



**FIRAT VE DİCLE NEHİRLERİNDE TAŞKIN FREKANS  
ANALİZLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İnş. Müh. İzzettin BAYRAKTAR**  
**(082115101)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Danışman: Prof. Dr. Muhammet Emin EMİROĞLU**

**TEMMUZ-2018**

**T.C  
FIRAT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MURAT NEHRİ İLE BATMAN ÇAYI'NIN TAŞKIN FREKANS  
ANALİZLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İzzettin BAYRAKTAR**

**(082115101)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 13 Temmuz 2018**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 03 Ağustos 2018**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Muhammet Emin EMİROĞLU (F.Ü.)**

**Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Nihat KAYA (F.Ü.)**

**Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN (İnönü Üni.)**

**AĞUSTOS – 2018**

## ÖNSÖZ

Tez çalışmam ve yüksek lisans öğrenimim süresince yardımlarını benden esirgemeyen hocam sayın Prof. Ahmet TUNA'ya ve Prof. Dr. Muhammet Emin EMİROĞLU'na teşekkür ederim.

**İnş. Müh. İzzettin BAYRAKTAR**  
**Elazığ – 2018**



## İÇİNDEKİLER

|                                                                 |      |
|-----------------------------------------------------------------|------|
| ÖNSÖZ .....                                                     | II   |
| ÖZET .....                                                      | VI   |
| SUMMARY .....                                                   | VII  |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                          | VIII |
| TABLolar LİSTESİ .....                                          | IX   |
| SEMBOLLER LİSTESİ .....                                         | X    |
| 1. GİRİŞ.....                                                   | 1    |
| 1.1. Kaynak Araştırması .....                                   | 3    |
| 1.2. Araştırma Alanı ve Hedefi .....                            | 4    |
| Tablo 1.1. Ülkelere göre Fırat Havzası'na ait veriler .....     | 5    |
| Tablo 1.2. Ülkelere göre Dicle Havzası'na ait veriler .....     | 6    |
| 2. YÖNTEM.....                                                  | 8    |
| 2.1. Bağımlılık Sınamaları .....                                | 8    |
| Tablo 2.1. N <150 için çarpıklık katsayısı değerleri .....      | 10   |
| 2.1.1. Ardışık Bağımlılık Sınaması .....                        | 10   |
| 2.1.2. Dönüm Noktaları Sınaması.....                            | 13   |
| 2.1.3. Sıra Farklılık Sınaması .....                            | 14   |
| 2.1.4. Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Katsayısı Sınaması ..... | 14   |
| 2.2. TAŞKIN FREKANS ANALİZİ .....                               | 16   |
| 2.2.1. Olasılık Dağılım Modeli .....                            | 16   |
| 2.2.2. Parametre Tahmin Yöntemleri .....                        | 17   |
| 2.2.2.1. Momentler Yöntemi .....                                | 18   |
| 2.2.2.1.1. Gumbel Dağılımı .....                                | 20   |
| 2.2.2.1.2. Gamma Dağılımı .....                                 | 20   |
| 2.2.2.1.3. Johnson SB Dağılımı .....                            | 20   |
| 2.2.2.2. En Çok Olabilirlik Yöntemi .....                       | 21   |
| 2.2.2.2.1. Normal Dağılım .....                                 | 21   |
| 2.2.2.3. L Momentler Yöntemi .....                              | 22   |
| 2.2.2.3.1. (Genelleştirilmiş) Generalized Pareto Dağılımı.....  | 24   |
| 2.2.2.4. En Küçük Kareler Yöntemi .....                         | 24   |
| 2.2.2.4.1. Weibull Dağılımı .....                               | 25   |

|                                                                                                                           |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.3. Uygunluk Sınamaları .....                                                                                            | 25        |
| 2.3.1. Sınıf Aralıklarının Adedi ve Uzunlukları .....                                                                     | 26        |
| 2.3.2. Ki-Kare Uygunluk Sınaması.....                                                                                     | 27        |
| Tablo 2.2. Ki-Kare uygunluk değerleri.....                                                                                | 28        |
| 2.3.3. Kolmogorov-Smirnov (K-S) Uygunluk Sınaması .....                                                                   | 29        |
| Tablo 2.3. K-S uygunluk değerleri .....                                                                                   | 29        |
| 2.4. Aşma İhtimali Ve Tekerrür Periyodu.....                                                                              | 30        |
| <b>3. ÇALIŞMA KAPSAMINDAKİ HAVZALARIN COĞRAFYASI.....</b>                                                                 | <b>31</b> |
| <b>4. MURAT NEHRİ VE BATMAN ÇAYI İÇİN FREKANS ANALİZİ .....</b>                                                           | <b>33</b> |
| Tablo 4.1. Murat Nehri üzerindeki barajlar .....                                                                          | 34        |
| Tablo 4.2. Murat Nehri üzerindeki akım gözlem istasyonları .....                                                          | 35        |
| Tablo 4.3. Batman Çayı üzerindeki barajlar .....                                                                          | 35        |
| Tablo 4.4. Batman Çayı üzerindeki akım gözlem istasyonları.....                                                           | 35        |
| 4.1. Bağımlılık Sınama Sonuçları .....                                                                                    | 36        |
| 4.1.1. Normalite Sınaması .....                                                                                           | 37        |
| 4.1.2. Ardışık Bağımlılık Sınaması .....                                                                                  | 37        |
| 4.1.3. Dönüm Noktaları Sınaması.....                                                                                      | 38        |
| 4.1.4. Sıra Farklılık Sınaması .....                                                                                      | 38        |
| 4.1.5. Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Katsayısı Sınaması.....                                                            | 39        |
| Tablo 4.5. Palu akım gözlem istasyonuna ait yıllık pik akım verileri ve bağımlılık<br>sınamaları yardımcı değerleri ..... | 40        |
| Tablo 4.6. Bağımlılık sınama sonuçları .....                                                                              | 41        |
| 4.2. Frekans Analiz Sonuçları .....                                                                                       | 41        |
| 4.2.1. Momentler Yöntemi Sonuçları .....                                                                                  | 41        |
| 4.2.2. L Momentler Yöntemi Sonuçları.....                                                                                 | 42        |
| 4.2.3. En Çok Olabilirlik Yöntemi Sonuçları .....                                                                         | 43        |
| 4.2.4. En Küçük Kareler Yöntemi .....                                                                                     | 44        |
| Tablo 4.7. Palu akım gözlem istasyonu tahmin parametreleri.....                                                           | 44        |
| Tablo 4.8. Palu akım gözlem istasyonu dağılım verileri .....                                                              | 44        |
| Tablo 4.9. Palu akım gözlem istasyonuna ait frekans değerleri .....                                                       | 46        |
| Tablo 4.10. Palu akım gözlem istasyonu ki-kare uygunluk sınamaları sonuçları .....                                        | 48        |
| Tablo 4.11. Palu akım gözlem istasyonu k-s değerleri.....                                                                 | 48        |
| Tablo 4.12. Palu akım gözlem istasyonu aşılma olasılığı.....                                                              | 49        |

