \end{cases} \quad (41)$$

$$F(x) = 1 / (1 + e^{-y}) \quad (42)$$

$$x(F) = \begin{cases} \xi + \alpha \left[ 1 - \{(1-F)/F\}^k \right] / k, k \neq 0 \\ \xi - \alpha \log \{(1-F)/F\}, k = 0 \end{cases} \quad (43)$$

Parametreler: yer:  $\xi$  , ölçek:  $\alpha$  , şekil: k

$$k = -\tau_3 \quad (44)$$

$$\alpha = \frac{\lambda_2 \sin k\pi}{k\pi} \quad (45)$$

$$\xi = \lambda_1 - \alpha \left( \frac{1}{k} - \frac{\pi}{\sin k\pi} \right) \quad (46)$$

### 1.6.2.5. Log Pearson III Dağılımı (LPE3)

LPE3 dağılımı ile ilgili eşitlikler aşağıda verilmiştir:

$$f(x) = \frac{(x - \xi)^{\alpha-1} e^{-(x-\xi)/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \quad (47)$$

$$F(x) = G\left(\alpha, \frac{x - \xi}{\beta}\right) / \Gamma(\alpha) \quad (48)$$

Parametreler: yer:  $\mu$ , ölçek:  $\sigma$  , şekil:  $\gamma$

$$\gamma = 2\alpha^{-1/2} \text{sign}(\tau_3) \quad (49)$$

$$\sigma = \lambda_2 \pi^{1/2} \alpha^{1/2} \Gamma(\alpha) / \Gamma(\alpha + \frac{1}{2}) \quad (50)$$

$$\mu = \lambda_1 \quad (51)$$

### 1.6.3. Uygunluk Testleri

Gözlenen bir örnekten elde edilen sıklık fonksiyonunu seçilen bir teorik olasılık dağılım fonksiyonuna uygunluğunu kontrol etmek için, olasılık dağılım fonksiyonu uygunluk sınaması yapılmaktadır. Debi verilerine en uygun dağılım modelinin araştırılmasında modelin uygunluğu bazı yöntemlerle sınanabilmektedir. Debi verileri için



en uygun dağılım modelinin belirlenmesinde en sık kullanılan testler Ki-kare, olasılık çizgileri korelasyon, ve L-moment istatistiklerine dayalı testlerdir.

### 1.6.3.1. Ki-Kare Testi

Gözlenen N elemanlı örnek m sınıfa ayrılarak her bir sınıftaki eleman sayısı  $N_i$  (veya  $O_i$ ), seçilen dağılımın teorik eleman sayısı  $N_i'$  (veya  $e_i$ ) ise,  $\chi^2$  değeri şöyle hesaplanır:

$$\chi^2_h = \sum_{i=1}^m \left[ \frac{(N_i - N_i')^2}{N_i'} \right] = \sum_{i=1}^m \left[ \frac{(O_i - e_i)^2}{e_i} \right] \quad (52)$$

hesaplanan  $\chi^2_h$  değeri,  $\alpha$  anlamlılık düzeyi için, tablo değerinden küçükse veya eşitse ( $\chi^2_h \leq \chi^2$  ise) uygunluk var, büyükse uygunluk yok,  $\chi^2_h = 0$  ise tam uygunluk var demektir.

$\chi^2$  testinde bir rastgele değişkene ait N elemanlı bir örnek, m adet sınıfa ayrılır (sınıf seçimi için birden fazla formül vardır ve belirli durumlar için optimal 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. Hesaplanan  $\chi^2_h$  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; Bayazıt, 1996).

### 1.6.3.2. Olasılık Çizgileri Korelasyon Testi

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, 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 (Yüksek, 2009).

### 1.6.3.3. L-Moment İstatistiklerine Dayalı Uygunluk Ölçüsü Testi

L-momentlerin basıklık katsayısını temel alan dağılımın uygunluğu ölçüsü olan bu yöntem literatürde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu ölçü şu şekilde hesaplanır: Üç parametrelili GEV dağılımının uygun olduğu varsayılırsa, GEV dağılımı ile elde edilen L-basıklık ( $t_4^{GEV}$ ) ile bölgesel ortalama L-basıklık ( $t_4^R$ ) arasındaki fark hesaplanır. ( $t_4^R$ )'lerin standart sapmaları  $\sigma_4$  ile ifade edilirse,  $\sigma_4$ 'ler GEV dağılımının uygun olduğu homojen bölgenin benzeşimi ile elde edilir. GEV dağılımının Z testi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Z_{GEV} = \frac{(t_4^R - t_4^{GEV})}{\sigma_4} \quad (52)$$

Örnek L-momentler  $t_3$  ve  $t_4$  tam olarak hatasız alınır. Bu  $t_3$  için çok iyi bir yaklaşımdır ama kayıt uzunluğu kısa ( $n_i < 20$ ) veya popülasyonun L-basıklığı geniş ise ( $t_3 \geq 0.4$ )  $t_4$  için iyi bir yaklaşım değildir. Bu problemin üstesinden gelmek amacıyla,  $t_4$  için hata düzeltmesi kullanılır ( $t_4^R - B_4$ ).  $B_4$ , gözlenmiş veriler gibi aynı kayıt uzunluğuna ve aynı istasyon sayısına sahip bölgelerin bölgesel ortalama L-basıklıklarındaki hatadır. Bölge N istasyona sahip olsun,  $i$ 'inci 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 hesaplanır. Gözlenmiş verilere uygun olması muhtemel dağılımlar için bölgesel L-moment oranları hesaplanır. Uygulanan dağılımın basıklığı  $t_4^{Dist}$  olarak adlandırılır. Bölgesel L-moment oranlarına Kappa dağılımı uygulanır ve benzeşim yapılır. Benzeşim yapılmış bölgeler homojendir ve çapraz korelasyona ve sıralı korelasyona sahip değildirler. İstasyonlar gözlenmiş veriler ile aynı kayıt uzunluğuna sahiptir. Kappa dağılımı uygulamada ve bölgenin benzeşiminde heterojenlik ölçüsünde

kullanılan hesaplamalar kullanılır. M'inci benzeşim yapılmış bölge için L-çarpıklık ve L-basıklık hesaplanır.  $t_4^R$ 'nin hatası, aşağıdaki eşitlik ile elde edilir:

$$B_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R) \quad (53)$$

$t_4^R$ 'nin standart sapması;

$$\sigma_4 = \left[ (N_{sim} - 1)^{-1} \left\{ \sum_{m=1}^{N_{sim}} (t_4^m - t_4^R)^2 - N_{sim} B_4^2 \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (54)$$

ve her bir dağılım için uygunluk testi ölçüsü;

$$Z^{Dist} = \frac{(t_4^{Dist} - t_4^R + B_4)}{\sigma_4} \quad (55)$$

Benzeşim kullanılarak her dağılım için ayrı ayrı hesaplanan dağılımın uygunluğu ölçüsünün mutlak değeri 1,645'den küçük ise ( $|Z| < 1,645$ ), o dağılım bölgesel frekans dağılımı olmaya adaydır. Bu değer % 90 güvenilirlik sınırına karşılık gelir.

#### 1.6.4. Taşkın Debilerinin Tahmini

İstatistiksel yöntemlerdeki ana düşünce taşkın verilerinin bir toplum oluşturduğu düşüncesine dayanmaktadır. Taşkın verileri Q ile gösterildiğinde, bu değişkenin herhangi bir zamandaki büyüklüğünü etkileyen sebep sonuç ilişkisi tam olarak belirlenebilirse, teorik olarak bu ilişkinin olasılık dağılım modeli aşağıdaki gibi olur.

$$F(Q(T)) = \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \quad (56)$$

$$P(Q \geq Q(T)) = \frac{1}{T} = \int_{Q(T)}^{\infty} f(Q)dQ = 1 - F(Q_T) \quad (57)$$

$F(Q(T))$  : taşkın aşılma olasılığı,  $(T)$  : dönüş aralığıdır.

Frekans analizinin amacı belirli bir dönüş aralığındaki  $Q_T$ 'nin doğru tahmin edilmesidir. Bu periyot, bir yapının ekonomik ömrü (ör.  $T=50$  yıl) veya yasal olarak zorunlu tasarım periyodu (ör.  $T=10\ 000$  yıl bazı baraj güvenlik uygulamalarında) olabilir.

### 1.6.5. Tahmin Edilen Değerlerin Doğruluğunun Belirlenmesi

Hesaplanan tekerrür tahminlerinin doğruluğunun kabul edilebilir düzeyde olup olmadığı Monte Carlo benzeşimi ile hesaplanır. Her istasyon için, göreceli taraflılık değerleri (rölatif bias) ve %5-%95 alt ve üst güvenilirlik bant sınırları elde edilir. Bölge bazında bu değerlere ek olarak, ortalama hata değerleri de hesaplanır.

$\hat{\omega}$ ,  $\omega$ 'nın tekerrür tahmini olduğunda,  $\hat{\omega}$  olasılık dağılımına sahip rastgele değişkendir.  $\hat{\omega}$ 'nın uygunluğu  $\hat{\omega}$ 'nın  $\omega$ 'ya ne kadar yakın bir değer olduğuna bağlıdır.  $\hat{\omega}$ 'nın standart sapması taraflılık (bias) ve değişkenlik (hataya sahip olmayan gerçek değerlerden tahmin edilenlerin rastgele sapması) olarak iki bileşenle tanımlanır. Değişkenlik örnekleme bağlı tekerrür tahminlerinde oluşan sapmanın gösterevidir. Taraflılık (bias) ve ortalama karekök hataları (RMSE) tahminlerin performansını ölçmede yaygın olarak kullanılır.

$$\text{Bias}(\hat{\omega}) = E(\hat{\omega} - \omega) \quad (58)$$

$$\text{RMSE}(\hat{\omega}) = \{E(\hat{\omega} - \omega)^2\}^{1/2} \quad (59)$$

Eğer taraflılık (bias) sifira eşitse, yani  $\hat{\omega}$ 'nın beklenen değeri  $\omega$ 'ya eşit ise tahminler hatasızdır.

RMSE aşağıdaki gibi de tanımlanır.

$$\text{RMSE}(\hat{\omega}) = \left[ \{\text{Bias}(\hat{\omega})\}^2 + \text{Var}(\hat{\omega}) \right]^{1/2} \quad (60)$$

Tarafllılık (bias): beklenen değerlerle populasyonun değerleri arasındaki fark Var: tahmin edilen değerlerin yayılımıdır.

Denklemlerden de anlaşıldığı gibi RMSE,  $\omega$ 'nın değişkenliği ve hatası ile ilgilidir. Hem hata, hem de hatalar karelerinin ortalamasının karekoku aynı ölçüm birimine sahiptir. Tek fark tahmin edilen değer ile gercek değer arasındaki farkın mutlak değeri alınır. Benzeşim programındaki tahmin edilen tekerrürlerin doğruluğu bu parametrelerin modifiye edilmiş haliyle hesaplanır. Amaç benzeşim yapılmış ve gözlenmiş tahminlerin ve bu değerlerin yüzde olarak tekerrür tahminlerinin doğruluklarını karşılaştırmaktır. Göreceli hata ve hatalar karelerinin ortalamasının karekoku Hosking tarafından IBM araştırma merkezinde hazırlanan xsim programı ile de hesaplanır (Hosking, 2000 (versiyon 3.03)). Tekerrür tahminlerinin parametrelerinin doğruluğu göreceli hata, göreceli hatalar karelerinin ortalamasının karekoku ve bölgesel mutlak göreceli hata olarak xsim benzeşim programının çıktılarından elde edilir.

Monte Carlo benzeşimi tekerrür tahminlerinin doğruluğunu değerlendirmek için kullanılır ve olasılık teorisi üzerine kurulu bir sistemdir. Monte Carlo metodunda istatistiksel ve matematiksel tekniklerle bir deneyi veya çözümlenmesi gereken bir fiziksel olayda tesadüfi sayıları defalarca kullanarak benzeşim uygulayıp çözmek esastır. Benzeşim yapılmış bölgenin toplum L-moment oranlarındaki istasyonlar arası varyasyon, gercek verilerin örneklem L-moment oranlarından daima küçük olmalıdır. Çünkü örneklem değişkenliği, örnek L-moment oranlarının uygun populasyon L-moment oranlarından daha geniş bir alana yayılmasına sebep olur. Bu sebepten dolayı L-cv değerleri benzeşim programının girdi dosyasında modifiye edilerek kullanılır. İstasyonların L-cv değerlerinin aralığı, bölgesel ağırlıklı ortalama değerleri sabit tutularak ikiye bölünür. Değerler küçükten büyüğe sıralanır ve ortadaki değer bölgesel ağırlıklı ortalama değeri olarak kabul edilir ve yukarı doğru bu değer maksimum değerle minimum değer arasındaki fark kadar azaltılır. Böylece yeni L-cv değerleri elde edilir. Bu değerler xsim programında kullanılır (Hosking ve Wallis, 1997).

L-momentler için kullanılacak benzeşimin algoritması aşağıdaki gibidir:

1. Frekans dağılımının L-momentleri ve  $n_i$  veri uzunluğuna sahip N istasyonun belirlenmesi
2. Verilen L-moment oranlarına göre noktasal frekans dağılımlarının parametrelerinin hesaplanması
3. Benzeşim aşamasında M tekrarlamaı için aşağıdaki adımlar izlenir:

3.1. Her istasyon için örnek veriler çıkarılır. Eğer istasyonlar arası bir bağımlılık yok ise  $i=1, \dots, n$  olmak üzere her  $i$  istasyonu için frekans dağılımından  $n_i$  veri uzunluğuna sahip rastgele değişkenin meydana getirilmesi kolaylaşır. Eğer istasyonlar arası bağımlılık var ve bu benzeşime katılırsa aşağıdaki aşamalardan geçilir:

3.1.1. Noktasal veri uzunluğunun en büyük olanı  $n_o = \max n_i$  olsun.  $k= 1, \dots, n_o$  her zaman noktası için, ortalama vektör  $0$ , kovaryans matrisi  $R$  olan  $i= 1, \dots, n$  olmak üzere  $y_{ik}$  elementli  $y_k$  rastgele değişken meydana getirmek

3.1.2.  $k=1, \dots, n_i$  ve  $i=1, \dots, N$  olmak üzere her  $y_{ik}$  değerini gerekli uç dağılıma dönüştürmek. Bu da,  $Q_i$ ,  $i$  istasyonun karakteristik değer fonksiyonu ve  $\phi$  standart normal dağılımın yığılımlı dağılım fonksiyonu olmak üzere  $Q_{ik} = Q_i(\phi(y_{ik}))$  veri değerinin hesaplanmasıdır.

3.2. Bölgesel L-moment algoritmasının bölgesel örnek verilerine uygulanması

3.2.1. Noktasal L-momentlerin ve bölgesel ortalama L-moment oranlarının hesaplanması

3.2.2. Seçilen dağılımın uygulanması

3.2.3. Bölgesel büyüme eğrisi ve noktasal karakteristik değerlerinin hesaplanması

3.3. Yukarıda bulunan bölgesel büyüme eğrisinin noktasal karakteristik değer rölatif hatalarının hesaplanması ve tüm doğrulama değerlerini hesaplamada gereken toplamların alınması

4. Karakteristik değer ve bölgesel gelişim eğrilerinin doğruluk değerlerinin hesaplanması (Hosking ve Wallis, 1997).

### **1.6.6. L-Momentlerin Kullanımı İçin Bilgisayar Programı**

Çalışmada kullanılan program, Amerika'da IBM araştırma merkezinde Hosking ve ekibi tarafından geliştirilmiştir. Fortran programlama dilinde yazılmış olan program aşağıdaki basamakları içermektedir:

1. Frekans analizinde kullanılacak dağılımların parametrelerinin hesaplanması (PELXXX).

2. Frekans analizi için belirli bir dönüş aralığına karşılık gelen dönüş aralığının hesaplanması (CDFXXX).

3. Frekans analizi için belirli bir tekerrür değerine karşılık gelen dönüş aralığının hesaplanması (CDFXXX).

4. Her istasyon için uyumsuzluk ölçüsünün ( $D_i$ ) hesaplanması (REGTST).
5. Heterojenlik ölçüsünün (H) hesaplanması (RETST).
6. Bölge frekans dağılımı olmaya aday beş dağılım için dağılımın uygunluğu ölçüsünün (Z) hesaplanması (REGTST).
7. L-moment algoritması kullanılarak bölgeye bir dağılım uygulanması (REGTST).
8. Hata değerinin bulunması amacıyla bölgenin benzeşimi (XSIM).

Program iki kısımdan oluşmaktadır. Yukarıdaki ilk yedi madde xtest programının basamaklarını içerirken son madde xsim programına aittir. İlk üç maddede geçen XXX ifadesi, dağılımların tipi olup XXX yerine dağılım adının kısaltması yazılmaktadır. Yukarıda belirtilen Fortran dilinde yazılmış olan alt programların bir ana program altında derlenip çalışır hale getirilmesi gerekmektedir. Ana programda girilen verilere göre çağrılan alt programlarda gerekli hesaplamalar yapılarak sonuca ulaşılır. Programın içeriği ve verilerin girişi hakkında ayrıntılı bilgiler ikinci bölümde verilmiştir.

### **1.7. Regresyon Analizi**

Mühendislikte karşılaşılan pek çok değişken istatistiksel olarak birbirine bağımlıdır; bu sebeple bu değişkenler arasında bir ilişki vardır. Regresyon ilişkileri kesin karakterde değildir; başka bir ifadeyle, değişkenlerden biri bir değeri aldığı anda diğeri her zaman aynı değeri almaz. İlişkide dikkate alınmayan başka değişkenlerin etkisi sonucunda bu değer farklı gözlemlerde az veya çok değişecektir. Mesela, komşu iki havzadan birindeki akış belli bir değeri aldığı anda diğeri havzadaki akış değeri her zaman aynı değere sahip olmaz. Değişkenler arasındaki fonksiyonel olmayan bir ilişkinin varlığının ve şeklinin belirlenmesi uygulamada büyük bir öneme sahiptir. Çünkü bu ilişki kullanılarak, değeri bilinen bir (veya daha fazla) değişkene dayanarak başka bir değişkenin alacağı değeri tahmin etmek mümkündür. Bu türde bir ilişkiyi gösteren matematiksel ifadeye regresyon denklemi denir.

### **1.8. Yapay Arı Kolonisi Algoritması (YAK)**

Kuş sürülerinin havada süzülmeleri ve farklı şekiller almaları, karıncaların yiyecek aramaları, balık sürülerinin beraberce yüzmeleri ve kaçışmaları, bal arılarının danslarla

haberleşmeleri gibi sürü halinde gerçekleştirilen davranışların keşfedilmesiyle bilgisayar uzmanları bu sürülerin davranışları ve davranışlarının modellenmesi arasındaki iletişim mantığının üzerine çalışmalar yapmaya başlamışlardır. Bu çalışmalar, sürülerin davranışlarının sistem ve modellere uyarlandığı sürü zekası adı verilen yaklaşımların gelişmesine yol açmıştır.

Arıların davranışlarına dayalı sürü zekası yaklaşımları 2000’li yılların başlarında başlamıştır. Bilim insanları arıların kraliçe arı benzetim modellerine, dans davranışlarına, görev paylaşımlarına, yuva yeri seçimlerine, üreme süreçlerine, yol bulma davranışlarına ve yiyecek kaynakları araştırma davranışlarına dayalı modeller geliştirmişlerdir (Akay, 2009). Türkiye’de ise, Karaboğa 2005 yılında bal arılarının yiyecek arama davranışlarını modelleyerek YAK algoritmasını geliştirmiştir (Karaboğa, 2005). Belli bir ahenk ve düzen içerisinde kendilerine kaynak arayan bal arılarının davranışlarından esinlenilerek nümerik optimizasyon problemlerinin çözümü için geliştirilen YAK algoritması çok parametrelili nümerik fonksiyonların optimizasyonunda kullanılmış; sınırlamasız problemlerde literatürde yaygın kullanılan genetik algoritma ve diferansiyel gelişim algoritmalarına karşı başarısı Karaboğa, Akay ve Öztürk tarafından ortaya konmuştur (Karaboğa, 2005; Akay, 2009; Öztürk, 2011).

### **1.8.1. Yapay Arı Kolonisi Algoritmasının Çalışması**

YAK algoritmasında her bir çevrim (döngü) görevli ve gözcü arıların kaynaklara gönderilerek kaynaklarındaki yiyecek miktarlarının belirlenmesi, kaşif arıların çıkıp çıkmayacağını tespit edilerek çıkmaları durumunda bunların muhtemel yeni kaynaklara gönderilmesini içeren üç temel adımdan oluşur. Modelde, kaynakların yerleri çözülmek istenen problem için muhtemel çözümleri, kaynakların miktarları da bu çözümlerin kalitesini temsil etmektedir. Kaynak miktarının yüksek olması yani çözümün kaliteli olması, gözcü arıların bu kaynağa yönelme ihtimallerini arttırmaktadır. YAK algoritmasında ortaya çıkacak kaşif arı sayısı “limit parametresi” ile kontrol edilmektedir. Eğer bir kaynağı temsil eden çözüm belli bir sayıda denemenin ardından hala iyileştirilemiyorsa o kaynak arısı tarafından bırakılır ve bu görevli arı kaşif arıya dönüşür. Çözümleri geliştirme esnasında müsaade edilen başarısız denemelerin sayısı her çözüm için o çözümün geliştirememeye sayacı ile kontrol edilir (Öztürk, 2011; Uzlu vd. 2014).

Algoritmanın temel adımları şu şekilde özetlenebilir:



Başlangıç yiyecek kaynaklarını oluştur (Başlangıç pozisyonları)  
 REPEAT  
 Görevli arıları kaynaklarına gönder ve kaynaklardaki yiyecek miktarlarını belirle  
     Kaynakların gözcü arılar tarafından tercih edilme ihtimallerini hesapla  
     Gözcü arıları seçtikleri kaynaklara gönder ve yiyecek miktarlarını belirle  
     Arıların gitmekten vazgeçtiği kaynağa gidişleri durdur  
 Kaşif arıları rasgele olarak yeni kaynak aramak üzere gönder  
 En iyi çözümü sakla  
 UNTIL (gereksinimler karşılanana kadar)

YAK algoritmasının temel aldığı modelde her bir kaynağın nektarı sadece bir görevli arı tarafından alınır yani görevli arıların sayısı toplam yiyecek kaynağı sayısına eşittir. Gözcü arıların sayısı da görevli arı sayısına eşittir. Algoritma ilk adımda rasgele dağılmış çözüm popülasyonunu aşağıdaki eşitlik aracılığıyla üretir:

$$x_{\min}^j, j. x_{ij} = x_{\min}^j + \text{rand}(0,1)(x_{\max}^j - x_{\min}^j) \quad (61)$$

Burada,  $x_i$  popülasyonda bir çözümü göstermekte,  $i=\{1,2,\dots,SN\}$  ve SN popülasyonun boyutunu,  $j=\{1,2,\dots,D\}$  ve D optimizasyon parametre sayısını temsil etmektedir. Parametreler için  $x_{\min}^j$ , j. parametrenin alt sınırı ve  $x_{\max}^j$  ise j. parametrenin üst sınırıdır.

YAK algoritmasının başlangıç aşamasında çözümlerin rasgele oluşturulmasından sonra görevli arı, gözcü arı ve kaşif arı süreçlerinden geçirilerek çözümler iyileştirilmeye çalışılır.

### 1.8.2. Görevli Arıların Yiyecek Kaynağı Bölgelerine Gönderilmesi

YAK algoritmasında her bir kaynağın bir görevli arısı bulunduğundan yiyecek kaynaklarının sayısı görevli arıların sayısına eşittir. Görevli arı hafızasında yiyecek kaynağı ile ilgili bilgileri tutar. Bunlar kaynağın pozisyonu (çözüm), nektar miktarı (fitness değer) ve yeni kaynak (yeni çözüm) bilgilerinden oluşur. Görevli arı hafızasında bulunan yiyecek kaynağı komşuluğunda yeni bir yiyecek kaynağı belirler ve bunun kalitesini değerlendirir. Eğer yeni kaynaktaki nektar miktarı eskisinden daha çok ise arı hafızasından eski kaynak bilgilerini siler ve yeni kaynak bilgilerini hafızasına alır. Yeni kaynağın mevcut kaynak komşuluğunda belirlenmesi aşağıdaki eşitlik ile yapılır:

$$v_{ij} = x_{ij} + \phi_{ij}(x_{ij} - x_{kj}) \quad (62)$$

Burada  $x_{ij}$  her bir çözüm için çözümün tek bir parametresinin (rasgele seçilen parametresi,  $j$ ) değiştirilerek  $x_i$  komşuluğunda  $v_i$  çözümünün bulunmasını temsil eder. Eşitlikte  $j$ . parametre  $[1, D]$  aralığında rasgele üretilen bir tamsayı ile belirlenir. Görevli arıların komşuluk bilgileri ile çözümler üretmesi (yeni kaynaklar araması) işleminde üretilen  $v_{ij}$ 'nin önceden belirlenen parametre sınırlarını aşması durumunda  $j$ . parametreye ait olan alt veya üst sınır değerlerine aşağıdaki eşitlik ile ayarlama yapılır:

$$v_{ij} = \begin{cases} x_j^{\min}, & v_{ij} < x_j^{\min} \\ v_{ij}, & x_j^{\min} \leq v_{ij} \leq x_j^{\max} \\ x_j^{\max}, & v_{ij} > x_j^{\max} \end{cases} \quad (63)$$

Görevli arıların ürettikleri yeni çözümler ( $v_i$ ) yeni bir kaynağı temsil eder. Bu kaynakların kalitesi hesaplanır ve aşağıdaki eşitlik ile uygunluk değerleri atanır:

$$fit_i = \begin{cases} 1 / (1 + f_i), & f_i \geq 0 \\ 1 + \text{abs}(f_i), & f_i < 0 \end{cases} \quad (64)$$

Burada,  $f_i$ ,  $v_i$  kaynağının yani çözümünün maliyet değeridir. Görevli arılar mevcut  $x_i$  çözümleri ile muhtemel  $v_i$  çözümleri arasında nektar miktarlarına yani uygunluk değerlerine göre bir aç gözlü seçme işlemi gerçekleştirirler. Yeni bulunan  $v_i$  çözümü daha iyi ise görevli arı hafızasından eski çözümü silerek  $v_i$  çözümünden daha iyi ise  $x_i$  çözümünü hafızasında tutmaya devam eder ve  $x_i$  çözümü ile ilgili geliştirememeye sayacını bir artırır (Öztürk, 2011; Uzlu vd. 2014a).

### 1.8.3. Gözcü Arıların Yiyecek Kaynağı Bölgesi Seçmeleri

Görevli arılar kovana döndüklerinde elde ettikleri bilgileri kovanda bekleyen gözcü arılara aktarırlar. Gözcü arılar tüm görevli arıların verdiği bilgileri izledikten sonra

kaynakları nektar miktarlarının oranlarına bağılı olarak aşağıdaki eşitlik aracılığı ile hesaplanan olasılık değerlerine göre seçerler:

$$p_i = \frac{fit_i}{\sum_{n=1}^{SN} fit_n} \quad (65)$$

Burada,  $fit_i$ ,  $i$ . kaynağın nektar miktarı yani uygunluk değeri, SN yiyecek kaynağı sayısını göstermektedir. Bu olasılık hesaplama işlemine göre bir kaynağın uygunluk değeri arttıkça bu kaynak bölgesini seçecek gözcü arı sayısı da artacaktır. Temel YAK algoritmasında gözcü arılar kaynakları rulet tekerleği yöntemiyle seçerler: her bir kaynağın uygunluk değeri, tüm kaynakların uygunluk değerlerinin toplamına bölünerek her bir kaynağın seçilme ihtimali hesaplanır. Bu sayede uygunluk değeri nispi olarak fazla olan kaynağın gözü arılar tarafından seçilme ihtimali yüksek olmaktadır.

Her bir aday kaynak pozisyonu  $v_i$  üretildikten sonra performansı eski pozisyon  $x_i$  ile karşılaştırılır. Eğer yeni kaynaktaki nektar miktarı öncekinden çok ya da öncekine eşit ise eski kaynağın hafızadaki yerini belirlenen yeni kaynak alır. Aksi takdirde önceki kaynak pozisyonu hafızada tutulmaya devam eder. Başka bir ifadeyle, gözcü arılar da görevli arılar gibi eski ile aday kaynak arasında aç gözlü seçme mekanizmasını kullanırlar(Öztürk, 2011; Uzlu vd. 2014).

#### 1.8.4. Kaşif Arıların Yeni Kaynakları Keşfi

YAK algoritmasında her çevrimde tüm görevli ve gözcü arılar arama işlemlerini tamamladıktan sonra iyileştiremedikleri çözümler için geliştirilememe sayacını bir artırırlar. Ancak herhangi bir aşamada çözümde iyileşme kaydedilirse sayaç başlangıç değerine getirilir yani sıfırlanır. Her bir çözüm için geliştirilememe sayacı tutulur her döngüde görevli arı da gözü arı da o çözümü geliştiremezse sayacı 1 artırırlar. Eğer ki, bir çözümün sayaç değeri verilen eşik değeri (limit parametresi değeri) üzerine çıkarsa bu çözüm artık “tükenmiş” kabul edilir ve o çözümün görevli arısı tarafından terk edilir. Nektarı tükenen kaynağın görevli arısı kaynağını değiştirmek üzere kaşif arı olur ve terk edilecek kaynak  $x_i$  kabul edilirse, kaşif arı  $x_i$  ile değiştirmek üzere rasgele olarak 61 no’lu eşitlik aracılığıyla üretilecek yeni kaynağı keşfetmektedir.

YAK algoritmasının sözde kodu:

```

Popülasyondaki çözümlere ( $x_i$ ) ilk değerlerini 61 no'lu eşitliği kullanarak ata
Popülasyonu değerlendir
cycle=1
Repeat
    FOR her görevli arı için {
        Eşitlik 62'yı kullanarak yeni aday çözüm  $v_i$  üret
        Üretilen yeni çözümün uygunluk değerini hesapla
    }
    Aç gözlü seçme işlemini uygula }
Görevli arıların hafızasındaki çözümler için pi seçilme olasılıklarını 65 no'lu eşitliği kullanarak
hesapla
FOR her gözcü arı için {
    Olasılık değerlerine bağlı olarak bir seçim seç
    62 no'lu eşitlik ile aday  $v_i$  çözümü üret ve çözümü değerlendir
    Aç gözlü seçme işlemini uygula }
If terk edilmiş çözüm var ise
Then kaşif arı için 61 no'lu eşitlik aralığı ile yeni çözüm üret
Elde edilen en iyi çözümü hafızaya al
cycle=cycle+1
until cycle=MCN

```

## 1.9. Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (ÖÖTO)

ÖÖTO, bir sınıftaki öğretmen ve öğrenciler arasındaki öğretme-öğrenme doğal olgusuna dayalı ve bu işleyişi taklit eden yeni bir deneysel optimizasyon algoritmasıdır ve ilk olarak Rao vd. (2011) tarafından geliştirilmiştir. İyi bir öğretmen, sınıftaki öğrencilerin sınav sonuçlarından iyi bir ortalama çıkmasına yol açar ve öğretmenin kalitesi, öğrencilerin sonuçlarını etkiler. Sonuçlara aynı zamanda, öğrencilerin kendi arasındaki etkileşimleri de yardım eder. ÖÖTO da bir sınıftaki öğretme-öğrenme işleyişi prensibine dayanan iki aşamalı bir algoritmadır.

ÖÖTO'nun YAK, PSO ve ACO gibi diğer evrimsel metotlara göre avantajları, basitleştirilmiş sayısal yapısı ve algoritmanın performansını tanımlamak için kontrol parametreleri üzerindeki bağımsızlığıdır. Bu şekilde ÖÖTO, YAK algoritması da dahil diğer optimizasyon teknikleri ile kıyaslandığında, daha doğru optimum çözümler sağlamaktadır (Toğan, 2012).

### 1.9.1. Öğretme-Öğrenme Tabanlı Algoritmanın Çalışması

ÖÖTO, öğrenci sayısı (popülasyon boyutu) ve durdurma kriteri (maksimum

iterasyon sayısı) olan 2 adet genel kontrol parametresine sahiptir. Diğer optimizasyon algoritmaları gibi, rastgele üretilen başlangıç popülasyonu kullanır. Bu popülasyon, ÖÖTO'daki popülasyon boyutu ve tasarım değişkenleri sayısına göre çözümler olan çift sayıdaki öğrenci sayısından oluşur. ÖÖTO algoritmasında, yeni bir topluluk 2 temel etap sonucu elde edilir. Bunlar, “öğretmen safhası” veya öğretmenden öğrenme, ve “öğrenme safhası” veya öğrenciler arasındaki bilgi alışverişidir (Toğan, 2013).

### 1.9.2. Bir Sınıfı Başlatmak

Öğrencilerin sayısı (popülasyonun boyutu) ve durdurma kriteri (maksimum iterasyon sayısı) bu adımda belirlenir. Sınıf öğrencilerden oluşan bir popülasyonu temsil eder ve bu sınıf, popülasyon sayısı  $np$  ve tasarım değişkenleri  $ng$ 'ye göre rastgele üretilmiş öğrencilerle (çözümler) doludur.

$$\text{sınıf} = \text{pop} = \begin{pmatrix} X_1^1 X_2^1 & \dots & X_{nd}^1 \\ \vdots & \dots & \vdots \\ X_1^{np} X_2^{np} & \dots & X_{nd}^{np} \end{pmatrix} \quad (66)$$

Burada, her bir sırada popülasyondaki bir öğrenciyi temsil ediyor ( $f(X_1)$ ,  $f(X_2)$ , ...,  $f(X_{np})$ ).

Başlangıç popülasyonunu üreten tasarım değişkenlerinin ( $x_i$ ) sayısından oluşan öğrenciler aşağıdaki gibidir (Dede, 2013):

```
for i=1:np (döngüyü başlat)
  for j=1:ng
     $X_{\min}$  ve  $X_{\max}$  arasında rasgele bir X seç
    Öğrenci(i,j)=X
  end for
end for (döngüyü bitir)
```

Burada,  $np$ : popülasyonun boyutu,  $ng$ : tasarım değişkenleri katagorileşmiş ise grup sayısı,  $X_{\min}$  ve  $X_{\max}$ : çalışmadaki regresyon fonksiyonlarının tasarım değişkenlerinin minimum ve maksimum değerleridir.

### 1.9.3. Öğretme Safhası

Öğretme safhasında tüm popülasyon içindeki minimum tarafsız fonksiyon ( $f_i$ ) değerine sahip olan öğrenci bulunur ve öğretmen gibi taklit edilir. Güncel fonksiyondaki diğer öğrenciler, öğretmenin komşusu olarak modifiye edilir. Bu modifikasyon aşağıdaki denklemlerle uygulanır:

$$\text{öğrenci}_i = [X_{i,1} X_{i,2} \dots X_i, D_n] \quad i = 1, 2, \dots, p_n \quad (67)$$

$$\text{ortalama} = [\text{ortalama}(X_1) \text{ortalama}(X_2) \dots \text{ortalama}(X_{DN})] \quad (68)$$

$$\text{öğrenci}_{\text{yeni}_i} = \text{öğrenci}_i + r * (\text{öğretmen} - \text{TF} * \text{ortalama}) \quad (69)$$

Burada,  $D_n$ : tasarım değişkenlerinin sayısı,  $n_p$ : popülasyonun boyutu,  $r$ : (0,1) arasında değişen rastgele bir sayı,  $\text{TF}$ : 1 veya 2 olabilen öğretim faktörü,  $X_i$ : regresyon fonksiyonundaki bilinmeyen katsayıyı temsil etmektedir.

Eğer modifiyeli öğrencinin tarafsız fonksiyonu güncel öğrencinin tarafsız fonksiyonundan küçükse, modifiyeli öğrenci güncel öğrenci ile yer değiştirilir.

### 1.9.4. Öğrenme Safhası

Daha önce bahsedildiği gibi, sonuçlara öğrencilerin kendi aralarındaki etkileşimleri de yardım eder. Böylece bir çözüm, popülasyondaki diğer çözümler ile yeni bir bilgi öğrenmek için rastgele ilişki kurmaktadır. Bu çözüm, eğer diğer çözümler kendisinden daha bilgili ise yeni bilgiler öğrenilecektir. Öğrenme aşamasını temsil eden modifikasyon denklemi aşağıdaki gibidir:

$$f(X^i) < f(X^j) \text{ ise } X^{\text{yeni},i} = X^i + r(X^j - X^i) \quad (70)$$

$$f(X^i) > f(X^j) \text{ ise } X^{\text{new},i} = X^i + r(X^j - X^i) \quad (71)$$

burada,  $X^j$ ,  $X^i$ 'den farklı olan herhangi bir çözümdür.

Öğretme safhası, öğrencilerin seviyesi öğretmen seviyesine gelene kadar eğitilme amacıyla uygulanır. Öğrenme aşamasında, modifiyeli öğrenciler öğretme-öğrenme sürecine göre birbirleri arasındaki etkileşim vasıtasıyla bilgilerini arttırırlar. Bu etkileşim aşağıdaki gibidir:

```

For i=1:np
rastgele öğrencii seç, i≠j
if f(öğrencii) < f(öğrencij)
fark= öğrencii- öğrencij
else (koşul)
fark= öğrencij- öğrencii
end if
öğrenciyeni_i = öğrencii + r.*fark
if f(öğrenciyeni_i) < f(öğrencii)
öğrencii = öğrenciyeni_i
end if
end for

```

### 1.9.5. Sonlandırma

Öğrenci safhasından elde edilen yeni öğrenci, tarafsız fonksiyonu daha iyi değilse dikkate alınmaz. Bu durum, öğretme safhası için de geçerlidir. Öğrenme safhasının sonunda, ÖÖTO için bir döngü tamamlanır ve sonrasında öğrenme ve öğretme safhaları nihai kritere ulaşıncaya kadar devam eder (Toğan, 2013).

### 1.10. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay zeka tekniklerinden biri olan yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Teknik olarak bir yapay sinir ağının en temel görevi, kendisine gösterilen bir girdi takımına karşılık gelebilecek bir çıktı takımı belirlemektir. Bunu yapabilmesi için ağ, ilgili olayın örnekleri ile eğitilerek (öğrenme) genelleme yapabilecek yeteneğe kavuşturulur. Bu genelleme ile benzer olaylara karşılık gelen çıktı takımları belirlenir (Öztemel, 2006).

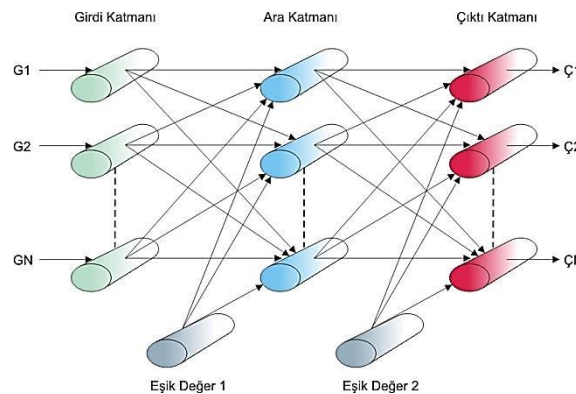
### 1.10.1. Yapay Sinir Ağının Yapısı

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluştururlar. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rastgele olmaz. Genel olarak hücreler 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar. Bu katmanlar girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanı olarak sıralanabilir. Bu katmanların işlevleri ile ilgili bilgiler ileride detaylı olarak verilecektir.

YSA günümüzde çok kullanılan bir analiz tekniği olmuş ve özellikle su kaynaklarının birçok alanına uygulanmıştır. Bugüne kadar birçok YSA modeli geliştirilmiştir. Bu modeller YSA ile ilgili yazılan birçok kaynakta ayrıntılı bir biçimde verilmektedir (Şen, 2004; Öztemel, 2006).