|                                                                      |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| Tablo 4.13. Palu akım gözlem istasyonu tahmini taşkın debileri ..... | 50        |
| <b>5. SONUÇLAR.....</b>                                              | <b>51</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                                | <b>54</b> |
| <b>EKLER .....</b>                                                   | <b>57</b> |
| <b>EK-1 .....</b>                                                    | <b>57</b> |
| <b>EK-2 .....</b>                                                    | <b>60</b> |
| <b>EK-3 .....</b>                                                    | <b>62</b> |
| <b>EK – 4 .....</b>                                                  | <b>66</b> |
| <b>EK – 5 .....</b>                                                  | <b>69</b> |
| <b>EK – 6 .....</b>                                                  | <b>70</b> |
| <b>EK – 7 .....</b>                                                  | <b>73</b> |
| <b>EK – 8 .....</b>                                                  | <b>75</b> |
| <b>EK – 9 .....</b>                                                  | <b>76</b> |
| <b>EK – 10 .....</b>                                                 | <b>77</b> |
| <b>EK – 11 .....</b>                                                 | <b>80</b> |
| <b>EK – 12 .....</b>                                                 | <b>81</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>                                                | <b>84</b> |

## ÖZET

Taşkınlar can ve mal kaybına neden olan doğal afetler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Taşkın nedeniyle su, akarsuyun ana yatağından taşarak çevreye ciddi zararlar vermektedir. Meskûn bölgeler, köprüler, yollar, ziraat alanları taşkınlardan önemli derecede zarar görebilmektedirler. Bu zararları en düşük seviyeye indirebilmek için taşkınların niceliklerinin ve meydana gelme frekanslarının güvenilir bir şekilde tahmin edilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, akarsu üzerine inşa edilecek hidrolik yapıların planlanması ve tasarlanması açısından da taşkınlar büyük önem taşımaktadırlar. Taşkını meydana getiren faktörler rastgele değişkenlerdir. Bu nedenle, taşkınların incelenmesinde istatistikî metotlar kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'nin en büyük debiye sahip akarsularından olan Fırat Nehri'nin kolu olan Murat Nehri üzerinde bulunan dört akım gözlem istasyonu (Palu, Akkonak, Tutak ve Diyadin) ile Dicle Nehri'nin kolu olan Batman Çayı üzerinde bulunan iki akım gözlem istasyonuna (Malabadi ve Sinan) ait akım verileri istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçların dağılımlara uygunluğu incelenerek bağımsızlık sınamaları da uygulandıktan sonra farklı dönüş aralıklarındaki taşkın debileri hesaplanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Taşkın, Frekans Analizi, Olasılık Dağılımları, Uygunluk Sınamaları, Bağımsızlık Sınamaları, Murat Nehri, Batman Çayı

## SUMMARY

### **Investigation of Frequency Analysis in Murat River and Batman Stream**

Floods have an important place among the natural disasters that cause losses of life and property. Because of the flood, the water flows from the main bed of the river and causes serious damage to the surrounding area. Residential areas, bridges, roads, agricultural areas can suffer considerable damage from floods. It is important to reliably estimate the quantities of floods and the frequency of floods in order to reduce these losses to the lowest level. In addition to that, floods are of great importance in terms of planning and designing hydraulic structures to be built on the stream. The factors that bring the flood to the field are random variables. For this reason, statistical methods are used in the study of floods.

In this study, The flow data belonging to four main observation stations (Palu, Akkonak, Tutak and Diyadin) on Murat river, which is a streamline of the Euphrates river having the greatest flow rate among the rivers in Turkey and two flow observation stations (Malabadi and Sinan) in Batman stream which is a streamline of Tigris river has been analyzed statistically. After applying the independence tests by examining the conformity of the obtained results to the distributions, the flood trends at different return intervals were calculated.

**Keywords:** Flood, Frequency Analysis, Probability Distribution, Compliance Tests, Independence Tests, Murat River, Batman Stream



## ŞEKİLLER LİSTESİ

|                                                                                | <u>Sayfa No</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Şekil 2.1.</b> $k=1$ için ardışık bağımlılık işleminin şematik durumu ..... | 11              |
| <b>Şekil 3.1.</b> Murat Nehri alt havzasının konumu.....                       | 31              |
| <b>Şekil 3.2.</b> Batman Çayı alt havzasının konumu.....                       | 32              |
| <b>Şekil 4.1.</b> Veri eksikliği durumunun şematik gösterimi .....             | 36              |
| <b>Şekil 4.2.</b> Palu akım gözlem istasyonu dağılım karşılaştırması .....     | 46              |
| <b>Şekil 4.3.</b> Palu akım gözlem istasyonu rölatif frekans histogramı .....  | 47              |
| <b>Şekil 4.4.</b> Palu akım gözlem istasyonu kümülatif frekans eğrisi.....     | 47              |
| <b>Şekil 4.5.</b> Palu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman grafiği.....     | 50              |

## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                                                  | <u>Sayfa No</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Tablo 1.1.</b> Ülkelere göre Fırat Havzası'na ait veriler .....                                                               | 5               |
| <b>Tablo 1.2.</b> Ülkelere göre Dicle Havzası'na ait veriler .....                                                               | 6               |
| <b>Tablo 2.1.</b> $N < 150$ için çarpıklık katsayısı değerleri.....                                                              | 10              |
| <b>Tablo 2.2.</b> Ki-Kare uygunluk değerleri.....                                                                                | 28              |
| <b>Tablo 2.3.</b> K-S uygunluk değerleri.....                                                                                    | 29              |
| <b>Tablo 4.1.</b> Murat Nehri üzerindeki barajlar .....                                                                          | 34              |
| <b>Tablo 4.2.</b> Murat Nehri üzerindeki akım gözlem istasyonları .....                                                          | 35              |
| <b>Tablo 4.3.</b> Batman Çayı üzerindeki barajlar .....                                                                          | 35              |
| <b>Tablo 4.4.</b> Batman Çayı üzerindeki akım gözlem istasyonları .....                                                          | 35              |
| <b>Tablo 4.5.</b> Palu akım gözlem istasyonuna ait yıllık pik akım verileri ve bağımlılık<br>sınamaları yardımcı değerleri ..... | 40              |
| <b>Tablo 4.6.</b> Bağımlılık sınama sonuçları .....                                                                              | 41              |
| <b>Tablo 4.7.</b> Palu akım gözlem istasyonu tahmin parametreleri.....                                                           | 44              |
| <b>Tablo 4.8.</b> Palu akım gözlem istasyonu dağılım verileri.....                                                               | 44              |
| <b>Tablo 4.9.</b> Palu akım gözlem istasyonuna ait frekans değerleri.....                                                        | 46              |
| <b>Tablo 4.10.</b> Palu akım gözlem istasyonu ki-kare uygunluk sinamaları sonuçları.....                                         | 48              |
| <b>Tablo 4.11.</b> Palu akım gözlem istasyonu k-s değerleri .....                                                                | 48              |
| <b>Tablo 4.12.</b> Palu akım gözlem istasyonu aşılma olasılığı .....                                                             | 49              |
| <b>Tablo 4.13.</b> Palu akım gözlem istasyonu tahmini taşkın debileri .....                                                      | 50              |

## SEMBOLLER LİSTESİ

|                    |                                                                |
|--------------------|----------------------------------------------------------------|
| $A$                | : Debinin aşılma ihtimali                                      |
| $b_i$              | : Tarafsız örnek tahminleri                                    |
| $c$                | : Oto varyans katsayısı                                        |
| $D$                | : Sıraların toplam kare farkı                                  |
| $E$                | : Beklenen değer                                               |
| $f$                | : $R_i$ 'ler arasındaki aynı değere sahip akımların bağ sayısı |
| $g$                | : $S_i$ 'ler arasındaki aynı değere sahip akımların bağ sayısı |
| $K$                | : Frekans faktörü                                              |
| $k$                | : $k$ kadar öteleme sayısı                                     |
| $m$                | : Medyanı çaprazlama testi parametresi                         |
| $N$                | : Örnek (dizi) büyüklüğü                                       |
| $P$                | : Dönüm noktaları toplamı                                      |
| $r$                | : Ardışık bağımlılık katsayısı                                 |
| $R_i$              | : $x$ dizisindeki elemanın sıra sayısı                         |
| $S_i$              | : $y$ dizisindeki elemanın sıra sayısı                         |
| $\bar{Q}, \bar{x}$ | : Ortalama akım değeri                                         |
| $Q_i, x_i$         | : Akım değeri                                                  |
| $Q_{med}$          | : Akım dizisi medyan değeri                                    |
| $Q_p$              | : Yıllık pik akımlar ortalama değeri                           |
| $Q_y$              | : Yıllık akımlar ortalama değeri                               |
| $T$                | : Tekrar periyodu                                              |
| $t$                | : Önemlilik kontrol değeri                                     |
| $U$                | : Sıralı farklılıkları sınama değişkeni                        |
| $z$                | : Önemlilik düzeyi standart parametresi                        |
| $\alpha$           | : Önemlilik düzeyi                                             |
| $\beta$            | : Olasılık ağırlıklı moment                                    |
| $\gamma$           | : Çarpıklık katsayısı                                          |
| $\kappa$           | : Kurtosis katsayısı                                           |
| $\lambda_i$        | : L moment değerleri                                           |
| $\mu$              | : Dizinin ortalama değeri                                      |
| $\Phi$             | : Laplace integrali                                            |
| $\sigma$           | : Dizinin standart sapma değeri                                |
| $\tau_i$           | : L moment oran değerleri                                      |

## 1. GİRİŞ

Su konusu son yıllarda uluslararası gündemin üst sıralarında yer almaya başlamıştır. Dünya genelindeki artan nüfus artış hızı, kırsal kesimlerden kentlere göçler ve sanayileşmenin neticesinde ortaya çıkan su ihtiyacı ve iklim değişiklikleri su konusunda dünya kamuoyunun ilgisini giderek arttırmaktadır. Su probleminin önümüzdeki 20-25 yıl içerisinde başta Orta Doğu olmak üzere bazı bölgelerde su krizlerine dönüşmesi ihtimali çok yüksektir. Bu nedenle, 21. yüzyılın stratejik kaynaklarından birinin de bu doğal kaynağın olacağı genel kabul görmektedir.

Suyun yerküredeki sirkülasyonunu, dağılımını ve özelliklerini konu edinen hidroloji bilimi, dünya genelindeki nüfus artışına paralel olarak ziraî, sanayi ve hane sarfiyatları gibi çeşitli amaçlar için kullanılan su miktarının da hızla artması nedeniyle, önemi gün geçtikçe artan bir bilim dalıdır. Tüm bunlara istinaden beklenen ihtiyacı karşılamak maksadıyla, zaman ilerledikçe daha gelişmiş metotların kullanılması elzemdir. İstatistik metotların da önemi işte bu noktada kendini göstermektedir.

Hidrolojik çevrim esnasında gelişen hidrolojik olaylar; farklı parametrelerin tesirinde olduğundan ve bu parametreler her gözlem neticesinde farklı değerler aldıklarından bu rastgele parametrelerin gelecekteki bir gözlemde alabileceği değeri tam olarak bilmek mümkün değildir. Bu yüzden bu tip olayların incelenmesi istatistik biliminin yardımıyla gerçekleşmektedir.

Bir su kaynağı üzerinde yapılması planlanan inşai faaliyetlerin projelendirilmesinde farklı tasarım safhaları bulunmaktadır. Her bir safha bir öncekinin devamı niteliğinde olduğundan bu safhalarda yapılacak herhangi bir hata ileride daha büyük sorunların oluşmasına sebebiyet verebilmektedir. Hidrolojik hadiselerde elde edilen doneler rastgele parametreler olduğundan ihtimalî bir yaklaşımla incelenmektedir. Ancak bu ihtimal değerlerinin hesaplanabilmesi için daha önceden gözlenmiş akım miktarlarına ait olasılık dağılımlarının bilinmesi gerekir.

Hidrolojik veriler üzerinden gelecekte alması muhtemel değerlerin tahmini frekans analizi ile mümkün olmaktadır. Uzun bir gözlem süresini ihtiva eden akım verileri frekans analizi hesaplarının daha iyi neticeler vermesini temin etmektedir. Su kaynakları üzerinde

inşa edilecek yapıların, uygun tasarım kıstaslarının belirlenmesi ve buna istinaden proje maliyetlerinin düşürülmesi hususunda frekans analizleri olabildiğince tesirli bir metottur.

Akarsuların ve akarsulara bağlanan kolları olan çay ve derelerin şiddetli yağışlar neticesiyle yataklarında taşıyabilecekleri maksimum debilerin çok üzerine çıkan değerler sebebiyle etraflarındaki düşük kotlu alanların su baskınına maruz kalması olayına taşkın bir diğer deyişle feyezan denilmektedir. Bir akarsu veya kollarında bir yıl içerisinde oluşan taşkın piklerinin en büyük değeri “yıllık taşkın piki” olarak isimlendirilmektedir. Güvenilir bir yapı inşa etmek için yapılacak taşkın hesaplarına esas teşkil edecek frekans hesaplarında bu temel veriler dikkate alınmaktadır. İstatistik biliminin ele aldığı, nizamî olmayan rastgele değişkenlerden olan taşkın değerleri de ancak bu bilim dalıyla incelenebilmektedir. Örneğin, bir akarsuda aynı yıl içerisinde farklı değerlerde birden fazla taşkın olayının gözlemlenmesi bu durumun sonucudur.

Gözlem yapılan her yıl için o yıl içerisindeki maksimum pik değer alındığından veri adedi gözlem yılı kadar olacaktır. Su kaynakları üzerinde yapılması planlanan projelerde sadece ilgili akarsuyun değil, o akarsuya bağlanan diğer akarsu, çay ve derelerin de frekans analizleri yapılmalıdır.

Hidrolojik verilerin homojen ve bağımsız olmaları, taşkın frekans analizlerinin yapılabilmesi için önem arz etmektedir. Bir dizideki tüm gözlem değerlerinin aynı topluma ait olması homojenlik özelliğinin göstergesidir. Yani, istasyon ölçeklerinin yer değiştirmemesi, su havzasında şehirleşmenin olmaması veya akarsuyu besleyen yatak üzerinde hiçbir yapının yer almamasını ifade eder. Bir akarsuda aynı yıl içinde meydana gelen taşkın değerlerinden sadece bir tanesinin veri grubuna dâhil edilmesi bağımsızlık özelliğini göstermektedir. Gelecek zamanlarda akarsu yatağının özelliklerinin değişmemesi ya da yapılaşma olmaması elde edilecek verilerin daha kullanılabilir olmasını sağlamaktadır.

Bu tez çalışması dört kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda; taşkın ve frekans analizlerinin tanımları ve önemiyetleri açıklanmıştır.

İkinci bölümde; taşkın frekans analizi kavramı detaylı şekilde ele alınarak, frekans analizi, parametrik yaklaşımlar, olasılık dağılımları gibi konular hakkında bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde; tanımlanmış olasılık dağılımlarına göre etüt edilen havzalar üzerinde çalışmalar yapılmış olup, elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Son bölümde ise elde edilen tüm sonuçlar değerlendirilmiştir.

### 1.1. Kaynak Araştırması

Hidrolojik verilerle ilgili çalışmalarda büyük önemi olan istatistik bilimindeki çeşitli dağılım modelleri taşkın frekans analizleri için kullanılmaktadır.

Türkiye’de bu konu hakkında çalışmalar yapan Haktanır, 1990 yılında ülke genelindeki 30 istasyonun pik akım dizilerine, aşılma olasılıkları 0.99’dan 0.0001’e kadar olan birçok tekerrür periyotlu taşkınların hesabını 5 değişik dağılım modelini uygulayarak hesaplamıştır. İki parametrelili Lognormal, Gumbel, Log-Gumbel, bir parametrelili Log-Gamma, Smemax ve Log-Boughton esas olmak üzere toplamda sekiz adet modelden uygulanması en elverişlilerini bulabilmek maksadıyla uygunluk sınamalarından Ki-kare uygunluk sınamasını kullanmıştır. Yaptığı sınamalar neticesinde, bir parametrelili Log-Gamma dağılımının muhtemelen en uygun dağılım olduğu kanısına varmıştır (Haktanır, 1990).

Özdemir (1985); belirlediği bir akım gözlem istasyonunun pik akım dizilerine Frechet, Foster, Gumbel, Huzzen, Weiss, Sentetik metot ve Snyder metotlarını uygulayarak bölgesel taşkın frekans analizlerini için hangi dağılımın daha iyi sonuç vereceğini tespit etmeye çalışmıştır. Belirlediği akım gözlem istasyonuna ait yaptığı çalışmada Huzzen ve Gumbel dağılımlarının diğer dağılımlara göre daha iyi sonuç verdiğini kaydetmiştir.

Büyükkaracığan (1997); Konya Havzasındaki 13 akarsuda gözlem neticesinde belirlenen yıllık pik akımlara ilk olarak bağımlılık sınamalarından olan ardışık bağımlılık, medyanı çaprazlama, dönüm noktaları, sıra farklılık ve spearman sıralı dizi korelasyon katsayısı testlerini uygulamıştır. Uyguladığı bu testlere göre sadece bir akarsuyun bağımlı bir karakter izlediğini belirlemiştir. İkinci olarak da iki ve üç parametrelili Log-normal, Gumbel, Pearson 3, Log-Pearson 3, Log-Boughton, Log-Logistic ve Ekstrem değerler dağılımlarını tatbik ederek en uygun olasılık dağılım modelini belirlemeye çalışmıştır. Bu dağılımların parametrelerini tahmin etmek için de momentler, maksimum olabilirlik, olasılık ağırlıklı momentler ve L momentler yöntemlerini kullanmıştır. Uyguladığı modellerin en uygununu saptamak için ise Ki-Kare ve Kolmogorov-Smirnov sınamasını tatbik etmiştir. Yaptığı tüm çalışmalar neticesinde etüt ettiği havza için en uygun dağılımı Log-Pearson 3 olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Yurt dışında ise; frekans analizi konusu daha önceki zamanlarda başlamıştır. Hidrolojik ve meteorolojik verilere uygulanan frekans tahlil çalışmaları Barger ve Thom’un (1949) yağış verilerine Gamma dağılımını tatbik etmeleriyle başlamıştır.

Akarsulara uygulanan frekans çalışmaları ise Yevjevich'in Amerika ve Avrupa'daki akarsularla ilgili çalışmalarıyla yaygınlık göstermeye başlamıştır (Yevjevich, 1963).