### 1.10.2. Çok Katmanlı Algılayıcı Model Yapısı (ÇKA)

Çok katmanlı algılayıcı (ÇKA), ileri doğru bağlantılı ağlardır ve üç katmandan oluşurlar. Bu katmanlar girdi, ara ve çıktı katmanlarıdır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. ÇKA modeli

Girdi katmanı dış dünyadan gelen girdileri (G1, G2, ... GN) olarak ara katmana gönderir. Bu katmanda veri işleme olmaz ve gelen her bilgi geldiği gibi bir sonraki



katmana gider. Girdi katmanındaki her işlem elemanı bir sonraki katmanda bulunan işlem elemanlarına bağlıdır. Ara katmanlar girdi katmanından gelen bilgileri işlerler ve bir sonraki katmana gönderirler. Ara katman sayısı ve ara katmanda bulunan işlem elemanı birden fazla olabilir. Ara katmanda bulunan her işlem elemanı da bir sonraki katmandaki tüm işlem elemanlarına bağlıdır. Çıkış katmanı ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın ürettiği çıktıları (Ç1, Ç2, ...ÇN) belirleyerek dış dünyaya iletir. Çıktı katmanında birden fazla işlem elemanı olabilir. Bu işlem elemanları tek çıktı verebilirler ve bir önceki katmanda bulunan tüm işlem elemanlarına bağlıdır (Öztemel, 2006)

### 1.10.3. ÇKA Ağının Öğrenme Yapısı

ÇKA ağları öğretmenli öğrenme modeline göre çalışırlar. Bu durum, ağlara eğitim sırasında hem girdilerin hem de o girdilere karşılık üretilmesi beklenen çıktıların ağa tanıtılması demektir. ÇKA ağının öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı Delta Öğrenme Kuralının genelleştirilmiş halidir. O nedenle öğrenme kuralına Genelleştirilmiş Delta Kuralı da denmektedir. Ağın öğrenbilmesi için eğitim takımı adı verilen ve örneklerden oluşan bir veri takımına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri takımında her örnek için hem girdiler hem de o girdiler için ağın üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir. Genelleştirilmiş Delta Kuralı iki safhadan oluşur. İlk safha ileri doğru hesaplama adı verilen ağın çıktısını hesaplama safhasıdır. İkinci safha ise geriye doğru hesaplama olarak bilinen ağırlıkları değiştirme safhasıdır (Kankal, 2010). Bu iki safhada gerçekleştirilen işlemler kısaca şu şekilde tanımlanabilir:

Adım 1. Ağırlıkların ilklendirilmesi: Rastgele küçük sayılar seçilerek gerçekleştirilir;

Adım 2. Örneklerin ağa girilmesi:  $y^k$  çıkış vektörüne karşılık gelen  $u^k$  giriş vektörü ağa girilir;

Adım 3. İleri doğru hesaplama safhası: İlk ara katmandan başlanır ve çıktı katmanına kadar ilerlenir;

Adım 3.1. L katmanındaki işlem elemanları için net girdiler hesaplanır:

Adım 3.1.1. L-1 giriş katmanı ise

$$a_{h_L}^k = \sum_{j=0}^N w_{jh_L} u_j^k \quad (72)$$

Adım 3.1.2. L-1 ara katmanı ise

$$a_{h_L}^k = \sum_{j_{L-1}=0}^{N_{L-1}} w_{j_{L-1}h_L} u_{j_{L-1}}^k \quad (73)$$

Adım 3.2. L katmanındaki işlem elemanları için çıktı değerleri hesaplanır:

$$x_{h_L}^k = f_L(a_{h_L}^k) \quad (74)$$

Burada, değer çıkış tabakası için hesaplanacaksa  $h_L$  yerine  $i_0$  kullanılmalıdır ve  $f$  ise işlemci fonksiyonudur.

Adım 4. Çıktı hataları: çıktı tabakasındaki hata değerleri hesaplanır:

$$\delta_{i_0}^k = (y_{i_0}^k - x_{i_0}^k) f'(a_{i_0}^k) \quad (75)$$

Adım 5. Geriye doğru hesaplama safhası: Hata değerlerinin giriş katmanından başlayarak her L tabakası için geri yayılır:

$$\delta_{h_L}^k = f'(a_{h_L}^k) \sum_{i_{L+1}=0}^{N_{L+1}} \delta_{i_{L+1}}^k w_{h_L i_{L+1}}^k \quad (76)$$

Burada, değer çıkış tabakası için hesaplanacaksa  $h_L$  yerine  $i_0$  kullanılmalıdır.

Adım 6. Ağırlıkların değiştirilmesi: Ağırlıklar şu şekilde değiştirilmektedir:

$$w_{j_{L-1}h_L}(t+1) = w_{j_{L-1}h_L}(t) + \gamma \delta_{h_L}^k x_{j_{L-1}}^k + \eta [w_{j_{L-1}h_L}(t) - w_{j_{L-1}h_L}(t-1)] \quad (77)$$

burada  $\gamma$  öğrenme katsayısını ve  $\eta$  ise momentum katsayısını ifade etmektedir.

Adım 7. Verilen iterasyon sayısına veya toplam karesel hata değerine ulaşıncaya kadar 2.-6. adımlar tekrar edilir. Toplam karesel hata şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\langle E^k \rangle = \left\langle \frac{1}{2} \sum_{i_0=1}^M (y_{i_0}^k - x_{i_0}^k)^2 \right\rangle \quad (78)$$

Burada, ara katman işlem elemanları ve çıktı katmanı işlem elemanları arasında yapılan işlemleri tanımlamada sırasıyla L ve o alt indisleri kullanılmıştır. Bunun yanında, giriş ve çıkış tabakalarını ifade etmek için j ve i, ara tabakaları ifade etmek için ise h alt indisleri kullanılmıştır (Kankal, 2010).

Aktivasyon fonksiyonu, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonu olarak da çıktıyı hesaplamak için değişik formüller kullanılmaktadır. Aktivasyon fonksiyonları içerisinde en sık kullanılan logaritmik sigmoid işlemci fonksiyonudur. Bu fonksiyonun çıktısı 0 ile 1 arasında değişmektedir ve matematiksel ifadesi şu şekildedir:

$$F(\text{NET}) = \frac{1}{1 + e^{-\text{NET}}} \quad (79)$$

Diğer bir fonksiyon da tanjant sigmoid fonksiyonudur. Bu fonksiyonda farklı olarak çıktı değerleri -1 ile 1 arasında değişmektedir. Matematiksel ifadesi ise şu şekildedir:

$$F(\text{NET}) = \frac{1 - e^{-2\text{NET}}}{1 + e^{-2\text{NET}}} \quad (80)$$

Bir diğer fonksiyon da purelin fonksiyonu olup bu fonksiyonda nöron girişlerinin değişimine göre nöron çıkışı doğrusal olarak değişmektedir.

#### 1.10.4. ÇKA Ağının Çalışma Adımları

ÇKA ağlarının çalışması şu adımları içermektedir:

- Örneklerin toplanması; ağın çözmesi istenilen olay için daha önce gerçekleştirilmiş örneklerin bulunması adımıdır. Ağın eğitilmesi için örnekler toplandığı gibi (eğitim takımı) ağın denenmesi için de örneklerin (deneme takımı) toplanması gerekmektedir. Eğitim takımındaki örnekler tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra, deneme takımındaki örnekler gösterilerek ağın becerisi ölçülür. Hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı ağın iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koymaktadır.
- Ağın topolojik yapısının belirlenmesi; öğrenilmesi istenen olay için oluşturulacak olan ağın topolojik yapısının oluşturulduğu adımdır. Kaç tane girdi ünitesi, kaç tane ara katman, her ara katmanda kaç tane işlem elemanı ve kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.

- Öğrenme parametrelerinin belirlenmesi; ağın öğrenme katsayısı, momentum katsayısı ve işlem fonsiyonlarının belirlendiği adımdır.
- Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması; işlem elemanlarını birbirlerine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanmasının yapıldığı adımdır. Başlangıçta genellikle rastgele değerler atanır. Daha sonra ağı uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler.
- Öğrenme takımından örneklerin seçilmesi ve ağı gösterilmesi; ağı öğrenmeye başlaması ve öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağı örneklerin (Girdi/Çıktı değerleri) belirli bir düzende gösterildiği adımdır.
- Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması; sunulan girdiler için çıktılar hesaplandığı adımdır.
- Gerçekleşen çıktının beklenen çıktı ile karşılaştırılması; ağı ürettiği hata değerlerinin hesaplandığı adımdır.
- Ağırlıkların değiştirilmesi; geri hesaplama yöntemi uygulanarak üretilen hatanın azalması için ağırlıkların değiştirilmesi yapılır.

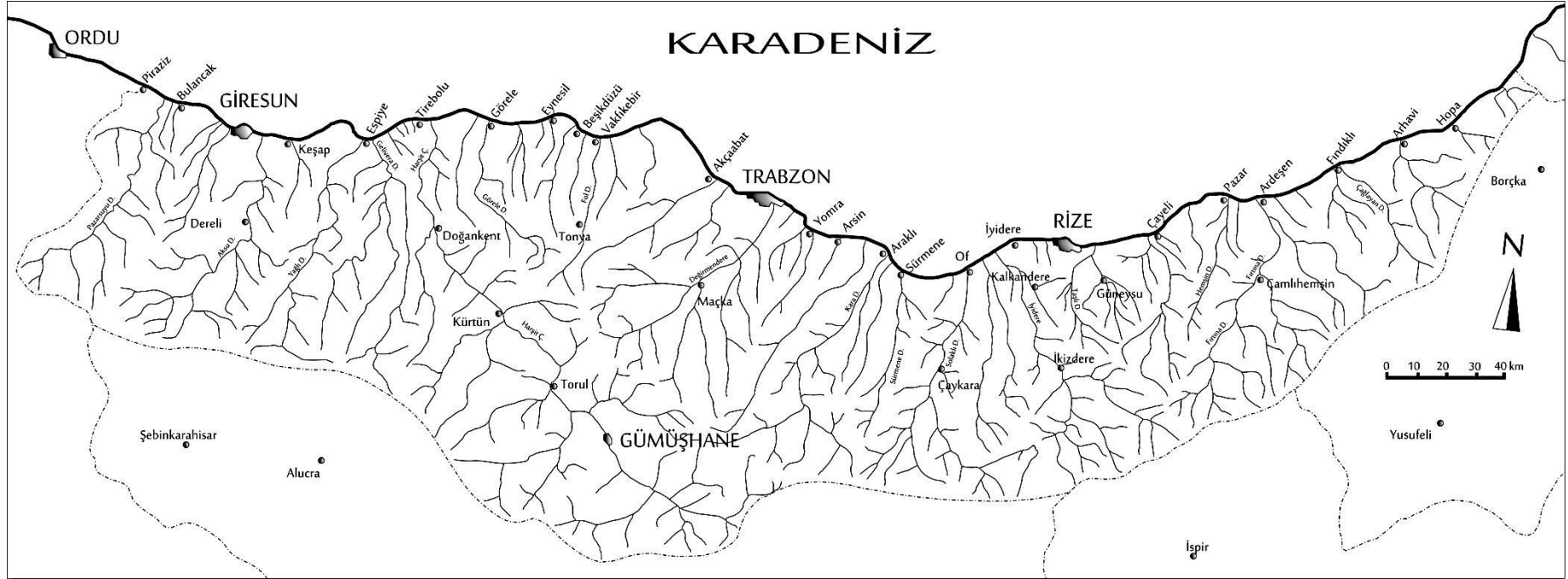
Yukarıdaki adımlar ağı öğrenmesi tamamlanıncaya kadar, yani gerçekleşen çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki hatalar kabul edilir düzeye ininceye kadar devam eder. Ağı öğrenmesi için bir durdurma kriteri olması gerekmektedir. Bu ise genellikle üretilen hatanın belirli bir düzeyin altına düşmesi olarak alınmaktadır (Kankal, 2010).

## 2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1. Çalışma Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı olan Doğu Karadeniz Havzası (Şekil 2.1) 1200 ile 1300 mm arasında değişen ortalama yağış yüksekliği ile Türkiye’de en çok yağış alan bölgedir. Havza 24.077 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 Havzası’nın, Türkiye’nin 433 milyar kWh olan toplam brüt hidroelektrik potansiyeli içinde yaklaşık olarak %11,2’sine (49 milyar kWh) sahip olduğu belirtilmiştir (Yüksek vd., 2008).

Çalışma alanı olan Doğu Karadeniz Havzası, DSİ 22. Bölge Müdürlüğü sınırları içinde kalmakta ve 17.143 km<sup>2</sup> toplam alana sahiptir. Bu bölgenin çalışma alanı olarak seçilmesinin nedenleri; havzadaki akım gözlem istasyon sayısının yetersiz olması, havzanın sık sık taşkınlara maruz kalması, yerleşim yerlerinin, özellikle de son zamanlarda oldukça fazla inşa edilen HES vb. birçok hidrolik yapının projelendirilmesine fayda sağlamasıdır. Oluşan taşkınlarda, yerleşimlerin genellikle taşkın alanlarında bulunmasından ötürü birçok ölüm ve yaralanma olayı yaşanmıştır. Kaydedilmiş bu taşkınların tamamında can kaybı, yaralanma ve maddi zararlar oluşmaktadır. Doğu Karadeniz Havzası’nda yaşanan taşkınların gerek ekonomik, gerek can kaybı açısından boyutu, fiziki ve iklimsel koşulları nedeniyle Türkiye’deki diğer havzalardan daha fazladır (Yüksek vd., 2013).



Şekil 2.1. Doğu Karadeniz Havzası

## **2.2. Çalışmada Kullanılan Veriler**

### **2.2.1. Debi Verileri**

Çalışma alanında 1943-2012 yılları arasında en az 10 yıllık veri ölçümü bulunan akım gözlem istasyonları belirlenmiştir. Analizi gerçekleştirecek hidrolojik verilerin uzunluğu ne kadar fazla ise analizden elde edilecek sonuçlar o derece doğru ve gerçeğe yakın olmaktadır. Aksi halde, veri sayısı az olan bu istasyonların model sonuçlarında olumsuz etkileri olacaktır. Sonuç olarak çalışma alanında DSİ ve EİE'ye ait 38 adet istasyon belirlenmiş ve yıllık maksimum akım ölçümleri ( $m^3/sn$ ) elde edilmiştir. Havzada bulunan AGİ'lerdeki debi ölçümleri, DSİ ve EİE tarafından yürütülmektedir. Çalışmada kullanılan AGİ'lerin yerleri ve drenaj alanlarındaki akarsu kolları Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan AGİ'ler



Çalışmada kullanılan AGİ'lerin isimleri, koordinatları ve gözlem süreleri Tablo 2.1'de verilmiş olup veriler DSİ ve EİE'den temin edilmiştir.

Tablo 2.1. Çalışmada kullanılan AGİ' lere ait bilgiler

İstasyon No	İstasyon Adı	Drenaj Alanı (km <sup>2</sup> )	Kot (m)	Gözlem Süresi (yıl)
EİE/2201	KÜRTÜN	2750	480	39
EİE/2202	AĞNAS	635,7	78	42
EİE/2213	DERELİ	713	248	40
EİE/2215	DEREKÖY	445,2	942	39
EİE/2218	ŞİMŞİRLİ	834,9	338	38
EİE/2228	BAHADIRLI	191,4	17	35
EİE/2233	TOZKÖY	223,1	1296	41
DSİ/22-06	KÖPRÜBAŞI	156	60	36
DSİ/22-07	ŞERAH	154,7	1114	37
DSİ/22-09	TORUL	1900,4	925	38
DSİ/22-13	SÜTTAŞI	124,85	188	25
DSİ/22-34	FINDIKLI	258,6	100	25
DSİ/22-40	EYMÜR	3132,8	120	33
DSİ/22-44	AYTAŞ	421,2	500	24
DSİ/22-52	ULUCAMI	576,8	275	32
DSİ/22-53	ORTAKÖY	173,6	150	21
DSİ/22-57	ALÇAKKÖPRÜ	242,6	650	30
DSİ/22-58	CÜCENKÖPRÜ	162,7	300	29
DSİ/22-59	ÇİFTDERE	121,5	250	25
DSİ/22-61	ORTAKÖY	261	450	20
DSİ/22-62	KONAKLAR	496,7	300	29
DSİ/22-63	MİKRONKÖPRÜ	239,2	325	28
DSİ/22-64	KOVANLIK	470	550	27
DSİ/22-66	CEVİZLİK	115,9	300	21
DSİ/22-68	YENİKÖY	171,6	500	18
DSİ/22-71	İKİSU	292,7	1050	15
DSİ/22-72	ARILI	92,15	175	25
DSİ/22-73	TUĞLACIK	397,9	400	25
DSİ/22-76	KEMERKÖPRÜ	302	230	10
DSİ/22-79	ÇAMLICA	89,7	300	12
DSİ/22-80	SINIRKÖY	296,9	750	25
DSİ/22-82	KÖMÜRCÜLER	83,32	290	29
DSİ/22-83	GÜMÜŞKAYA	410,8	1150	14
DSİ/22-85	KAPTANPAŞA	231,2	400	27
DSİ/22-87	HASANŞİH	256,8	355	28
DSİ/22-88	ORMANÜSTÜ-MELİK	168,8	600	19
DSİ/22-89	KÜÇÜKKÖY	66,37	400	24
DSİ/22-90	ALANCIK	470,2	750	20

### 2.2.2. Havzanın Topoğrafik ve Meteorolojik Özelliklerine Ait Veriler

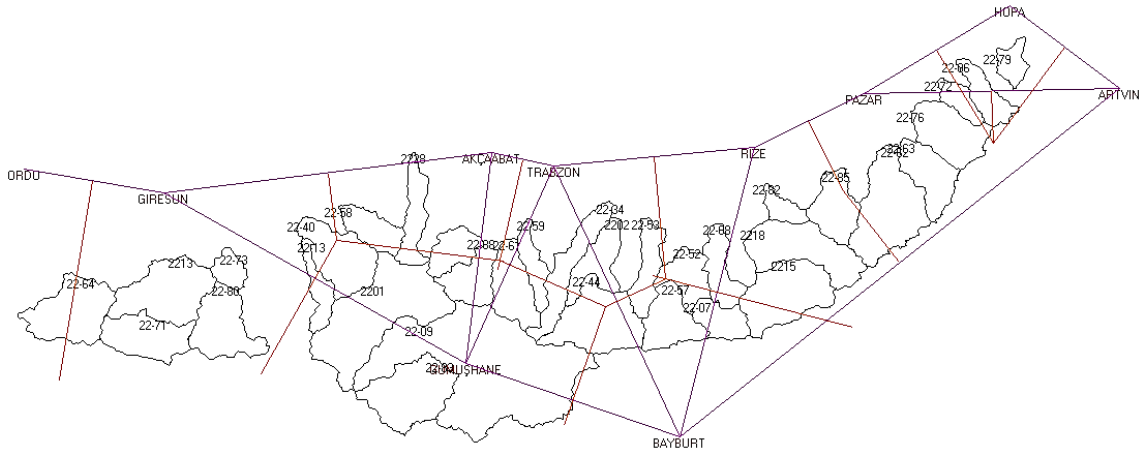
Bu çalışmada kullanılan Doğu Karadeniz Havzası'na ait havza özellikleri, topoğrafik ve meteorolojik olarak iki gruba ayrılabilir. Drenaj alanı, dere frekansı, akarsu eğimi ve kot topoğrafik özellikler; yıllık ortalama yağış ve yağış şiddeti verileri ise meteorolojik özellikler olarak sınıflandırılmıştır. Söz konusu 6 adet bağımsız değişkenin seçiminde, daha önceki çalışmalarda kullanılan bağımsız değişkenler araştırılmış ve taşkın debilerinin tahmin edilmesinde etkili oldukları belirlenmiştir. Daha önceki çalışmalarda kullanılan bu bağımsız değişkenler Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2. Önceki çalışmalarda kullanılan bağımsız değişkenler

Yazarlar	Ülke	Metot	Kullanılan Bağımsız Değişkenler
Jingyi ve Hall (2004)	Çin	İndex taşkın ve YSA	Alan, yıllık toplam yağış, akarsu eğimi, kot, ortalama akarsu uzunluğu
Shu ve Burn (2004)	İngiltere	RA ve YSA	Alan, yıllık toplam yağış, zemin drenaj tipi
Dawson vd. (2006)	İrlanda	RA ve YSA	Alan, yıllık toplam yağış, akarsu eğimi, kot, taban akışı indeksi, akış yüzdesi
Leclerc vd. (2007)	Kanada	CCA	Alan, yıllık toplam yağış, AGİ enlem, AGİ boylam, ortalama hava sıcaklığı
Shu ve Ouarda (2007)	Kanada	CCA, YSA ve ANFIS	Alan, yıllık toplam yağış, akarsu eğimi, sürtünme katsayısı, ortalama hava sıcaklığı
Palmen ve Weeks (2011)	Avustralya	RA	Alan, yıllık toplam yağış, akarsu eğimi, yağış şiddeti, drenaj yoğunluğu, akarsu uzunluğu, evapotranspirasyon
Malekinezhad vd. (2011)	İran	İndex taşkın ve RA	Yıllık toplam yağış, ortalama akarsu uzunluğu, geçirimsizlik katsayısı, ortalama hava sıcaklığı
Haddad vd. (2012)	Avustralya	RA	Alan, yıllık toplam yağış, yağış şiddeti, drenaj yoğunluğu, evapotranspirasyon
Aziz vd. (2013)	Avustralya	RA ve YSA	Alan, yıllık toplam yağış, akarsu eğimi, yağış şiddeti, evapotranspirasyon
Seckin vd. (2013)	Türkiye	RA ve YSA	Alan, kot, AGİ enlem, AGİ boylam, dönüş periyodu
Bu çalışma (2014)	Türkiye	RA, YAK ve ÖÖTO	Alan, yıllık toplam yağış, akarsu eğimi, kot, drenaj yoğunluğu, yağış şiddeti
	Türkiye	RA ve YSA	Alan, yıllık toplam yağış, akarsu eğimi, kot, drenaj yoğunluğu, tekerrür süresi

Bu çalışmada; drenaj alanı, kot, yıllık ortalama toplam yağış, yağış şiddeti, drenaj yoğunluğu ve eğim bağımsız değişkenler olarak kullanılmışlardır. Ayrıca YSA ile yapılan taşkın frekans analizinde tekerrür süresi (T) de bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. İklim özellikleri açısından, toplam yağış değerlerinin akarsu akımları üzerinde etkili

olduğu düşünülerek AGİ'lere ait yıllık ortalama toplam yağış değerleri Thiessen Yöntemiyle hesaplanmıştır. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (DMI) temin edilen ve çalışma alanında seçilen meteoroloji gözlem istasyonları, doğrularla birleştirilmiştir. Daha sonra bu doğrulardan orta dikmeler çizilerek her bir AGİ'ye ait Thiessen alanları belirlenmiştir (Şekil 2.3). Böylece, meteoroloji istasyonlarının yağış verileri, AGİ'lerin sahip olduğu drenaj alanlarına göre hesaplanmış ve her bir istasyona ait ortalama yıllık toplam yağış değerleri elde edilmiştir. Meteoroloji istasyonlarına ait genel bilgiler Tablo 2.3'te verilmiştir.



Şekil 2.3. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonları ve Thiessen çokgenleri

Tablo 2.3. Meteoroloji istasyonlarına ait genel bilgiler

İstasyon Adı	No	Koordinatlar	Yıllık Ortalama Yağış (mm)
Akçaabat	17626	41° 01' - 39° 34'	714,1
Artvin	17045	41° 11' - 41° 49'	690,3
Bayburt	17686	40° 15' - 40° 14'	435,1
Giresun	17034	40° 55' - 38° 23'	1274,2
Gümüşhane	17088	40° 28' - 39° 28'	448,1
Hopa	17042	41° 24' - 41° 26'	2172,0
Ordu	17033	40° 98' - 37° 88'	1048,7
Pazar	17628	41° 11' - 40° 53'	2031,0
Rize	17040	41° 02' - 40° 31'	2314,2
Trabzon	17037	41° 00' - 39° 43'	820,5

Yağış şiddetinin taşkın debisi üzerindeki etkisi büyük olmakla birlikte, bu bağımsız değişken oldukça az çalışmada kullanılmıştır (Haddad vd., 2012; Aziz vd., 2013). Bu

çalışmada, yağış şiddeti de bağımsız değişken olarak dikkate alınmıştır. Seçilen meteoroloji istasyonları için, 81 nolu eşitlikten (Aziz vd., 2013) elde edilen konsantrasyon süresine karşılık gelen zamanlara ait standart zamanlarda gözlenen en büyük yağış değerleri kullanılmıştır.

$$t_c = 0,76 A^{0,38} \quad (81)$$

Burada, A: havza alanı (km<sup>2</sup>), t<sub>c</sub>: konsantrasyon süresidir (saat). Karşılık geldiği konsantrasyon süresine göre hesaplanan yağış şiddetlerine, Thissen çokgenleri yöntemi ile alan dağılımı yapılmıştır. Easy Fit paket programı ile her bir istasyona karşılık gelen en uygun dağılım belirlenmiş ve buna göre T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl tekerrür süreleri için yağış şiddetleri hesaplanmıştır.

Drenaj yoğunluğu, birim alana ait toplam akarsu uzunluğunu ifade etmektedir ve alansal kanal gelişimini ifade eden bir değerdir. 1/25.000 ölçekli haritalar kullanılarak her bir AGİ'nin drenaj alanları ve toplam akarsu uzunlukları belirlenmiştir. Daha sonra bu değerler kullanılarak drenaj yoğunluğu değerleri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır.

$$Y_d = \frac{L_{top}}{A} \quad (82)$$

Burada, Y<sub>d</sub>: Drenaj yoğunluğunu, m/km<sup>2</sup>, L<sub>top</sub>: Toplam akarsu uzunluğunu (m), A: Drenaj alanını (km<sup>2</sup>) göstermektedir.

Drenaj yoğunluğu havzanın drenaj etkinliğini ifade etmektedir. Drenaj yoğunluğunun yüksek değerlerde olması, etkili taşkınlara sebep olan şiddetli akışa geçen drenaj özelliğini göstermektedir. Bu değerlerin düşük olması ise, ılımlı bir akışı ve yüksek permeabiliteye sahip alanları ifade etmektedir (Saka 2012).

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.

Tekerrür sürelerinin (T) hesaplanmasında, L-momentler ile belirlenen istasyonların her birine ait uygun dağılımların olasılık dağılım fonksiyonları kullanılmıştır. Bu şekilde her bir debiyeye karşılık gelen T'ler hesaplanmıştır.

### 2.3. Taşkın Frekans Analizi İçin Kullanılan Yöntemler

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nın taşkın frekans analizi farklı yöntemlerle yapılmış olup yapılan analizler üç ayrı kısım şeklinde sunulmuştur. Birinci kısımda; L-momentler yöntemi kullanılmış olup T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yinelenme süreli taşkın debileri tahmin edilmiştir. İkinci kısımda; L-momentlerle elde edilen bu taşkın debileri bağımlı değişken; alan, drenaj yoğunluğu, akarsu eğimi, kot, yıllık ortalama yağış ve yağış şiddeti değerleri bağımsız değişkenler olmak üzere regresyon analizi, yapay arı kolonisi algoritması ve öğretme-öğrenme tabanlı algoritma ile modeller geliştirilmiş, bu yöntemler kendi aralarında karşılaştırılmış ve bölge için T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yinelenme süreleri için en iyi regresyon denklemleri çıkartılmıştır. Üçüncü ve en son kısımda ise; AGİ'lere ait yıllık maksimum debi değerleri bağımlı değişken; alan, drenaj yoğunluğu, akarsu eğimi, kot, yıllık ortalama yağış ve L-momentlerle elde edilen ve istasyonlara ait uygun dağılımlara göre hesaplanan her bir debiye karşılık gelen T değerleri bağımsız değişkenler olmak üzere yapay sinir ağları ile modeller geliştirilmiş olup bu modeller çoklu regresyon analizi ile karşılaştırılmıştır.

#### 2.3.1. L-Momentler Yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzası'nın Taşkın Frekans Analizi

Doğu Karadeniz Havzası'nın L-momentler ile taşkın frekans analizinde öncelikle AGİ'lere ait olasılık ağırlıklı moment değerleri 3 ve 4 no.lu denklemler yardımıyla elde edilmiştir. 3 no.lu denklemdeki  $X_i$  teriminin yerine yıllık maksimum debi değeri ve  $F_i$  teriminin yerine ise 6 no.lu denklemle bulunan değerler yazılmıştır. L-moment değerleri 11 no.lu denklem yardımıyla bulunmuştur. Bu denklemdeki sıfırıncı (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 ise  $M_{104}=M_{140}$ 'tır.

Bölgenin homojenliği L-momentler yöntemine dayalı iki istatistik olan uyumsuzluk ve heterojenlik ölçüsü ile test edilmiştir. Uyumsuzluk ölçüsü hesabında 13, 14, 15 ve 16 no.lu eşitlikler kullanılmış olup hesaplar xtest programı ile yapılmıştır. Her bir istasyon için elde edilen  $D_i$  değerleri Tablo 1.1'deki değerler ile karşılaştırılarak istasyonların homojenliği test edilmiştir. Heterojenlik ölçüsü hesabında 17, 18 ve 19 no.lu eşitliklerdeki

$V_1$ ,  $V_2$  ve  $V_3$ 'e bağılı  $H_i$  değerleri belirlenmiş olup hesaplar xtest programı ile yapılmıştır. 20 no.lu eşitlikteki  $H_i$  değerinin sınır şartları değerlendirilerek bölgenin heterojenlik analizi yapılmıştır.

Homojenlik analizinden sonraki aşama bölge için en uygun dağılımı bulmaktır. Bu çalışmada tahmin edilecek taşkın debilerin daha hassas sonuçlar vermesi amacıyla en uygun dağılımlar her bir istasyon için ayrı ayrı belirlenmiştir. Aynı zamanda bölge için tek bir dağılım kabul edilerek de taşkın debileri tahminleri yapılmış ve sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. Taşkın frekans analizlerinde en sık kullanılan dağılımlardan EV1, GEV, GLO, LN3 ve LPE3 dağılımlarının parametre tahminleri, 21- 51 no aralığındaki denklemlerden elde edilmiştir. EV1, GEV ve GLO dağılımlarının parametreleri, karşılaştırma yapmak amacıyla Easy Fit adlı paket program ile de hesaplanmıştır. LN3 ve LPE3 dağılımların parametreleri, programın bu iki dağılımda farklı parametre sistemi ile çalışmasından dolayı Easy Fit ile hesaplanmamıştır. Dağılımların parametreleri belirlendikten sonra Ki-kare ve OÇK testleri ile istasyonlara ait en uygun dağılımlar belirlenmiştir. Bu iki testte, her bir istasyona ait uygun dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonunda, o dağılıma ait L-momentler yöntemi ile tahmin edilen şekil, ölçek ve yer parametreleri kullanılmıştır. Ki-kare testinin küçük örneklerde çok iyi sonuçlar vermemesi sebebiyle, veri sayısı 15'ten az olan 22-68, 22-71, 22-76, 22-79, 22-82, 22-83 no.lu istasyonlar için sadece OÇK testi yapılmıştır. OÇK testini uygulamak için her bir istasyonun verileri artan sıra ile dizilmiş ve  $F(x_i)$  değeri her bir dağılım için elde edilmiştir. Bu değerlere karşı gelen  $z$  değeri  $z$  çizelgesinden okunmuş ve sonuç olarak  $x_i$  ve bulunan  $z$ 'ler arasında korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Elde edilen korelasyon katsayısı ve kritik değerleri karşılaştırarak dağılımların verilere uyup uymadığı araştırılmıştır. Tüm istasyonlar için her iki testin sonuçlarından elde edilen  $x_h^2$  ve  $r_h$  değerleri dikkate alınarak her bir istasyon için uygun dağılım belirlenmiştir. Bölge için tek bir dağılımın kabulü esasına göre yapılan test ise  $Z$  uygunluk testidir. Xtest programının Regtst.for alt programı çalıştırılarak  $Z$  değerleri hesaplanmıştır.  $|Z| \leq 1,64$  şartını sağlayan her dağılım uygun olarak kabul edilmektedir. Uygun bulunan dağılımların içinde  $Z$  değeri 0'a en yakın olan dağılım en uygun dağılım olarak belirlenmiştir.

En uygun dağılımlar belirlendikten sonra çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debilerinin tahmini yapılmıştır. Her bir istasyona en uygun olan dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanılarak 56 ve 57 no.lu eşitlikler ile  $T=5, 10, 25, 50, 100$  ve 500 yıl tekerrür süreli taşkın debileri hesaplanmıştır. Bölge için tek bir dağılım kabulüne göre

de aynı yineleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debileri hesaplanmış ve sonuçlar istasyon bazında uygun dağılıma göre tahmin edilenlerle karşılaştırılmıştır. Bölge için tek dağılım esasına göre yapılan hesaplar için xsim programı kullanılmıştır. Program içinde yer alan benzeşim sayısı (NSIM) ve her benzeşimde tekrarlanma sayısı (NREP) değeri bu çalışmada 500 alınmıştır. Rastgele sayı yaratıcı (SEED) değeri ise 417935084 olarak alınmıştır. Ayrıca ve istasyonlar arası bağımlılık katsayısı (RMED) 0,44 olarak programa girilmiştir. Sabitlerin seçilmesinde literatürde kullanılan değerler dikkate alınmıştır (Hosking ve Wallis 1997; Aydoğan, 2008; Seçkin 2009; Yıldız 2012). Hesaplanacak karakteristik değer sayısı (NQ) 6 ve bu değere bağlı olarak aşılmama olasılıkları (FVAL) 0.8, 0.9, 0.96, 0.98, 0.99 ve 0.998 olarak girilmiştir. 0.8, 0.9, 0.96, 0.98, 0.99 ve 0.998 olarak girilen aşılmama olasılıkları, çalışmada seçilen T= 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme sürelerine karşılık gelmektedir. Benzeşim yapılırken istasyon sayısı (NSITES) ve bu istasyonlara bağlı olarak veri uzunlukları da (LEN) gerçeği ile aynı olarak programa verilmesi gerekmektedir. Verilerin girilmesinden sonra bölge için uygun bulunan dağılıma göre seçilen yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler hesaplanmıştır. Bunun için program içerisinde PELXXX.for ve QUAXXX.for programları çalıştırılmıştır. Elde edilen karakteristik değerler aşılmama olasılıkları ile çarpılarak her bir istasyonun seçilen yineleme aralıklarına karşılık gelen taşkın debileri hesaplanmıştır. Bölgesel tek dağılıma göre elde edilen karakteristik değerlerin doğrulukları aynı program içerisinde incelenmiştir. Karakteristik değerlerin doğrulukları incelenirken Monte Carlo benzeşimi yapılarak her istasyonun BIAS ve RMSE değerleri elde edilmiştir. Bu hesaplamaların sonuçları üçüncü bölümde bölümünde verilmiştir.

### **2.3.2. Regresyon Analizi, Yapay Arı Kolonisi Algoritması ve Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon Yöntemleri ile Doğu Karadeniz Havzası'nın Taşkın Frekans Analizi**

Havzaya ait fiziksel ve hidrolojik özellikleri taşkın debileriyle ilişkilendirmek ve bölgede ölçümü olmayan noktalarda taşkın debisi tahmini yapabilmek amacıyla verilere regresyon analizi uygulanmıştır. L-momentlerle elde edilen T= 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli taşkın debileri bağımlı değişken; alan, drenaj yoğunluğu, akarsu eğimi, kot, yıllık ortalama yağış ve T= 5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli yağış şiddeti değerleri bağımlı değişkenler olarak kullanılmışlardır. Çoklu regresyon analizinde kullanılan havza karakteristiklerinden hangilerinin iyi bir model temsil ettiğine karar

vermek amacıyla farklı modeller oluşturulmuş ve her bir modelin farklı regresyon fonksiyonları için determinasyon katsayıları hesaplanmıştır. Kullanılan bu fonksiyonların tanımları aşağıdaki gibidir:

$$\text{Doğrusal Fonksiyon: } y = \beta_0 + \beta_1 * x + \varepsilon \quad (83)$$

$$\text{Logaritmik Fonksiyon: } y = \beta_0 + \beta_1 * \ln x + \varepsilon \quad (84)$$

$$\text{Ters Fonksiyon: } y = \beta_0 + \beta_1 / x + \varepsilon \quad (85)$$

$$\text{Üs Fonksiyonu: } y = \beta_0 x^{\beta_1} + \varepsilon \quad (86)$$

$$\text{S Fonksiyonu: } y = e^{(\beta_0 + \beta_1/x)} + \varepsilon \quad (87)$$

$$\text{Ekspansiyel Fonksiyon: } y = e^{(\beta_0 + \beta_1 * x)} + \varepsilon \quad (88)$$

Determinasyon katsayısı ( $R^2$ ), bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişkenler tarafından açıklandığını ifade eder. Bu durum, regresyon modelinin açıklayıcılık gücünün iyi bir göstergesidir.

$$R^2 = 1 - \left( \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2}{\sum_{i=1}^n A_i^2} \right) \quad (89)$$

$R^2$ '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.

Bağımsız değişkenlerin farklı kombinasyonları için 16 tane model oluşturulmuştur. Drenaj alanı ve yağış şiddeti önceki çalışmalarda en önemli değişkenler olarak belirttikleri için bu iki değişken 16 modelde de yer almıştır (Aziz vd. 2013). Drenaj alanı, yağış şiddeti ve diğer 4 bağımsız değişkenin diğer kombinasyonlarından oluşan 16 model Tablo 2.4'de verilmiştir. Tabloda  $X_1$ : alan,  $X_2$ :drenaj yoğunluğu,  $X_3$ :eğim,  $X_4$ :kot,  $X_5$ :yıllık ortalama yağış ve  $X_6$ :yağış şiddetine karşılık gelmektedir.



Tablo 2.4. Bağımsız değişkenlerin farklı kombinasyonlarından oluşan modeller

Model No	Bağımsız Değişkenler	Model No	Bağımsız Değişkenler
1	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub>	9	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub>
2	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>2</sub>	10	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>
3	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>3</sub>	11	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>
4	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>4</sub>	12	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub>
5	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>5</sub>	13	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>
6	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub>	14	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>
7	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>4</sub>	15	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>
8	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>5</sub>	16	X <sub>1</sub> , X <sub>6</sub> , X <sub>2</sub> , X <sub>3</sub> , X <sub>4</sub> , X <sub>5</sub>

Bütün modellerde en yüksek R<sup>2</sup> değerini veren fonksiyonlar doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlar olarak belirlenmiş ve bu üç fonksiyondan oluşan modellerin ortalama rölatif hata (ORH), ortalama mutlak hata (OMH) ve ortalama karesel hatanın karekökü (OKHK) hata değerleri de hesaplanmış olup bu hataların tanımları aşağıdaki gibidir:

$$ORH = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{P_i - A_i}{P_i} \right)}{n} \times 100 \quad (90)$$

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |P_i - A_i| \quad (91)$$

$$OKHK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (P_i - A_i)^2} \quad (92)$$

Hata değerleri incelendiğinde 16. modelin en iyi model oluşturduğu belirlenmiş olup YAK ve ÖÖTO için yapılan analizler bu model için yapılmıştır.

YAK ve ÖÖTO yöntemlerinde de, doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlar kullanılmıştır. Bağımsız değişkenlerin (x<sub>i</sub>) bilinmeyen katsayılarını optimize etmek için YAK ve ÖÖTO algoritmaları uygulanmıştır. Bağımsız değişkenlerin değerlerinin oldukça farklı aralıklarda olmasından dolayı, katsayıların optimizasyonu zor olmaktadır. Bunun sebebi, bazı değerlerin çok büyük, bazılarının çok küçük olmasıdır. Bundan dolayı, veriler (0.1 ile 0.9) arasında normalize edilmiştir.

$$\text{Normalleştirilmiş Değer} = \left[ \frac{\text{Ham değer} - \text{Minimum değer}}{\text{Maksimum değer} - \text{Minimum değer}} \right] \times (0.9 - 0.1) + 0.1 \quad (93)$$

Taşkın frekans analizi tahmininde amaç, gözlenen veri setine en uygun modeli bulmaktır. YAK ve ÖÖTO modelinin tarafsız fonksiyonu toplam karesel hatadır (TKH) ve aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\min f(v) = \sum_{i=1}^N (y_i - x_i)^2 \quad (94)$$

Burada; N: deney sayısı,  $x_i$ : i'inci deneysel veri,  $y_i$ : i'inci tahmin edilen değeri ifade eder.

6 parametre için 3 regresyon fonksiyonu değerlendirilmiş ve minimum THH'ye sahip en iyi denklemler belirlenmiştir. YAK ve ÖÖTO'nun performansları ORH, OMH ve OKHK ile de belirlenmiştir. Hatalar, tahmin edilen parametre setinin ( $y_i$ ), gözlenen parametre setine ( $x_i$ ) ne kadar yakın olduğunu ölçer.

YAK ve ÖÖTO'nun en iyi parametrelerini belirlemek en önemli problemlerden biridir çünkü algoritma parametrelerindeki bir değişim, algoritmanın performansını etkiler (Uzlu vd. 2014b). Bu çalışmada YAK algoritmasının parametreleri tüm modellerin aynı değerleri için belirlenmiş olup detaylar Tablo 2,5'de verilmiştir.

YAK ve ÖÖTO parametrelerinin ağırlığı (-5, 5) arasında belirlenmiştir. Kontrol parametreleri belirlendikten sonra her bir boyutsal ve boyutsal olmayan regresyon denklemleri için 30 bağımsız koşu uygulanmıştır. Tablo 2.6, YAK ve ÖÖTO algoritmalarında kullanılan kontrol ve yakınsaklık değerlerini içermektedir. Parametrelerin belirlenmesinde daha önceki çalışmalarda kullanılan değerler dikkate alınmış ve bu çalışmada en iyi sonuçları verenler belirlenmiştir (Kıran vd. 2012; Uzlu vd. 2014). Bu hesaplamaların sonuçları üçüncü bölümde verilmiştir.