Vogel vd. (1993); ABD'deki akarsular için en uygun dağılımın Log-Pearson 3 olduğunu beyan etmeleri üzerine bazı araştırmacılar da buna karşılık olarak Ekstrem değer dağılımını tavsiye etmişlerdir. Başka araştırmacılar da daha farklı alternatif dağılımlar oluşturmak maksadıyla ABD güneybatısındaki 383 akarsu pik akım dizilerine L-moment diyagramlarını kullanarak farklı dağılım yöntemlerinin uygunluğunu araştırmışlardır. Tüm çalışmaların neticesinde bölge için en uygun olan dağılımların Log-Pearson 3, Genelleştirilmiş Ekstrem değer, iki veya üç parametrelili Log-normal dağılımları oldukları kanısına varılmıştır.

Bergaoui; Galton, Gumbel, Pearson III ve Weibull dağılım fonksiyonlarını kullanarak; maksimum olabilirlik, maksimum entropi ve momentler yöntemleri arasındaki ilişkiyi tespit etmeye çalışmıştır. Çalışmalarının neticesinde momentler yöntemine göre, toplum momentlerini merkezî olamayan örnek momentlerine eşit saydıkları gerekçesiyle maksimum olabilirlik ve maksimum entropi yöntemlerini eleştirmiştir (Bergaoui, 1994).

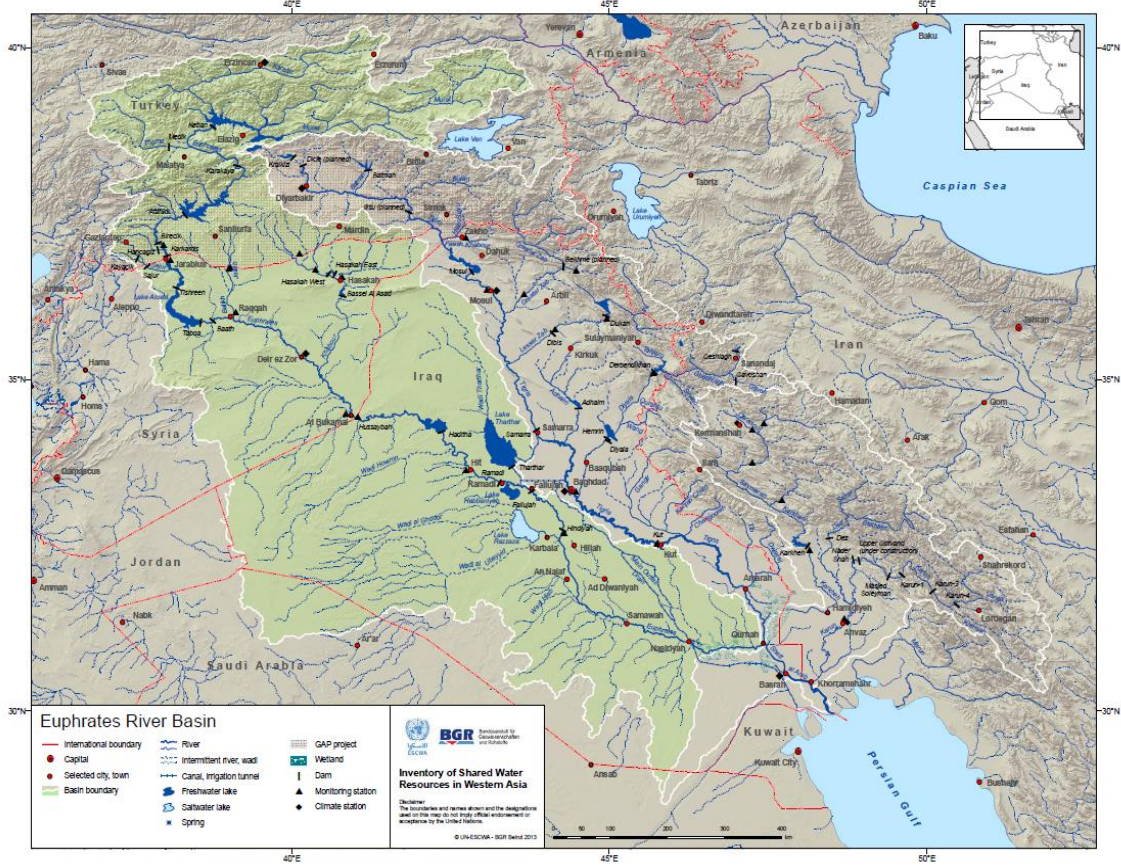
## 1.2. Araştırma Alanı ve Hedefi

Yeryüzünde iki ya da daha çok ülkenin siyasi sınırlarını aşan 263 adet ‘‘Sınır Aşan Sular’’ kategorisinde değerlendirilebilecek nehir havzası bulunmaktadır ve bunların tümünde siyasî problemler bulunmaktadır. Sınır aşan havzalar dünyanın karasal yüzeyinin % 45.3’ünü kaplamakta, dünya nüfusunun % 40’ını barındırmakta ve küresel su akışının yaklaşık % 60’ını oluşturmaktadır. Sınır aşan suların kuşkusuz en önemli ve en problemlileri, listenin başında bulunan ve kutsal kitaplarda dâhi isimleri zikredilen Fırat ve Dicle Nehirleridir.

Ülkemiz su kaynaklarının %40’ını sınır aşan sular oluşturmaktadır. Bu havzalar; Meriç-Ergene, Çoruh, Aras, Asi ve Dicle-Fırat Havzalarıdır. Fırat ve Dicle nehirleri ülkemiz politikası açısından iki nehir tek havza ilkesi ile değerlendirilmektedir. Fırat ve Dicle nehirleri, ülkemiz toplam su potansiyelinin yaklaşık %30’unu teşkil etmektedirler.

Fırat Nehri antik çağlardan beri medeniyetlerin doğmasına ve gelişmesine ev sahipliği yapan en önemli nehirlerdendir. Adı ilk defa Akad tabletlerinde bölen, yaran, parçalayan anlamlarındaki ‘‘Purattu’’ (URL-1, 2018) olarak geçen nehir, ülkemiz sınırlarında derin vadiler oluşturarak bu ismi almış ve Basra Körfezine kadar geniş bir alana hâkim havza

haline gelmiştir. Fırat Havza Alanı 440.000 km<sup>2</sup> olup toplam beş ülke sınırları içerisinde bulunmaktadır, aşağıdaki tabloda bu ülkelerdeki havza alanları ve Fırat Nehri'ne olan katkıları gösterilmiştir.



**Harita 1.** Fırat Nehir Havzası

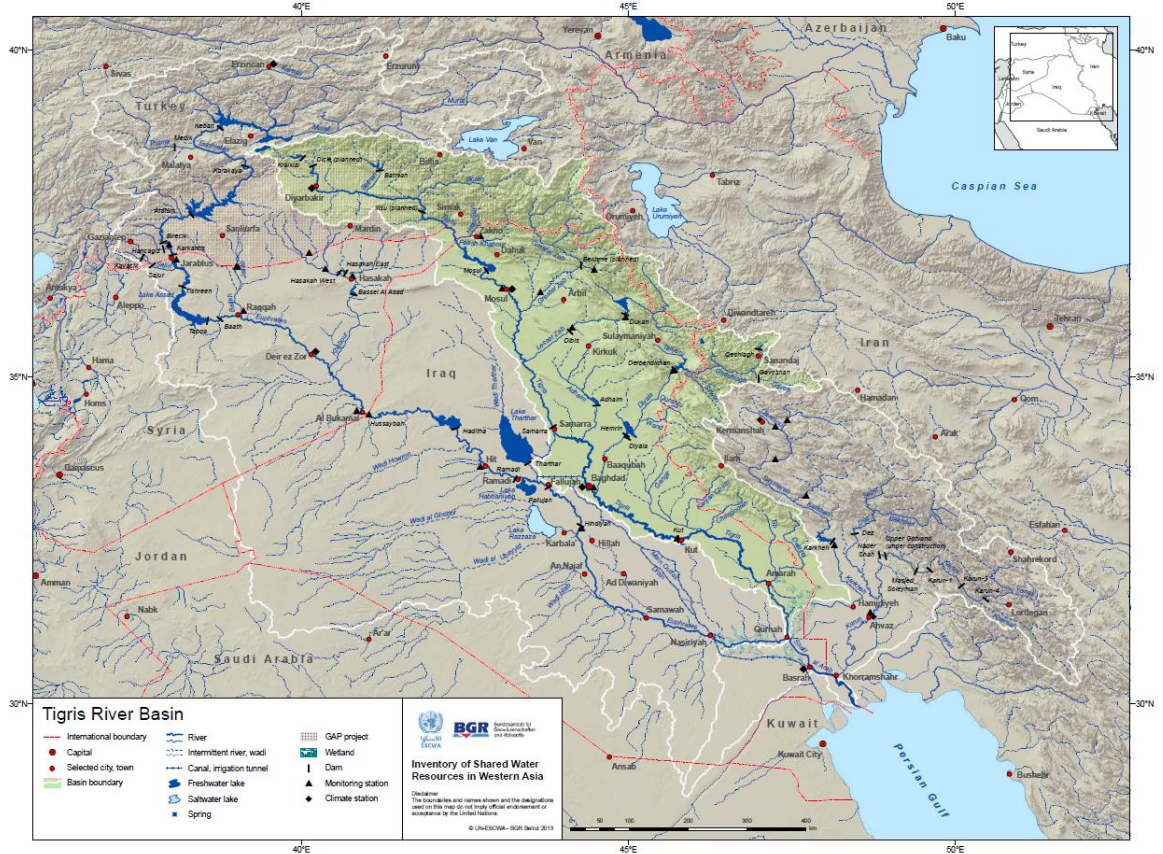
**Tablo 1.1.** Ülkelere göre Fırat Havzası'na ait veriler (UN, 2013)

|                                                  | Türkiye     | Irak    | Suriye     | Suudi Arabistan | Ürdün |
|--------------------------------------------------|-------------|---------|------------|-----------------|-------|
| Alan (km <sup>2</sup> )                          | 123.200     | 206.800 | 96.800     | 13.068          | 132   |
| Yüzdelik (%)                                     | 28          | 47      | 22         | 2.97            | 0.03  |
| Yıllık Ortalama Katkısı (milyar m <sup>3</sup> ) | 31.15 (%89) | -       | 3.85 (%11) | -               | -     |

Tablo 1.1'deki verilerden de anlaşılacağı üzere ülkemiz topraklarında doğup diğer Orta Doğu ülkelerine akan Fırat Nehri'ne katkıları ise sadece Suriye'den %11'lik paydır. Irak topraklarında %47 gibi büyük bir alana yayılmış olmasına rağmen bu ülkeden katkı hiç yoktur.



Tıpkı Fırat Nehri gibi Dicle Nehri'nin adı da ilk defa Akad tabletlerinde hızlı akan anlamındaki ‘*Haddakel*’ (URL-1, 2018) olarak geçer. Hiç şüphesiz bu ismini, ülkemiz sınırlarında doğup yüksek kotlu rakımlardan düşük rakımlara inerken yüksek debi ile yol alması sebebi ile almıştır. Dicle Havza Alanı 221.000 km<sup>2</sup> olup toplam dört ülke sınırları içerisinde bulunmaktadır, aşağıdaki tabloda bu ülkelerdeki havza alanları ve Dicle Nehri'ne olan katkıları gösterilmiştir.



**Harita 2.** Dicle Nehir Havzası

**Tablo 1.2.** Ülkelere göre Dicle Havzası'na ait veriler (UN, 2013)

|                                                     | Türkiye       | Irak          | İran       | Suriye |
|-----------------------------------------------------|---------------|---------------|------------|--------|
| Alan (km <sup>2</sup> )                             | 54.145        | 123.981       | 41.990     | 884    |
| Yüzdelik (%)                                        | 24.5          | 56.10         | 19         | 0.4    |
| Yıllık Ortalama Katkısı<br>(milyar m <sup>3</sup> ) | 25.5<br>(%51) | 19.5<br>(%39) | 5<br>(%10) | -      |

Tablo 1.1 ve 1.2'den de anlaşılacağı üzere ülkemizin bu iki nehre de katkısı diğer ülkelerinkilerle kıyaslanamayacak derecede çok daha fazladır. Bu tez çalışmamızda da

Fırat ve Dicle Nehirlerine sırasıyla en büyük katkıları yapan Murat Nehri ve Batman Çayı ele alınacaktır.

Bu araştırmanın amacı, Murat Nehri ve Batman Çayı Alt Havzalarında çalışmamız için belirlenen akım istasyonlarındaki uzun süreli gözlemler sonucu elde edilen yıllık pik akım miktarlarına en uygun olasılık dağılımlarını saptamaktır. Kullanılacak dağılım tiplerinin tümüne uyum iyilik testleri uygulanarak farklılıkların olup olmadığı araştırılacaktır. Böylece, çalışma neticesinde söz konusu havzalarda projelendirilmesi düşünülen hidrolik yapıların proje kıstaslarının emniyetli şekilde yapılması hususunda bir fikir verilmesi hedeflenmektedir.