Tablo 2.5. Kontrol parametre değerleri

YAK Parametreleri				ÖÖTO Parametreleri	
(NP)	SN (NP/2)	MCN	Limit Aralığı	NMI	SP
200	100	3000	700-800	50000	50

Tablo 2.6. Yakınsaklık değerleri

	Doğrusal Fonksiyon		Üs Fonksiyonu		Eksponansiyel Fonksiyon	
	YAK	ÖÖTO	YAK	ÖÖTO	YAK	ÖÖTO
Q <sub>5</sub>	0,1088	0,1053	0,1453	0,1285	0,1165	0,1009
Q <sub>10</sub>	0,1445	0,1301	0,1835	0,1668	0,1587	0,1297
Q <sub>25</sub>	0,2278	0,1807	0,2464	0,2384	0,2408	0,1839
Q <sub>50</sub>	0,2546	0,2508	0,3048	0,2886	0,3004	0,2454
Q <sub>100</sub>	0,3697	0,3302	0,4008	0,3703	0,3986	0,3386
Q <sub>500</sub>	0,6107	0,5656	0,5678	0,5539	0,6645	0,5873

### 2.3.3. Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Doğu Karadeniz Havzası'nın Taşkın Frekans Analizi

Havzaya ait fiziksel ve hidrolojik özellikleri taşkın debileriyle ilişkilendirmek ve bölgede ölçümü olmayan noktalarda taşkın debisi tahmini yapabilecek en iyi modeli elde edebilmek amacıyla yapay sinir ağları ile de modeller geliştirilmiştir. Regresyon analizi, YAK ve ÖÖTO yöntemlerinde kullanılan bağımsız değişkenlerden; alan, drenaj yoğunluğu, akarsu eğimi, kot, yıllık ortalama yağış değerleri YSA modelinde de kullanılmıştır. Ayrıca, L-momentlerle elde edilen ve istasyonlara ait uygun dağılımlara göre hesaplanan her bir debiye karşılık gelen T değerleri de bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. AGİ'lere ait yıllık maksimum debi değerleri LnQ şeklinde bağımlı değişken olarak kullanılmıştır. Yıllık ortalama yağışlar hesaplanırken, yıllık maksimum debi ölçümü olan yıllar dikkate alınmıştır. Aynı bağımlı ve bağımsız değişkenler grubuna çoklu regresyon analizi de uygulanmış olup sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

Veriler; eğitim, test ve doğrulama veri takımı olarak üç bölüme ayrılmıştır. Veri takımının oluşturulmasının model performansına etkisini değerlendirmek amacıyla analizler 3 ayrı veri takımı için yapılmıştır. Test ve doğrulama için verilerin tüm verileri temsil etmesine ve eğitim aşamasına olumsuz etki etmemesine dikkat edilmiştir. Birinci veri setinde; 29 istasyon eğitim (774 veri) , 2 istasyon test (56 veri) ve 2 istasyon (79 veri) ise sonuçların doğrulanmasında kullanılmıştır. İkinci veri setinde; 27 istasyon eğitim (720 veri) , 3 istasyon test (81 veri) ve 3 istasyon (108 veri) ise sonuçların doğrulanmasında kullanılmıştır. Üçüncü veri setinde ise 25 istasyon eğitim (668 veri) , 4 istasyon test (108 veri) ve 4 istasyon (133 veri) ise sonuçların doğrulanmasında kullanılmıştır. Eğitim, test ve doğrulama takımlarında kullanılan verilere ait bilgiler 3 ayrı veri seti için sırasıyla Tablo 2.7, Tablo 2.8 ve Tablo 2.9'da verilmiştir.

Tablo 2.7. Birinci veri seti için eğitim, test ve doğrulama takımlarında kullanılan verilere ait bilgiler

		Tekerrür Süresi (T) (yıl)	Drenaj Alanı (A) (km <sup>2</sup> )	Drenaj Yoğunluğu (DY) (km/km <sup>2</sup> )	Akarsu Eğimi (AE) (m/km)	Kot (K) (m)	Yıllık Ortalama Yağış (P) (mm)	Ln(Debi) (Ln(Q)) m <sup>3</sup> /sn
Eğitim Verileri	Minimum Değer	1,013	83,300	167,20	0,022	17,000	208,556	2,272
	Ortalama Değer	5,589	593,477	266,782	0,050	449,181	1133,556	4,291
	Maksimum Değer	501,971	3132,800	446,300	0,084	1150,000	3332,200	6,594
Test Verileri	Minimum Değer	1,041	421,200	250,200	0,048	275,000	414,601	3,616
	Ortalama Değer	5,046	510,114	257,571	0,054	371,429	689,346	4,320
	Maksimum Değer	63,099	576,800	263,100	0,058	500,000	990,858	5,198
Doğrulama Verileri	Minimum Değer	1,007	635,700	237,700	0,043	78,000	434,339	3,418
	Ortalama Değer	5,914	731,518	244,654	0,053	188,633	1245,757	4,772
	Maksimum Değer	83,394	834,900	251,100	0,064	308,000	2443,488	6,223

Tablo 2.8. İkinci veri seti için eğitim, test ve doğrulama takımlarında kullanılan verilere ait bilgiler

		Tekerrür Süresi (T) (yıl)	Drenaj Alanı (A) (km <sup>2</sup> )	Drenaj Yoğunluğu (DY) (km/km <sup>2</sup> )	Akarsu Eğimi (AE) (m/km)	Kot (K) (m)	Yıllık Ortalama Yağış (P) (mm)	Ln(Debi) (Ln(Q)) m <sup>3</sup> /sn
Eğitim Verileri	Minimum Değer	1,012	83,300	167,200	0,022	17,000	208,600	2,272
	Ortalama Değer	5,678	622,455	263,690	0,050	467,660	1164,900	4,302
	Maksimum Değer	501,971	3132,800	446,300	0,084	1150,000	3332,200	6,594
Test Verileri	Minimum Değer	1,022	258,600	250,200	0,038	90,000	414,601	2,912
	Ortalama Değer	4,971	432,486	265,728	0,048	284,567	693,767	4,167
	Maksimum Değer	63,099	576,800	284,000	0,058	500,000	990,858	5,198
Doğrulama Verileri	Minimum Değer	1,007	162,700	237,700	0,043	78,000	434,339	3,418
	Ortalama Değer	5,413	578,779	267,168	0,053	218,537	1105,900	4,672
	Maksimum Değer	83,394	834,900	328,500	0,064	308,000	2443,488	6,223

Tablo 2.9. Üçüncü veri seti için eğitim, test ve doğrulama takımlarında kullanılan verilere ait bilgiler

		Tekerrür Süresi (T) (yıl)	Drenaj Alanı (A) (km <sup>2</sup> )	Drenaj Yoğunluğu (DY) (km/km <sup>2</sup> )	Akarsu Eğimi (AE) (m/km)	Kot (K) (m)	Yıllık Ortalama Yağış (P) (mm)	Ln(Debi) (Ln(Q)) m <sup>3</sup> /sn
Eğitim Verileri	Minimum Değer	1,013	83,300	192,600	0,022	17,000	208,556	2,272
	Ortalama Değer	5,829	637,102	267,675	0,051	467,673	1166,300	4,303
	Maksimum Değer	501,971	3132,800	446,300	0,084	1150,000	3332,200	6,594
Test Verileri	Minimum Değer	1,022	258,600	167,200	0,029	90,000	414,600	2,912
	Ortalama Değer	4,619	441,364	241,096	0,043	345,925	774,880	4,234
	Maksimum Değer	63,099	576,800	284,000	0,058	530,000	1343,800	5,198
Doğrulama Verileri	Minimum Değer	1,007	162,700	237,700	0,031	78,000	434,339	3,281
	Ortalama Değer	5,134	544,779	266,178	0,049	252,646	1139,900	4,571
	Maksimum Değer	83,394	834,900	328,500	0,064	400,000	2443,488	6,223

Çalışmada kullanılan ÇKA modeli; girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Girdi katmanında altı değişken kullanılmıştır. Ara katman eleman sayısı 3, 5, 10, 15 ve 20 olarak beş farklı şekilde seçilmiştir. YSA modelinde katmanlar arasında farklı işlemci fonksiyonları her bir kombinasyon için denenmiş ve; girdi katmanı ile ara katman arasında işlemci fonksiyonu olarak tanjant sigmoid fonksiyonu, diğer katmanlarda ise purelin fonksiyonu en iyi sonuç vermiştir. Girdi ve çıktı katmanındaki veriler 0,1 ile 0,9 arasında normalize edilmiştir. Normalize işlemi 93 no.lu eşitlik ile yapılmıştır.

YSA modelinde en iyi sonucu elde edebilmek için birçok işlem yapılabilmektedir. Bunlardan bazıları; ara katman sayısını arttırmak, ara katmanlardaki eleman sayısını arttırıp azaltmak, iterasyon sayısını arttırmak ve öğrenme ve momentum katsayılarını değiştirmektir. Bu çalışmada kullanılan YSA modelinde; en iyi sonuca ulaşabilmek için beş farklı ara katman eleman sayısı (3-20) ve üçer farklı öğrenme (0.1 ile 1 arasında) ve momentum katsayısı kullanılmıştır (0.1 ile 1 arasında) (Tablo 2.10). Ağ eğitiminde en büyük yineleme sayısı 100.000 olarak belirlenmiştir. Bu hesaplamaların sonuçları üçüncü bölümde verilmiştir.

Tablo 2.10. Farklı YSA modelleri için kullanılan değişkenler

Ara Katmanda Bulunan Eleman Sayısı	Öğrenme Katsayısı	Momentum Katsayısı
3, 5, 10, 15 ve 20 için	0,1	0,10
		0,50
		1,00
	0,5	0,10
		0,50
		1,00
	1,00	0,10
		0,50
		1,00

### 3. BULGULAR VE İRDELEME

#### 3.1. Taşkın Frekans Analizinde L-Momentlerin Kullanımı

##### 3.1.1. Olasılık Ağırlıklı Momentler, L-Momentler, L-Moment Oranları Hesapları ve Homojenlik Analizi

Olasılık ağırlıklı yoğunluk fonksiyonlarından yola çıkılarak, olasılık ağırlıklı momentler birinci bölümde anlatıldığı gibi hesaplanmıştır. Olasılık ağırlıklı momentlerin yardımıyla L-momentler bulunmuştur. Hesaplar Excel ile yapılmış olup sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiştir. L-momentler vasıtasıyla L-moment oranları ve uyumsuzluk ölçüsü ( $D_i$ ) değerleri elde edilmiştir ve sonuçlar Tablo 3.2’de verilmiştir.

Uyumsuzluk ölçüsü hesabında, 38 adet istasyondan 22-66 no.lu istasyonun 3,62 olan  $D_i$  değerinin 3’ten küçük kaldığı için Tablo 1.1’deki kritik değer şartını sağlamadığı görülmüştür. İstasyonların L-moment oranları (L-cv, L-çarpıklık, L-basıklık) bir noktanın üç boyutlu koordinatları olarak tanımlandığında ve tanımlanan bu noktaların L-cv ve L-çarpıklık değerleri grafikte karşılıklı olarak noktalandığında oluşan grup Şekil 3.1’de görülmektedir. Şekilde yatay eksen L-çarpıklık ( $t_3$ ) ve dikey eksen L-cv ( $t$ )’yi göstermektedir. Uyumsuz olarak adlandırılan herhangi bir nokta, bu merkezden oldukça uzaktır ve 22-66 no.lu istasyonun dağılımdan oldukça uzak olduğu görülmektedir.

Heterojenlik ölçüsü için kullanılan xtest programının sonucunda elde edilen  $V_1$ ,  $V_2$  ve  $V_3$ ’e göre hesaplanan  $H_1$ ,  $H_2$  ve  $H_3$  değerlerinden, homojen ve heterojen bölgelerin ayırımında daha güçlü olmasından dolayı  $H_1$  dikkate alınmıştır. 38 istasyon için uygulanan heterojenlik testi sonucunda,  $H_1$ , 2’nin üzerinde çıkarak “ $H_i > 2$  ise bölge heterojendir” kapsamına girmiş ve bölge heterojen çıkmıştır. Bölgenin homojen olduğu kabul edilebilecek  $H_1$  değeri, 5 adet istasyonun çıkartılmasıyla elde edilmiştir. Bu istasyonlar; 2233, 22-66, 22-87, 22-89 ve 22-90 no.lu istasyonlardır. Çarpıklık katsayıları nispeten daha yüksek olan bu istasyonların çıkartılması halinde,  $H_1 = 1,69$  değerinin  $1 < H_i < 2$  aralığında kalarak bölgenin muhtemelen homojen olma koşulu sağlanmıştır. Elde edilen  $H_i$  değerleri, Tablo 3.3’de görülmektedir. Sonuç olarak, homojenlik ve heterojenlik ölçüsü testleri doğrultusunda, bu 5 istasyonun hesaplardan çıkartılması halinde, “ $1 < H_i < 2$  ise

bölgenin muhtemelen heterojen olması” koşuluna göre geri kalan 33 istasyonun kendi içinde homojen bir bölge teşkil ettiği kabul edilmiştir.

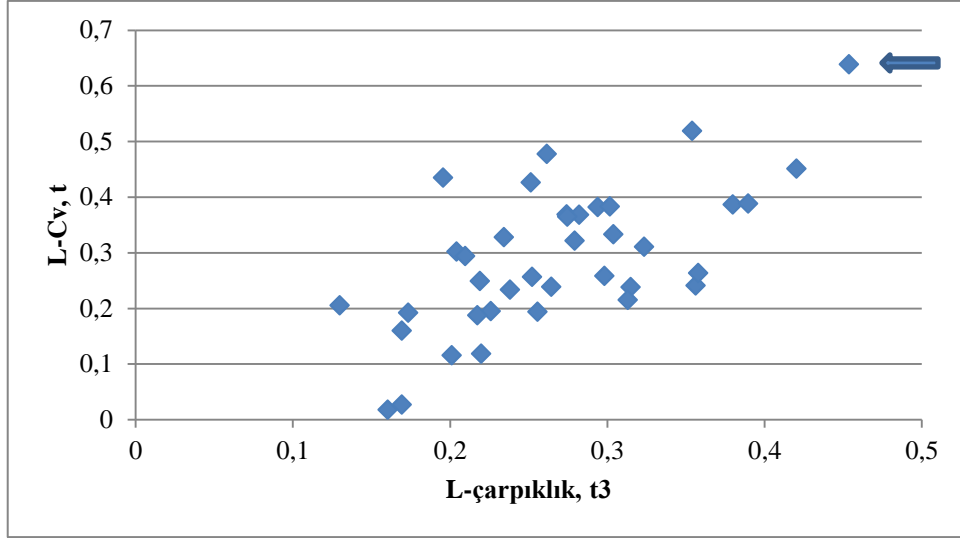
Tablo 3.1. İstasyonların olasılık ağırlık momentleri ve L-momentleri

İst, no	$M_{100}(L_1)$	$M_{110}$	$M_{120}$	$M_{130}$	$M_{140}$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$
2201	257,45	162,75	122,55	99,80	85,02	68,05	16,23	15,25	10,10
2202	97,86	61,27	46,01	37,45	31,87	24,67	6,32	6,02	1,77
2213	123,58	79,04	60,29	49,66	42,70	34,51	11,09	9,38	5,35
2215	82,25	48,08	34,74	27,49	22,89	13,91	2,22	2,15	1,92
2218	170,80	106,85	81,44	67,18	57,83	42,91	18,29	12,04	5,70
2228	83,22	57,41	45,58	38,58	33,87	31,60	12,21	9,96	6,78
2233	43,34	24,48	17,45	13,70	11,34	5,62	1,15	0,90	0,26
22-06	101,68	61,21	45,31	36,68	31,23	20,75	6,27	7,23	5,64
22-07	28,86	17,69	13,09	10,51	8,83	6,51	1,27	0,92	0,27
22-09	146,71	93,46	71,48	59,22	51,28	40,21	14,83	14,80	9,89
22-13	28,18	17,39	13,05	10,66	9,12	6,59	2,16	2,18	1,16
22-34	52,32	33,84	26,10	21,71	18,83	15,37	5,87	5,03	2,96
22-40	347,56	211,95	155,53	123,66	102,89	76,35	9,04	3,04	-3,07
22-44	62,49	37,35	27,82	22,69	19,43	12,22	5,31	4,85	2,92
22-52	94,20	55,26	40,08	31,79	26,51	16,32	3,13	2,37	1,05
22-53	77,08	51,00	39,44	32,63	28,06	24,91	7,73	4,39	2,41
22-57	41,87	27,29	21,02	17,37	14,94	12,72	4,23	2,48	1,84
22-58	93,06	60,56	46,84	38,90	33,58	28,06	10,74	6,37	2,75
22-59	26,82	18,16	14,51	12,38	10,95	9,49	4,92	3,43	2,61
22-61	41,13	25,94	19,94	16,64	14,50	10,75	5,13	4,68	2,92
22-62	114,80	69,42	51,46	41,54	35,14	24,04	7,073	5,02	2,83
22-63	115,56	74,08	56,82	46,96	40,44	32,60	11,99	8,11	3,42
22-64	90,55	55,18	40,91	32,96	27,79	19,82	4,93	3,37	0,30
22-66	38,94	28,30	23,69	20,89	18,92	17,66	11,27	7,76	4,55
22-68	49,43	34,34	27,35	23,08	20,14	19,25	7,46	3,80	2,63
22-71	43,93	25,48	18,18	14,21	11,69	7,04	0,12	0,60	-0,21
22-72	158,42	104,15	79,73	65,41	55,84	49,88	11,88	7,79	2,10
22-73	71,47	46,39	35,39	29,02	24,82	21,30	5,50	3,88	3,51
22-76	177,90	116,79	89,13	72,61	61,43	55,68	11,97	1,73	-0,86
22-79	77,75	52,72	40,87	33,69	28,79	27,69	6,67	2,43	1,53
22-80	81,93	55,62	43,25	35,75	30,64	29,31	7,71	3,12	1,39
22-82	121,10	77,17	59,00	48,75	42,07	33,24	12,11	9,82	7,75
22-83	58,09	35,95	26,81	21,67	18,32	13,82	3,22	2,46	0,51
22-85	74,85	46,99	35,13	28,41	24,04	19,13	3,70	3,28	2,33
22-87	89,90	63,84	51,69	44,14	38,83	37,77	17,02	8,35	3,30
22-88	18,90	11,50	8,48	6,80	5,72	4,10	0,77	0,69	0,46
22-89	50,24	29,37	21,03	16,52	13,67	8,50	0,22	1,53	0,43
22-90	94,47	56,72	41,34	32,94	27,61	18,98	2,18	4,67	2,41



Tablo 3.2. İstasyonların L-moment oranları ve  $D_i$  değerleri

İst no,	t	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$D_i$
2201	0,2643	0,2385	0,2240	0,1484	0,56
2202	0,2521	0,2564	0,2443	0,0717	0,41
2213	0,2792	0,3216	0,2718	0,1551	0,19
2215	0,1691	0,1600	0,1549	0,1385	1,03
2218	0,2512	0,4264	0,2806	0,1328	2,00
2228	0,3797	0,3866	0,3152	0,2147	2,41
2233	0,1298	0,2054	0,1616	0,0473	1,19
22-06	0,2041	0,3021	0,3487	0,2719	1,38
22-07	0,2258	0,1950	0,1415	0,0423	0,36
22-09	0,2740	0,3689	0,3681	0,2460	1,21
22-13	0,2341	0,3276	0,3305	0,1766	0,69
22-34	0,2938	0,3821	0,3277	0,1930	0,50
22-40	0,2196	0,1185	0,0399	-0,0402	1,29
22-44	0,1955	0,4346	0,3972	0,2396	2,13
22-52	0,1732	0,1922	0,1457	0,0648	1,25
22-53	0,3232	0,3104	0,1765	0,0970	0,39
22-57	0,3038	0,3330	0,1955	0,1450	0,36
22-58	0,3015	0,3829	0,2269	0,0981	0,79
22-59	0,3538	0,5186	0,3619	0,2756	1,65
22-61	0,2615	0,4776	0,4358	0,2719	1,57
22-62	0,2094	0,2941	0,2089	0,1179	0,96
22-63	0,2821	0,3678	0,2489	0,1051	0,37
22-64	0,2189	0,2491	0,1701	0,0152	0,57
22-66	0,4536	0,6383	0,4395	0,2578	3,62
22-68	0,3894	0,3879	0,1976	0,1366	1,49
22-71	0,1602	0,0176	0,0857	-0,0305	2,85
22-72	0,3148	0,2381	0,1562	0,0421	0,63
22-73	0,2981	0,2581	0,1825	0,1647	0,27
22-76	0,3130	0,2149	0,0310	-0,0155	1,79
22-79	0,3562	0,2409	0,0877	0,0554	1,38
22-80	0,3577	0,2631	0,1064	0,0476	1,24
22-82	0,2744	0,3644	0,2955	0,2333	0,19
22-83	0,2379	0,2332	0,1779	0,0373	0,14
22-85	0,2556	0,1938	0,1716	0,1222	0,54
22-87	0,4201	0,4506	0,2211	0,0875	1,36
22-88	0,2173	0,1875	0,1689	0,1123	0,42
22-89	0,1693	0,0267	0,1808	0,0514	1,32
22-90	0,2010	0,1153	0,2464	0,1271	0,71



Şekil 3.1. İstasyonların uyumsuzluk ölçüsüne göre dağılımı

Tablo 3.3. Havzanın heterojenlik ölçüsü

Heterojenlik Ölçüsü (Benzeşim Sayısı=500)		
H <sub>1</sub>	Gözlenen değerlerin Grup L-Cv lerinin standart sapması	0,0571
	Grup L-Cv lerinin standart sapmasının benzeşim ortalamaları	0,0456
	Grup L-Cv lerinin standart sapmasının benzeşimlerinin standart sapması	0,0068
	Standartlaştırılmış H <sub>1</sub> değerleri	1,69
H <sub>2</sub>	Gözlenmiş ortalamanın L-Cv/L-Cs mesafesi	0,1010
	Ortalama L-Cv/L-Cs mesafesinin benzeşim ortalaması	0,1065
	Ortalama L-Cv/L-Cs mesafesinin benzeşim standart sapması	0,0133
	Standartlaştırılmış H <sub>2</sub> değerleri	-0,41
H <sub>3</sub>	Gözlenmiş ortalamanın L-Cs/L-Ck mesafesi	0,1202
	Ortalama L-Cs/L-Ck mesafesinin benzeşim ortalaması	0,1360
	Ortalama L-Cs/L-Ck mesafesinin benzeşim standart sapması	0,0164
	Standartlaştırılmış H <sub>3</sub> değerleri	-0,96

### 3.1.2. Uygun Dağılımların Belirlenmesi

En uygun dağılımların belirlenmesi için öncelikle, çalışmada seçilen EV1, LN, GEV, GLO ve LPE3 dağılımlarının her bir istasyon için dağılım parametreleri L-momentler yöntemi ile elde edilmiştir. Bu dağılımlara ait parametreler, Excel yardımı ile hesaplanmıştır. EV1, GEV ve GLO dağılımlarının parametre tahminleri karşılaştırma amacıyla Easy Fit paket programı ile de yapılmış olup, çok yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Parametre tahminlerine ait hesaplar Tablo 3.4 ve Tablo 3.5’de sunulmuştur.

Tablo 3.4. İstasyonların farklı dağılımlara ait parametrelerinin L-momentler ile hesabı

İstasyonlar	EV1		GEV			GLO			LN			LP3		
	$\alpha$	$\xi$	k	$\alpha$	$\xi$	k	$\alpha$	$\xi$	k	$\alpha$	$\xi$	k	$\alpha$	$\xi$
2201	98,183	200,781	-0,104	88,332	196,399	-0,239	61,860	231,487	-0,015	0,233	2,362	2081,278	0,005	-8,247
2202	35,601	77,315	-0,130	31,088	75,360	-0,256	22,093	87,789	0,045	0,224	1,947	224,381	0,015	-1,425
2213	49,791	94,840	-0,223	38,649	90,453	-0,322	28,933	106,232	-0,142	0,228	2,024	22,121	0,049	0,954
2215	20,077	70,670	0,015	20,362	70,813	-0,160	13,338	78,642	-0,051	0,149	1,893	167,797	0,012	-0,034
2218	61,911	135,066	-0,364	38,543	127,167	-0,426	31,182	143,290	-0,455	0,181	2,148	2,271	0,139	1,876
2228	45,598	56,903	-0,312	31,019	51,680	-0,387	24,389	64,554	-0,074	0,311	1,806	82,212	0,034	-1,010
22-06	29,941	84,398	-0,196	24,105	82,035	-0,302	17,774	91,819	-0,129	0,166	1,966	26,890	0,032	1,108
22-07	9,404	23,437	-0,039	9,062	23,274	-0,195	6,118	26,812	-0,063	0,190	1,422	113,135	0,018	-0,603
22-09	58,012	113,225	-0,288	40,970	106,962	-0,369	31,795	123,897	-0,133	0,216	2,098	25,154	0,044	1,014
22-13	9,519	22,690	-0,232	7,303	21,825	-0,328	5,493	24,811	-0,199	0,188	1,395	11,343	0,057	0,763
22-34	22,181	39,517	-0,306	15,233	37,012	-0,382	11,938	43,328	-0,227	0,232	1,635	8,772	0,081	0,949
22-40	110,150	283,982	0,082	118,139	288,255	-0,119	74,598	332,781	0,040	0,212	2,513	278,805	0,013	-1,034
22-44	17,630	52,315	-0,375	10,767	50,023	-0,435	8,761	54,534	-0,421	0,149	1,736	2,638	0,104	1,496
22-52	23,549	80,607	-0,034	22,788	80,244	-0,192	15,348	89,131	-0,126	0,156	1,946	28,321	0,030	1,115
22-53	35,950	56,335	-0,208	28,502	53,354	-0,310	21,152	64,952	-0,172	0,280	1,796	15,235	0,073	0,705
22-57	18,356	31,274	-0,239	13,936	29,563	-0,333	10,526	35,271	-0,225	0,239	1,534	8,940	0,083	0,821
22-58	40,493	69,693	-0,307	27,760	65,108	-0,383	21,769	76,620	-0,334	0,234	1,871	4,130	0,124	1,398
22-59	13,697	18,922	-0,480	6,761	16,876	-0,519	5,817	19,738	-0,501	0,223	1,284	1,888	0,192	0,981
22-61	15,520	32,172	-0,429	8,536	29,982	-0,478	7,152	33,580	-0,389	0,188	1,528	3,070	0,119	1,201
22-62	34,694	94,774	-0,184	28,349	92,174	-0,294	20,769	103,652	-0,246	0,179	2,011	7,493	0,068	1,522
22-63	47,037	88,410	-0,287	33,291	83,351	-0,368	25,815	97,108	-0,281	0,228	1,979	5,752	0,100	1,435
22-64	28,598	74,044	-0,120	25,280	72,591	-0,249	17,860	82,672	-0,168	0,193	1,911	15,944	0,049	1,143
22-68	71,974	116,884	-0,103	64,793	113,688	-0,238	45,361	139,422	0,016	0,296	2,133	1846,677	0,007	-10,57
22-71	30,740	53,732	-0,133	26,764	52,014	-0,258	19,048	62,721	-0,080	0,261	1,785	69,743	0,031	-0,397
22-72	42,292	57,520	-0,140	36,508	55,040	-0,263	26,088	69,671	-0,066	0,323	1,815	102,556	0,032	-1,455
22-73	47,958	93,425	-0,282	34,188	88,331	-0,364	26,442	102,447	-0,220	0,218	2,008	9,331	0,074	1,342
22-76	27,602	58,919	-0,037	26,647	58,465	-0,194	17,972	68,863	0,029	0,230	1,833	540,887	0,010	-3,515
22-79	27,776	33,406	-0,313	18,840	30,212	-0,388	14,827	38,033	-0,292	0,316	1,548	5,358	0,145	0,819
22-80	10,157	38,070	0,252	12,222	39,377	-0,018	7,037	43,729	0,125	0,170	1,639	28,529	0,032	0,711
22-82	80,339	131,527	-0,069	75,076	129,102	-0,215	51,550	158,654	-0,088	0,344	2,177	58,180	0,045	-0,445
22-83	39,956	54,687	-0,108	35,804	52,847	-0,241	25,124	67,082	-0,079	0,355	1,794	71,024	0,042	-1,200
22-85	19,944	46,581	-0,096	18,099	45,754	-0,233	12,619	52,929	-0,110	0,232	1,719	36,739	0,039	0,313
22-88	5,928	15,483	-0,027	5,777	15,411	-0,188	3,875	17,659	-0,071	0,191	1,241	88,121	0,020	-0,551

Tablo 3.5. İstasyonların farklı dağılımlara ait parametrelerinin Easy Fit ile hesabı

İstasyonlar	EV1		GEV			GLO		
	$\alpha$	$\xi$	k	$\alpha$	$\xi$	k	$\alpha$	$\xi$
2201	101,39	198,93	0,099	88,439	196,79	0,235	61,786	231,88
2202	36,682	76,691	0,128	30,993	75,483	0,255	22,010	87,870
2213	54,234	92,276	0,227	38,319	90,438	0,325	28,764	106,10
2215	20,054	70,684	0,025	20,118	71,133	0,153	13,108	78,847
2218	69,500	130,69	0,382	37,073	127,14	0,440	30,295	142,69
2228	55,527	51,172	0,320	30,776	51,381	0,393	24,313	64,172
22-06	38,256	79,599	0,204	23,498	82,207	0,308	17,414	91,764
22-07	8,981	23,681	9,055	23,36	0,030	0,189	6,084	26,887
22-09	74,790	103,54	0,298	40,182	106,89	0,376	31,369	123,53
22-13	10,565	22,086	0,247	7,057	21,852	0,339	5,355	24,747
22-34	25,375	37,673	0,324	14,766	36,916	0,396	11,691	43,056
22-40	102,52	288,39	-0,105	118,93	290,25	0,103	74,118	334,74
22-44	22,135	49,715	0,419	9,668	50,155	0,469	8,056	54,227
22-52	22,267	81,347	0,029	22,355	80,622	0,189	15,017	89,328
22-53	36,549	55,989	0,213	28,382	53,198	0,314	21,132	64,762
22-57	36,682	76,691	0,128	30,993	75,483	0,255	22,01	87,870
22-58	43,304	68,07	0,321	27,1	64,941	0,394	21,426	76,207
22-59	19,130	15,786	0,514	6,294	16,752	0,546	5,509	19,423
22-61	21,266	28,855	0,478	7,633	29,944	0,517	6,561	33,176
22-62	35,175	94,497	0,194	27,545	92,401	0,301	20,296	103,58
22-63	50,414	86,461	0,301	32,444	83,229	0,379	25,367	96,671
22-64	27,959	74,413	0,121	24,881	72,832	0,250	17,591	82,758
22-68	30,057	32,089	0,333	18,472	29,805	0,403	14,699	37,498
22-71	8,793	38,858	-0,343	12,001	40,153	-0,032	6,590	44,288
22-72	70,554	117,7	0,094	65,568	113,86	0,232	45,673	139,84
22-73	31,367	53,37	0,128	26,879	52,066	0,255	19,088	62,809
22-76	41,315	58,085	0,133	37,038	54,965	0,258	26,370	69,785
22-79	37,88	55,885	0,091	36,965	52,751	0,230	25,707	67,388
22-80	41,315	58,085	0,133	37,038	54,965	0,258	26,37	69,785
22-82	58,944	87,083	0,296	33,318	88,243	0,375	25,976	102,04
22-83	18,59	47,363	0,097	17,712	45,992	0,234	12,358	53,015
22-85	28,463	58,423	0,023	26,818	58,737	0,185	17,952	69,163
22-88	5,632	15,654	0,013	5,729	15,52	0,178	3,814	17,741

### 3.1.2.1. Her Bir İstasyon İçin Uygun Dağılımların Belirlenmesi

Her bir istasyonun hangi dağılıma uygun oldukları, L-momentler yöntemi ile elde edilen parametreler kullanılarak yapılan Ki-kare ve OÇK testleri ile belirlenmiştir. Her iki testte de, her bir istasyona ait uygun dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonunda, o dağılıma ait L-momentler yöntemi ile tahmin edilen şekil, ölçek ve yer parametreleri kullanılmıştır. Buna bağlı olarak  $x^2_h$  ve  $r_h$  değerleri elde edilmiştir ve bu değerler  $x^2_{kr}$  ve  $r_{kr}$  değerleri ile karşılaştırılmıştır. Uygunluk kontrolleri anlamlılık düzeyi  $\alpha=0,01$  ve  $\alpha=0,05$  için yapılmıştır.

Örnek olarak 2201 no.lu Kürtün istasyonu için Kikare ve OÇK testleri hesap detayları ve dağılım uygunluk grafikleri “EKLER” bölümünde Ek 1 ile Ek 8 arasında verilmiştir. Debi değerlerinin logaritmik olması sebebiyle LN ve LPE3 dağılımları için grafik ayrı olarak verilmiştir. Tüm istasyonların her birinin 5 farklı dağılım için elde edilen  $x^2_h$  ve  $r_h$  değerleri Tablo 3.6 ve Tablo 3.7’de sunulmuştur.  $\alpha=0,01$  ve  $\alpha=0,05$  anlamlılık düzeyleri için hesaplanan değerler, literatürdeki kritik değerlerden küçükse verilerin ilgili dağılıma uygun oldukları kabul edilmiştir. Her iki testin sonuçlarından elde edilen  $x^2_h$  ve  $r_h$  değerleri dikkate alınarak her bir istasyon için uygun dağılım belirlenmiştir. İstasyonlar için uygun dağılımların arasında en küçük  $x^2_h$  ve  $r_h$  değerleri olan dağılımlar seçilmiş ve bu uygun dağılımlar Tablo 3.7’de sunulmuştur. “✓” işareti dağılıma uygunluğu, “x” ise dağılıma uygun olmadığını temsil etmektedir. 14 adet istasyona LPE dağılımı, 9 adet istasyona GEV dağılımı, 9 adet istasyona LN dağılımı 1 adet istasyona EV1 dağılımı uygun kabul edilmiştir.

Tablo 3.6. İstasyonların 5 farklı dağılım için elde edilen  $x^2$  değerleri

İstasyonlar	$X^2_{kr}$ değerleri				$X^2_h$ değerleri					Dağılım Uygunluk									
	EV1		Diğer Dağılımlar		EV1	LN	GEV	GLO	LPE3	$\alpha=0,01$					$\alpha=0,05$				
	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$						EV1	LN	GEV	GLO	LPE3	EV1	LN	GEV	GLO	LPE3
2201	13,27	9,48	11,34	7,81	5,63	6,08	3,77	4,23	6,08	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2202	13,27	9,48	11,34	7,81	10,74	15,34	7,47	8,21	25,09	✓	X	✓	✓	X	X	X	✓	✓	X
2213	13,27	9,48	11,34	7,81	8,00	7,63	3,71	4,09	7,65	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
2215	13,27	9,48	11,34	7,81	9,80	11,62	10,01	10,39	11,62	✓	X	✓	✓	✓	X	X	X	X	X
2218	13,27	9,48	11,34	7,81	19,42	8,03	6,58	7,63	8,27	X	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X
2228	13,27	9,48	11,34	7,81	28,45	4,78	6,96	7,55	4,78	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
22-06	13,27	9,48	11,34	7,81	51,98	5,79	12,69	12,30	5,85	X	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	✓	X
22-07	13,27	9,48	11,34	7,81	4,91	8,70	4,86	6,31	8,69	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	X
22-09	13,27	9,48	11,34	7,81	48,30	3,47	7,91	7,99	3,51	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	✓
22-13	11,34	7,81	9,21	5,99	8,95	3,42	3,87	4,56	3,52	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
22-34	11,34	7,81	9,21	5,99	10,34	3,26	4,53	4,98	3,31	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
22-40	13,27	9,48	11,34	7,81	25,92	15,73	24,61	29,73	15,78	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
22-44	11,34	7,81	9,21	5,99	21,45	4,60	6,14	6,54	4,76	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	X	X	✓
22-52	13,27	9,48	11,34	7,81	4,34	6,94	4,08	5,61	6,94	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-53	11,34	7,81	9,21	5,99	6,10	2,94	4,60	5,43	2,93	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-57	11,34	7,81	9,21	5,99	11,67	4,72	5,43	5,79	4,55	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
22-58	11,34	7,81	9,21	5,99	12,28	3,73	5,24	6,12	3,84	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	X	✓
22-59	11,34	7,81	9,21	5,99	44,56	5,62	10,48	11,08	5,76	X	✓	X	X	✓	X	✓	X	X	✓
22-61	11,34	7,81	9,21	5,99	25,27	6,17	7,09	7,50	6,62	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X
22-62	11,34	7,81	9,21	5,99	5,41	5,26	3,10	3,51	5,35	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-63	11,34	7,81	9,21	5,99	8,62	3,87	4,19	5,06	3,91	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-64	11,34	7,81	9,21	5,99	9,33	8,61	9,49	11,20	8,61	X	✓	X	✓	✓	X	X	X	X	X
22-72	11,34	7,81	9,21	5,99	3,42	3,85	2,99	3,84	3,90	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22-73	11,34	7,81	9,21	5,99	5,39	7,29	4,48	4,49	7,28	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X
22-80	11,34	7,81	9,21	5,99	9,39	6,55	8,22	10,09	6,54	X	✓	✓	X	✓	✓	X	X	X	X
22-85	11,34	7,81	9,21	5,99	21,54	6,29	7,08	7,54	6,28	X	✓	✓	✓	✓	X	X	X	X	X
22-88	11,34	7,81	9,21	5,99	4,24	6,30	3,86	4,94	6,64	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X

Tablo 3.7. İstasyonların 5 farklı dağılım için elde edilen  $r_h$  değerleri ve seçilen uygun dağılımlar

İstasyonlar	$r_{kr}$		$r_h$					Dağılım Uygunluk										Seçilen Dağılım	
	$\alpha=0,01$	$\alpha=0,05$	EV1	LN	GEV	GLO	LPE3	$\alpha=0,01$					$\alpha=0,05$						
								EV1	LN	GEV	GLO	LPE3	EV1	LN	GEV	GLO	LPE3		
2201	0,958	0,971	0,961	0,981	0,981	0,986	0,981	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	GEV
2202	0,961	0,973	0,973	0,894	0,975	0,968	0,880	✓	X	✓	✓	X	✓	✓	✓	X	X	X	GEV
2213	0,959	0,972	0,948	0,989	0,989	0,985	0,989	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	GEV
2215	0,958	0,971	0,932	0,960	0,930	0,940	0,960	X	✓	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	LPE3
2218	0,957	0,971	0,895	0,985	0,981	0,977	0,986	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	GEV
2228	0,954	0,969	0,820	0,970	0,950	0,956	0,970	✓	✓	X	✓	✓	X	X	X	X	X	X	LPE3
22-06	0,955	0,969	0,729	0,908	0,819	0,837	0,907	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	LN
22-07	0,956	0,97	0,981	0,986	0,978	0,966	0,986	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	GEV
22-09	0,957	0,971	0,759	0,947	0,900	0,911	0,946	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	LPE3
22-13	0,939	0,959	0,881	0,964	0,957	0,963	0,962	X	✓	✓	✓	X	X	✓	X	✓	✓	✓	LPE3
22-34	0,939	0,959	0,865	0,976	0,966	0,967	0,974	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	LPE3
22-40	0,95	0,966	0,912	0,951	0,931	0,907	0,941	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	X	LN
22-44	0,937	0,957	0,748	0,942	0,920	0,922	0,934	X	✓	X	X	X	X	X	X	X	X	X	LN
22-52	0,95	0,966	0,986	0,987	0,986	0,981	0,987	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GEV
22-53	0,93	0,952	0,955	0,986	0,985	0,983	0,987	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	LPE3
22-57	0,947	0,964	0,861	0,966	0,931	0,936	0,966	X	✓	X	X	✓	X	✓	X	X	✓	✓	LPE3
22-58	0,946	0,956	0,929	0,987	0,986	0,983	0,988	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	LPE3
22-59	0,939	0,959	0,671	0,961	0,903	0,903	0,959	X	✓	X	X	✓	X	✓	X	X	✓	✓	LN
22-61	0,926	0,951	0,666	0,900	0,867	0,868	0,892	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	LN
22-62	0,946	0,956	0,958	0,989	0,990	0,990	0,990	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GEV
22-63	0,944	0,962	0,927	0,983	0,989	0,987	0,982	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	LN
22-64	0,943	0,961	0,927	0,961	0,918	0,905	0,962	X	✓	X	X	✓	X	✓	X	X	X	X	LN
22-68	0,920	0,946	0,899	0,969	0,912	0,911	0,971	X	✓	X	X	✓	X	✓	X	X	✓	✓	LPE3
22-71	0,910	0,939	0,872	0,939	0,858	0,852	0,900	X	✓	X	X	X	X	✓	X	X	X	X	LN
22-72	0,939	0,959	0,976	0,973	0,979	0,975	0,971	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GEV
22-73	0,939	0,959	0,949	0,968	0,971	0,973	0,968	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	GLO
22-76	0,879	0,918	0,924	0,925	0,921	0,908	0,925	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	LPE3
22-79	0,892	0,928	0,964	0,951	0,965	0,955	0,951	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	GEV
22-80	0,939	0,959	0,972	0,977	0,970	0,960	0,977	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	LPE3
22-82	0,946	0,956	0,772	0,953	0,888	0,896	0,952	X	✓	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	LPE3
22-83	0,905	0,935	0,973	0,978	0,974	0,967	0,978	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	LPE3
22-85	0,943	0,961	0,908	0,960	0,914	0,925	0,957	X	✓	X	X	✓	X	X	X	X	X	X	LN
22-88	0,924	0,949	0,968	0,974	0,971	0,972	0,974	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	LPE3

### 3.1.2.2. Bölge İçin Tek Bir Dağılımın Belirlenmesi

Homojen bölge için kullanılacak en uygun dağılım  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri ile hesaplanmıştır.  $|Z^{DIST}| \leq 1,64$  şartını sağlayan dağılımlar o bölge için uygun olarak kabul edilir. Bunlar arasında ise 0 değerine en yakın olan  $Z$  değeri seçilir. xtest programı ile hesaplanan  $Z$  uygunluk ölçüsü değeri, log normal dağılım için  $|Z^{DIST}| \leq 1,64$  koşulunu sağlamış ve diğer dağılımlar içinde 0 değerine en yakın sonucu vermiştir. Tablo 3.8’de görüleceği üzere log normal dağılım için  $Z$  değeri -0,33 değeri ile bölge için en uygun dağılım olarak kabul edilmiştir.

Tablo 3.8. Doğu Karadeniz Havzası uygunluk ölçüsü değerleri

Dağılımlar	$\tau_4^{DIST}$	$Z^{DIST}$
Log Normal (LN)	0,239	-0,33
Gen. Ekstrem Değer (GEV)	0,212	-1,72
Gen. Lojistik (GLO)	0,191	-2,78
Pearson Tip III (PE3)	0,156	-4,59

### 3.1.3. Taşkın Debilerinin Tahmini

#### 3.1.3.1. Her Bir İstasyon İçin Uygun Olan Dağılıma Göre Taşkın Debilerinin Tahmini

$T=5, 10, 25, 50, 100$  ve  $500$  yıl yinelenme süreli taşkın debileri, ikinci bölümde anlatıldığı şekilde her bir istasyon için seçilen en uygun dağılımın olasılık fonksiyonunda L-momentlerle hesaplanan parametreler yerine konarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 3.9’ da verilmiştir.



Tablo 3.9. İstasyonların T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli taşkın debileri

İstasyon	Uygun Dağılım	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
2201	GEV	339,79	420,38	531,63	621,55	717,56	968,02
2202	GEV	126,86	156,65	198,71	233,44	271,21	372,83
2213	GEV	159,30	203,43	270,85	330,94	400,68	610,17
2215	LPE3	99,93	115,33	135,46	150,96	166,92	206,40
2218	GEV	204,07	261,50	360,51	459,51	586,33	1037,93
2228	LPE3	115,19	160,35	229,88	291,00	360,31	557,15
22-06	LN	130,07	157,84	196,85	229,32	265,81	349,84
22-07	GEV	37,27	44,58	54,13	61,44	68,90	86,93
22-09	LPE3	187,01	242,28	328,56	406,51	497,75	774,71
22-13	LPE3	35,49	44,01	56,58	67,37	79,47	113,82
22-34	LPE3	67,64	88,58	121,48	151,37	186,52	293,94
22-40	LN	449,57	523,98	613,63	678,53	741,43	884,19
22-44	LN	73,60	87,97	108,94	126,55	145,85	197,95
22-52	GEV	115,32	133,57	157,30	175,42	193,84	238,15
22-53	LPE3	104,46	137,27	186,29	228,70	276,48	412,34
22-57	LPE3	54,84	72,03	98,70	122,66	150,53	234,23
22-58	LPE3	120,70	158,70	218,70	273,42	337,98	536,36
22-59	LN	33,02	48,65	82,19	125,04	174,03	399,52
22-61	LN	50,87	63,12	80,62	95,07	110,70	152,07
22-62	GEV	141,16	171,25	215,74	254,16	297,55	422,03
22-63	LN	150,64	190,33	246,48	292,49	341,97	471,84
22-64	LN	114,08	138,15	171,25	197,74	225,72	297,27
22-68	LPE3	66,29	91,80	133,92	174,33	224,30	391,63
22-71	LN	53,65	59,28	65,41	69,40	73,00	80,21
22-72	GEV	223,76	283,11	359,99	418,03	476,36	613,89
22-73	GLO	103,19	137,86	190,44	230,33	276,79	387,57
22-76	LPE3	246,91	317,50	416,73	497,80	584,94	814,14
22-79	GEV	111,92	149,46	203,42	248,20	296,82	426,22
22-80	LPE3	115,97	151,61	202,34	244,57	290,81	416,66
22-82	LPE3	151,91	198,10	272,90	342,77	426,90	694,80
22-83	LPE3	74,41	89,51	109,50	125,00	140,99	180,45
22-85	LN	99,804	122,04	151,04	173,24	195,89	250,9
22-88	LPE3	24,10	28,59	34,44	38,92	43,52	54,80

### 3.1.3.2. Bölge İçin Tek Bir Dağılım Kabulüne Göre Taşkın Debileri Tahmini

Z Testine göre bölge için en uygun dağılım olarak belirlenen LN dağılım için çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler xtest programından hesaplanmıştır. LN dağılım için elde edilen bölgesel parametreler ve yineleme aralıklarına göre karakteristik değerler Tablo 3.10'da verilmiştir.

Tablo 3.10. LN dağılımına göre bölgesel parametreler ve çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel karakteristik değerler

Bölgesel parametreler				
$\zeta$		$\alpha$		$K$
0.933		0.192		-0.203
Yineleme Aralıklarına Karşılık Gelen Karakteristik Değerler				
<b>5</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>100</b>
1,305	1,644	2,122	2,514	2,935

Homojen bölge içerisinde bulunan her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerlerin hesabı için xsim programı ile benzeşim yapılmıştır. Burada, her bir istasyonun değişim katsayıları programa yazılmıştır. Benzeşim için kullanılan dağılım log normal dağılımdır. Xsim programı çalıştırılarak elde edilen dağılım parametreleri ve T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl süreli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler Tablo 3.11’de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. LN dağılımına göre istasyonlar için çeşitli yineleme aralıklarına karşılık gelen karakteristik değerler

İstasyon adı	Yineleme Aralıkları					
	5	10	25	50	100	500
Karakteristik Değerler						
2201	1,305	1,645	2,124	2,516	2,938	4,042
2202	1,291	1,615	2,072	2,446	2,848	3,902
2213	1,322	1,681	2,187	2,602	3,047	4,213
2215	1,195	1,412	1,719	1,970	2,240	2,946
2218	1,290	1,613	2,068	2,441	2,842	3,891
2228	1,438	1,926	2,615	3,179	3,784	5,370
22-06	1,236	1,498	1,868	2,171	2,496	3,349
22-07	1,261	1,551	1,960	2,296	2,656	3,599
22-09	1,316	1,668	2,166	2,573	3,010	4,155
22-13	1,270	1,571	1,996	2,343	2,716	3,694
22-34	1,339	1,717	2,250	2,686	3,155	4,383
22-40	1,254	1,536	1,934	2,261	2,611	3,529
22-44	1,226	1,477	1,831	2,122	2,433	3,250
22-52	1,200	1,423	1,737	1,994	2,271	2,995
22-53	1,373	1,788	2,375	2,855	3,370	4,721
22-57	1,351	1,741	2,293	2,744	3,228	4,498
22-58	1,348	1,736	2,283	2,730	3,211	4,471
22-59	1,408	1,863	2,505	3,030	3,595	5,073
22-61	1,302	1,638	2,112	2,500	2,917	4,010
22-62	1,242	1,511	1,891	2,202	2,536	3,411
22-63	1,326	1,688	2,200	2,619	3,068	4,247
22-64	1,253	1,534	1,931	2,256	2,605	3,519
22-68	1,449	1,950	2,656	3,234	3,855	5,482
22-71	1,363	1,768	2,339	2,807	3,309	4,624
22-72	1,344	1,727	2,268	2,710	3,186	4,431
22-73	1,361	1,763	2,331	2,796	3,295	4,602
22-76	1,411	1,869	2,515	3,044	3,612	5,100
22-79	1,413	1,873	2,222	3,053	3,623	5,118
22-80	1,317	1,669	2,167	2,575	3,013	4,159
22-82	1,275	1,580	2,012	2,366	2,745	3,739
22-83	1,295	1,623	2,087	2,466	2,874	3,942
22-85	1,251	1,530	1,924	2,247	2,593	3,501
22-88	1,185	1,391	1,682	1,920	2,175	2,845

Her bir istasyon için çeşitli yineleme aralıklarına göre hesaplanan karakteristik değerler ile o istasyonun aritmetik ortalaması çarpımıyla debi değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Tablo 3.12’de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. İstasyonların T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli taşkın debileri

İstasyon	Q <sub>ort</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
2201	257,45	335,97	423,51	546,82	647,74	756,39	1040,61
2202	97,864	126,34	158,05	202,77	239,38	278,72	381,87
2213	123,58	163,37	207,74	270,27	321,56	376,55	520,64
2215	82,26	98,30	116,15	141,40	162,05	184,26	242,34
2218	170,8	220,33	275,50	353,21	416,92	485,41	664,58
2228	83,22	119,67	160,28	217,62	264,56	314,90	446,89
22-06	101,68	125,68	152,32	189,94	220,75	253,79	340,53
22-07	28,86	36,39	44,76	56,57	66,26	76,65	103,87
22-09	146,71	193,07	244,71	317,77	377,48	441,60	609,58
22-13	28,184	35,79	44,28	56,26	66,04	76,55	104,11
22-34	52,32	70,06	89,83	117,72	140,53	165,07	229,32
22-40	347,56	435,84	533,85	672,18	785,83	907,48	1226,54
22-44	62,49	76,61	92,30	114,42	132,60	152,04	203,09
22-52	94,2	113,04	134,05	163,63	187,83	213,93	282,13
22-53	77,08	105,83	137,82	183,07	220,06	259,76	363,89
22-57	41,87	56,57	72,90	96,01	114,89	135,16	188,33
22-58	93,06	125,44	161,55	212,46	254,05	298,82	416,07
22-59	26,82	37,76	49,97	67,18	81,26	96,42	136,06
22-61	41,13	53,55	67,37	86,87	102,83	119,98	164,93
22-62	114,8	142,58	173,46	217,09	252,79	291,13	391,58
22-63	115,56	153,23	195,07	254,23	302,65	354,54	490,78
22-64	90,55	113,46	138,90	174,85	204,28	235,88	318,65
22-68	49,43	71,62	96,39	131,29	159,86	190,55	270,98
22-71	43,93	59,88	77,67	102,75	123,31	145,36	203,13
22-72	158,42	212,92	273,59	359,30	429,32	504,73	701,96
22-73	71,47	97,27	126,00	166,60	199,83	235,49	328,90
22-76	177,9	251,02	332,50	447,42	541,53	642,57	907,29
22-79	77,75	109,86	145,63	196,09	237,37	281,69	397,92
22-80	81,93	107,90	136,74	177,54	210,97	246,86	340,75
22-82	121,11	154,42	191,35	243,67	286,55	332,45	452,83
22-83	58,09	75,23	94,28	121,23	143,25	166,95	228,99
22-85	74,85	93,64	114,52	144,01	168,19	194,09	262,05
22-88	18,91	22,41	26,30	31,81	36,31	41,13	53,80

Tablo 3.11'deki karakteristik değerlerin doğruluğu Monte Carlo benzeşimi ile kontrol edilmiştir. Bu değerlerin doğruluğunun tespiti için her bir istasyonun taraflılık (BIAS) ve ortalama en küçük hata (RMSE) parametreleri hesaplanmıştır. Bu parametreler elde edildikten sonra %90 güvenilirlik aralığında benzeşim yapılmış bölgelerin büyüme eğrileri istenilen her bir dağılım için bulunmaktadır. Güvenilirlik aralığının alt ve üst sınır değerleri (%5 ve %95), bulunan bölgesel gelişim eğrisi değerinin xsim programında bulunmuş olan %5 ve %95 aşılma olasılığına karşılık gelen değere bölünmesi ile hesaplanmaktadır. Buna göre her bir istasyonun taraflılık, ortalama en küçük hata değerleri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri Tablo 3.13'de; yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık, ortalama en küçük hata değeri ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri Tablo 3.14'de; ve bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri Tablo 3.15'de gösterilmiştir.

Tablo 3.13. Doğu Karadeniz Havzası, LN dağılım için çeşitli yineleme aralıklarına göre her bir istasyonundaki taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

T	5	10	25	50	100	500
2201 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,004	-0,008	0,012	-0,015	-0,018	-0,023
RMSE	0,091	0,097	0,108	0,118	0,129	0,157
0,050 P.T.	0,854	0,843	0,820	0,812	0,800	0,775
0,950 P.T.	1,150	1,165	1,187	1,205	1,220	1,258
2202 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,017	0,020	0,022	0,023	0,023	0,022
RMSE	0,086	0,092	0,104	0,114	0,125	0,154
0,050 P.T.	0,884	0,879	0,869	0,857	0,850	0,821
0,950 P.T.	1,158	1,175	1,200	1,225	1,252	1,300
2213 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,002	-0,014	-0,026	-0,033	-0,038	-0,048
RMSE	0,090	0,095	0,106	0,117	0,128	0,155
0,050 P.T.	0,859	0,840	0,816	0,802	0,789	0,753
0,950 P.T.	1,151	1,152	1,157	1,167	1,185	1,235
2215 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,094	0,163	0,228	0,266	0,296	0,348
RMSE	0,114	0,179	0,248	0,290	0,325	0,394
0,050 P.T.	0,996	1,044	1,076	1,093	1,098	1,096
0,950 P.T.	1,206	1,298	1,405	1,481	1,545	1,675
2218 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,010	0,014	0,016	0,017	0,017	0,016
RMSE	0,088	0,094	0,105	0,115	0,127	0,155
0,050 P.T.	0,875	0,868	0,855	0,843	0,831	0,806
0,950 P.T.	1,160	1,177	1,190	1,220	1,240	1,315

Tablo 3.13'ün devamı

2228 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,087	-0,143	-0,189	-0,211	-0,229	-0,256
RMSE	0,149	0,186	0,224	0,245	0,263	0,294
0,050 P.T.	0,725	0,677	0,637	0,609	0,585	0,542
0,950 P.T	1,126	1,072	1,027	1,015	1,002	1,015
22-06 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,060	0,097	0,131	0,150	0,164	0,188
RMSE	0,098	0,131	0,168	0,192	0,213	0,256
0,050 P.T.	0,946	0,970	0,982	0,979	0,974	0,950
0,950 P.T	1,202	1,263	1,328	1,370	1,427	1,532
22-07 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,038	0,060	0,078	0,087	0,094	0,105
RMSE	0,086	0,105	0,129	0,145	0,161	0,195
0,050 P.T.	0,910	0,916	0,921	0,915	0,905	0,876
0,950 P.T	1,167	1,205	1,265	1,300	1,335	1,435
22-09 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,008	-0,017	-0,026	-0,032	-0,036	-0,044
RMSE	0,089	0,096	0,109	0,119	0,131	0,159
0,050 P.T.	0,846	0,828	0,807	0,790	0,775	0,745
0,950 P.T	1,145	1,146	1,154	1,172	1,195	1,230
22-13 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,034	0,050	0,063	0,069	0,074	0,081
RMSE	0,102	0,115	0,133	0,147	0,160	0,191
0,050 P.T.	0,889	0,895	0,892	0,883	0,873	0,844
0,950 P.T	1,205	1,238	1,272	1,302	1,325	1,415
22-34 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,020	-0,040	-0,058	-0,068	-0,076	-0,089
RMSE	0,122	0,130	0,144	0,156	0,167	0,193
0,050 P.T.	0,790	0,771	0,747	0,735	0,715	0,680
0,950 P.T	1,200	1,182	1,170	1,160	1,170	1,215
22-40 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,044	0,070	0,092	0,104	0,113	0,127
RMSE	0,097	0,118	0,143	0,161	0,178	0,214
0,050 P.T.	0,918	0,932	0,934	0,932	0,925	0,897
0,950 P.T	1,197	1,245	1,290	1,335	1,373	1,455
22-44 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,068	0,113	0,154	0,177	0,194	0,224
RMSE	0,114	0,152	0,194	0,221	0,244	0,292
0,050 P.T.	0,927	0,966	0,980	0,938	0,982	0,970
0,950 P.T	1,220	1,279	1,358	1,402	1,453	1,560
22-52 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,091	0,155	0,217	0,252	0,280	0,329
RMSE	0,117	0,178	0,242	0,281	0,316	0,381
0,050 P.T.	0,985	1,033	1,067	1,073	1,078	1,080
0,950 P.T	1,229	1,310	1,405	1,475	1,555	1,690

Tablo 3.13'ün devamı

22-53 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,043	-0,077	-0,106	-0,121	-0,133	-0,153
RMSE	0,148	0,162	0,181	0,194	0,207	0,232
0,050 P.T.	0,750	0,719	0,686	0,665	0,646	0,610
0,950 P.T	1,200	1,163	1,139	1,147	1,143	1,155
22-57 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,028	-0,053	-0,075	-0,087	-0,096	-0,112
RMSE	0,109	0,120	0,137	0,150	0,162	0,189
0,050 P.T.	0,813	0,782	0,751	0,725	0,705	0,675
0,950 P.T	1,157	1,145	1,125	1,130	1,138	1,175
22-58 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,029	-0,053	-0,074	-0,086	-0,095	-0,110
RMSE	0,115	0,126	0,143	0,156	0,168	0,194
0,050 P.T.	0,793	0,765	0,741	0,720	0,703	0,669
0,950 P.T	1,155	1,147	1,145	1,152	1,150	1,168
22-59 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,068	-0,115	-0,154	-0,178	-0,189	-0,213
RMSE	0,144	0,171	0,202	0,220	0,235	0,264
0,050 P.T.	0,748	0,700	0,655	0,639	0,614	0,577
0,950 P.T	1,165	1,105	1,079	1,070	1,074	1,110
22-61 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,012	0,010	0,007	0,005	0,003	-0,002
RMSE	0,127	0,132	0,140	0,149	0,158	0,182
0,050 P.T.	0,820	0,807	0,792	0,777	0,766	0,728
0,950 P.T	1,235	1,228	1,235	1,255	1,273	1,295
22-62 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,055	0,089	0,118	0,135	0,147	0,167
RMSE	0,099	0,129	0,163	0,185	0,205	0,247
0,050 P.T.	0,934	0,959	0,969	0,965	0,963	0,940
0,950 P.T	1,195	1,250	1,310	1,353	1,392	1,485
22-63 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,013	-0,027	-0,040	-0,047	-0,053	-0,064
RMSE	0,108	0,114	0,125	0,135	0,145	0,171
0,050 P.T.	0,834	0,815	0,791	0,775	0,758	0,725
0,950 P.T	1,168	1,165	1,170	1,185	1,210	1,240
22-64 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,042	0,069	0,092	0,104	0,113	0,128
RMSE	0,105	0,127	0,153	0,170	0,187	0,224
0,050 P.T.	0,911	0,920	0,917	0,907	0,902	0,880
0,950 P.T	1,210	1,263	1,308	1,343	1,385	1,435
22-68 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,094	-0,154	-0,201	-0,225	-0,243	-0,271
RMSE	0,193	0,223	0,256	0,275	0,291	0,319
0,050 P.T.	0,652	0,612	0,571	0,543	0,525	0,513
0,950 P.T	1,118	1,109	1,070	1,052	1,040	1,035

Tablo 3.13'ün devamı

22-71 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,035	-0,066	-0,092	-0,106	-0,117	-0,135
RMSE	0,139	0,151	0,168	0,181	0,193	0,218
0,050 P.T.	0,766	0,738	0,705	0,687	0,672	0,645
0,950 P.T.	1,212	1,179	1,170	1,173	1,175	1,205
22-72 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,018	-0,041	-0,060	-0,071	-0,080	-0,95
RMSE	0,125	0,132	0,145	0,156	0,166	0,190
0,050 P.T.	0,792	0,768	0,745	0,725	0,708	0,675
0,950 P.T.	1,205	1,185	1,172	1,185	1,195	1,218
22-73 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,039	-0,069	-0,094	-0,108	-0,119	-0,136
RMSE	0,188	0,194	0,205	0,214	0,223	0,243
0,050 P.T.	0,677	0,662	0,647	0,623	0,603	0,573
0,950 P.T.	1,308	1,272	1,230	1,218	1,220	1,225
22-76 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,075	-0,122	-0,161	-0,181	-0,196	-0,221
RMSE	0,210	0,226	0,247	0,261	0,274	0,298
0,050 P.T.	0,635	0,603	0,575	0,556	0,540	0,510
0,950 P.T.	1,290	1,235	1,183	1,152	1,140	1,133
22-79 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,065	-0,114	-0,154	-0,175	-0,191	-0,216
RMSE	0,151	0,176	0,204	0,222	0,237	0,265
0,050 P.T.	0,733	0,690	0,640	0,622	0,606	0,570
0,950 P.T.	1,165	1,117	1,075	1,070	1,065	1,050
22-80 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	-0,007	-0,017	-0,026	-0,032	-0,037	-0,045
RMSE	0,103	0,108	0,119	0,128	0,139	0,164
0,050 P.T.	0,823	0,807	0,789	0,775	0,755	0,736
0,950 P.T.	1,172	1,169	1,165	1,175	1,198	1,245
22-82 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,027	0,041	0,051	0,056	0,060	0,65
RMSE	0,143	0,154	0,168	0,179	0,190	0,217
0,050 P.T.	0,823	0,828	0,823	0,825	0,818	0,792
0,950 P.T.	1,280	1,320	1,345	1,363	1,395	1,460
22-83 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,013	0,014	0,015	0,014	0,014	0,012
RMSE	0,111	0,118	0,130	0,140	0,152	0,180
0,050 P.T.	0,848	0,835	0,820	0,805	0,797	0,765
0,950 P.T.	1,202	1,210	1,228	1,253	1,287	1,345
22-85 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,048	0,076	0,100	0,113	0,123	0,139
RMSE	0,124	0,145	0,170	0,188	0,204	0,240
0,050 P.T.	0,880	0,890	0,895	0,894	0,888	0,870
0,950 P.T.	1,260	1,304	1,357	1,382	1,417	1,485
22-88 No.lu İstasyon Karakteristik Değerleri						
BIAS	0,102	0,178	0,253	0,296	0,332	0,394
RMSE	0,140	0,209	0,284	0,331	0,372	0,449
0,050 P.T.	0,957	1,013	1,060	1,086	1,098	1,103
0,950 P.T.	1,275	1,382	1,493	1,565	1,630	1,790



Tablo 3.14. Doğu Karadeniz Havzası, LN dağılım için çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel mutlak değer taraflılık (ABSBIAS), taraflılık (BIAS), ortalama en küçük hata değeri (RMSE) ve güvenilirlik aralığı sınır değerleri

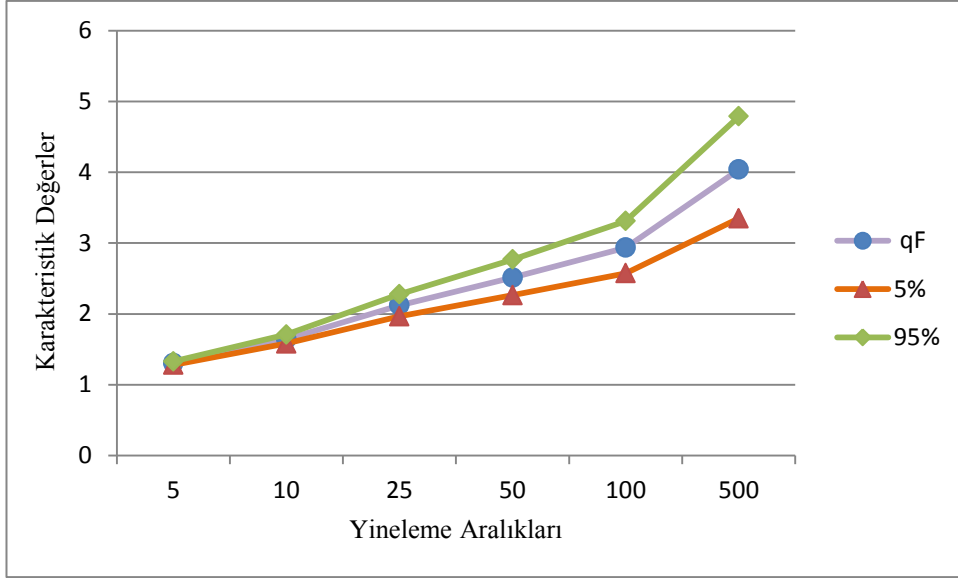
Yineleme Süresi						
T	5	10	25	50	100	500
Tüm İstasyonlar İçin Ortalama						
ABS.BIAS	0,042	0,071	0,097	0,110	0,121	0,139
BIAS	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004
RMSE	0,122	0,142	0,167	0,183	0,199	0,233
0,050 P.T.	0,895	0,884	0,866	0,852	0,834	0,797
0,950 P.T.	1,113	1,131	1,167	1,185	1,208	1,255
Bölgesel Büyüme Eğrisi						
ABS.BIAS	0,043	0,072	0,097	0,111	0,122	0,140
BIAS	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002
RMSE	0,045	0,078	0,113	0,134	0,154	0,192
ABS.BIAS	0,043	0,072	0,097	0,111	0,122	0,140
BIAS	0,000	-0,001	-0,001	-0,001	-0,001	-0,002

Tablo 3.15. Doğu Karadeniz Havzası, LN dağılım için çeşitli yineleme aralıklarına göre bulunan bölgesel büyüme eğrisinin doğruluk ölçütleri

F	T	$q^F$	RMSE	Hata Aralığı	
0,800	5	1,305	0,045	1,282	1,328
0,900	10	1,644	0,078	1,583	1,709
0,960	25	2,122	0,113	1,967	2,279
0,980	50	2,514	0,134	2,265	2,769
0,990	100	2,935	0,154	2,574	3,310
0,998	500	4,037	0,192	3,350	4,789

Yukarıdaki değerlerden görülebileceği üzere mutlak değer taraflılık, taraflılık ve ortalama en küçük hata değerleri küçük çıkmıştır. Bu sebeple karakteristik değerlerin doğruluğu uygun olarak kabul edilmiştir.

Çeşitli yineleme aralıklarına göre bölgesel büyüme eğrisi değerleri ve bu değerlere karşılık gelen sınır aralığı değerleri grafiği Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Doğu Karadeniz Havzası %90 güven aralığında bölgesel büyüme eğrisi ve sınır aralığı değerleri grafiği

Her bir istasyon için uygun olan dağılımlara göre yapılan debi tahminleri ve bölge için tek bir dağılım kabulüne göre yapılan debi tahminleri Tablo 3.9 ve Tablo 3.12'den görüleceği gibi birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Ancak özellikle 22-68, 22-71, 22-76, 22-79, 22-83 ve 22-88 gibi veri sayısı az olan istasyonların bölgesel dağılım kabulüne göre yapılan debi tahminlerinde hata değerlerinin daha yüksek olduğu Tablo 3.13'de görülmektedir. Her bir istasyon için uygun olan uygun dağılımlara göre çeşitli yineleme sürelerine ait debi tahminlerinin daha hassas sonuçlar verdiği kabulü ile çalışmanın ileriki kısımlarında Tablo 3.9'daki değerler dikkate alınmıştır.

### 3.2. Taşkın Frekans Analizinde Regresyon Analizi, Yapay Arı Kolonisi Algoritması ve Öğretme-Öğrenme Tabanlı Algoritmanın Kullanılması

#### 3.2.1. Bağımsız Değişkenlere Ait Hesaplar ve Regresyon Analizi

Çalışmada kullanılan 10 adet meteoroloji istasyonuna ait, konsantrasyon süresine ( $t_c$ ) bağlı olarak seçilen standart zamanlardaki en büyük yağış değerleri kullanılarak yağış şiddetleri hesaplanmıştır. Bu verilere Easy Fit ile uygunluk testi yapılmış ve her bir istasyona ait seçilen uygun dağılıma göre  $T=5, 10, 25, 50, 100$  ve  $500$  yıl yineleme süreli yağış şiddetleri hesaplanmıştır. Meteoroloji istasyonlarına ait uygun dağılımlar ve çeşitli

yıl yinleme süreli yağış şiddeti değerleri Tablo 3.16’da verilmiştir. Thiessen metodu kullanılarak hesaplanan, her bir AGİ’ye ait yağış şiddeti değerleri Tablo 3.17’de verilmiştir.

Tablo 3.16. Meteoroloji istasyonlarına ait uygun dağılımlar ve yağış şiddetleri

İstasyon	Dağılım Fonksiyonu	x(F(qt))					
		5	10	25	50	100	500
		0,800	0,900	0,960	0,980	0,990	0,998
Akçaabat	LPE3	2,84	3,15	3,50	3,73	3,94	4,37
Artvin	LPE3	2,60	2,92	3,27	3,49	3,69	4,06
Bayburt	LPE3	1,40	1,57	1,77	1,91	2,06	2,39
Giresun	LPE3	3,88	4,62	5,67	6,56	7,54	10,26
Gümüşhane	GEV	1,55	1,77	2,02	2,20	2,37	2,73
Hopa	LPE3	6,36	7,25	8,41	9,29	10,20	12,42
Ordu	LPE3	3,57	4,35	5,51	6,50	7,61	10,77
Pazar	LPE3	5,98	6,97	8,28	9,28	10,32	12,90
Rize	GEV	5,31	6,05	7,07	7,89	8,77	11,03
Trabzon	GEV	2,90	3,38	4,05	4,62	5,23	6,91

Drenaj yoğunluğu, akarsu eğimi ve yıllık ortalama yağış ikinci bölümde anlatıldığı gibi hesaplanmış olup seçilen tüm bağımsız değişkenlere ait değerler Tablo 3.17’de verilmiştir. Bağımsız ve bağımlı değişkenlerin veri aralıkları ve bazı istatistiksel değerleri ise Tablo 3.18’de verilmiştir.

Tablo 3.17. Çalışmada kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenler

İstasyon	Drenaj Alanı, A, (km <sup>2</sup> )	Drenaj Yoğunluğu, Y <sub>d</sub> (m/km <sup>2</sup> )	Akarsu Eğimi,J	Kot, (km)	Yıllık Ort, Yağış, P, (mm)	Yağış Şiddeti, i, (mm/s)						Debi, Q, (m <sup>3</sup> /sn)					
						i <sub>5</sub>	i <sub>10</sub>	i <sub>25</sub>	i <sub>50</sub>	i <sub>100</sub>	i <sub>500</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>25</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>500</sub>
						X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub> <sup>1</sup>	X <sub>6</sub> <sup>2</sup>	X <sub>6</sub> <sup>3</sup>	X <sub>6</sub> <sup>4</sup>	X <sub>6</sub> <sup>5</sup>	X <sub>6</sub> <sup>6</sup>	Y <sup>1</sup>
2201	2750	263,9	0,033	400	544,5	1,67	1,95	2,30	2,57	2,83	3,45	339,79	420,38	531,63	621,55	717,56	968,02
2202	635,7	251,1	0,043	78	677,14	4,35	5,14	6,24	7,14	8,12	10,83	126,86	156,65	198,71	233,44	271,21	372,83
2213	713	217,7	0,022	248	1140,36	9,34	11,48	14,54	17,09	19,88	27,46	159,30	203,43	270,85	330,94	400,68	610,17
2215	445,2	212,5	0,061	942	1068,24	10,47	11,93	13,72	15,00	16,26	19,12	99,93	115,33	135,46	150,96	166,92	206,40
2218	834,9	237,7	0,064	308	1065	11,71	13,35	15,36	16,81	18,22	21,47	204,07	261,50	360,51	459,51	586,33	1037,93
2228	191,4	279,5	0,035	17	989,4	6,46	7,41	8,65	9,63	10,63	13,15	115,19	160,35	229,88	291,00	360,31	557,15
22-06	156	216,8	0,065	60	2172,2	19,27	22,48	26,92	30,53	34,40	44,54	130,07	157,84	196,85	229,32	265,81	349,84
22-07	154,7	225,8	0,041	1114	1031,65	4,78	5,52	6,43	7,10	7,77	9,31	37,27	44,58	54,13	61,44	68,90	86,93
22-09	1900,4	259,8	0,032	925	483,78	2,28	2,69	3,24	3,67	4,12	5,24	187,01	242,28	328,56	406,51	497,75	774,71
22-13	124,9	393,6	0,041	470	975,05	6,89	8,36	10,42	12,13	13,99	19,12	35,49	44,01	56,58	67,37	79,47	113,82
22-34	258,6	284	0,038	90	756,63	6,22	7,39	9,03	10,38	11,86	15,89	67,64	88,58	121,48	151,37	186,52	293,94
22-40	3132,8	270,2	0,033	120	612,08	1,82	2,13	2,54	2,86	3,19	4,03	449,57	523,98	613,63	678,53	741,43	884,19
22-44	421,2	250,2	0,048	500	654,45	3,63	4,21	4,98	5,57	6,19	7,75	73,60	87,97	108,94	126,55	145,85	197,95
22-52	576,8	263,1	0,058	275	977,99	5,22	5,95	6,82	7,44	8,05	9,40	115,32	133,57	157,30	175,42	193,84	238,15
22-53	173,6	285,5	0,056	150	930,18	7,95	9,27	10,91	12,13	13,34	16,17	104,46	137,27	186,29	228,70	276,48	412,34
22-57	242,6	446,3	0,074	650	923,61	4,13	4,72	5,44	5,59	6,45	7,56	54,84	72,03	98,70	122,66	150,53	234,23
22-58	162,7	328,5	0,054	300	1026,41	7,76	8,98	10,66	12,00	13,42	17,14	120,70	158,70	218,70	273,42	337,98	536,36
22-59	121,5	317,1	0,068	250	728,31	7,40	8,65	10,22	11,37	12,52	15,23	33,02	48,65	82,19	125,04	174,03	399,52

Tablo 3.16'nin devamı

22-61	260	236,5	0,056	380	740,7	4,57	5,32	6,27	7,00	7,74	9,58	50,87	63,12	80,62	95,07	110,70	152,07
22-62	496,7	250,5	0,065	300	1535,07	12,63	14,82	17,92	20,50	23,35	31,19	141,16	171,25	215,74	254,16	297,55	422,03
22-63	239,2	225,9	0,084	325	1482,27	15,36	18,30	22,71	26,57	30,99	43,93	150,64	190,33	246,48	292,49	341,97	471,84
22-64	468	167,2	0,029	530	1167,93	8,47	10,44	13,29	15,68	18,33	25,66	114,08	138,15	171,25	197,74	225,72	297,27
22-68	171,6	210,3	0,056	470	1003,95	15,90	18,29	21,24	23,39	25,51	30,41	66,29	91,80	133,92	174,33	224,30	391,63
22-71	292,7	197,6	0,049	990	1100,65	12,00	14,90	19,03	22,27	26,23	36,45	53,65	59,28	65,41	69,40	73,00	80,21
22-72	92,2	228	0,067	175	2180,62	17,68	21,19	26,62	31,52	37,29	55,06	223,76	283,11	359,99	418,03	476,36	613,89
22-73	397,9	261,9	0,031	400	1063,65	12,00	14,90	19,03	22,27	26,23	36,45	103,19	137,86	190,44	230,33	276,79	387,57
22-76	302	192,6	0,065	230	2045	15,41	18,33	22,70	26,52	30,87	43,60	246,91	317,50	416,73	497,80	584,94	814,14
22-79	89,7	321,3	0,08	300	2330,81	19,33	22,55	27,01	30,63	34,51	44,69	111,92	149,46	203,42	248,20	296,82	426,22
22-80	296,9	258,6	0,031	750	1002,48	12,00	14,90	19,03	22,27	26,23	36,45	115,97	151,61	202,34	244,57	290,81	416,66
22-82	83,3	388,9	0,071	290	1348,71	18,15	20,87	24,23	26,68	29,10	34,68	151,91	198,10	272,90	342,77	426,90	694,80
22-83	410,8	248,9	0,041	1150	471,87	4,32	5,04	5,93	6,58	7,24	8,77	74,41	89,51	109,50	125,00	140,99	180,45
22-85	231,2	261,5	0,071	400	1527,71	17,81	20,56	24,05	26,67	29,33	35,80	99,804	122,04	151,04	173,24	195,89	250,9
22-88	150	266,4	0,051	710	708,04	6,65	7,70	9,12	10,24	11,41	14,42	24,10	28,59	34,44	38,92	43,52	54,80

Tablo 3.18. Bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait istatistik bilgiler

Veri	Aralık	Ortalama	Standart Sapma
Bağımsız değişkenler			
Drenaj alanı, (km <sup>2</sup> )	83,3-3132,8	514,49	711,08
Akarsu eğimi, (m/km)	0,22-0,333	0,06	0,05
Kot, (m)	17-1150	433,24	309,81
Drenaj yoğunluğu, (km/km <sup>2</sup> )	167,2-446,3	264,22	59,24
Yıllık ortalama yağış, (mm)	471,87-2330,81	1105,04	489,99
Yağış şiddeti I <sub>5</sub>	1,67-19,33	9,5	5,44
Yağış şiddeti I <sub>10</sub>	1,95-22,55	11,2	6,41
Yağış şiddeti I <sub>20</sub>	2,3-27,01	13,53	7,81
Yağış şiddeti I <sub>50</sub>	2,57-31,52	15,38	9,01
Yağış şiddeti I <sub>100</sub>	2,83-37,29	17,44	10,38
Yağış şiddeti I <sub>500</sub>	3,45-55,06	22,85	14,41
Bağımlı değişkenler			
Q <sub>5</sub> (m <sup>3</sup> /s)	24,1-449,57	126,75	89,00
Q <sub>10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	28,59-523,98	159,05	107,69
Q <sub>20</sub> (m <sup>3</sup> /s)	34,44-613,63	206,20	133,57
Q <sub>50</sub> (m <sup>3</sup> /s)	38,92-678,53	246,54	155,36
Q <sub>100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	43,52-741,43	291,75	180,54
Q <sub>500</sub> (m <sup>3</sup> /s)	54,8-1037,93	422,09	260,84

Taşkın yinleme debileri (Q<sub>T</sub>) ile havza karakteristikleri arasındaki ilişkiler belirlenmesi amacıyla oluşturulan 16 model için 83, 84, 85, 86, 87 ve 88 no.lu denklemlere ait 6 regresyon fonksiyonlarına uygulanan regresyon analizi sonuçlarından elde edilen R<sup>2</sup> değerleri Tablo 3.19’da verilmiştir. En büyük R<sup>2</sup> değerlerini veren doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlarının ORH, OMH ve OKHK hata değerleri de hesaplanmış olup bu değerler Tablo 3.20, Tablo 3.21 ve Tablo 3.22 de gösterilmektedir.

Hata değerlerine ve determinasyon katsayılarına genel olarak bakıldığında, üç değişkenli modellerin sonuçlarının hemen hemen aynı olduğu; ancak kotun ortalama yağışa göre daha etkili olduğu görülmektedir. Dört değişkenli kombinasyonların hata değerlerine ve determinasyon katsayılarına bakıldığında 11. modelin iyi sonuç verdiği ve buradan; kot ve yağışın, dere frekansı ve eğimden daha etkili olduğu anlaşılmaktadır. Benzer sonuçlar beş değişkenli modellere bakıldığında da ortaya çıkmaktadır. 16 farklı

modelin ORH, OMH ve OKHK hata değerleri göz önünde bulundurularak her birine ait en uygun fonksiyon belirlenmiş ve katsayılar seçilen fonksiyonlarda yerine konduğunda elde edilen regresyon denklemleri, T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yinelemeli taşkın debisi değerleri için “EKLER” bölümünde Ek 9 ile Ek 14 arasında verilmiştir. Üç hata tipi de incelendiğinde, bütün modeller içinde 16.’nın en iyi model olduğu kabul edilmiştir ve ileriki bölümlerdeki YAK, ÖÖTO ve YSA hesapları 16. model için yapılmıştır.