Murat Nehri üzerinde bulunan 14 akım gözlem istasyonundan 10 tanesinde kısa süreli gözlemler yapıldığından yeterli verilere sahip değildir. Bu akım gözlem istasyonlarına uygulanacak analizlerde hata payları yüksek olacağından çalışma kapsamına alınmayacaklardır. Geriye kalan dört istasyona (Palu, Akkonak, Tutak ve Diyadin) ise yeterli veriye sahip olduklarından elde edilen yıllık pik akım dizilerine bazı istatistikî testler kullanılıp bağımsızlık varsayımları incelenerek taşkın frekans analizleri tatbik edilecektir.

Aynı şekilde Batman Çayı üzerinde bulunan 4 istasyondan 2 tanesi (Malabadi, Sinan) analiz kapsamına alınacaktır.

Bu çalışma kapsamında kullanılacak dağılım fonksiyonları; Normal, Gamma, Gumbel, Johnson SB, Weibull ve Generalized Pareto dağılımlarıdır. Dağılım fonksiyonlarına ait parametrelerinin tahmin edilmesinde ise; Momentler, Maksimum olabilirlik, En Küçük Kareler, L-Moment metotları kullanılacaktır. İstasyonlarda elde edilen gözlemlere ait yapılan frekans analizlerinin dağılımlara uygunluk durumlarını belirlemek için ise; Ki-Kare ve Kolmogorov Smirnov uygunluk sınamaları kullanılacaktır. Uygulama *Easy-Fit* 5.6 Yazılımı yardımıyla gerçekleştirilecektir.

## 2. YÖNTEM

### 2.1. Bağımlılık Sınamaları

Doğadaki; akım miktarları, yağış, buharlaşma, yeraltı su seviyeleri, kar ve buz erimeleri vb. gibi hidrolojik ve meteorolojik vakıalar ihtimalî nitelikler gösterirler. Doğada mutlak manada deterministik olarak ele alınabilecek bir hidrolojik süreç olamaz. Bundan dolayı hidrolojinin en doğru biçimde tanımlanabilmesi için olasılık ve istatistik bilimleri ile birlikte incelenmesi zaruriyet arz etmektedir.

Uygulama yaparken elde edilen rastgele değişken sonuçlar ekseriyetle hidrolojik normal dağılıma uyum göstermezler. Bu nedenle; gözlem sonuçları ile elde edilen yıllık akım verilerini, bağımlılık sınamalarından evvela normalite sınamasına tabi tutmak gerekir. 1985 yılında; Wall ve Engiot'un yayınlamış oldukları makalelerindeki neticelerine göre; normalite şartlarını sağlamayan diziler, uygun logaritmik dönüşümler uygulanarak, normal dağılıma uyum göstermeleri sağlanabilir. Dönüştürülmüş bu dizilere daha sonra söz konusu bağımlılık sınamaları uygulanmalıdır. Tüm bağımlılık sınamaları dönüşüm değerlerine uygulanarak yapılması ise doğru bir yöntem değildir. Çünkü dizi elemanlarının normal dağıldığı varsayımını yapan ardışık bağımlılık (otokorelasyon) sınaması bir parametrik testtir. Geriye kalan testler ise parametrik olmayan testler olduğundan, dizi elemanlarının herhangi bilinen bir olasılık dağılımına uyması gerekliliği olmayıp, dağılımdan bağımsız metotlardır. Bu yüzden, ilkin gerçek değerlerde normalite şartı aranmalı; eğer uygunsuzluk durumu çıkarsa dönüşüm (transform) değerler kullanılmalıdır (Wall ve Engiot, 1985).

Bu nedenlerden ötürü yalnız ardışık bağımlılık sınaması için, normalite sınaması tatbik edilmelidir. Diğer tüm sınamalarda orijinal değerlerin kullanılması önerilirken otokorelasyon sınamasında normalleştirilmiş akım değerleri kullanılması önerilir. Log veya Log-log dönüşümleri yerine bazı akım değerlerinin birden küçük olması ve bu dönüşümler sonucu eksi (-) değerlerin çıkması nedeniyle,  $Q_i$  değerlerine bir (1) ilave edilerek,  $\ln(1+Q_i)$  veya  $\ln(1+\ln(1+Q_i))$  dönüşümleri elde edilebilir.

Bir değişkenin normal dağılıma uyup uymadığının tespit etmenin bir yöntemi de çarpıklık testi uygulamaktır. Çarpıklık testi; normal bir değişkeninin çarpıklık katsayısının sıfır (0) olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu dağılım, kuramsal olarak konum parametresi olan ortalama değerinden ( $\mu$ ) geçen düşey eksene göre simetriktir.

Çarpıklık katsayısı ( $\gamma$ );

$$\gamma = \frac{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^3}{\left[ \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2 \right]^{3/2}} \quad (2.1)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada;

$Q_i$  = pik akımların her bir ögesini,

$\bar{Q}$  = pik akımlar ortalamasını,

$N$  = dizinin eleman sayısını ifade eden terimlerdir.

Dağılımların normal dağılım olarak kabul edilebilmesi için Eşitlik (2.2) ifadesinde belirlenen sınırlar arasındaki bir çarpıklık katsayısı değerine sahip olması gerekmektedir.

Çarpıklık katsayısının eğer pozitif (+) değer alırsa bu dağılımın "pozitif çarpık" (sağa doğru uzayan bir kuyruğu bulunduğunu), negatif (-) değer alması durumunda ise dağılımın "negatif çarpık" (sola doğru uzayan bir kuyruğunun bulunduğunu) olduğunu göstermektedir.

$$\left\{ -U_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{6}{N}}, U_{1-\alpha/2} \cdot \sqrt{\frac{6}{N}} \right\} \quad (2.2)$$

(2.2) ifadesindeki  $\alpha$ ; seçilen önemlilik düzeyini temsil etmektedir. Anlamlılık seviyesine göre  $(1 - \alpha)$  olasılık sınırlarında  $\gamma$  için bir değerlendirme yapılmış olur. Buna göre;  $U_{1-\alpha/2}$  ve  $1-\alpha/2$  olasılık değerinde standart normal değişkenlerdir.

Hesap sonucu elde edilen  $\gamma$  değeri  $(-0.05; 0.05)$  sınırları arasında ise dizi normal olarak kabul edilir. Kurtosis değerinin ( $\kappa$ ), ise  $-0.5 < \kappa < 0.5$  sınırları arasında kalması istenir. Bu son test ise; normal dağılıma ait Kurtosis değerinin 3'e eşit olduğu varsayımından gelmektedir.