Tablo 3.19. Farklı regresyon fonksiyonlarına uygulanan regresyon analizinden elde edilen  $R^2$  değerleri

Üs Fonksiyon																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	0,602	0,611	0,610	0,695	0,772	0,617	0,696	0,774	0,720	0,773	0,798	0,720	0,775	0,799	0,806	0,807
Q <sub>10</sub>	0,564	0,577	0,578	0,657	0,728	0,588	0,661	0,731	0,692	0,730	0,755	0,694	0,773	0,757	0,768	0,770
Q <sub>25</sub>	0,522	0,542	0,544	0,614	0,663	0,562	0,623	0,670	0,663	0,668	0,695	0,669	0,675	0,700	0,716	0,720
Q <sub>50</sub>	0,490	0,520	0,521	0,582	0,608	0,548	0,597	0,621	0,640	0,618	0,645	0,653	0,630	0,656	0,674	0,685
Q <sub>100</sub>	0,457	0,495	0,496	0,546	0,555	0,530	0,569	0,575	0,613	0,568	0,594	0,634	0,588	0,612	0,632	0,650
Q <sub>500</sub>	0,361	0,420	0,410	0,435	0,412	0,467	0,478	0,458	0,509	0,437	0,455	0,553	0,484	0,495	0,510	0,553
S Fonksiyonu																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	0,424	0,443	0,425	0,439	0,675	0,444	0,462	0,682	0,439	0,684	0,680	0,462	0,690	0,688	0,687	0,693
Q <sub>10</sub>	0,382	0,401	0,383	0,399	0,620	0,402	0,423	0,629	0,399	0,628	0,627	0,423	0,635	0,636	0,631	0,639
Q <sub>25</sub>	0,326	0,341	0,326	0,345	0,534	0,341	0,365	0,542	0,346	0,540	0,543	0,366	0,546	0,553	0,546	0,554
Q <sub>50</sub>	0,277	0,290	0,278	0,300	0,449	0,290	0,316	0,459	0,302	0,454	0,463	0,319	0,462	0,473	0,464	0,474
Q <sub>100</sub>	0,236	0,243	0,236	0,259	0,388	0,244	0,270	0,392	0,263	0,391	0,403	0,274	0,394	0,408	0,403	0,408
Q <sub>500</sub>	0,135	0,135	0,138	0,158	0,217	0,139	0,159	0,218	0,168	0,218	0,235	0,169	0,218	0,236	0,236	0,236
Eksponansiyel Fonksiyon																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	0,808	0,814	0,808	0,835	0,840	0,814	0,848	0,849	0,837	0,840	0,854	0,850	0,849	0,866	0,855	0,867
Q <sub>10</sub>	0,780	0,783	0,780	0,809	0,809	0,783	0,818	0,815	0,813	0,809	0,824	0,823	0,815	0,833	0,827	0,836
Q <sub>25</sub>	0,736	0,736	0,738	0,769	0,756	0,739	0,773	0,758	0,777	0,758	0,776	0,782	0,760	0,780	0,782	0,787
Q <sub>50</sub>	0,694	0,694	0,698	0,730	0,707	0,698	0,731	0,708	0,741	0,711	0,732	0,743	0,711	0,734	0,742	0,744
Q <sub>100</sub>	0,638	0,639	0,644	0,678	0,648	0,646	0,678	0,648	0,693	0,653	0,679	0,693	0,654	0,679	0,693	0,693
Q <sub>500</sub>	0,459	0,467	0,468	0,509	0,464	0,476	0,511	0,470	0,528	0,472	0,510	0,529	0,478	0,512	0,530	0,532



Tablo 3.19'un devamı

Ters Fonksiyon																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	0,282	0,321	0,292	0,288	0,563	0,332	0,328	0,572	0,300	0,564	0,564	0,343	0,572	0,573	0,564	0,573
Q <sub>10</sub>	0,252	0,288	0,261	0,261	0,524	0,297	0,298	0,532	0,273	0,525	0,526	0,312	0,533	0,535	0,527	0,535
Q <sub>25</sub>	0,213	0,240	0,220	0,226	0,460	0,247	0,254	0,465	0,237	0,462	0,465	0,267	0,466	0,470	0,465	0,471
Q <sub>50</sub>	0,179	0,199	0,186	0,196	0,391	0,206	0,217	0,395	0,208	0,393	0,399	0,230	0,396	0,403	0,399	0,404
Q <sub>100</sub>	0,153	0,165	0,160	0,172	0,342	0,172	0,186	0,343	0,184	0,344	0,352	0,199	0,345	0,354	0,353	0,354
Q <sub>500</sub>	0,089	0,089	0,096	0,110	0,194	0,096	0,111	0,195	0,124	0,195	0,209	0,125	0,196	0,209	0,209	0,210
Doğrusal Fonksiyon																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	0,803	0,803	0,804	0,853	0,849	0,804	0,855	0,849	0,854	0,851	0,880	0,856	0,851	0,881	0,882	0,883
Q <sub>10</sub>	0,782	0,783	0,782	0,841	0,827	0,783	0,842	0,827	0,841	0,827	0,865	0,842	0,828	0,865	0,865	0,866
Q <sub>25</sub>	0,749	0,751	0,749	0,819	0,784	0,752	0,819	0,786	0,819	0,784	0,834	0,819	0,786	0,834	0,834	0,834
Q <sub>50</sub>	0,714	0,720	0,715	0,793	0,741	0,721	0,793	0,746	0,793	0,741	0,801	0,794	0,746	0,801	0,801	0,802
Q <sub>100</sub>	0,665	0,676	0,668	0,753	0,686	0,677	0,754	0,694	0,754	0,688	0,757	0,756	0,695	0,758	0,758	0,759
Q <sub>500</sub>	0,496	0,519	0,502	0,599	0,507	0,521	0,605	0,525	0,602	0,510	0,599	0,608	0,527	0,605	0,602	0,608
Logaritmik Fonksiyon																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	0,448	0,469	0,507	0,547	0,607	0,517	0,560	0,627	0,611	0,628	0,651	0,616	0,641	0,665	0,680	0,688
Q <sub>10</sub>	0,423	0,449	0,488	0,534	0,582	0,502	0,551	0,605	0,605	0,605	0,633	0,611	0,621	0,651	0,665	0,675
Q <sub>25</sub>	0,398	0,434	0,470	0,520	0,542	0,491	0,545	0,574	0,598	0,567	0,603	0,610	0,591	0,628	0,642	0,657
Q <sub>50</sub>	0,378	0,426	0,455	0,506	0,502	0,487	0,540	0,544	0,590	0,532	0,574	0,609	0,564	0,606	0,618	0,640
Q <sub>100</sub>	0,356	0,414	0,436	0,487	0,463	0,476	0,530	0,514	0,574	0,496	0,541	0,600	0,536	0,582	0,591	0,619
Q <sub>500</sub>	0,282	0,367	0,361	0,404	0,340	0,426	0,469	0,417	0,489	0,383	0,426	0,536	0,447	0,490	0,490	0,537

Tablo 3.20. Doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlara ait ORH değerleri

Doğrusal																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	31,06	31,07	30,95	31,06	29,80	30,88	31,24	29,83	30,95	29,21	26,03	31,18	29,29	25,72	25,62	25,54
Q <sub>10</sub>	32,88	32,38	32,87	31,72	32,03	32,35	32,03	32,08	31,72	31,76	27,05	32,02	31,78	26,98	26,89	26,90
Q <sub>25</sub>	36,25	35,23	36,25	33,36	35,33	35,32	33,38	35,23	33,33	35,34	29,63	33,38	35,20	29,64	29,63	29,64
Q <sub>50</sub>	39,83	38,27	39,67	35,69	39,19	38,29	35,43	38,42	56,47	39,09	32,95	35,41	38,39	32,72	32,94	32,75
Q <sub>100</sub>	44,79	42,52	44,50	38,52	44,17	42,49	37,97	42,73	38,46	44,12	36,56	37,98	42,73	36,13	36,56	36,18
Q <sub>500</sub>	61,14	58,24	60,87	48,25	60,58	58,27	47,85	58,00	48,02	60,60	48,00	47,80	58,05	47,80	48,02	47,88
Üs																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	42,43	41,95	42,17	34,50	34,16	41,51	34,55	34,14	31,92	34,02	32,05	32,02	33,97	31,87	30,63	30,48
Q <sub>10</sub>	45,41	44,48	44,82	36,63	37,95	43,71	36,50	37,38	34,28	37,64	35,36	34,13	37,12	35,03	33,57	33,14
Q <sub>25</sub>	48,89	47,28	47,65	39,96	43,39	45,81	39,18	41,91	36,87	42,78	39,86	36,12	41,29	39,00	37,21	36,31
Q <sub>50</sub>	52,15	49,95	50,06	43,54	47,54	47,46	42,23	45,61	39,19	46,67	43,92	38,09	44,64	42,58	40,28	38,73
Q <sub>100</sub>	56,91	53,97	54,29	48,43	52,57	51,12	46,15	49,94	43,13	51,44	48,96	40,86	48,69	46,35	43,88	41,56
Q <sub>500</sub>	65,31	58,51	62,30	57,55	67,00	55,19	51,30	58,80	51,51	64,00	60,36	45,68	56,00	53,52	52,15	46,05
Eksponansiyel																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	37,88	36,68	37,89	36,40	36,89	36,69	34,52	35,33	36,07	36,91	36,19	34,11	35,33	33,68	35,97	33,34
Q <sub>10</sub>	39,06	38,42	38,93	36,91	38,77	38,27	35,93	37,98	36,35	38,62	37,32	35,07	37,84	36,05	36,81	35,26
Q <sub>25</sub>	98,31	98,47	97,61	98,85	98,23	41,54	38,52	42,16	37,53	41,96	39,80	37,24	41,80	39,21	38,55	37,90
Q <sub>50</sub>	45,12	45,13	44,50	41,08	45,65	44,51	40,85	45,63	39,47	45,09	41,80	39,39	45,07	41,57	40,09	39,81
Q <sub>100</sub>	49,89	50,40	49,19	44,46	49,94	49,07	44,46	49,91	42,61	49,23	44,70	42,60	49,20	44,71	42,62	42,62
Q <sub>500</sub>	66,30	65,54	65,47	57,72	65,94	64,64	57,58	65,43	54,77	65,14	57,24	54,65	64,55	56,97	53,62	53,34

Tablo 3.21. Doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlara ait OMH değerleri

Doğrusal																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	28,91	28,92	28,57	26,35	28,46	28,51	26,67	28,47	26,01	27,67	24,85	26,42	27,64	24,9	24,32	24,54
Q <sub>10</sub>	37,03	36,59	37,00	33,19	36,85	36,49	33,71	36,81	33,10	36,3	31,43	33,64	36,29	31,59	31,21	31,38
Q <sub>25</sub>	49,65	48,4	49,74	44,92	49,15	48,58	44,96	48,86	44,74	49,14	43,08	44,82	48,89	43,10	43,05	43,08
Q <sub>50</sub>	61,89	60,20	61,18	58,17	62,00	59,59	57,62	61,18	129,53	61,23	56,70	57,16	60,85	56,20	56,23	55,87
Q <sub>100</sub>	78,26	75,47	77,11	73,91	78,68	74,60	72,49	76,93	73,16	77,85	72,66	71,94	76,37	71,50	71,70	70,82
Q <sub>500</sub>	140,16	137,54	138,86	129,45	141,70	136,67	127,27	138,75	127,82	140,75	129,50	126,23	137,74	127,34	127,82	126,14
Üs																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	43,56	42,69	42,92	36,31	32,15	41,84	36,11	32,13	33,82	32,08	31,07	33,71	31,93	30,77	30,07	29,74
Q <sub>10</sub>	56,23	54,93	54,60	46,58	43,83	53,06	46,12	43,21	44,43	43,38	42,14	43,91	42,82	41,64	40,40	39,75
Q <sub>25</sub>	73,46	71,47	69,72	62,13	62,21	67,45	60,65	60,34	58,69	61,13	60,06	57,26	59,22	58,96	56,41	54,94
Q <sub>50</sub>	88,84	85,88	82,10	77,95	78,68	78,38	75,18	76,13	70,70	76,68	76,93	68,63	73,98	75,26	70,56	68,28
Q <sub>100</sub>	108,05	104,40	99,89	98,18	98,82	95,74	94,32	95,11	87,71	95,64	97,79	83,57	91,76	94,51	87,53	83,90
Q <sub>500</sub>	168,55	164,42	162,43	161,53	166,77	157,84	153,31	157,21	150,15	159,97	163,55	146,01	153,32	154,81	149,17	145,56
Eksponansiyel																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	29,51	28,92	29,49	28,51	28,31	28,92	27,32	27,66	27,93	28,36	28,20	26,63	27,65	26,69	27,79	26,14
Q <sub>10</sub>	38,43	38,08	38,06	37,41	38,19	37,70	36,75	37,77	36,25	37,78	37,58	35,16	37,37	36,82	36,57	35,40
Q <sub>25</sub>	203,37	203,63	202,19	204,24	203,22	52,44	51,86	54,23	49,29	53,12	53,03	49,07	53,03	52,53	50,45	49,82
Q <sub>50</sub>	67,65	67,67	65,49	65,36	68,80	65,51	65,14	68,76	61,59	66,77	66,26	61,61	66,72	66,01	62,41	62,05
Q <sub>100</sub>	85,43	86,02	82,67	81,76	85,86	82,56	81,83	85,86	77,16	82,97	81,90	77,23	82,97	81,99	77,16	77,25
Q <sub>500</sub>	147,90	148,03	143,64	141,27	148,32	143,52	140,99	148,39	132,98	143,99	140,23	132,73	143,78	139,65	130,61	130,01

Tablo 3.22 Doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlara ait OKHK hata değerleri

Doğrusal																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	38,9	38,9	38,8	33,6	34,0	38,8	33,3	34,0	33,5	33,9	30,3	33,3	33,8	30,2	30,1	30,0
Q <sub>10</sub>	49,5	49,4	49,5	42,2	44,1	49,4	42,1	44,1	42,2	44,1	39,0	42,1	44,0	38,9	38,9	38,9
Q <sub>25</sub>	65,9	65,6	65,9	55,9	61,1	65,6	55,9	60,8	55,9	61,1	53,6	55,9	60,8	53,6	53,6	53,6
Q <sub>50</sub>	81,8	80,9	81,6	69,7	77,8	80,8	69,6	77,2	162,2	77,8	68,2	69,5	77,1	68,2	68,2	68,1
Q <sub>100</sub>	102,8	101,2	102,4	88,4	99,6	101,0	88,1	98,3	88,1	99,4	87,7	87,9	98,2	87,4	87,5	87,3
Q <sub>500</sub>	182,3	178,2	181,2	162,7	180,4	177,7	161,4	177,0	161,9	179,7	162,7	160,9	176,7	161,4	161,9	160,9
Üs																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	55,3	54,7	54,8	48,4	41,9	54,2	48,3	41,6	46,4	41,8	39,4	46,3	41,6	39,3	38,6	38,5
Q <sub>10</sub>	70,0	69,0	68,9	62,1	55,3	68,1	61,8	55,0	58,8	55,1	52,4	58,6	54,8	52,2	51,1	50,9
Q <sub>25</sub>	91,0	89,0	88,8	81,7	76,4	87,0	80,8	75,6	76,4	75,7	72,7	75,6	75,0	72,0	70,1	69,5
Q <sub>50</sub>	109,2	106,0	105,9	99,0	95,7	102,9	97,1	94,2	91,8	94,6	91,2	90,1	93,1	89,8	87,3	85,9
Q <sub>100</sub>	131,0	126,3	126,2	119,7	118,7	121,9	116,7	115,9	110,5	116,8	113,2	107,5	114,1	110,7	107,8	105,1
Q <sub>500</sub>	206,6	199,6	200,1	194,4	197,0	194,0	189,6	190,0	183,4	193,0	189,7	179,5	187,3	184,0	182,1	178,5
Eksponansiyel																
Model	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Q <sub>5</sub>	38,4	37,7	38,4	35,5	35,0	37,7	34,1	34,0	35,4	35,0	33,4	33,9	34,0	32,0	33,4	31,9
Q <sub>10</sub>	49,7	49,4	49,7	46,3	46,3	49,3	45,2	45,6	45,8	46,3	44,4	44,6	45,5	43,3	44,1	42,9
Q <sub>25</sub>	241,5	241,7	240,2	242,4	241,3	67,2	62,7	64,6	62,1	64,6	62,2	61,4	64,4	61,6	61,3	60,6
Q <sub>50</sub>	84,6	84,6	84,0	79,5	82,7	84,0	79,3	82,7	77,8	82,2	79,1	77,5	82,1	78,9	77,6	77,3
Q <sub>100</sub>	106,9	108,5	106,0	100,8	105,5	105,8	100,8	105,4	98,4	104,6	100,7	98,4	104,6	100,7	98,4	98,4
Q <sub>500</sub>	188,9	187,5	187,3	179,9	188,0	185,9	179,6	187,0	176,3	186,5	179,8	176,1	185,6	179,5	176,0	175,7

### 3.2.2. YAK ve ÖÖTO ile Elde Edilen Denklemler

6 bağımsız değişkeni içeren 16. model için, YAK ve ÖÖTO algoritmaları ile elde edilen katsayı değerleri Tablo 3.23 ve Tablo 3.24’de verilmiştir.

Tablo 3.23. YAK için elde edilen katsayılar

	Katsayılar							
	$w_0$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$
	$y_{\text{doğrusal}} = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + w_4x_4 + w_5x_5 + w_6x_6$							
Q <sub>5</sub>	0,0013	0,9281	0,0138	-0,0728	-0,1191	0,3003	0,0728	-
Q <sub>10</sub>	-0,039	0,9652	0,0536	-0,0342	-0,106	0,3987	0,0384	-
Q <sub>25</sub>	0,057	1,008	-0,0413	-0,1462	-0,1854	0,4126	0,0072	-
Q <sub>50</sub>	-0,0203	1,016	0,0912	0,0096	-0,1721	0,3185	0,1533	-
Q <sub>100</sub>	-0,076	1,0788	0,16	0,0343	-0,1521	0,3489	0,1963	-
Q <sub>500</sub>	-0,0538	0,9677	0,2788	0,0773	-0,2028	0,1145	0,381	-
	$y_{\text{üs}} = w_0x_1^{w_1}x_2^{w_2}x_3^{w_3}x_4^{w_4}x_5^{w_5}x_6^{w_6}$							
Q <sub>5</sub>	3,0383	1,0011	0,0077	0,0928	-0,1745	0,728	-0,033	-
Q <sub>10</sub>	2,9856	1,0187	0,0359	0,0882	-0,2043	0,4263	0,2173	-
Q <sub>25</sub>	3,9857	1,0245	0,1402	0,1707	-0,2576	0,2357	0,4237	-
Q <sub>50</sub>	3,2846	0,989	0,105	0,1622	-0,3203	0,0508	0,5546	-
Q <sub>100</sub>	2,2542	0,8708	0,0046	0,2208	-0,4241	-0,096	0,5833	-
Q <sub>500</sub>	2,8765	0,7379	0,2109	0,2558	-0,3612	-0,1302	0,6105	-
	$y_{\text{ekspansiyel}} = w_0 + \exp(w_1 + w_2x_1 + w_3x_2 + w_4x_3 + w_5x_4 + w_6x_5 + w_7x_6)$							
Q <sub>5</sub>	-0,3094	-1,0171	1,2824	0,0011	-0,0232	-0,16	0,3408	0,3076
Q <sub>10</sub>	-0,5406	-0,5813	1,0105	0,0438	-0,0208	-0,0989	0,1751	0,3021
Q <sub>25</sub>	-1,0501	-0,0072	0,7229	0,0751	0,0091	-0,0644	0,1124	0,2512
Q <sub>50</sub>	-0,5823	-0,5284	0,9689	0,1548	0,0342	-0,1434	0,067	0,443
Q <sub>100</sub>	-0,0937	-1,1584	1,3921	-0,0859	0,2376	-0,6509	0,044	0,6473
Q <sub>500</sub>	-0,3793	-0,7914	1,0202	0,2534	0,1178	-0,2271	-0,0615	0,6863

Tablo 3.24. ÖÖTO için elde edilen katsayılar

	Katsayılar							
	$w_0$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$
	$y_{\text{doğrusal}} = w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3 + w_4x_4 + w_5x_5 + w_6x_6$							
Q <sub>5</sub>	0,0502	0,892	-0,0211	-0,0552	-0,1493	0,2647	0,0691	-
Q <sub>10</sub>	0,0586	0,9079	-0,0199	-0,0288	-0,1701	0,2586	0,0926	-
Q <sub>25</sub>	0,069	0,9299	-0,0012	0,0017	-0,2024	0,2204	0,1461	-
Q <sub>50</sub>	0,0344	1,0212	0,047	-0,048	-0,2048	0,3196	0,1221	-
Q <sub>100</sub>	0,0943	0,9632	0,0438	0,0493	-0,2639	0,1217	0,2669	-
Q <sub>500</sub>	0,1502	0,8286	0,0993	0,0913	-0,3031	-0,0092	0,3471	-
	$y_{\text{üs}} = w_0x_1^{w_1}x_2^{w_2}x_3^{w_3}x_4^{w_4}x_5^{w_5}x_6^{w_6}$							
Q <sub>5</sub>	1,977	0,8727	0,0254	0,0822	-0,2283	0,4945	0,0142	-
Q <sub>10</sub>	2,1365	0,8595	0,0464	0,1032	-0,2396	0,4274	0,0825	-
Q <sub>25</sub>	3,3168	0,9848	0,1099	0,1106	-0,2273	0,2911	0,3282	-
Q <sub>50</sub>	2,9393	0,8793	0,1563	0,1627	-0,2873	0,169	0,3608	-
Q <sub>100</sub>	2,9461	0,8518	0,1389	0,1831	-0,3157	0,0668	0,4581	-
Q <sub>500</sub>	3,4762	0,7869	0,2724	0,1933	-0,279	-0,1048	0,6151	-
	$y_{\text{eksponansiyel}} = w_0 + \exp(w_1 + w_2x_1 + w_3x_2 + w_4x_3 + w_5x_4 + w_6x_5 + w_7x_6)$							
Q <sub>5</sub>	-0,7275	-0,1863	0,7551	-0,0579	-0,0281	-0,1509	0,2435	0,0692
Q <sub>10</sub>	-1,1919	0,2549	0,5428	-0,0294	-0,0086	-0,1169	0,1595	0,067
Q <sub>25</sub>	-2,3066	0,8731	0,3298	-0,0047	0,0054	-0,0783	0,084	0,0571
Q <sub>50</sub>	-2,6204	0,9993	0,2969	0,0048	0,0138	-0,0761	0,0527	0,0722
Q <sub>100</sub>	-3,0389	1,1457	0,2683	0,0116	0,0184	-0,0762	0,0333	0,0809
Q <sub>500</sub>	-1,8907	0,7184	0,3326	0,0492	0,0523	-0,142	-0,0227	0,1714

YAK ve ÖÖTO algoritmalarından elde edilen katsayıların yerine konmasıyla elde edilen T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıllık debi değerleri ( $y_i$ ) “EKLER” bölümünde Ek 15 ile Ek 20 arasında verilmiştir. Her iki algoritmadan elde edilen farklı yineleme sürelerine ait bu debi değerlerinin gerçek değerler ile olan ilişkilerini gösteren grafikler YAK için “EKLER” bölümünde Ek 21 ile 26 arasında, ÖÖTO için Ek 21 ile 32 arasında sunulmuştur.

6 adet bağımsız değişkenin, doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlar için, YAK ve ÖÖTO algoritmalarının analizleri sonucu elde edilen ORH, OMH ve OKHK hata değerleri Tablo 3.25’de verilmektedir. Farklı yineleme sürelerine ait debi değerleri için,

YAK, ORH'de 23.72-44.94, OMH'de 24.25-126.86, OKHK'de 30.53-174.38; ÖÖTO ise, ORH'de 25.43-47.89, OMH'de 23.42-127.27, OKHK'de 29.41-163.95 aralığında sonuçlar vermektedir. Üç hata değeri de detaylı incelendiğinde, ÖÖTO'nun YAK'a göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

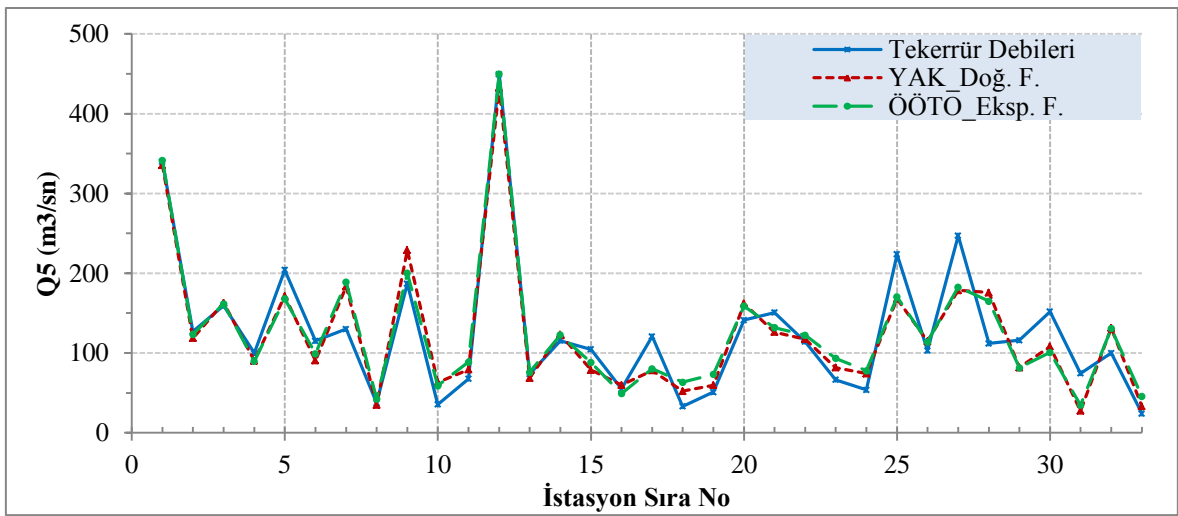
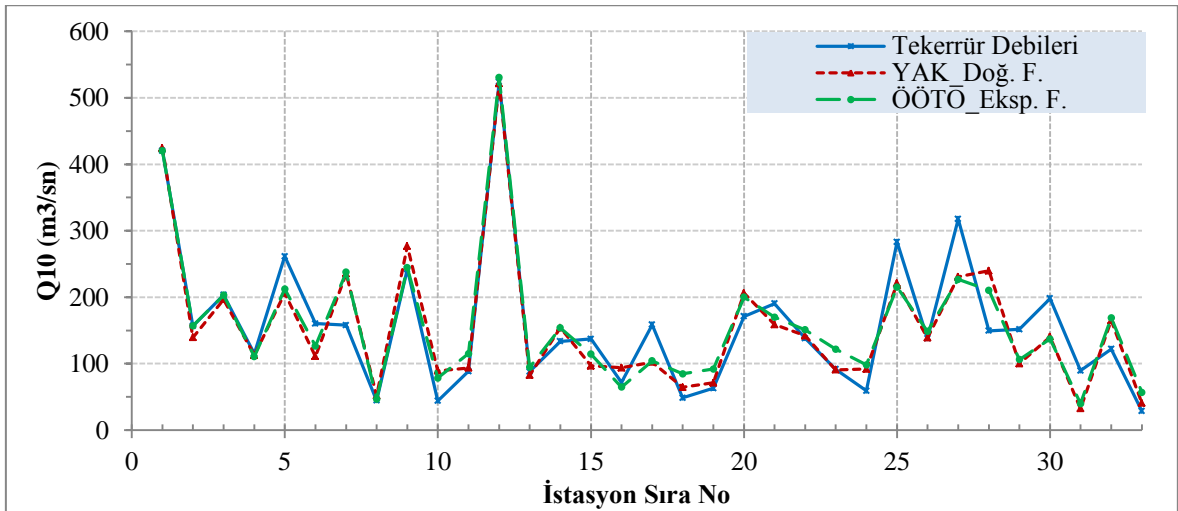
Tablo 3.25. YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen hata değerleri

Yapay Arı Kolonisi Algoritması (YAK)									
	Doğrusal Fonksiyon			Üs Fonksiyonu			Ekspansiyonel Fonksiyon		
	ORH	OMH	OKHK	ORH	OMH	OKHK	ORH	OMH	OKHK
Q <sub>5</sub>	23,92	24,25	30,53	23,72	26,98	35,29	27,36	24,96	31,6
Q <sub>10</sub>	25,17	31,57	40,98	23,7	34	46,18	27,47	33,03	42,94
Q <sub>25</sub>	24,67	46,49	60,15	27,88	47,81	62,55	30,57	48,39	61,84
Q <sub>50</sub>	29,72	54,54	70,22	30,27	57,71	76,84	33,09	58,34	76,28
Q <sub>100</sub>	33,77	72,2	92,34	33,61	73,07	96,14	37,99	74,02	95,88
Q <sub>500</sub>	45,41	126,84	167,17	44,71	126,86	161,2	44,94	123,9	174,38
Öğretme-Öğrenme Tabanlı Optimizasyon (ÖÖTO)									
	Doğrusal Fonksiyon			Üs Fonksiyonu			Ekspansiyonel Fonksiyon		
	ORH	OMH	OKHK	ORH	OMH	OKHK	ORH	OMH	OKHK
Q <sub>5</sub>	25,43	24,42	30,04	26,97	26,33	33,19	26,87	23,42	29,41
Q <sub>10</sub>	26,90	31,39	38,88	29,24	35,07	44,02	27,36	30,56	38,81
Q <sub>25</sub>	29,64	43,08	53,58	27,96	46,29	61,53	29,54	43,59	54,04
Q <sub>50</sub>	29,46	55,23	69,70	31,69	57,23	74,77	32,60	56,07	68,94
Q <sub>100</sub>	36,18	70,82	87,27	34,25	70,35	92,41	35,84	71,08	88,37
Q <sub>500</sub>	47,89	126,15	160,89	47,01	127,27	159,21	46,31	125,04	163,95

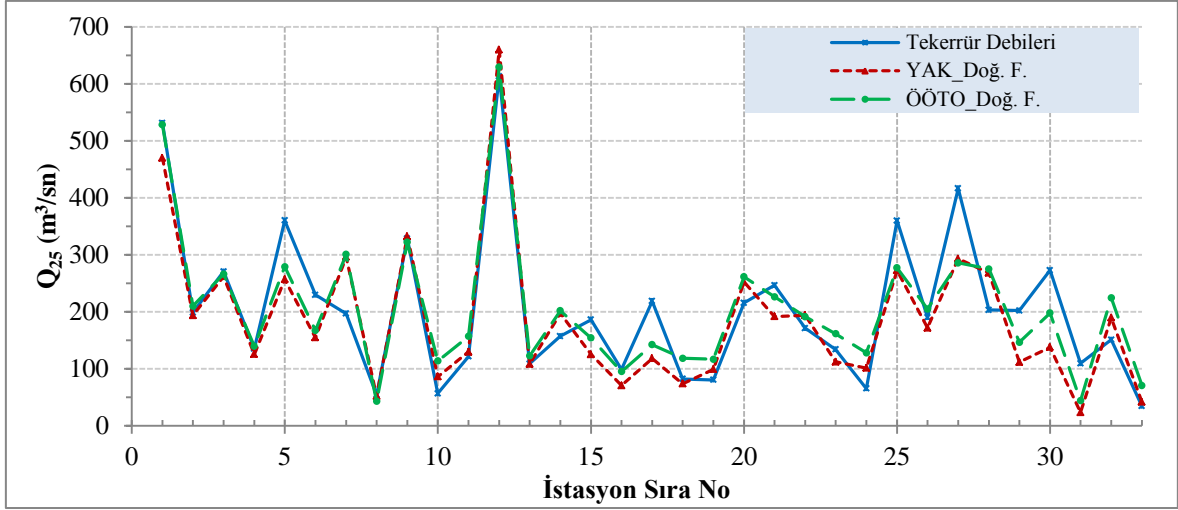
T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yinleme süreli taşkın debileri için YAK ve ÖÖTO'dan en iyi model oluşturan fonksiyonlar Tablo 3.26'da verilmiş olup bu modellerin karşılaştırmalı grafikleri de Şekil 3.3-3.8 arasında verilmiştir.

Tablo 3.26. Farklı  $Q_T$  değerleri için YAK ve ÖÖTO en iyi fonksiyonlar

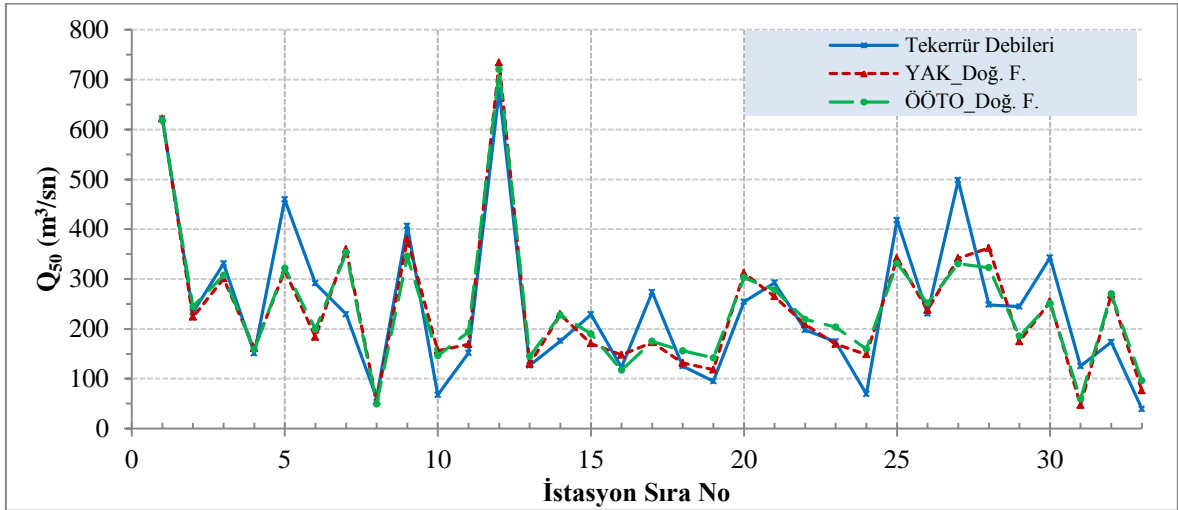
	YAK	ÖÖTO
$Q_5$	Doğrusal	Ekspansiyonel
$Q_{10}$	Doğrusal	Ekspansiyonel
$Q_{25}$	Doğrusal	Doğrusal
$Q_{50}$	Doğrusal	Ekspansiyonel
$Q_{100}$	Doğrusal	Üs
$Q_{500}$	Üs	Ekspansiyonel

Şekil 3.3.  $Q_5$  için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modellerŞekil 3.4.  $Q_{10}$  için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller

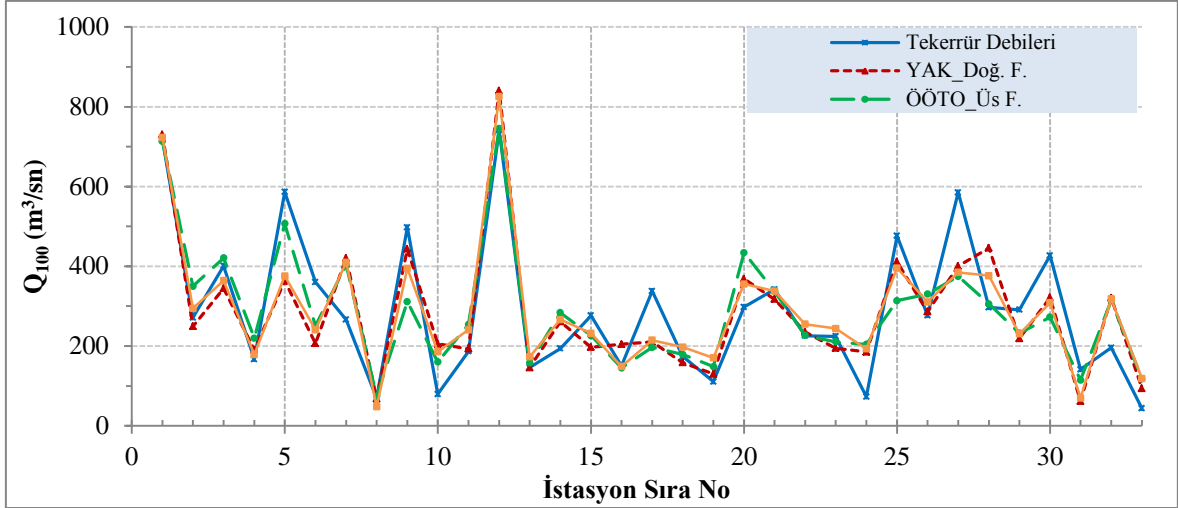




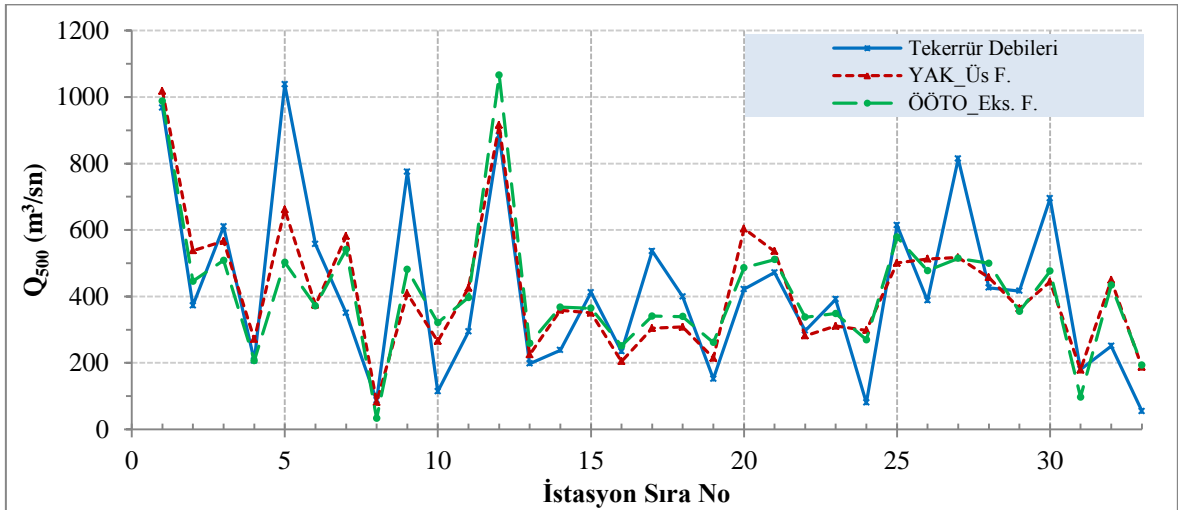
Şekil 3.5. Q<sub>25</sub> için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller



Şekil 3.6. Q<sub>50</sub> için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller



Şekil 3.7.  $Q_{100}$  için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller

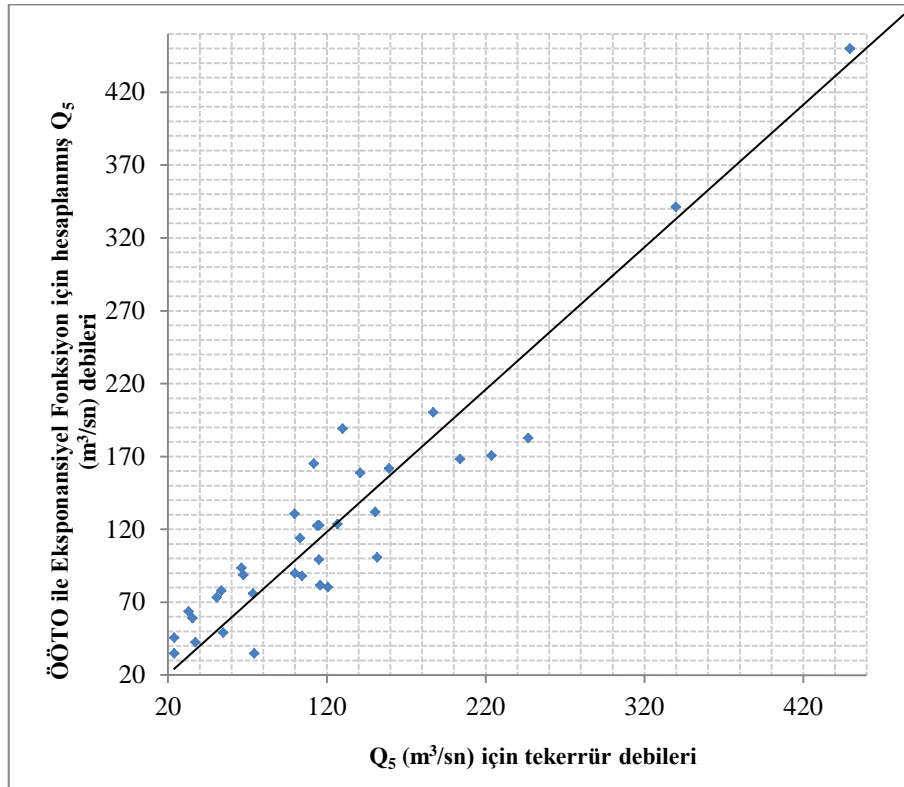


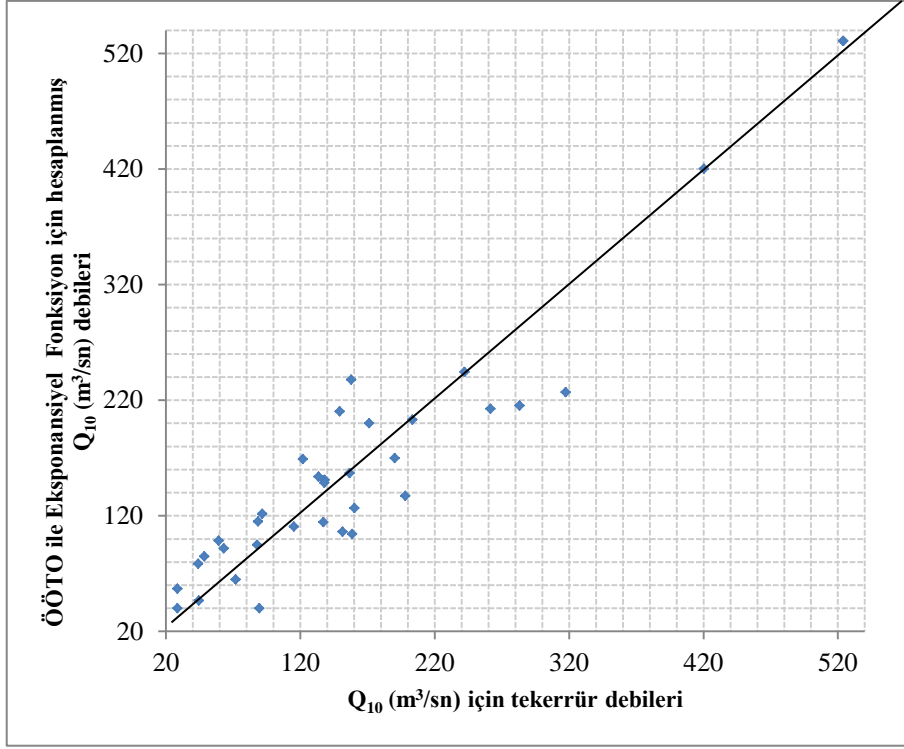
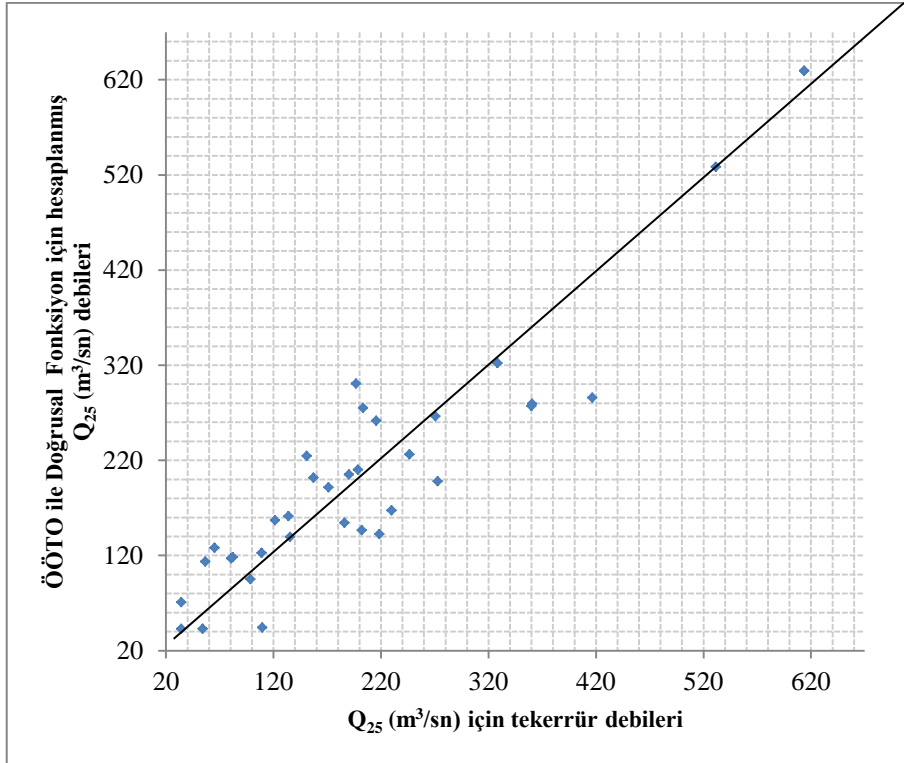
Şekil 3.8.  $Q_{500}$  için YAK ve ÖÖTO'dan elde edilen en iyi modeller

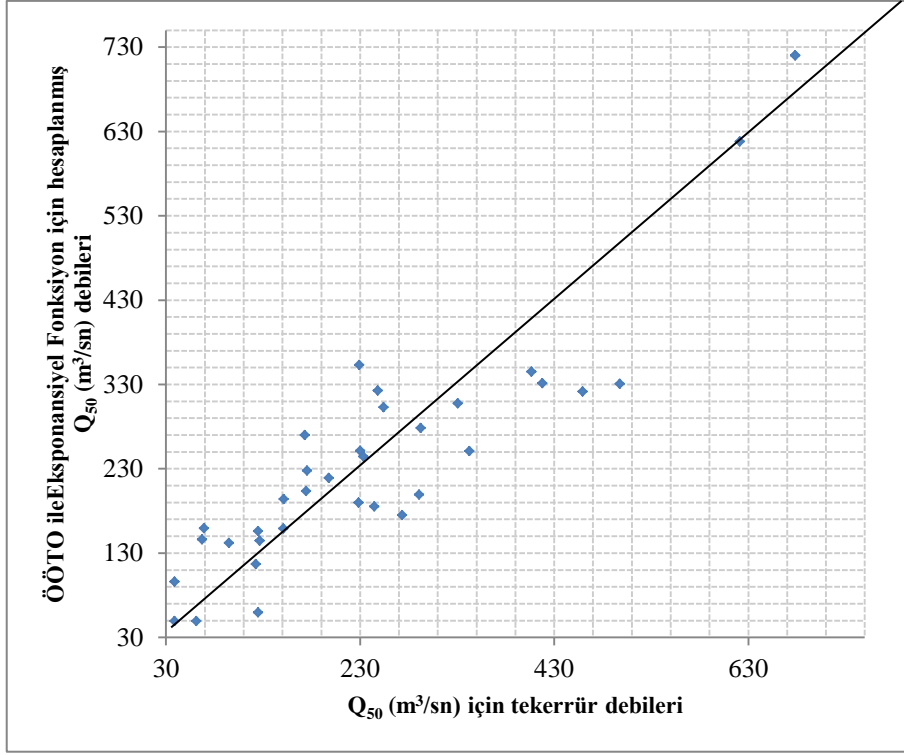
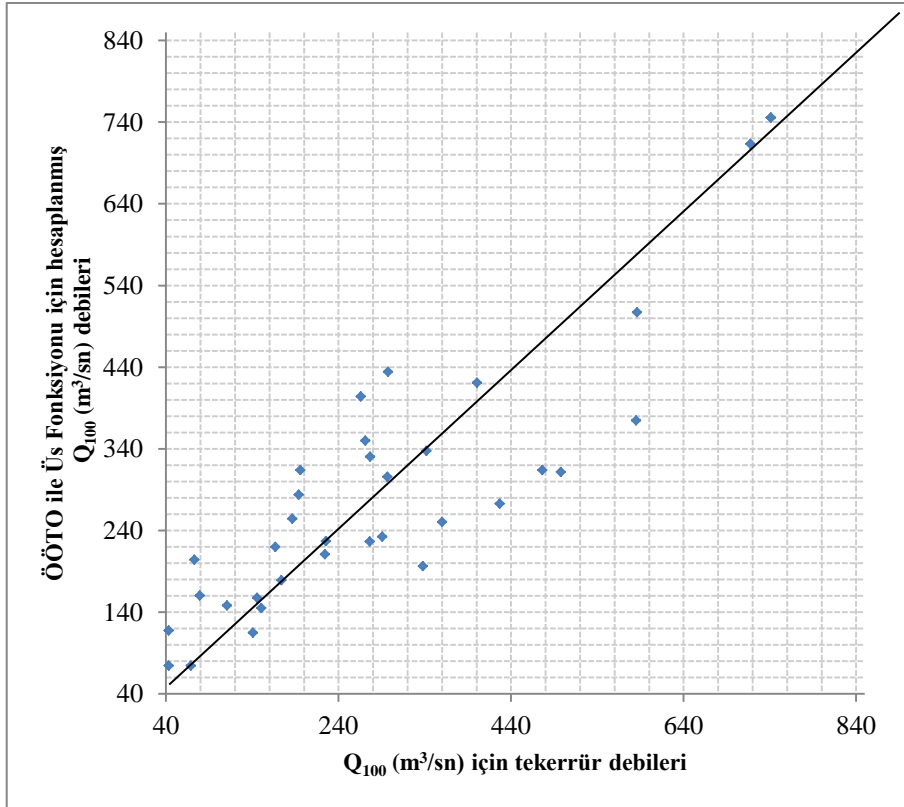
Sonuç olarak,  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{25}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$  ve  $Q_{500}$  için çıkartılan en iyi yöntem, fonksiyon ve regresyon denklemleri Tablo 3.27'de özet olarak verilmiştir. En iyi denklemlere ait grafikler ise Şekil 3.9-3.14 arasında verilmiştir.

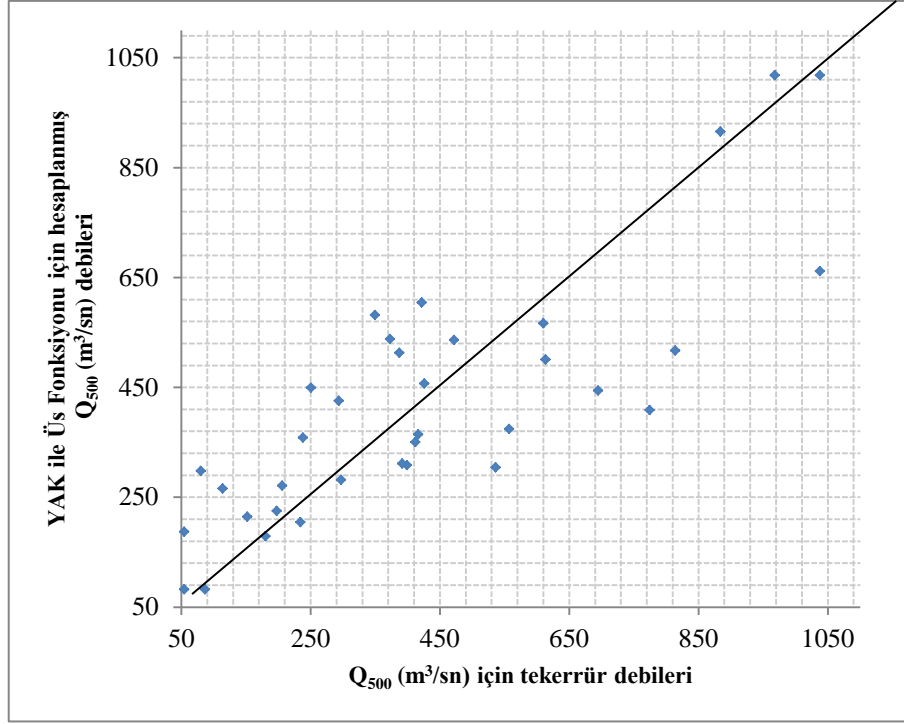
Tablo 3.27.  $Q_5$ ,  $Q_{10}$ ,  $Q_{25}$ ,  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$  ve  $Q_{500}$  için elde edilen en iyi denklemler

$Q_T$	Metot	Fonk.	Denklem
$Q_5$	ÖÖTO	Eks.	$y = -0.7275 + \exp(-0.1863 + 0.7551x_1 - 0.0579x_2 - 0.0281x_3 - 0.1509x_4 + 0.2435x_5 + 0.0692x_6)$
$Q_{10}$	ÖÖTO	Eks.	$y = -1.1919 + \exp(0.2549 + 0.5428x_1 - 0.0294x_2 - 0.0086x_3 - 0.1169x_4 + 0.1595x_5 + 0.067x_6)$
$Q_{25}$	ÖÖTO	Doğ.	$y = 0.069 + 0.9299x_1 - 0.0012x_2 + 0.0017x_3 - 0.2024x_4 + 0.2204x_5 + 0.1461x_6$
$Q_{50}$	ÖÖTO	Eks.	$y = -2.6204 + \exp(0.9993 + 0.2969x_1 + 0.0048x_2 + 0.0138x_3 - 0.0761x_4 + 0.0527x_5 + 0.0722x_6)$
$Q_{100}$	ÖÖTO	Üs	$y = 2.9461x_1^{0.8518} x_2^{0.1389} x_3^{0.1831} x_4^{-0.3157} x_5^{0.0668} x_6^{-0.4581}$
$Q_{500}$	YAK	Üs	$y = 2.8765x_1^{0.7379} x_2^{0.2109} x_3^{0.2558} x_4^{-0.3612} x_5^{-0.1302} x_6^{0.6105}$

Şekil 3.9.  $Q_5$  için en iyi model

Şekil 3.10.  $Q_{10}$  için en iyi modelŞekil 3.11.  $Q_{25}$  için en iyi model

Şekil 3.12.  $Q_{50}$  için en iyi modelŞekil 3.13.  $Q_{100}$  için en iyi model



Şekil 3.14.  $Q_{500}$  için en iyi model

### 3.3. Taşkın Frekans Analizinde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı

#### 3.3.1. Regresyon Analizi

Özellikleri Tablo 2.7, 2.8 ve 2.9’da verilmiş olan,  $\ln Q$  bağımlı değişken olmak üzere 6 adet bağımsız değişkenin 3 ayrı veri grubu için test ve doğrulama verilerine çoklu regresyon analizi (RA) uygulanmıştır. Analizler ikinci bölümde açıklandığı şekilde 6 fonksiyon için yapılmıştır. Tablo 3.28’de bu fonksiyonlara ait  $R^2$  değerleri verilmiş olup birinci ve üçüncü veri seti için en büyük  $R^2$  değeri logaritmik fonksiyondan; ikinci veri seti için ise üs fonksiyonundan elde edilmiştir.

Tablo 3.28. Üç farklı veri seti için fonksiyonlara ait R<sup>2</sup> değerleri

Fonksiyon	1. Veri seti	2. Veri seti	3. Veri seti
	R <sup>2</sup>		
Doğrusal	0,546	0,571	0,583
S	0,453	0,457	0,468
Eksponansiyel	0,520	0,545	0,557
Ters	0,444	0,448	0,461
Üs	0,719	<b>0,763</b>	0,745
Logaritmik	<b>0,740</b>	0,742	<b>0,766</b>

Çoklu regresyon analizleri sonucu elde edilen en iyi denklemler aşağıda her bir veri seti için 95, 96 ve 97. eşitliklerde verilmiştir.

Birinci veri seti için:

$$\ln(Q) = -1,352 + 0,393 \cdot \ln(P) + 0,495 \cdot \ln(T) + 0,635 \cdot \ln(A) + 0,147 \cdot \ln(DY) + 0,208 \cdot \ln(AE) - 0,235 \cdot \ln(K) \quad (95)$$

İkinci veri seti için:

$$\ln(Q) = -2,324 \cdot P^{0,444} \cdot T^{0,486} \cdot A^{0,641} \cdot DY^{0,211} \cdot AE^{0,097} \cdot K^{-0,252} \quad (96)$$

Üçüncü veri seti için:

$$\ln(Q) = 1,288 + 0,096 \cdot \ln(P) + 0,095 \cdot \ln(T) + 0,143 \cdot \ln(A) + 0,008 \cdot \ln(DY) + 0,031 \cdot \ln(AE) - 0,058 \cdot \ln(K) \quad (97)$$

### 3.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Farklı Veri Setlerine Uygulanması ve Regresyon Analizi ile Karşılaştırılması

Veri setinin oluşturulmasının ağı performansında üzerindeki etkisini incelemek ve en iyi modeli elde etmek amacıyla, analizler üç ayrı veri seti için gerçekleştirilmiştir. Her bir veri setinin aynı eğitim, test ve doğrulama verilerine regresyon analizi de uygulanmış olup sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmıştır.

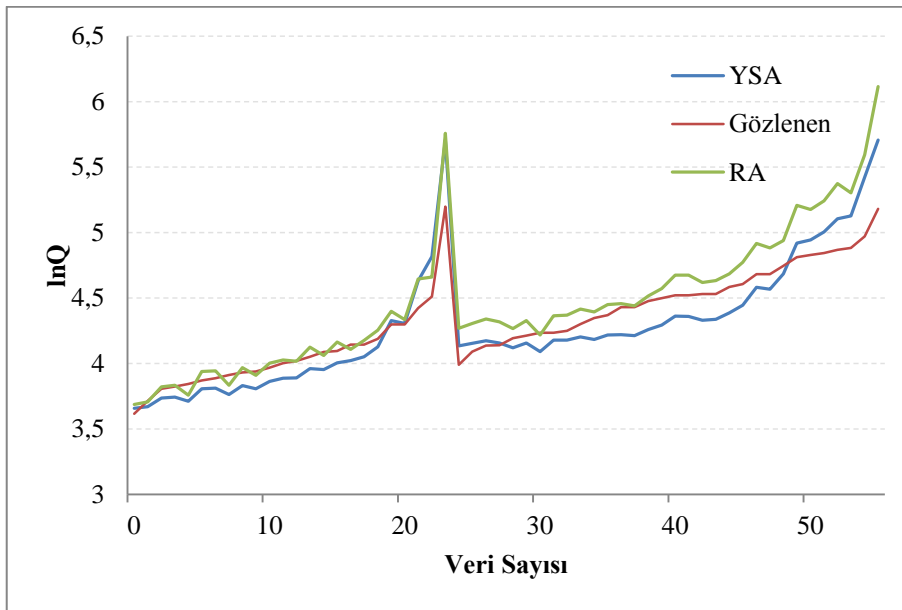
### 3.3.2.1. Birinci Veri Seti

RA ve YSA modelleme tekniklerinden elde edilen test ve doğrulama verilerine ait ORH, OMH ve OKHK hata değerleri, Tablo 3.29’da görülmektedir. Tabloda görüldüğü gibi YSA modeli hem test hem doğrulama aşamasında en düşük hata değerlerine sahiptir. En düşük hata değerlerini veren bu sonuçlara; ara katman eleman sayısı 5, öğrenme katsayısı 0,1 ve momentum katsayısı 0,1 seçilerek oluşturulan YSA modelinde ulaşılmıştır.

Tablo 3.29. Test ve doğrulama aşamalarının RA ve YSA modellemelerinden elde edilen hata değerleri

Metot	Test Verileri			Doğrulama Verileri		
	ORH	OMH	OKHK	ORH	OMH	OKHK
RA	3,346851	0,000150	0,234840	12,25106	0,000890	0,710550
YSA	3,207747	0,000551	0,149596	3,006387	0,002201	0,183218

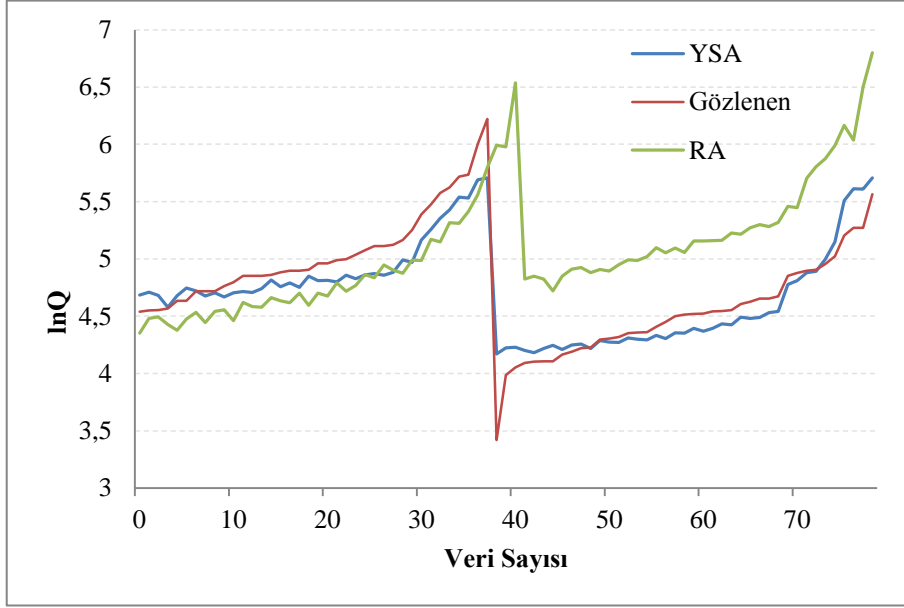
Şekil 3.15, RA ve YSA’nın test aşamasındaki tahminlerinin gerçek verilerle karşılaştırılmasını göstermektedir. YSA tahminleri gerçek değerlere daha yakın eğilim göstermektedir.



Şekil 3.15. Test aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenen debilerin karşılaştırılması



Şekil 3.16, RA ve YSA'nın doğrulama aşamasındaki tahminlerinin gerçek verilerle karşılaştırılmasını göstermektedir. YSA tahminleri, doğrulama takımı için de gerçek değerlere daha yakın eğilim göstermektedir. RA tahminleri dağılımdan uzak ve nispeten dağınık bir görünüm göstermiştir. Bu iki şekilden elde edilen bilgiler ışığında, YSA'nın genel performansının RA'ya göre çok daha iyi olduğu ifade edilebilir.



Şekil 3.16. Doğrulama aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenen debilerin karşılaştırılması

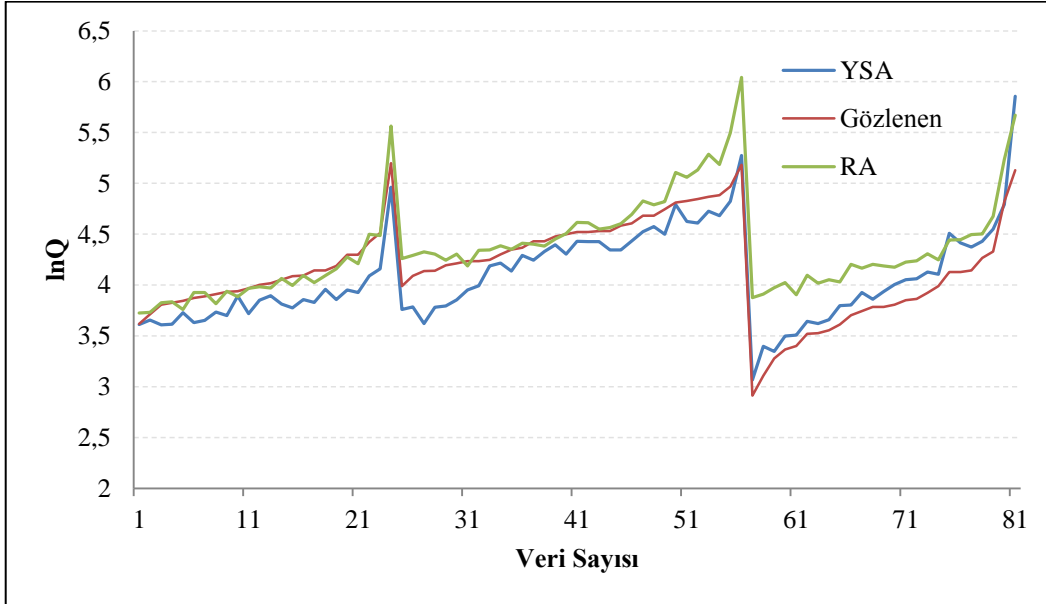
### 3.3.2.2. İkinci Veri Seti

İkinci veri seti ile RA ve YSA modelleme tekniklerinden elde edilen test ve doğrulama verilerine ait ORH, OMH ve OKHK hata değerleri, Tablo 3.30'da görülmektedir. Tabloda görüldüğü gibi YSA modeli hem test hem doğrulama aşamasında en düşük hata değerlerine sahiptir. En düşük hata değerlerini veren bu sonuçlara; ara katman eleman sayısı 15, öğrenme katsayısı 0,1 ve momentum katsayısı 0,5 seçilerek oluşturulan YSA modelinde ulaşılmıştır.

Tablo 3.30. Test ve doğrulama aşamalarının RA ve YSA modellemelerinden elde edilen hata değerleri

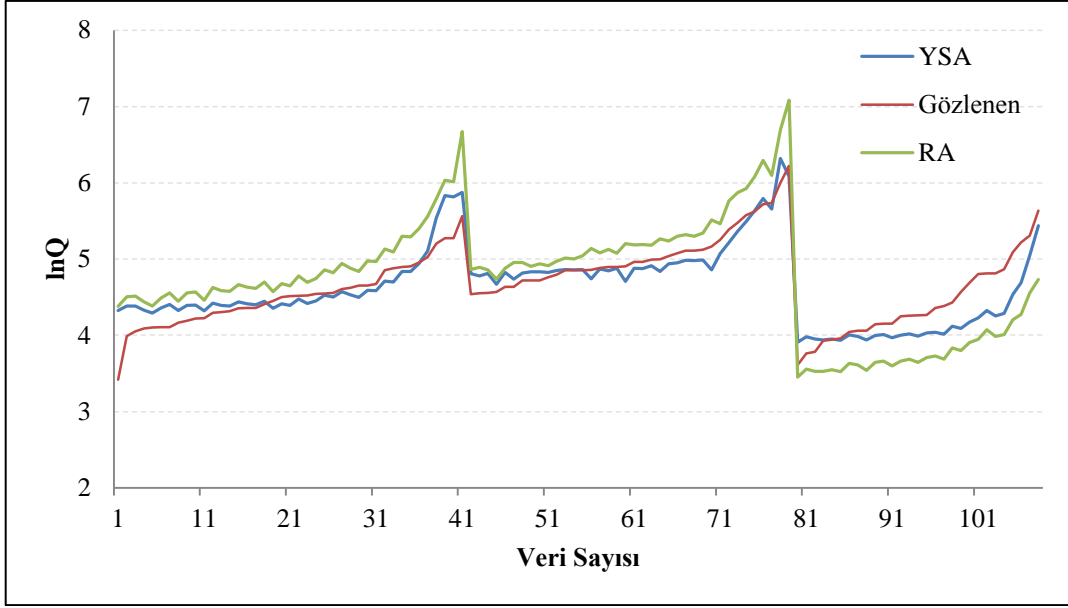
Metot	Test Verileri			Doğrulama Verileri		
	ORH	OMH	OKHK	ORH	OMH	OKHK
RA	5,69823	0,202239	0,316652	8,626337	0,080273	0,460491
YSA	4,790684	0,081085	0,230325	3,997343	0,039807	0,283337

Şekil 3.17, RA ve YSA'nın test aşamasındaki tahminlerinin gerçek verilerle karşılaştırılmasını göstermektedir. YSA tahminleri gerçek değerlere daha yakın eğilim göstermektedir.



Şekil 3.17. Test aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenen debilerin karşılaştırılması

Şekil 3.18, RA ve YSA'nın doğrulama aşamasındaki tahminlerinin gerçek verilerle karşılaştırılmasını göstermektedir. YSA tahminleri, doğrulama takımı için de gerçek değerlere daha yakın eğilim göstermektedir.



Şekil 3.18. Doğrulama aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenen debilerin karşılaştırılması

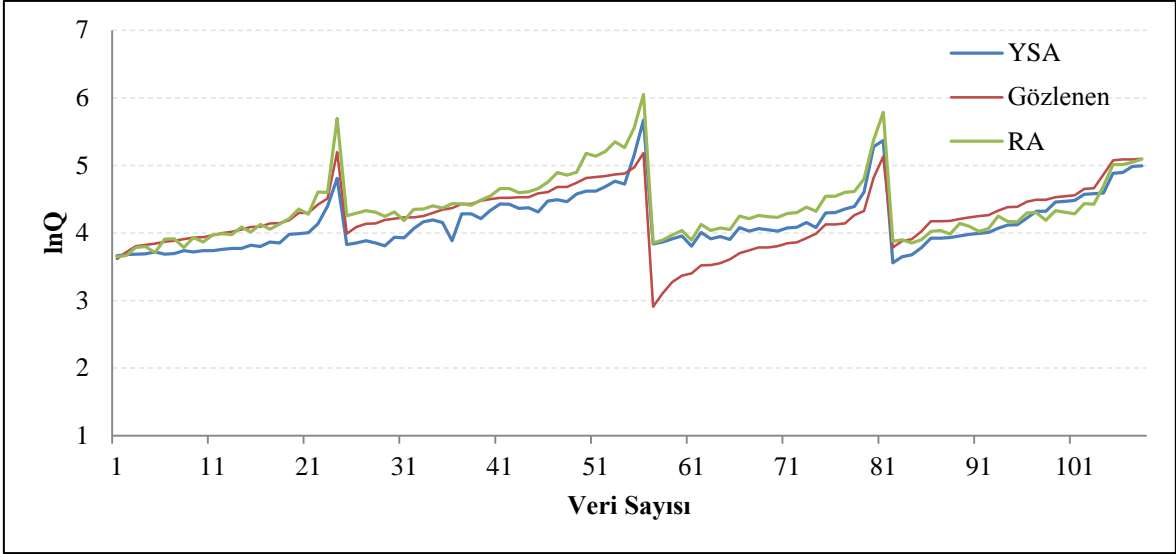
### 3.3.2.3. Üçüncü Veri Seti

Üçüncü veri seti ile RA ve YSA modelleme tekniklerinden elde edilen test ve doğrulama verilerine ait ORH, OMH ve OKHK hata değerleri, Tablo 3.31’de görülmektedir. Tabloda görüldüğü gibi YSA modeli hem test hem doğrulama aşamasında en düşük hata değerlerine sahiptir. En düşük hata değerlerini veren bu sonuçlara; ara katman eleman sayısı 15, öğrenme katsayısı 0,1 ve momentum katsayısı 0,1 seçilerek oluşturulan YSA modelinde ulaşılmıştır.

Tablo 3.31. Test ve doğrulama aşamalarının RA ve YSA modellemelerinden elde edilen hata değerleri

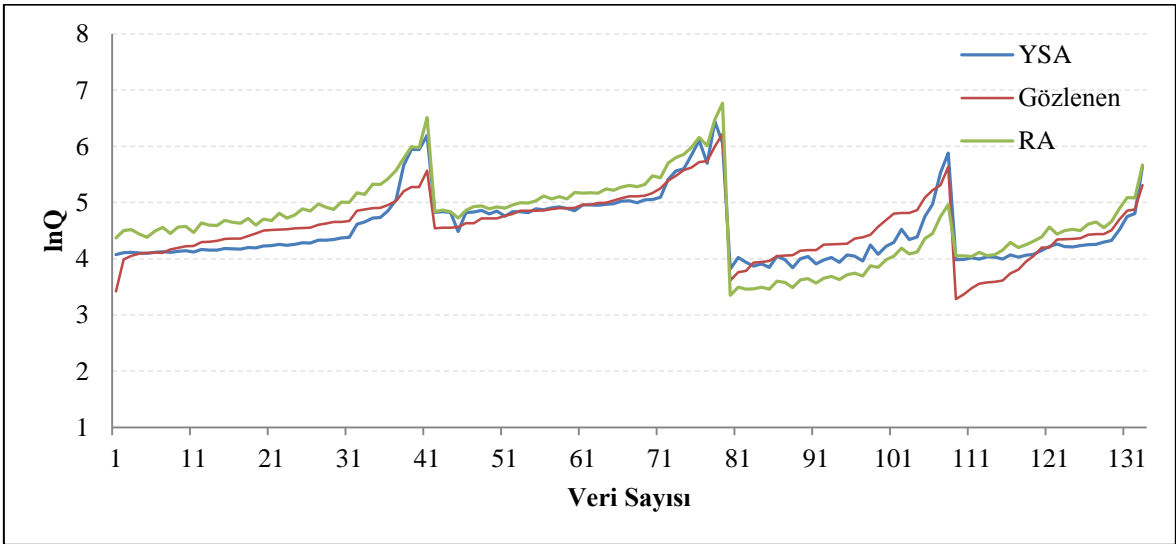
Metot	Test Verileri			Doğrulama Verileri		
	ORH	OMH	OKHK	ORH	OMH	OKHK
RA	5,69362	0,142923	0,314318	8,503505	0,076905	0,432783
YSA	5,912976	0,063837	0,275139	4,699892	0,004931	0,270665

Şekil 3.19, RA ve YSA’nın test aşamasındaki tahminlerinin gerçek verilerle karşılaştırılmasını göstermektedir. YSA tahminleri gerçek değerlere daha yakın eğilim göstermektedir.



Şekil 3.19. Test aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenen debilerin karşılaştırılması

Şekil 3.20, RA ve YSA'nın doğrulama aşamasındaki tahminlerinin gerçek verilerle karşılaştırılmasını göstermektedir. YSA tahminleri, doğrulama takımı için de gerçek değerlere daha yakın eğilim göstermektedir.



Şekil 3.20. Doğrulama aşaması için tahmin edilen debiler ile gözlenen debilerin karşılaştırılması

### 3.3.3. En iyi YSA Modeli

Bu hesaplama değerlerine göre genel olarak YSA modelinin RA'dan daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Üç veri seti kendi arasında ORH değerleri dikkate alınarak karşılaştırıldığında; birinci veri setinin test grubunda 3,20 olan ORH değeri, ikinci veri setinde 4,79 ve üçüncü veri setinde 5,91 değerini almaktadır. Doğrulama gruplarında da birinci veri setinde 3,00 olan ORH değeri, ikinci veri setinde 3,99 ve üçüncü veri setinde 4,69 çıkmıştır. Hem test hem doğrulama gruplarında en düşük ORH değerini veren birinci veri seti diğer hata değerleri için de düşük değerler vermiştir. Eğitim veri takımındaki veri sayısının azaltılmasının modelin doğruluğunu etkilediği hata değerlerinden görölmektedir. Sonuç olarak, 29 istasyon eğitim (774 veri) , 2 istasyon test (56 veri) ve 2 istasyon (79 veri) olacak şekilde oluşturulan ve ayrıca; ara katman eleman sayısı 5, öğrenme katsayısı 0,1 ve momentum katsayısı 0,1 seçilerek oluşturulan YSA modeli en iyi model olarak belirlenmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Doğu Karadeniz Havzası yıllık maksimum debi değerlerine L-momentler yöntemi kullanılarak taşkın frekans analizi uygulanmıştır. 38 adet AGİ'de test edilen homojenlik analizi sonucunda 33 tanesi homojenlik koşulunu sağlamıştır. Her bir istasyona uygun olan dağılımı bulmak için, EV1, LN, GEV, GLO ve LPE3 dağılımlarına Ki-kare ve OÇK testleri uygulanmıştır. 14 adet istasyona LPE dağılımı, 9 adet istasyona GEV dağılımı, 9 adet istasyona LN dağılımı ve 1 adet istasyona EV1 dağılımının uygun olduğu belirlenmiştir. Her bir istasyon için seçilen en uygun dağılımın olasılık fonksiyonunda L-momentlerle hesaplanan parametreler yerine konarak, T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli taşkın debileri hesaplanmıştır. Aynı yineleme sürelerine ait taşkın debileri aynı zamanda bölge için tek bir dağılım kabulüne göre de hesaplanmıştır.

Debi değerlerinin havza karakteristikleriyle ilişkilerini belirlemek ve ölçümü olmayan noktalarda debi tahmini yapabilmek için, L-momentlerden elde edilen farklı yineleme sürelerine ait debi değerleri bağımlı değişken olarak kullanılarak doğrusal olmayan regresyon modeli geliştirilmiştir. Drenaj alanı, akarsu eğimi, yıllık ortalama yağış, drenaj yoğunluğu, kot ve yağış şiddetinin bağımsız değişkenleri oluşturduğu model, debi tahmini için en iyi model olarak belirlenmiştir.

Regresyon analizinin performansını değerlendirmek ve metotların karşılaştırmasını yaparak bölge için farklı yineleme sürelerine ait en iyi regresyon denklemlerini elde etmek için YAK ve ÖÖTO modelleri geliştirilmiştir. Kullanılan metotların performansı, ORH, OMH ve OKHK hata değerleri yorumlanarak değerlendirilmiştir. Sonuçlar, YAK ve ÖÖTO'nun regresyon analizine göre daha iyi model oluşturduğunu, ÖÖTO'nun da YAK'a göre daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. YAK ve ÖÖTO analizlerinden elde edilen en iyi model için en küçük hata değerlerini veren fonksiyonlarda katsayılar yerine konduğunda elde edilen T=5, 10, 25, 50, 100 ve 500 yıl yineleme süreli taşkın debilerine ait regresyon denklemleri elde edilmiştir. Çalışmada, her ne kadar klasik regresyon analizi ile YAK ve ÖÖTO algoritma analizleri karşılaştırılmış olsa bile, gerçekte bu yöntemler birlikte kullanılmışlardır. Regresyon analizi yapılarak bağımsız değişkenlerin farklı modeller üzerindeki etkisi incelenmiş ve en iyi model belirlenmiştir. Belirlenen bu en iyi model üzerinde YAK ve ÖÖTO analizleri yapılmıştır. Aynı zamanda modellerde girdi olarak

kullanılan çeşitli yineleme sürelerine ait debi değerleri de L-momentler yöntemi ile elde edilmiştir.

Çalışmada ayrıca, bağımsız değişken olarak tekerrür periyotları (T) da kullanılarak RA ve YSA ile modeller geliştirilmiş ve hata değerleri karşılaştırıldığında, YSA'nın genel performansının RA'ya göre çok daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. 29 istasyon eğitim (774 veri), 2 istasyon test (56 veri) ve 2 istasyon (79 veri) olacak şekilde oluşturulan ve ayrıca; ara katman eleman sayısı 5, öğrenme katsayısı 0,1 ve momentum katsayısı 0,1 seçilerek oluşturulan YSA modeli en iyi model olarak belirlenmiştir. Bu model ile Doğu Karadeniz Havzası'nda alan, yıllık ortalama yağış, eğim, drenaj alanı ve kot bilgileri bilinen yerlerde istenilen tekerrür süreli (T) taşkın debileri tahmini yapılabilecektir. YSA modellerinde bağımsız değişken olarak kullanılan T değerleri de L-momentlerle elde edilen en uygun dağılımların parametrelerine göre hesaplanmıştır. Bu açıdan bakıldığında kullanılan tüm yöntemlerin aralarında birbirini destekleyici bir ilişkinin mevcut olduğu söylenebilir.

Çalışmadan elde edilmiş sonuçlar, havzadaki su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmalarında ve mevcut barajların işletmesinde (taşkın kontrolü ve enerji üretim) kullanılabilir. Ayrıca, etüt aşamasında olan barajların hazne optimizasyonu ve savak yapılarının tasarımında bu sonuçların önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda, havzadaki su yapılarının yanlış projelendirmesinin azaltılmasına ve taşkından kaynaklanan ciddi çevresel sonuçları azaltmaya faydalı olabilecektir.

## 5. ÖNERİLER

Taşkın yönetimi, su kaynaklarının planlanması ve tasarımı vb. çalışmalar kapsamında taşkın debisi tahminleri için taşkın frekans analizi sıklıkla kullanılmaktadır. Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye’de en çok yağış alan bölgedir ve son yıllarda bölgede birçok yıkıcı taşkınlar meydana gelmektedir. Aynı zamanda, son yıllarda bölgede birçok HES projeleri uygulanmakta ve birçoğu ölçümü yetersiz olan yerlerde inşa edilmektedir. Bundan dolayı taşkın frekans analizi Doğu Karadeniz Havzası için oldukça önemlidir.

Doğu Karadeniz Havzası'nın bir kısmında yapılan bu çalışma daha da genişletilebilir ve havza bağımlı ve bağımsız değişkenleri artırılarak daha detaylı irdelenebilir. Tüm havzalar ve ülkemizin tamamı için de benzer çalışmalar geliştirilebilir.

Mevcut olan AGİ’ler ve yeni kurulacakların sayıları artırılabilir. 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.

Akım gözlem istasyonlarının yanı sıra meteoroloji gözlem istasyonlarının sayıları artırılabilir. Böylece havza bağımlı değişkeni olarak seçilen akım verisinin yanı sıra havza bağımsız değişkenlerine ek olabilecek başka değişkenlere daha sağlıklı bir şekilde ulaşılabilir. Böylelikle havza bağımsız değişkenleri artırılarak regresyonlar genişletilebilir ve daha güvenli sonuçlar alınabilir.

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.

Kar erimesi sebebiyle akışa geçebilecek su miktarı üzerine çalışmalar yapılabilir. Taşkınlara sebep olabilecek, kar erimesi ile oluşacak debi değişimleri ve değerlerin mevsimselliği üzerine çalışmalar yapılabilir.

Çalışmada kullanılan yöntemlerden farklı yöntemler de kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir.



## 6. 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.
- Anılan, T., Yüksek, Ö. ve Öztürk, B. H., 2013. Doğu Karadeniz Havzası Taşkın Verileri İçin Homojenlik Analizi, Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, Trabzon.
- Akay, B., 2009. Numerik Optimizasyon Problemlerinde Yapay Arı Kolonisi Algoritmasının Performans Analizi, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Altinkaynak, L., 2008. Son 80 Yılda Trabzon ve Çevresinde (Dere Yatakları Boyunca) Meydana Gelen Sel ve Heyelan Olaylarına Genel Bir Bakış, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı, Trabzon, 131-146.
- 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, Antalya.
- Atiem, I. A. ve Harmancioğlu, N., 2006. Assesment of Regional Floods Using L-moments Approach: The Case of The River Nile, Water Resources Management, 20, 723-747.
- Aydoğan, D., 2008. L-momentleri Yöntemiyle Çoruh Havzası'nın Bölgesel Frekans Analizinin Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aydoğan, D., Kankal, M. ve Önsoy, H., 2014. Regional Flood Frequency Analysis for Çoruh Basin of Turkey with L-Moments Approach, Flood Risk Management, DOI: 10.1111/jfr3.12116.
- Aziz, K., Rahman, A., Fang, G. ve Shrestha, S., 2013. Application of Artificial Neural Networks in Regional Flood Frequency Analysis: A Case Study for Australia, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 28,3, 541-554.
- Bayazıt, M. ve Oğuz, B., 1994. İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul, 211s.
- Bayazıt, M., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayın No:1573, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Bayazıt, M. ve Önöz, B., 2009. LL-moments for Estimating Low Flow Quantiles, Hydrological Sciences Journal, 47:5, 707-720.

- Besaw, E. L., Donna, M. R., Bierman, R. P. ve William R. H., 2010. Advance in Ungauged Streamflow Prediction Using Artificial Neural Networks, Journal of Hydrology, 386, 27-37.
- Bhuyan, A. ve Borah, M., 2012. Regional Flood Frequency Analysis of Tripura Based on L-moment, Journal of Applied and Natural Science, 4,1, 36-41.
- Büyükkaracıġan, N., 1997. Taşkın Frekans Analizinde Kullanılan Deġişik Daġılımların Konya Havzası Yıllık Pik Akım Serilerine Uygulanıp Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Chowdhury, J. U., Stedinger, J. R. ve Lu, L., 1991. Goodness-of-fit Tests for Regional Generalized Extreme Value Flood Distributions, Water Resources Research, 27, 7, 1765-1776.
- Dawson, C. W., Abrahart, R. J., Shamseldin, A.Y. ve Wilby, R. L., 2006. Flood Estimation at Ungauged Sites Using Artificial Neural Networks, Journal of Hydrology, 319, 391-409.
- Dede, T., 2013. Optimum design of grillage structures to LRFD-AISC with teaching-learning based optimization, Structural and Multidisciplinary Optimization, 48, 955-964.
- Demuth, H., Beale, M. ve Hagan, M., 2007. Neural Network Toolbox 5 User's Guide, The Math Works, 2007.
- Dodangeh, S., Sattard, M. T. ve Seçkin, N., 2011. Minimum Akımların L-Momentler Yöntemi ile Bölgesel Frekans Analizi, Tarım Bilimleri Dergisi, 17:43-58.
- DMİ, 1943-2012. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Yıllık Toplam Yağış Verileri.
- DSİ, 1943-2012. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Akım Gözlem İstasyonları Genel Bilgiler.
- EİE, 1943-2012. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Su Akımları Yıllık Verileri.
- Ewemoje, T. A. ve Ewemooje, O. S., 2011. Best Distribution and Plotting Positions of Daily Maximum Flood Estimation at Ona River in Ogun-Oshun River Basin, Nigeria, Agricultural Engineering International: CIGR Journal 13, 3, 1-11.
- 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. ve 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.

- Gruber, A. M., Reis, J. R. ve Stedinger, J. R., 2007. Models of Regional Skew Based on Bayesian GLS Regression. World Environmental and Water Resources Conference, Tampa, Florida.
- Haddad, K., Rahman, A., Weinmann, P., Kuczera, G. ve Ball, J., 2010. Streamflow Data Preparation for Regional Flood Frequency Analysis: Lessons From Southeast Australia, Australian Journal of Water Resources, 14, 1, 17-32.
- Haddad, K. ve Rahman, A., 2012. Regional Flood Frequency Analysis in Eastern Australia: Bayesian GLS Regression-based Methods Within Fixed Region and ROI Framework – Quantile Regression vs. Parameter Regression Technique, Journal of Hydrology, 430-431, 142-161.
- Haktanir, T., 1991. Statistical Modelling of Annual Maximum Flows in Turkish Rivers. Hydrological Sciences Journal, 36, 4, 367–389.
- Haktanır, T. ve Çapar, Ö.F. 1994. Güncel Modelleri de İçeren Taşkın Frekans Analizi için Paket Program, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi 15.Yıl Sempozyumu Özel Sayısı, Cilt I, 37-42.
- 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. ve Wallis, J. R., 1988. The Effect of Intersite Dependence on Regional Flood Frequency Analysis, Water Resources Research, 24, 4, 588-600.
- Hosking, J. R. M., 1990. L moments: Analysis and Estimation of Distributions Using Linear Combinations of Order Statistics, Journal of the Royal Statistical Society Series B, 52, 105-24.
- Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., 1993. Some Statistics Useful in Regional Frequency Analysis, Water Resources Research, 29, 2, 271–281.
- Hosking, J. R. M. ve Wallis, J. R., 1997. Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments, IBM Research Division, Yorktown Heights, New York, Cambridge University Press 224s.
- Jaiswal, R.K., Goel, N.K., Singh, P. ve Thomas, T., 2003. L-moment Based Flood Frequency Modelling, The Institution of Engineers (India), 84, 6-10.
- Jingyi, Z. ve Hall, M. J., 2004. Regional Flood Frequency Analysis for the Gan-Ming River Basin in China. Journal of Hydrology, 296, 98–117.
- Kankal, M., 2010. Liman İçi Çalkantılarının Fiziksel ve Sayısal Modellenmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Karaboga, D., 2005. An Idea Based on Honey Bee Swarn for Numerical Optimization. Technical Report- TR06. Erciyes University Engineering Faculty of Computer Engineering Department.

- Karim, M. A. ve Chowdhury, J. U., 1995. A Comparison of Four Distributions Used in Flood Frequency Analysis in Bangladesh, Hydrological Sciences Journal, 40,1, 55-66.
- Kıran, M. S., Özceylan, E., Gündüz, M. ve Paksoy, T., 2012. Swarm Intelligence Approachs to Estimate Electricity Energy Demand in Turkey. Knowledge-Based Systems, 36, 93-103.
- Kisi, O., Ozkan, C. ve Akay, B., 2012. Modeling Discharge–sediment Relationship Using Neural Networks with Artificial Bee Colony Algorithm, Journal of Hydrology, 428-429, 94-103.
- Kumar, R., Chatterjee, C., Kumar, S., Lohani, A. K. ve Singh., R.D., 2003. Development of Regional Flood Frequency Relationships Using L-moments for Middle Ganga Plains Subzone 1(f) of India, Water Resources Management, 17: 243–257.
- Landwehr, J. M., Matalas, N.C. ve 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., 1979. Estimation of Parameters and Quantiles of Wakeby Distributions, 1. Know Lower Bounds, Water Resources Research, 15,6, 1361–1372.
- Leclerc, M. ve Ouarda, T. B. M. J., 2007, Non Stationary Regional Frequency Analysis at Ungaged Sites, Journal of Hydrology, 343, 254-265.
- Malekinezhad, H., Nactnebel, H. D. ve Klik, A., 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.
- 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.
- Nobert, J., Mugo, M. ve Gadain, H., 2014. Estimation of Design Floods in Ungauged Catchments Using a Regional Index Flood Method, Physics and Chemistry of the Earth, 67-69, 4-11.
- Nyeko-Ogiramoi, P., Willems, P., Mutua, F. M. ve Moges, S. A., 2012. An Elusive Search for Regional Flood Frequency Estimates in the River Nile Basin, Hydrology and Earth System Sciences, 16:3149-3163.
- Ouarda, T. B. M. J., Cunderlik, J. M., St-Hilaire, A., Barbet, M., Bruneau, P. ve Bobee, B., 2006. Data Based Comparison of Seasonality Based Regional Flood Frequency Methods, Journal of Hydrology, 330, 329-339.

- Önöz, B., 1994. Yeni Bir Parametre Tahmin Yöntemi; Olasılık Ağırlıklı Momentler Yöntemi. *DSİ Teknik Bülteni*, 81, 49–54.
- Öztemel, E., 2006. *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 232s.
- Öztürk, C., 2011. *Yapay Sinir Ağlarının Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Eğitilmesi*, Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Palmen, L. B. ve Weeks, W. D., 2011. Regional Flood Frequency for Queensland Using the Quantile Regression Technique, *Australian Journal of Water Resources*, 15, 1, 47-56.
- Pandey, G. R. ve Nguyen, V. T., 1999. A Comparative Study of Regression Based Methods in Regional Flood Frequency Analysis. *Journal of Hydrology*, 225, 92-101.
- 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. ve 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.
- Rahman, A., Haddad, K., Zaman, M., Kuczera, G. ve Weinmann, P. E., 2011. Design Flood Estimation in Ungauged Catchments: A Comparison Between the Probabilistic Rational Method and Quantile Regression Technique for NSW, *Australian Journal of Water Resources*, 14, 2, 127-137.
- Rahman, A., Haddad, K., Zaman, M., Kuczera, G., Weinmann, P. E., Stensmyr, P. ve Babister, M., 2013. New Regional Flood Frequency Estimation (RFFE) Method for the Whole of Australia: Overview of Progress, SCEM Seminar, Australia.
- Rao, A. R. ve Hamed, K. H., 1997. Regional Arequency Analysis of Wabash River Flood Data by L-moments, *Journal of Hydrologic Engineering*, 2,4, 169-179.
- Rao, R. V., Savsani, V. J. ve Vakharia, D. P., 2011. Teaching-Learning Based Optimization: A novel Method for Constrained Mechanical Design Optimization Problems. *Computer-Aided Design*, 43, 303-315.
- Reis, J. R., Stedinger, J. R. ve Martins, E. S., 2005. Bayesian GLS Regression with Application to LP3 Regional Skew Estimation, *Water Resources Research*, 41, W10419. doi:10.1029/ 2004WR00344.

- Rezaeianzadeh, M., Tabari, H., Yazdi, A. A., Isik, S. ve Kalin, L., 2013. Flood Flow Forecasting Using ANN, ANFIS and Regression Models, Neural Computing and Applications, DOI 10.1007/s00521-013-1443-6.
- Saf, B., 1995. Batı Akdeniz Bölgesi Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Saf, B., 2008. Application of Index Procedures to Flood Frequency Analysis in Turkey. Journal of the American Water Resources Association, 44, 1, 37–47.
- Saf, B., 2011. Batı Akdeniz Bölgesi Taşkın Tahminlerinde Homojenlik İrdelemesi, İMO Teknik Dergi, 5587-5611, Yazı 360.
- Saka, F., 2012. Sentetik Debi Süreklilik Eğrilerinin Matematiksel Yöntemlerle Belirlenmesi ve Doğu Karadeniz Örneği. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Salimi, S., Mahmoodi, H. ve Barahman, N., 2013. Weekly-discharge Estimation for Tang-Karzin's Station, Using Multilayer Perceptron (MLP) Network Optimized by Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm, International Journal of Basic and Applied Science, 2, 2, 242-253.
- Seçkin, N., 2002. Ceyhan ve Seyhan Havzaları'nın Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Seçkin, N., 2009. L-Momentlere Dayalı Gösterge-sel Metodu ile Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Seçkin, N., Güven, A. ve Yurtal, R., 2010. Taşkın Debilerinin Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi: Batı Karadeniz Havzası Örneği, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 25, 1-2, 45-57.
- Seçkin, N., Haktanir, T. ve Yurtal, R., 2011. Flood Frequency Analysis of Turkey Using L Moments Method, Hydrological Processes, 25, 3499–3505.
- Seçkin, N., Cobaner, M., Yurtal, R. ve Haktanir, T., 2013. Comparison of Artificial Neural Network Methods with L-moments for Estimating Flood Flow at Ungauged Sites: The Case of East Mediterranean River Basin, Turkey, Water Resources Management, 27, 2103–2124.
- Serencam, U., Yüksek, Ö., Anılan, T., Ertuş, B., Doğu Karadeniz Taşkınları ve İyileştirme Çalışmaları, 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 12-16 Eylül 2011, İstanbul.
- Serencam, U., 2013. Taşkın Zararları ve Zarar Görebilirlik Analizi: Trabzon Değirmendere Sanayi Mahallesi Örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Shu, C. ve Burn, D. H., 2004. Homogeneous Pooling Group Delineation for Flood Frequency Analysis Using a Fuzzy Expert System with Genetic Enhancement, Journal of Hydrology, 291, 132–149.
- Shu, C. ve Ouarda, T. B. M. J., 2007. Flood Frequency Analysis at Ungauged Sites Using Artificial Neural Networks in Canonical Correlation Analysis Physiographic Space, Water Resources Research, vol. 43, W07438, doi:10.1029/2006WR005142.
- Shu, C. ve Ouarda, T. B. M. J., 2008. Regional Flood Frequency Analysis at Ungauged Sites Using the Adaptive Neuro-fuzzy Inference System, Journal of Hydrology, 349, 31–43.
- Şahin, Ö., 2007. Van İli Gevaş-Gürpınar Havzası'nda Çeşitli Dağılımların Karşılaştırılması ile Taşkın Frekans Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.
- Şahin, M. A., 2013. Regional Flood Frequency Analysis for Ceyhan Basin, M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Ankara.
- Şen, Z., Yapay Sinir Ağları İlkeleri, 2004. Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 183s.
- 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 Karadeniz'de Bir Uygulama. İMO Teknik Dergi, 15, 2, 3155–3169.
- Toğan, V., 2012. Design of Planar Steel Frames Using Teaching-Learning Based Optimization. Engineering Structures, 34, 225-232.
- Togan, V., 2013. Design of pin jointed structures using teaching-learning based optimization, Structural Engineering and Mechanics, 47, 209-225.
- Uzlu, E., Kömürcü, M. İ., Kankal, M., Dede, T. ve Öztürk, H. T., 2014a. Prediction of Berm Geometry Using a Set of Laboratory Tests Combined with Teaching-Learning-Based Optimization and Artificial Bee Colony Algorithms. Applied Ocean Research, 48, 103-113.
- Uzlu, E., Kankal, M., Akpınar, A. ve Dede, T., 2014. Estimates of Energy Consumption in Turkey Using Neural Networks with the Teaching-Learning-Based Optimization. Energy, 75, 295-303.
- Vogel, R.M. ve Fennessey, N.M., 1993. L Moment Diagrams Should Replace Product Moment Diagrams, Water Resources Research, 29,6, 1745-1752.
- Yang, T., Shao, Q., Hao, Z. C., Chen, X., Zhang, Z., Xu, C, Y. ve Sun, L., 2010. Regional Frequency Analysis and Spatio Temporal Pattern Characterization of Rainfall Extremes in Pearl River Basin, China. Journal of Hydrology, 380, 386–405.

- Yıldız, O. E., 2012. L-moment Tekniğine Dayalı Havza Karakteristik Debisinin Tahmin Edilmesi: Doğu Karadeniz Örneği, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Yüksek, Ö., Üçüncü, O., 2003. Doğu Karadeniz Akarsularının Ulaşım, Yerleşim ve Çevre Açısından Risk Değerlendirmesi, Doğu Karadeniz Bölgesi'nde Kırsal Alanda Ulaşım, Yerleşim Sorunları ve Çözümleri Sempozyumu, Trabzon, 127-132.
- Yüksek, Ö., Kankal, M., Önsoy, H. ve Filiz, M.,H., 2008. Doğu Karadeniz Taşkınları Üzerine Genel Bir Değerlendirme, Taşkın, Heyelan ve Dere Yataklarının Korunması Konferansı, Trabzon.
- Yüksek, Ö., 2009. Hidrolojide İstatistiksel Yöntemler, Basılmamış Ders Notu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Trabzon.
- Yüksek, Ö., Serencam, U., Üçüncü, O. ve Anılan, T., 2013a. Afet ve Taşkın Yönetimi ve Değirmendere Örneği, Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, Trabzon, 33-44.
- Yüksek, Ö., Kankal, M. ve Üçüncü, O., 2013b. Assessment of Big floods in the Eastern Black Sea Basin of Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 185:797–814.
- Zaman, M. A., Rahman, A. ve Haddad, K., 2012. Regional Flood Frequency Analysis in Arid Regions: A Case Study for Australia. Journal of Hydrology, 475, 74-83.



## 7. EKLER

Ek1. 2201 Kürtün istasyonu EV1 dağılımı için Ki-kare testi hesap detayları

Dağılım Adı: Ekstrem Değer Tip I Dağılımı (EV1)								
İstasyon:2201 Kürtün			N:39					
Dağılım Parametreleri			$\alpha$ : 98,183			$\xi$ : 200,781		
		1	2	3	4	5	6	
	97,40	203,00	308,60	414,20	519,80	625,40	731,00	>
	<	97,40	203,00	308,60	414,20	519,80	625,40	731,00
$O_i$	0	15	15	6	1	1	1	0
$F_i$	0,057	0,376	0,716	0,892	0,962	0,987	0,995	
$\Delta F$	0,057	0,319	0,340	0,176	0,069	0,025	0,009	0,005
$e_i$	2,220	12,452	13,269	6,866	2,709	0,972	0,337	0,176
$X^2_h$	2,220	0,522	0,226	0,109	1,078	0,001	1,303	0,176
	5,634							

Ek 2. 2201 Kürtün istasyonu LN dağılımı için Ki-kare testi hesap detayları

Dağılım Adı: Lognormal Dağılım (LN)									
İstasyon: 2201 Kürtün			N: 39						
Dağılım Parametreleri			k: -0,014			$\alpha$ : 0,232		$\xi$ : 2,361	
		1	2	3	4	5	6		
	1,99	2,13	2,28	2,43	2,57	2,72	2,86	1,99	
	<	1,99	2,13	2,28	2,43	2,57	2,72	<	
$O_i$	-1,623	-0,984	-0,351	0,277	0,899	1,515	2,126		
$Z_i$	0,052	0,162	0,363	0,609	0,816	0,935	0,983		
$P'$	0,052	0,110	0,200	0,246	0,207	0,119	0,048	0,017	
$\Delta P$	2,038	4,299	7,815	9,602	8,056	4,660	1,876	0,653	
$e_i$	-1,623	-0,984	-0,351	0,277	0,899	1,515	2,126		
$X^2_h$	2,038	1,697	0,422	0,204	0,469	0,592	0,008	0,653	
	6,083								

Ek 3. 2201 Kürtün istasyonu GEV dağılımı için Ki-kare testi hesap detayları

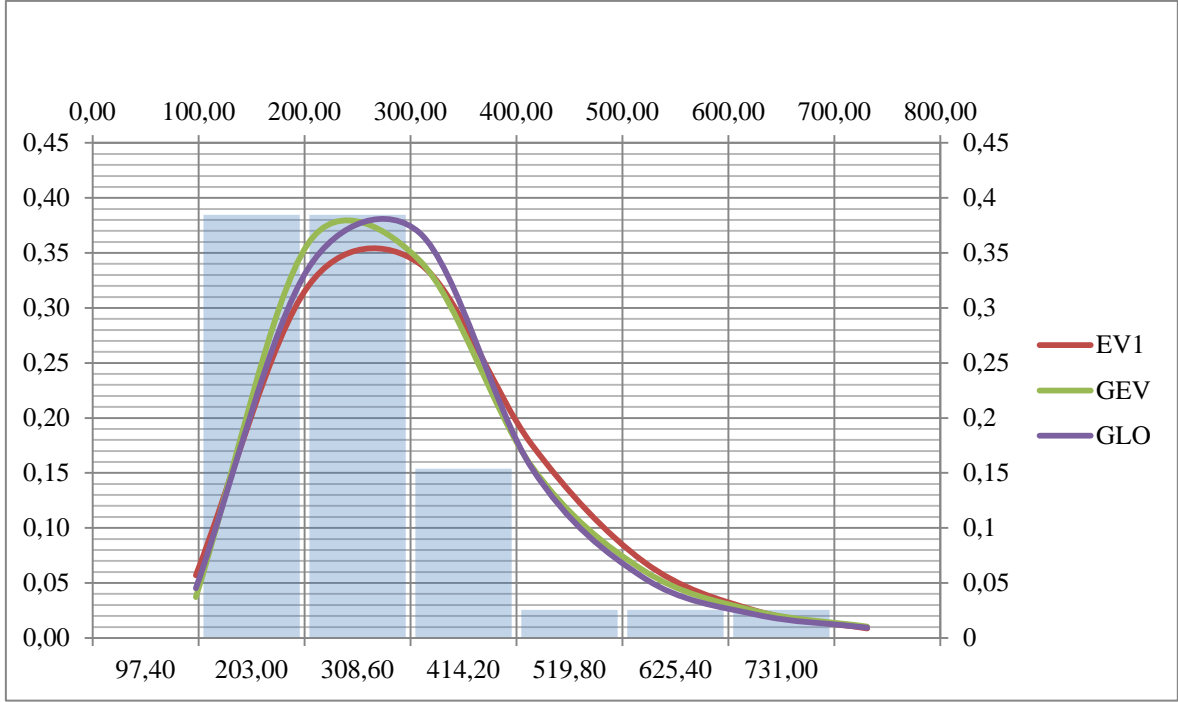
Dağılım Adı: Genelleştirilmiş Ekstrem Değer (GEV)								
İstasyon: 2201 Kürtün			N: 39					
Dağılım Parametreleri			k: -0,104		α: 88,33		ξ: 196,39	
		1	2	3	4	5	6	
	97,40	203,00	308,60	414,20	519,80	625,40	731,00	>
	<	97,40	203,00	308,60	414,20	519,80	625,40	731,00
$O_i$	-1,192	0,074	1,193	2,195	3,102	3,931	4,694	
$Z_i$	0,037	0,395	0,738	0,895	0,956	0,981	0,991	
$P'$	0,037	0,358	0,343	0,156	0,061	0,025	0,010	0,009
$\Delta P$	1,449	13,965	13,382	6,093	2,396	0,957	0,403	0,355
$e_i$	-1,192	0,074	1,193	2,195	3,102	3,931	4,694	
$X^2_h$	1,449	0,077	0,196	0,001	0,813	0,002	0,886	0,355
3,779								

Ek 4. 2201 Kürtün istasyonu GLO dağılımı için Ki-kare testi hesap detayları

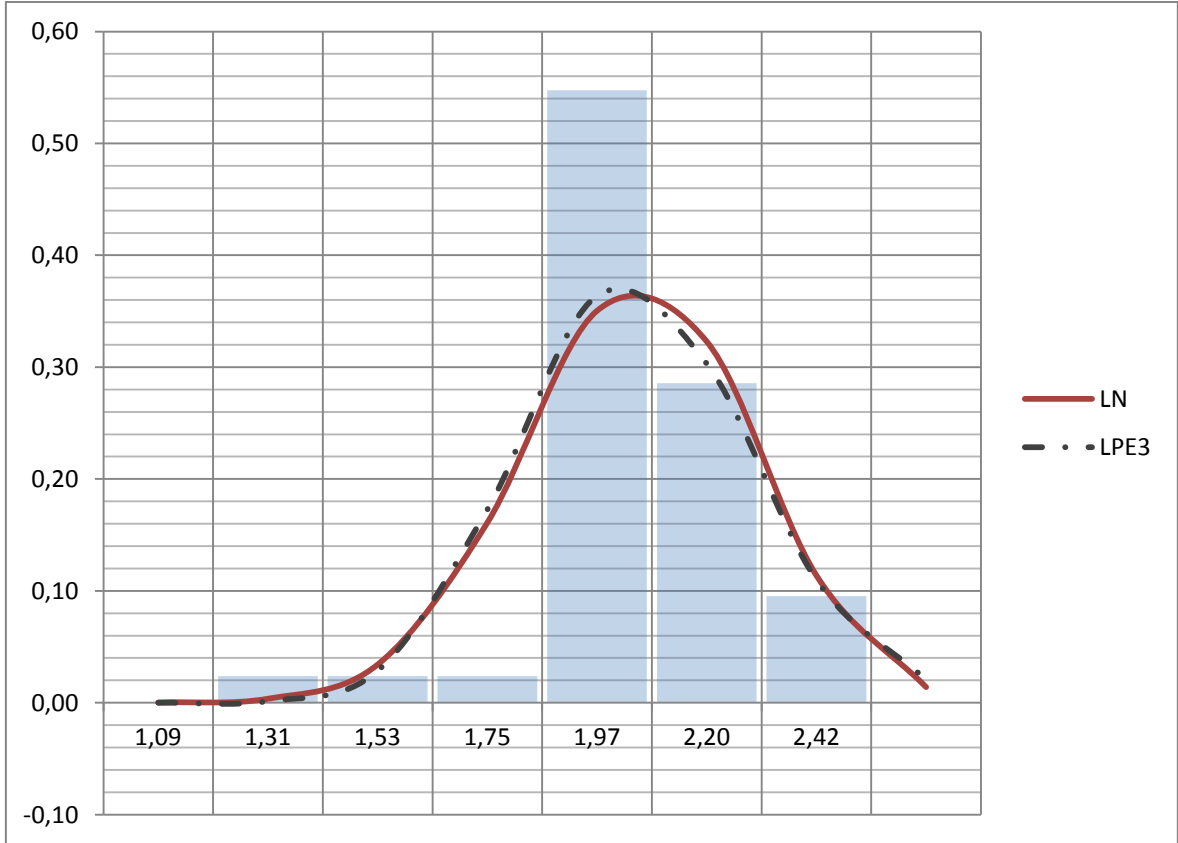
Dağılım Adı: Genelleştirilmiş Lojistik (GLO)								
İstasyon: 2201 Kürtün			N: 39					
Dağılım Parametreleri			k: -0,238		α: 61,860		ξ: 231,486	
		1	2	3	4	5	6	
	97,40	203,00	308,60	414,20	519,80	625,40	731,00	>
	<	97,40	203,00	308,60	414,20	519,80	625,40	731,00
$O_i$	0	15	15	6	1	1	1	0
$Z_i$	-3,051	-0,488	1,091	2,236	3,134	3,873	4,501	
$P'$	0,045	0,380	0,749	0,903	0,958	0,980	0,989	
$\Delta P$	0,045	0,335	0,368	0,155	0,055	0,021	0,009	0,011
$e_i$	1,761	13,075	14,361	6,036	2,139	0,833	0,367	0,428
$X^2_h$	1,761	0,283	0,028	0,000	0,607	0,033	1,094	0,428
4,235								

Ek 5. 2201 Kürtün istasyonu LPE3 dağılımı için Ki-kare testi hesap detayları

Dağılım Adı: Log Pearson Tip III (LPE3)								
İstasyon: 2201 Kürtün			N: 39					
Dağılım Parametreleri			k: 2081,277		α: 0,005		ξ: -8,247	
		1	2	3	4	5	6	
	1,99	2,13	2,28	2,43	2,57	2,72	2,86	>
	<	1,99	2,13	2,28	2,43	2,57	2,72	2,86
$O_i$	0	7	6	11	10	3	2	0
$F_i$	0,052	0,162	0,363	0,609	0,816	0,935	0,983	
$\Delta F$	0,052	0,110	0,200	0,246	0,207	0,120	0,048	0,017
$e_i$	2,038	4,299	7,815	9,601	8,056	4,661	1,876	0,653
$X^2_h$	2,038	1,697	0,422	0,204	0,469	0,592	0,008	0,653
6,082								



Ek 6. 2201 Kürtün istasyonunun EV1, GEV ve GLO dağılımlarına uygunluğu



Ek 7. 2201 Kürtün istasyonunun LN ve LPE3 dağılımlarına uygunluğu

Ek 8. 2201 Kürtün istasyonu için OÇK testi hesap detayları

İstasyon: 2201 Kürtün				N: 39				
Gözlemlenen Değerler		Sıra no (i)	F <sub>i</sub>	Hesaplanan Değerler				
x(i)	x(i) log			EV1	LN	GEV	GLO	LPE3
97,4	1,98	1	0,01	60,36	1,87	79,01	68,209	1,87
97,4	1,98	2	0,04	86,62	1,96	99,66	94,286	1,96
107	2,02	3	0,06	102,78	2,01	112,66	110,16	2,01
108	2,03	4	0,09	115,33	2,05	122,90	122,29	2,05
126,1	2,10	5	0,11	125,96	2,08	131,69	132,42	2,08
130,4	2,11	6	0,14	135,42	2,11	139,58	141,29	2,11
136	2,13	7	0,16	144,08	2,14	146,89	149,33	2,14
138,5	2,14	8	0,19	152,18	2,16	153,78	156,76	2,16
177,1	2,24	9	0,21	159,87	2,18	160,38	163,74	2,18
177,1	2,24	10	0,24	167,26	2,20	166,77	170,40	2,20
185	2,26	11	0,27	174,43	2,22	173,02	176,82	2,22
185,9	2,26	12	0,29	181,44	2,23	179,18	183,05	2,23
189,6	2,27	13	0,32	188,35	2,25	185,29	189,15	2,25
192	2,28	14	0,34	195,19	2,27	191,38	195,17	2,27
195	2,29	15	0,37	202	2,28	197,50	201,14	2,28
214	2,33	16	0,39	208,82	2,30	203,66	207,10	2,30
215	2,33	17	0,42	215,67	2,31	209,90	213,09	2,31
221	2,34	18	0,44	222,59	2,33	216,25	219,12	2,33
232	2,36	19	0,47	229,62	2,34	222,74	225,25	2,34
248	2,39	20	0,50	236,77	2,36	229,40	231,49	2,36
255	2,40	21	0,52	244,08	2,37	236,26	237,88	2,37
259	2,41	22	0,55	251,59	2,39	243,37	244,47	2,39
260	2,41	23	0,57	259,35	2,41	250,76	251,29	2,40
263	2,41	24	0,60	267,39	2,42	258,49	258,40	2,42
269,3	2,43	25	0,62	275,77	2,43	266,61	265,86	2,43
271	2,43	26	0,65	284,54	2,45	275,20	273,72	2,45
271,7	2,44	27	0,67	293,8	2,47	284,34	282,09	2,47
289,3	2,46	28	0,70	303,61	2,48	294,14	291,06	2,48
300	2,47	29	0,72	314,12	2,50	304,74	300,77	2,50
302	2,48	30	0,75	325,45	2,52	316,31	311,40	2,52
330,3	2,51	31	0,78	337,81	2,54	329,08	323,19	2,54
337,5	2,52	32	0,81	351,46	2,56	343,39	336,48	2,56
346,1	2,53	33	0,83	366,79	2,58	359,70	351,76	2,58
351	2,54	34	0,85	384,37	2,61	378,73	369,78	2,61
389	2,58	35	0,88	405,09	2,64	401,62	391,81	2,64
397	2,59	36	0,91	430,53	2,67	430,43	420,12	2,67
466	2,66	37	0,93	463,82	2,71	469,32	459,49	2,71
580	2,76	38	0,95	512,8	2,77	529,09	522,86	2,77
731	2,86	39	0,98	610,38	2,86	657,83	672,41	2,86
r hesaplanan				0,96	0,98	0,98	0,98	0,98

Ek 9. Q<sub>5</sub> için elde edilen regresyon denklemleri

Model	Regresyon Denklemi
1	$y = \exp(3.7810 + 0.0007X_1 + 0.0614X_6)$
2	$y = \exp(4.1008 + 0.0007X_1 + 0.0610X_6 - 0.0012X_2)$
3	$y = \exp(3.7830 + 0.0007X_1 + 0.0614X_6 - 0.0260X_3)$
4	$y = 33.3846 + 0.1230X_1 + 6.2085X_6 - 0.0667X_4$
5	$y = -36.4698 + 0.1270X_1 + 1.4221X_6 + 0.0763X_5$
6	$y = \exp(4.1022 + 0.0007X_1 + 0.0609X_6 - 0.0012X_2 - 0.0205X_3)$
7	$y = 56.8075 + 0.1215X_1 + 5.9610X_6 - 0.0723X_2 - 0.0695X_4$
8	$y = \exp(4.0612 + 0.0007X_1 + 0.0106X_6 - 0.0015X_2 + 0.0005X_5)$
9	$y = 35.1085 + 0.1253X_1 + 6.3066X_6 - 60.9880X_3 - 0.0670X_4$
10	$y = -34.8258 + 0.1299X_1 + 1.4774X_6 - 77.5909X_3 + 0.0773X_5$
11	$y = 4.1612 + 0.1230X_1 + 1.6925X_6 - 0.0543X_4 + 0.0604X_5$
12	$y = 56.0620 + 0.1234X_1 + 6.0590X_6 - 0.0659X_2 - 47.2651X_3 - 0.0695X_4$
13	$y = -39.5459 + 0.1303X_1 + 1.5178X_6 + 0.0159X_2 - 81.0585X_3 + 0.0774X_5$
14	$y = 22.1203 + 0.1219X_1 + 1.5747X_6 - 0.0541X_2 - 0.0565X_4 + 0.0595X_5$
15	$y = 5.9967 + 0.1261X_1 + 1.7513X_6 - 81.4928X_3 - 0.0544X_4 + 0.0614X_5$
16	$y = 20.3869 + 0.1248X_1 + 1.6487X_6 - 0.0440X_2 - 72.0485X_3 - 0.0562X_4 + 0.0605X_5$

Ek 10. Q<sub>10</sub> için elde edilen regresyon denklemleri

Model	Regresyon Denklemi
1	$y = -9.0207 + 0.1533X_1 + 7.9640X_6$
2	$y = \exp(4.2376 + 0.0007X_1 + 0.0524X_6 - 0.0008X_2)$
3	$y = -8.8680 + 0.1535X_1 + 7.9716X_6 - 5.6926X_3$
4	$y = 47.0613 + 0.1465X_1 + 6.6578X_6 - 0.0877X_4$
5	$y = -40.8328 + 0.1518X_1 + 1.8715X_6 + 0.0913X_5$
6	$y = \exp(4.2301 + 0.0007X_1 + 0.0526X_6 - 0.0008X_2 + 0.1222X_3)$
7	$y = 65.2995 + 0.1453X_1 + 6.4865X_6 - 0.0559X_2 - 0.0898X_4$
8	$y = -51.4362 + 0.1524X_1 + 1.9624X_6 + 0.0352X_2 + 0.0912X_5$
9	$y = 47.7889 + 0.1474X_1 + 6.6884X_6 - 24.2579X_3 - 0.0878X_4$
10	$y = -39.7974 + 0.1536X_1 + 1.8854X_6 - 48.4864X_3 + 0.0920X_5$
11	$y = 13.6593 + 0.1465X_1 + 2.2974X_6 - 0.0729X_4 + 0.0686X_5$
12	$y = 65.1098 + 0.1458X_1 + 6.5085X_6 - 0.0541X_2 - 13.0946X_3 - 0.0898X_4$
13	$y = -52.5624 + 0.1547X_1 + 1.9992X_6 + 0.0430X_2 - 57.7446X_3 + 0.0921X_5$
14	$y = 27.5239 + 0.1456X_1 + 2.1994X_6 - 0.0418X_2 - 0.0746X_4 + 0.0681X_5$
15	$y = 14.8670 + 0.1485X_1 + 2.3132X_6 - 53.4063X_3 - 0.0729X_4 + 0.0694X_5$
16	$y = 26.4330 + 0.1475X_1 + 2.2280X_6 - 0.0354X_2 - 45.8932X_3 - 0.0744X_4 + 0.0689X_5$

Ek 11. Q<sub>25</sub> için elde edilen regresyon denklemleri

Model	Regresyon Denklemi
1	$y = -3.3972 + 0.1855X_1 + 8.4360X_6$
2	$y = -40.4882 + 0.1879X_1 + 8.7076X_6 + 0.1218X_2$
3	$y = -5.3215 + 0.1830X_1 + 8.3689X_6 + 67.3307X_3$
4	$y = 71.6375 + 0.1767X_1 + 7.0270X_6 - 0.1187X_4$
5	$y = -39.7936 + 0.1840X_1 + 2.7871X_6 + 0.1028X_5$
6	$y = -39.9223 + 0.1862X_1 + 8.6520X_6 + 0.1160X_2 + 42.6139X_3$
7	$y = 73.6304 + 0.1765X_1 + 7.0107X_6 - 0.0061X_2 - 0.1189X_4$
8	$y = -70.8190 + 0.1860X_1 + 3.0730X_6 + 0.1031X_2 + 0.1018X_5$
9	$y = 70.3998 + 0.1753X_1 + 6.9913X_6 + 38.4419X_3 - 0.1185X_4$
10	$y = -39.9762 + 0.1837X_1 + 2.7879X_6 + 8.4764X_3 + 0.1026X_5$
11	$y = 37.6203 + 0.1768X_1 + 3.4312X_6 - 0.1034X_4 + 0.0688X_5$
12	$y = 74.1585 + 0.1749X_1 + 6.9577X_6 - 0.0117X_2 + 40.8175X_3 - 0.1189X_4$
13	$y = -71.0737 + 0.1865X_1 + 3.0767X_6 + 0.1049X_2 - 13.5384X_3 + 0.1020X_5$
14	$y = 38.3085 + 0.1768X_1 + 3.4260X_6 - 0.0021X_2 - 0.1035X_4 + 0.0687X_5$
15	$y = 37.5587 + 0.1767X_1 + 3.4315X_6 + 2.7280X_3 - 0.1034X_4 + 0.0687X_5$
16	$y = 38.3845 + 0.1766X_1 + 3.4251X_6 - 0.0025X_2 + 3.2536X_3 - 0.1035X_4 + 0.0687X_5$

Ek 12. Q<sub>50</sub> için elde edilen regresyon denklemleri

Model	Regresyon Denklemi
1	$y = 6.4893 + 0.2096X_1 + 8.5916X_6$
2	$y = -60.7431 + 0.2140X_1 + 9.0452X_6 + 0.2194X_2$
3	$y = 2.4277 + 0.2047X_1 + 8.4823X_6 + 135.85387X_3$
4	$y = 98.1103 + 0.1989X_1 + 7.1003X_6 - 0.1458X_4$
5	$y = -32.0966 + 0.2084X_1 + 3.5617X_6 + 0.1055X_5$
6	$y = -59.5706 + 0.2104X_1 + 8.9448X_6 + 0.2066X_2 + 91.8856X_3$
7	$y = 78.3993 + 0.2003X_1 + 7.2475X_6 + 0.0594X_2 - 0.1435X_4$
8	$y = -87.8190 + 0.2122X_1 + 4.1047X_6 + 0.1858X_2 + 0.1022X_5$
9	$y = 94.8029 + 0.1954X_1 + 7.0276X_6 + 98.0073X_3 - 0.1452X_4$
10	$y = -33.5778 + 0.2060X_1 + 3.5818X_6 + 68.9088X_3 + 0.1039X_5$
11	$y = 67.2901 + 0.1993X_1 + 4.3285X_6 - 0.1323X_4 + 0.0610X_5$
12	$y = 79.4787 + 0.1969X_1 + 7.1515X_6 + 0.0472X_2 + 88.4437X_3 - 0.1434X_4$
13	$y = -87.2395 + 0.2110X_1 + 4.1016X_6 + 0.1816X_2 + 31.8101X_3 + 0.1015X_5$
14	$y = 49.4341 + 0.2005X_1 + 4.4747X_6 + 0.0542X_2 - 0.1302X_4 + 0.0608X_5$
15	$y = 65.8832 + 0.1970X_1 + 4.3464X_6 + 62.9880X_3 - 0.1323X_4 + 0.0596X_5$
16	$y = 50.6461 + 0.1984X_1 + 4.4702X_6 + 0.0469X_2 + 53.4819X_3 - 0.1304X_4 + 0.0596X_5$

Ek 13. Q<sub>100</sub> için elde edilen regresyon denklemleri

Model	Regresyon Denklemi
1	$y = 22.0520 + 0.2340X_1 + 8.5613X_6$
2	$y = -78.6529 + 0.2407X_1 + 9.1721X_6 + 0.3278X_2$
3	$y = 15.4290 + 0.2263X_1 + 8.4235X_6 + 212.4581X_3$
4	$y = 132.5356 + 0.2214X_1 + 7.0230X_6 - 0.1781X_4$
5	$y = -19.1228 + 0.2333X_1 + 4.1140X_6 + 0.1078X_5$
6	$y = -76.9344 + 0.2349X_1 + 9.0380X_6 + 0.3072X_2 + 147.6846X_3$
7	$y = 88.5846 + 0.2245X_1 + 7.3155X_6 + 0.1323X_2 - 0.1728X_4$
8	$y = -104.4088 + 0.2391X_1 + 4.9128X_6 + 0.2856X_2 + 0.1013X_5$
9	$y = 126.8003 + 0.2156X_1 + 6.9268X_6 + 162.5653X_3 - 0.1771X_4$
10	$y = -22.0533 + 0.2283X_1 + 4.1713X_6 + 137.5304X_3 + 0.1042X_5$
11	$y = 106.6002 + 0.2218X_1 + 5.0771X_6 - 0.1668X_4 + 0.0495X_5$
12	$y = 90.0690 + 0.2190X_1 + 7.1899X_6 + 0.1130X_2 + 139.9824X_3 - 0.1727X_4$
13	$y = -102.9595 + 0.2359X_1 + 4.9173X_6 + 0.2748X_2 + 83.0361X_3 + 0.0994X_5$
14	$y = 65.9101 + 0.2247X_1 + 5.3975X_6 + 0.1243X_2 - 0.1621X_4 + 0.0484X_5$
15	$y = 103.7027 + 0.2171X_1 + 5.1317X_6 + 132.3066X_3 - 0.1667X_4 + 0.0461X_5$
16	$y = 68.3459 + 0.2204X_1 + 5.4049X_6 + 0.1095X_2 + 110.7317X_3 - 0.1626X_4 + 0.0457X_5$

Ek 14.  $Q_{500}$  için elde edilen regresyon denklemleri

Model	Regresyon Denklemi
1	$y = 99.2711 + 0.2874X_1 + 7.6571X_6$
2	$y = -116.3338 + 0.3020X_1 + 8.6768X_6 + 0.6994X_2$
3	$y = 84.3639 + 0.2719X_1 + 7.4829X_6 + 439.9803X_3$
4	$y = 267.6760 + 0.2690X_1 + 5.9806X_6 - 0.2784X_4$
5	$y = 51.0927 + 0.2886X_1 + 4.4747X_6 + 0.1088X_5$
6	$y = -113.4897 + 0.2905X_1 + 8.4943X_6 + 0.6567X_2 + 303.8579X_3$
7	$y = 138.4414 + 0.2782X_1 + 6.6424X_6 + 0.3878X_2 - 0.2624X_4$
8	$y = -138.3146 + 0.3018X_1 + 6.0311X_6 + 0.6447X_2 + 0.0878X_5$
9	$y = 254.1333 + 0.2568X_1 + 5.8566X_6 + 352.8927X_3 - 0.2758X_4$
10	$y = 43.9156 + 0.2760X_1 + 4.6544X_6 + 354.9030X_3 + 0.0979X_5$
11	$y = 261.2992 + 0.2693X_1 + 5.6773X_6 - 0.2759X_4 + 0.0109X_5$
12	$y = 140.6325 + 0.2674X_1 + 6.4750X_6 + 0.3484X_2 + 285.0665X_3 - 0.2619X_4$
13	$y = -134.4253 + 0.2926X_1 + 6.0814X_6 + 0.6148X_2 + 241.9249X_3 + 0.0813X_5$
14	$y = 136.9137 + 0.2782X_1 + 6.5489X_6 + 0.3866X_2 - 0.2617X_4 + 0.0033X_5$
15	$y = 254.1177 + 0.2568X_1 + 5.8559X_6 + 352.8704X_3 - 0.2758X_4 + 0.0000X_5$
16	$y = 142.923 + 0.2671X_1 + 6.611X_6 + 0.3496X_2 + 288.703X_3 - 0.2630X_4 - 0.0049X_5$

Ek 15. Doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlar için elde edilen  $Q_5$  değerleri

Q <sub>5</sub>	YAK			ÖÖTO		
İstasyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Eksponansiyel Fonksiyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Eksponansiyel Fonksiyon
2201	335,52	342,32	340,32	339,023	343,061	341,227
2202	118,60	115,08	99,14	128,758	142,685	123,456
2213	162,99	193,23	144,97	167,878	192,227	161,672
2215	90,31	106,84	93,27	90,380	106,099	89,742
2218	171,30	213,39	163,67	175,247	213,228	168,020
2228	90,36	87,10	80,22	99,004	109,177	99,045
22-06	183,32	176,69	188,52	184,917	173,133	188,861
22-07	34,78	48,73	41,13	33,983	51,287	42,390
22-09	228,84	137,69	191,15	224,064	153,456	200,118
22-13	63,06	48,95	61,79	61,054	59,945	58,991
22-34	79,17	65,31	73,91	88,401	88,561	88,556
22-40	432,54	431,31	452,25	429,160	433,938	449,720
22-44	68,62	59,77	62,55	75,487	74,368	75,889
22-52	123,13	149,34	103,07	128,541	155,123	122,658
22-53	78,68	67,28	77,45	86,445	84,963	87,965
22-57	59,69	66,75	54,60	53,714	74,689	49,103
22-58	77,95	66,85	75,05	80,961	79,213	80,143
22-59	52,09	35,17	59,95	59,286	53,098	63,402
22-61	59,60	53,25	58,62	68,778	67,362	73,207
22-62	161,97	207,64	152,72	163,129	195,181	158,639
22-63	126,25	126,30	132,43	130,382	127,139	131,738
22-64	117,27	128,73	105,80	122,900	124,333	122,320
22-68	81,55	58,80	101,36	88,377	70,294	93,350
22-71	74,21	78,79	84,80	74,606	80,640	77,852
22-72	167,74	134,90	167,91	167,883	130,521	170,400
22-73	114,82	107,96	113,43	117,819	116,764	113,910
22-76	178,59	203,00	172,58	180,207	183,297	182,477
22-79	175,71	135,34	178,76	168,425	127,673	164,961
22-80	81,82	72,18	89,12	82,030	79,792	81,472
22-82	108,07	72,77	123,45	105,227	84,319	100,617
22-83	27,53	20,82	39,64	28,413	35,590	34,646
22-85	131,33	121,58	142,54	131,848	122,269	130,591
22-88	33,13	27,63	46,39	37,488	39,947	45,431

Ek 16. Doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlar için elde edilen Q<sub>10</sub> değerleri



Q <sub>10</sub>	YAK			ÖÖTO		
İstasyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Ekspansiyel Fonksiyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Ekspansiyel Fonksiyon
2201	424,328	406,831	419,914	419,516	421,249	420,079
2202	139,355	156,472	121,120	161,647	180,314	156,874
2213	196,634	242,977	180,653	208,595	236,173	203,057
2215	112,600	134,750	117,465	111,907	133,363	110,672
2218	206,301	288,207	205,709	218,449	271,125	212,347
2228	110,932	108,948	92,921	126,594	138,679	126,643
22-06	235,386	206,628	220,362	234,099	219,456	237,554
22-07	51,623	47,603	43,924	39,914	61,531	46,580
22-09	277,002	187,658	250,405	266,588	186,695	244,336
22-13	89,381	62,453	81,449	79,910	78,513	78,477
22-34	93,597	94,538	90,779	114,694	116,080	115,104
22-40	521,612	507,704	542,915	515,402	509,166	530,710
22-44	82,528	76,163	74,863	94,791	93,244	94,651
22-52	154,026	170,152	122,841	159,731	189,758	153,882
22-53	96,827	91,417	94,298	112,964	111,557	114,420
22-57	93,879	72,398	71,187	68,848	93,911	64,760
22-58	102,319	84,469	92,448	104,756	102,763	104,147
22-59	64,351	56,894	76,186	80,882	73,606	84,746
22-61	71,268	67,367	67,405	88,475	85,513	91,831
22-62	206,112	246,659	186,045	204,334	244,133	200,121
22-63	158,806	159,250	165,775	168,610	164,026	169,863
22-64	141,928	147,832	127,704	152,534	148,667	151,032
22-68	90,690	91,116	132,340	116,709	94,750	121,702
22-71	91,886	103,919	113,728	95,774	103,027	98,233
22-72	220,710	152,193	198,340	213,354	165,353	215,260
22-73	138,902	151,708	151,421	151,174	151,029	148,417
22-76	230,746	223,140	200,424	225,832	225,131	226,785
22-79	239,905	152,987	214,947	213,172	164,212	210,358
22-80	100,023	104,021	123,012	106,148	104,421	106,021
22-82	140,379	105,198	167,026	139,574	115,714	137,254
22-83	32,383	41,263	52,438	34,547	48,967	39,958
22-85	165,084	157,797	180,791	169,356	159,255	168,879
22-88	40,563	42,827	57,620	49,932	54,186	56,857

Ek 17. Doğrusal, üs ve ekspansiyel fonksiyonlar için elde edilen Q<sub>25</sub> değerleri

Q <sub>25</sub>	YAK			ÖÖTO		
İstasyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Eksponansiyel Fonksiyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Eksponansiyel Fonksiyon
2201	470,286	555,014	552,135	528,398	519,573	528,150
2202	193,783	215,657	146,322	209,978	217,531	203,370
2213	262,003	306,156	234,405	266,297	314,551	260,654
2215	125,379	166,751	142,973	139,552	172,756	136,694
2218	256,955	396,974	264,471	279,337	381,546	273,177
2228	154,796	147,634	108,513	167,420	152,535	165,850
22-06	296,298	278,712	292,059	300,790	271,231	306,427
22-07	51,831	46,774	35,232	42,861	58,585	46,903
22-09	332,512	230,209	320,461	322,084	245,050	300,966
22-13	86,163	92,594	113,239	113,600	97,079	111,393
22-34	129,680	141,740	110,592	157,047	142,614	154,738
22-40	659,957	598,434	671,778	629,458	617,932	636,235
22-44	108,309	95,631	81,330	122,563	104,330	119,353
22-52	197,498	207,395	148,291	201,855	216,274	195,751
22-53	125,321	134,509	115,679	154,238	134,657	153,449
22-57	70,679	95,265	98,118	95,144	102,292	91,345
22-58	118,201	120,506	118,378	142,427	123,452	140,784
22-59	73,823	95,705	95,146	118,417	93,940	118,666
22-61	99,125	86,281	69,783	116,913	93,265	116,585
22-62	252,459	328,334	246,107	261,456	322,572	258,847
22-63	191,752	226,347	227,038	226,292	219,028	227,404
22-64	194,132	159,460	156,130	191,603	175,717	188,536
22-68	112,288	133,497	168,752	161,406	131,793	162,621
22-71	101,242	135,985	152,579	128,062	140,926	127,812
22-72	272,711	205,742	273,786	277,148	203,995	281,902
22-73	171,927	219,807	209,772	204,940	218,443	201,318
22-76	293,148	273,766	264,371	285,854	275,938	288,705
22-79	268,216	217,512	300,568	275,228	211,729	277,821
22-80	111,838	150,321	171,469	146,686	152,763	144,425
22-82	137,864	175,682	240,158	197,956	164,970	196,785
22-83	23,418	61,827	52,708	44,150	66,496	44,633
22-85	189,664	225,951	243,084	224,695	218,765	224,736
22-88	41,867	63,401	62,910	70,758	67,447	73,064

Ek 18. Doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlar için elde edilen Q<sub>50</sub> değerleri

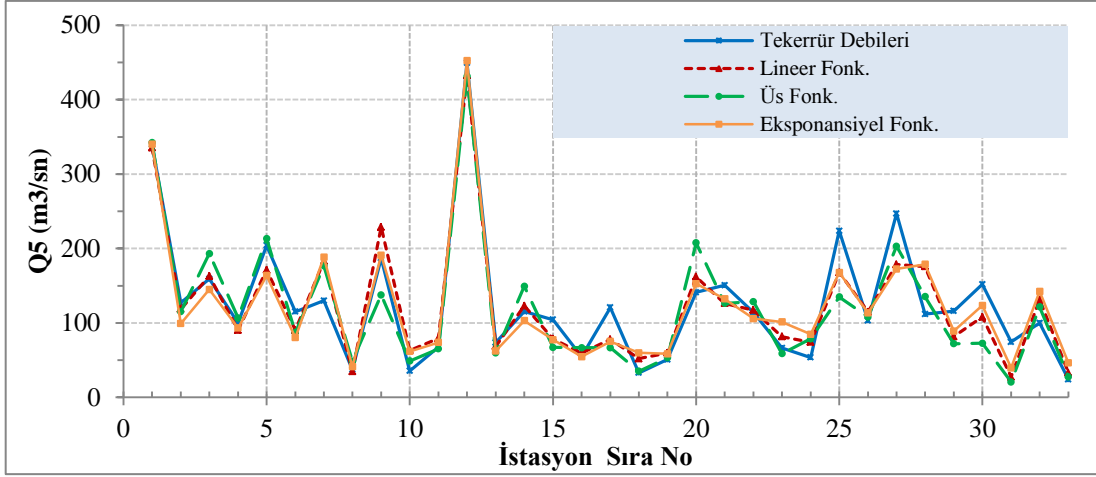
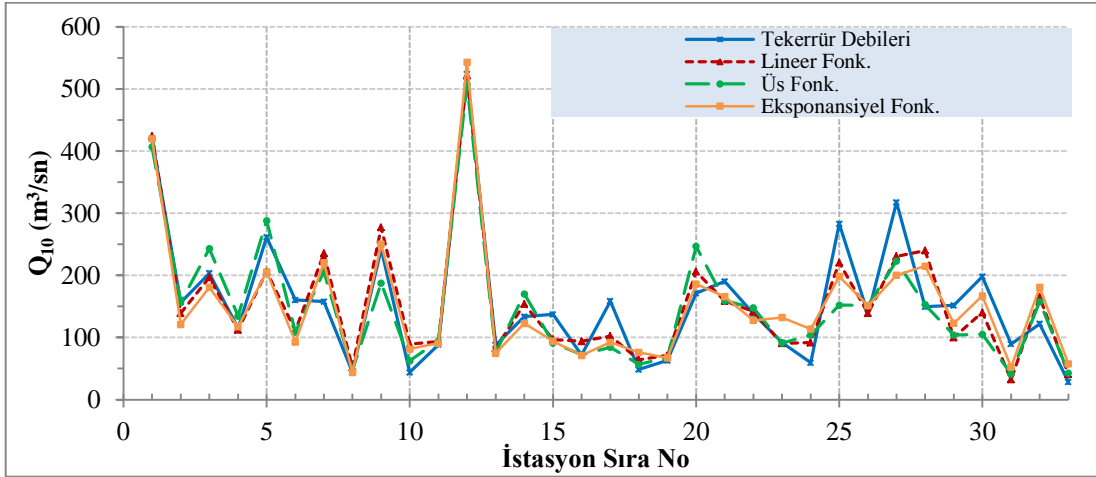
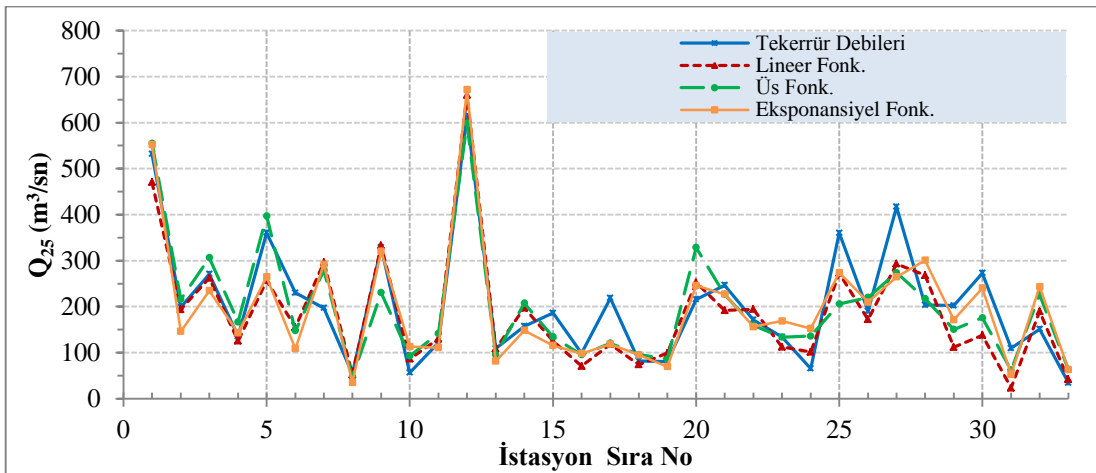
Q <sub>50</sub>	YAK			ÖÖTO		
	İstasyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Eksponansiyel Fonksiyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu
2201	621,395	604,818	611,637	601,595	628,995	617,884
2202	223,752	282,493	187,945	240,134	286,884	244,542
2213	300,794	377,111	277,240	313,296	352,361	307,365
2215	161,013	186,792	158,102	157,730	191,034	158,998
2218	316,744	465,940	302,629	321,432	434,151	321,496
2228	183,437	186,854	150,530	196,920	209,742	199,351
22-06	359,637	336,913	338,401	361,097	331,766	352,881
22-07	54,013	47,213	45,903	53,695	68,002	49,269
22-09	379,646	269,610	333,752	384,506	274,379	345,187
22-13	156,141	110,160	162,849	147,163	133,844	146,110
22-34	168,697	192,669	160,073	179,492	202,149	193,987
22-40	733,971	675,050	738,609	754,473	681,362	720,060
22-44	129,158	115,302	111,210	138,086	134,163	144,658
22-52	228,859	226,752	176,976	238,444	255,809	227,806
22-53	170,373	169,979	160,740	176,537	186,038	189,896
22-57	147,614	91,294	134,308	130,677	130,805	117,017
22-58	172,540	142,390	162,162	171,918	165,843	174,914
22-59	131,702	128,083	145,292	131,787	141,574	156,042
22-61	118,052	106,383	102,495	128,508	123,995	141,916
22-62	312,167	372,526	286,085	312,839	371,010	302,710
22-63	264,874	277,587	282,573	260,842	270,123	278,098
22-64	209,016	196,520	182,324	221,322	187,544	218,909
22-68	169,375	175,351	211,789	169,514	166,245	203,342
22-71	148,684	169,101	184,293	142,276	162,199	159,371
22-72	341,530	247,321	329,699	338,742	253,093	331,187
22-73	237,445	279,251	266,433	237,642	264,709	251,391
22-76	341,651	319,402	302,357	345,308	311,633	330,612
22-79	362,067	237,463	348,884	346,627	261,017	322,489
22-80	174,533	190,281	218,269	168,468	185,061	185,230
22-82	254,615	211,317	308,701	235,932	223,900	251,031
22-83	46,809	85,285	73,757	43,919	90,746	59,349
22-85	268,392	262,366	288,560	260,839	263,291	269,926
22-88	76,110	82,199	96,542	75,661	94,199	96,067

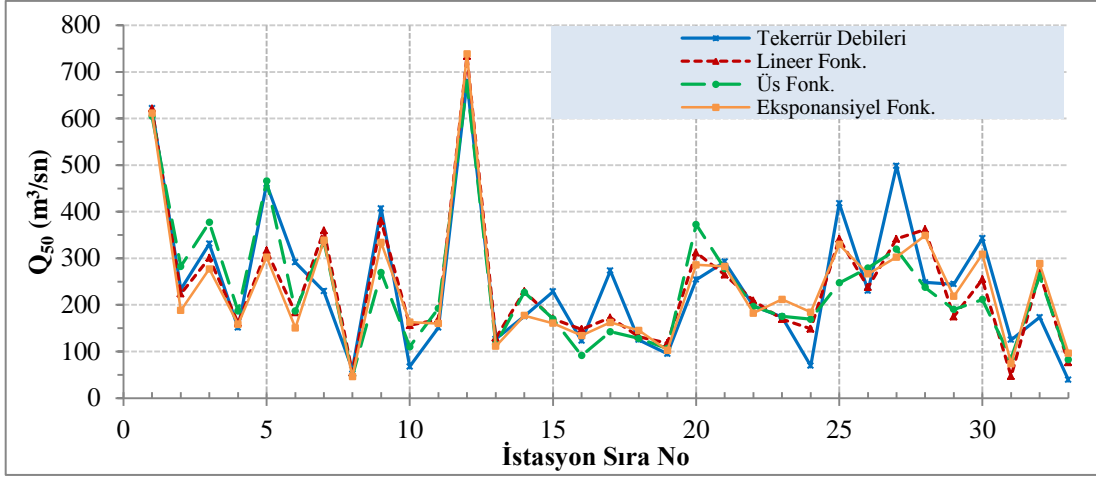
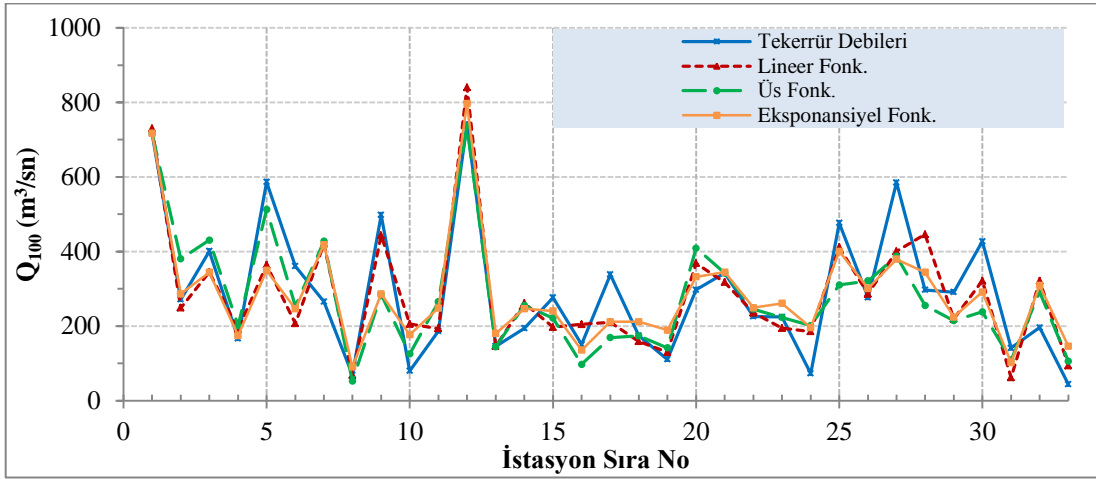
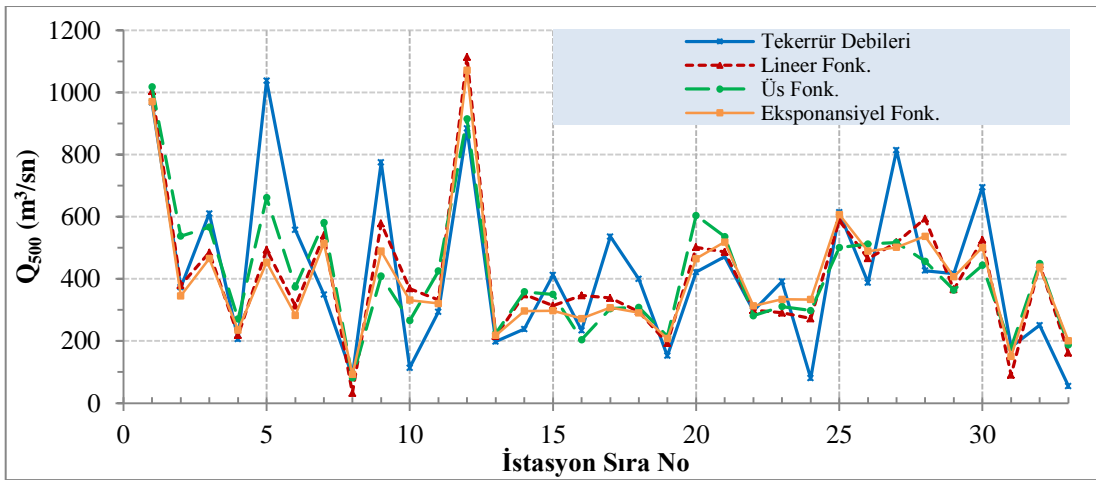
Ek 19. Doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlar için elde edilen  $Q_{100}$  değerleri

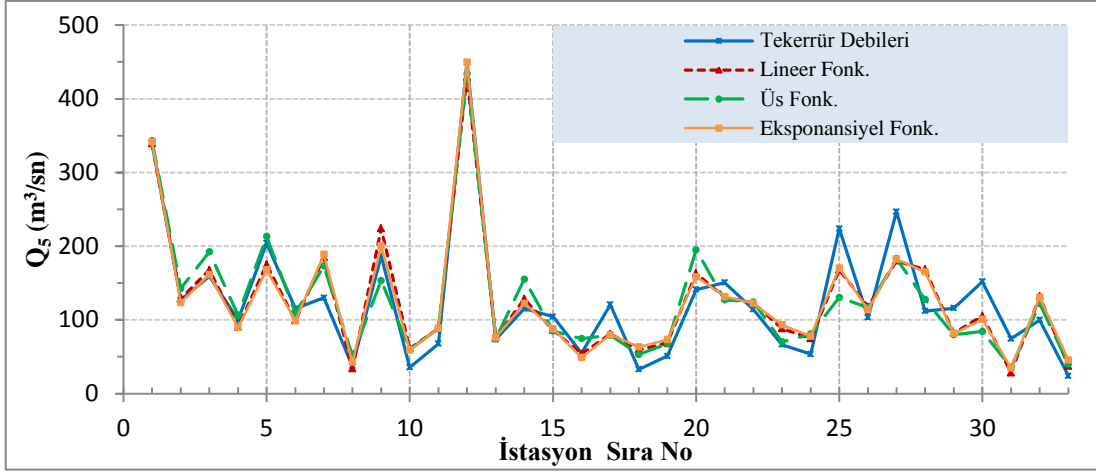
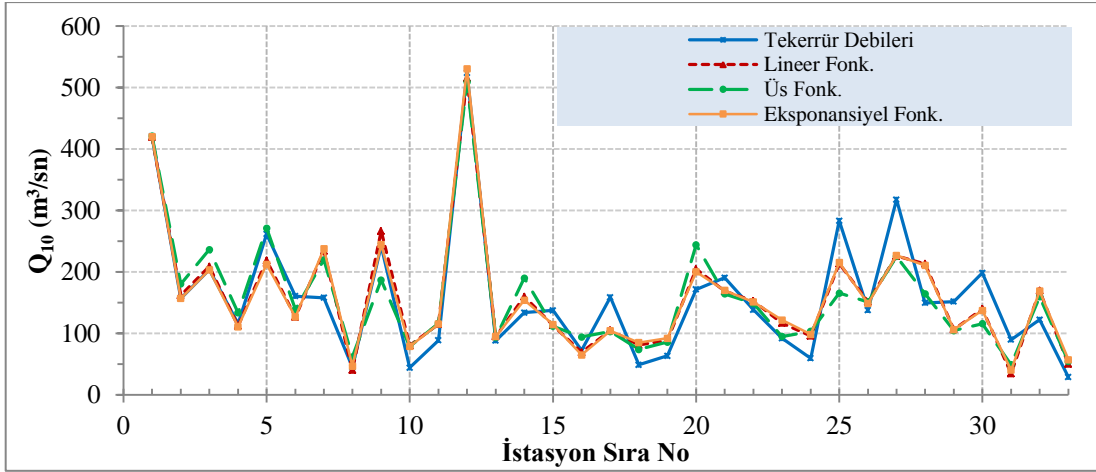
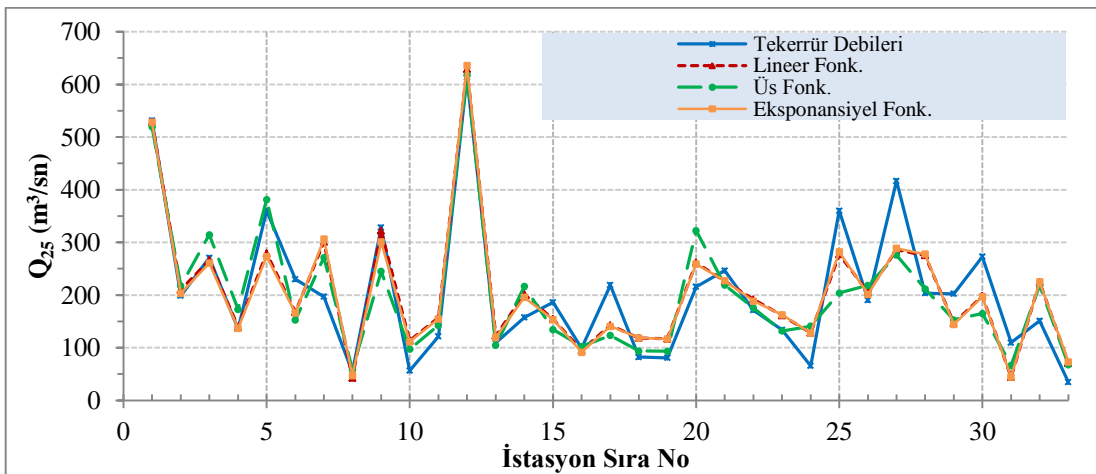
$Q_{100}$	YAK			ÖÖTO		
	İstasyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Eksponansiyel Fonksiyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu
2201	729,879	717,249	717,408	715,430	713,367	722,596
2202	249,047	380,466	286,352	302,859	350,017	294,664
2213	344,655	430,381	343,987	371,002	420,744	363,886
2215	190,588	201,017	174,646	180,039	219,902	178,950
2218	363,888	512,495	349,329	382,543	506,967	375,555
2228	206,697	252,950	246,245	244,892	250,503	240,643
22-06	420,581	427,681	418,467	409,060	403,932	409,963
22-07	67,986	52,306	90,525	39,725	74,264	47,908
22-09	443,324	285,015	286,322	413,225	311,455	394,679
22-13	205,418	125,030	176,835	187,250	160,174	185,766
22-34	192,880	265,186	248,403	244,677	254,158	240,848
22-40	840,362	735,946	797,013	817,832	745,561	825,560
22-44	145,927	144,424	180,091	175,962	157,647	172,976
22-52	261,127	255,350	246,719	274,189	283,841	266,498
22-53	196,873	221,467	240,101	234,271	226,306	231,912
22-57	204,515	97,129	135,551	150,253	145,028	148,618
22-58	210,097	169,185	211,419	216,797	196,477	214,480
22-59	158,503	173,580	211,462	197,665	178,909	197,415
22-61	129,967	141,406	189,232	171,640	148,253	170,626
22-62	368,304	408,996	332,370	360,006	434,137	355,546
22-63	317,467	342,130	344,410	337,474	337,562	337,896
22-64	235,528	245,260	249,348	259,282	226,728	254,861
22-68	194,359	222,934	260,770	242,725	210,626	243,726
22-71	185,442	200,991	196,092	191,028	204,088	192,780
22-72	411,281	310,216	400,232	393,753	313,948	395,509
22-73	286,191	321,073	300,870	313,486	330,198	310,420
22-76	400,320	387,357	379,510	386,068	374,771	384,817
22-79	445,895	255,154	344,379	376,369	305,549	376,267
22-80	219,128	214,359	224,254	231,169	232,264	230,551
22-82	321,458	238,127	291,333	308,886	272,610	308,552
22-83	61,655	108,797	102,218	64,419	114,683	69,526
22-85	321,059	291,205	309,070	319,079	314,061	318,267
22-88	93,778	105,261	146,013	114,809	117,454	118,602

Ek 20. Doğrusal, üs ve eksponansiyel fonksiyonlar için elde edilen  $Q_{500}$  değerleri

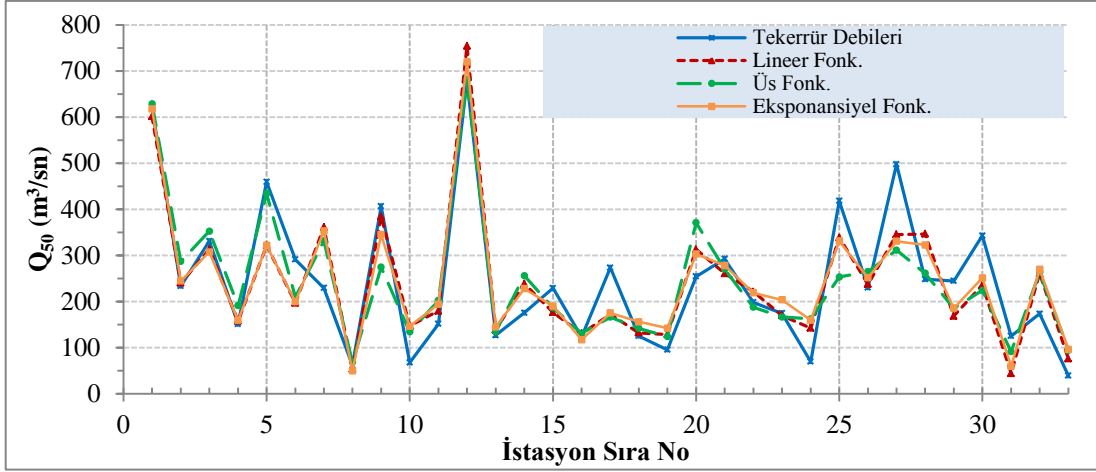
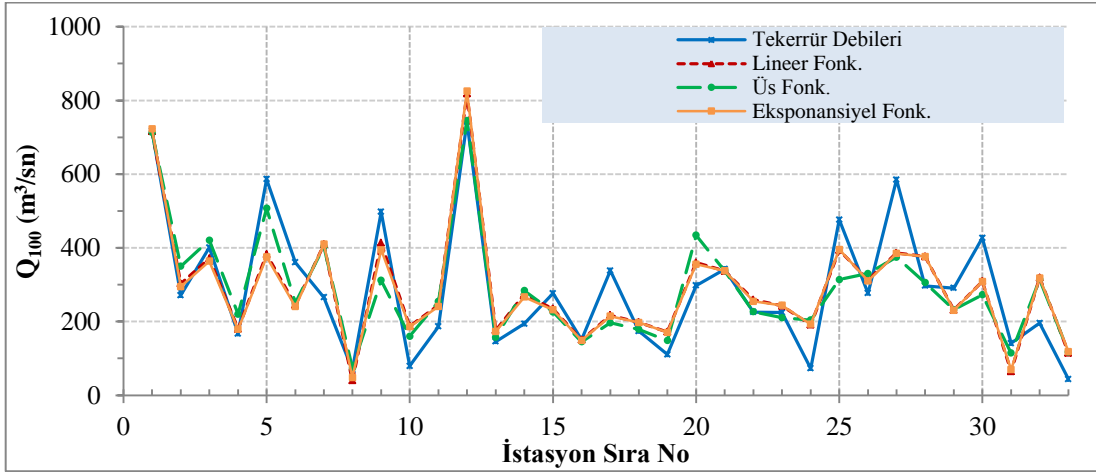
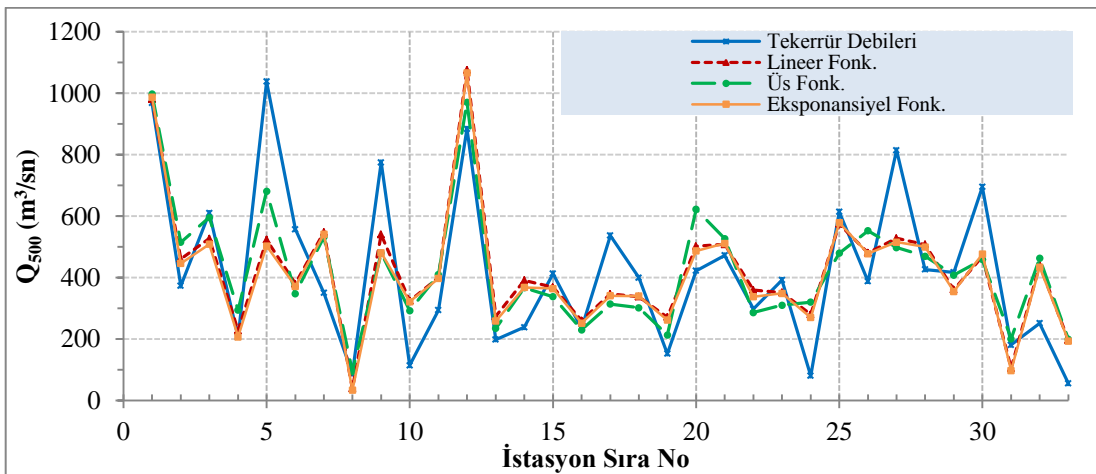
$Q_{500}$	YAK			ÖÖTO		
	İstasyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu	Eksponansiyel Fonksiyon	Doğrusal Fonksiyon	Üs Fonksiyonu
2201	1004,2389	1018,0604	970,3419	980,905	997,685	987,594
2202	379,5094	537,6527	345,7487	460,739	514,855	446,033
2213	484,5127	566,4782	465,3599	526,628	595,234	508,595
2215	218,3403	270,9064	235,1755	227,218	293,594	206,807
2218	493,8434	661,5021	453,9558	523,295	680,788	502,547
2228	313,3153	374,2873	282,5605	379,532	347,310	371,509
22-06	539,8897	581,5304	514,3125	547,275	532,539	541,178
22-07	32,2025	81,9213	92,4953	38,574	93,910	33,318
22-09	578,5439	408,689	489,4862	539,668	479,595	480,922
22-13	368,7921	265,4185	331,4484	323,793	292,225	321,333
22-34	332,3737	425,5221	320,8117	399,973	409,591	396,874
22-40	1114,1455	915,6598	1072,0853	1075,902	970,526	1065,922
22-44	214,9248	224,6373	218,3603	273,327	234,574	258,333
22-52	349,7432	358,4714	296,765	390,798	366,654	367,892
22-53	313,7053	350,2658	297,6635	368,213	337,748	364,286
22-57	346,6244	204,4048	272,3554	259,669	229,739	251,409
22-58	338,5013	304,2673	307,2201	346,252	313,620	340,795
22-59	294,7654	308,3038	290,9954	337,277	301,740	339,529
22-61	192,7636	214,5194	207,717	271,023	212,846	261,319
22-62	501,5602	603,9849	465,2034	501,791	622,008	486,532
22-63	486,5784	535,947	518,4315	507,801	526,945	511,009
22-64	299,1745	281,6169	313,1282	359,342	285,872	337,304
22-68	290,7293	310,955	334,272	351,012	309,649	348,466
22-71	272,4887	297,9054	333,7283	279,601	320,003	269,610
22-72	588,0881	500,752	607,2337	573,992	479,083	578,401
22-73	465,6563	512,731	489,4214	480,342	552,190	477,843
22-76	517,2284	517,0776	501,3996	527,510	497,704	514,991
22-79	593,9266	456,9518	537,2096	507,530	469,358	499,683
22-80	365,598	364,0273	407,0123	360,454	407,810	354,963
22-82	525,7599	443,8049	501,1705	468,093	458,491	476,038
22-83	90,631	179,0985	150,5731	104,753	200,612	97,282
22-85	446,4096	449,263	437,5582	440,660	462,580	433,732
22-88	161,6476	187,292	200,4783	196,017	198,895	193,330

Ek 21. YAK'tan elde edilen  $Q_5$  değerleriEk 22. YAK'tan elde edilen  $Q_{10}$  değerleriEk 23. YAK'tan elde edilen  $Q_{25}$  değerleri

Ek 24. YAK'tan elde edilen  $Q_{50}$  değerleriEk 25. YAK'tan elde edilen  $Q_{100}$  değerleriEk 26. YAK'tan elde edilen  $Q_{500}$  değerleri

Ek 27. ÖÖTO'dan elde edilen  $Q_5$  değerleriEk 28. ÖÖTO'dan elde edilen  $Q_{10}$  değerleriEk 29. ÖÖTO'dan elde edilen  $Q_{25}$  değerleri



Ek 30. ÖÖTO'dan elde edilen  $Q_{50}$  değerleriEk 31. ÖÖTO'dan elde edilen  $Q_{100}$  değerleriEk 32. ÖÖTO'dan elde edilen  $Q_{500}$  değerleri

## ÖZGEÇMİŞ

Tuğçe ANILAN, 1983 yılında Samsun'da doğdu. İlkokulunu Gülsüm Sami Kefeli İlköğretim Okulu'nda, ortaokul ve liseyi Samsun Milli Piyango Anadolu Lisesi'nde okudu. 2002 yılında öğrenime başladığı KTÜ İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden 2006 yılında mezun oldu. Yüksek lisans programını 2008'de tamamladıktan sonra aynı bölümde doktora başladı. KTÜ İnşaat Mühendisliği Hidrolik anabilim dalında araştırma görevlisi olarak görev yapmakta ve İnşaat Mühendisleri Odası Trabzon Şubesi'nde yönetim kurulu üyesi olarak bulunmaktadır. Evli olup iyi derecede İngilizce bilmektedir.