Büyük örneklerin analizlerinde, frekans dağılımlarının uç noktalarının ölçüsü olan Kurtosis katsayısını kullanmak uygunken küçük örnekler için uç nokta ölçüsü olarak Kurtosis katsayısı pek tercih edilmemektedir.

Veri sayısı 150'den büyük olan örnekler için Eşitlik (2.1) ve (2.2) ile ifade edilen testler iyi sonuç vermeleri bakımından uygundur. 150'den küçük örnekler için ise;

Eşitlik (2.1) ile hesaplanan çarpıklık katsayısı, örnek büyüklüğü ve belirli bir olasılık düzeyine bağlı olarak düzenlenen tablodan bakılmaktadır (Tablo 2.1.).

Bunun için; tabloda  $\alpha = 0.02$  ile  $\alpha = 0.10$  önemlilik düzeyleri ve çeşitli  $N$  değerleri için verilen  $\gamma_\alpha(N) > \gamma$  ise; normalite varsayımının uygun olduğu söylenebilir.

**Tablo 2.1.**  $N < 150$  için çarpıklık katsayısı değerleri

| $N$       | $\alpha$ |       | $N$ | $\alpha$ |       |
|-----------|----------|-------|-----|----------|-------|
|           | 0.02     | 0.10  |     | 0.02     | 0.10  |
| $\leq 25$ | 1.261    | 0.711 | 70  | 0.673    | 0.459 |
| 30        | 0.986    | 0.662 | 80  | 0.631    | 0.432 |
| 35        | 0.923    | 0.621 | 90  | 0.596    | 0.409 |
| 40        | 0.870    | 0.587 | 100 | 0.567    | 0.389 |
| 45        | 0.825    | 0.558 | 125 | 0.508    | 0.350 |
| 50        | 0.787    | 0.534 | 150 | 0.464    | 0.321 |
| 60        | 0.723    | 0.492 | 175 | 0.430    | 0.298 |

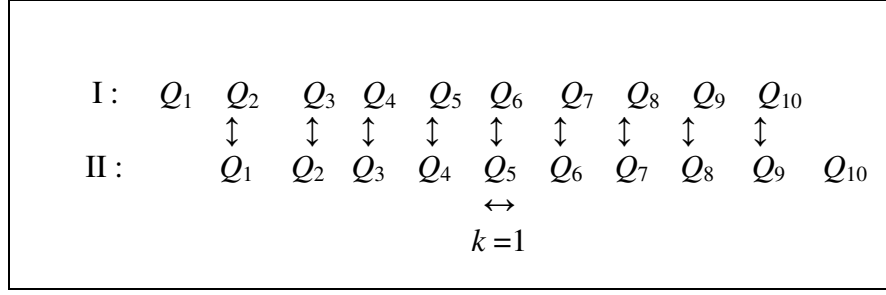
### 2.1.1. Ardışık Bağımlılık Sınaması

Zaman dizilerinin parametreleri arasındaki lineer bağımlılığın boyutsuz ölçüsü lag- $k$  (öteleme katsayısı); ardışık bağımlılık katsayısı ise  $r_k$ 'dir. Her bir  $k$  değerine karşılık gelen  $r_k$ 'nin değişimi ile ortaya çıkan görsel saptama grafiğine korelogram denilir. Bununla ardışık bağımlılık verilerinin bağımlı olup olmadıkları anlaşılır. Bağımsız bir dizide, kuramsal korelogram bir (1) veya birden büyük öteleme değerleri için, sıfıra (0) eşittir. Fakat; örnekleme hatalarının bir sonucu olarak, örnek korelogramın gidişatı sıfır (0) etrafında bir dalgalanma şeklinde oluşur.

Ardışık bağımlılık sınaması şu şekilde açıklayabiliriz. 10 elemanlı ( $Q_1, \dots, Q_{10}$ ) bir diziyi ele alalım ve bu elemanları Şekil 2.1.'deki gibi I no'lu diziyi oluşturmaları için yazalım. II no'lu diziyi oluşturmak için alt satıra ( $k$ ) kadar öteleyerek yeni dizimizi de altına yazalım.

$r_k=1$  ardışık bağımlılık katsayısı hesabı için I no'lu diziden  $Q_1$ , II no'lu diziden  $Q_{10}$  elemanlarının elenmesi gerekmektedir. Eğer  $k$  ikiye (2)'ye eşit olursa,  $r_2$  hesabı için elenecek eleman sayısı da dört (4) olacaktır.

$Q_2 \leftrightarrow Q_1, Q_3 \leftrightarrow Q_2, \dots, Q_{10} \leftrightarrow Q_9$  ile eşlenerek, Eşitlik (2.4) yerine konularak  $r_1$  değeri nümerik olarak elde edilebilir.



**Şekil 2.1.**  $k=1$  için ardışık bağımlılık işleminin şematik durumu

$r_k$  değerinin hesap edilebilmesi için lazım olan otovaryans değeri; bir zaman dizisinin lineer iç bağımlılık derecesini göstermektedir. Aşağıda verilen eşitlik  $Q_i$  ve  $Q_{i+k}$  arasındaki otovaryans ( $c_k$ )'ı hesaplamak için kullanılmaktadır.

$$c_k = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^{N-k} (Q_i - \bar{Q})(Q_{i+k} - \bar{Q}) \quad 0 \leq k < N \quad (2.3)$$

$c_k$ , lag- $k$  otovaryasyonu olarak isimlendirilmektedir.  $Q_i$  ve  $Q_{i+k}$  elemanları arasındaki öteleme zaman uzunluğu ise  $k$  olarak sembolize edilmektedir. Burada;

$$\bar{Q} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N Q_i$$

eşitliği ile örneğin ortalaması sonucuna ulaşılır.  $N$  ise örnek büyüklüğüdür.  $k$ 'nın sıfıra (0) eşit olduğu durumda  $c_0$  ise varyans değerine eşit olur.

$(Q_1, Q_2, \dots, Q_N, Q_1, Q_2, \dots)$  şeklindeki kapalı bir dizi için  $k$ 'nci ardışık bağımlılık değeri, Eşitlik (2.3)'te bulunan  $c_k$ 'nin  $c_0$ 'a bölünmesi ile bulunabilir.

$$r_k = \frac{c_k}{c_0} = \frac{\sum_{i=1}^{N-k} (Q_i - \bar{Q})(Q_{i+k} - \bar{Q})}{\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q})^2} \quad (2.4)$$

Bununla beraber,  $(Q_1, Q_2, \dots, Q_N)$  şeklindeki bir açık dizi için  $r_k$ ;

$$r_k = \frac{\left[ \frac{N}{N-k} \right] \sum_{i=1}^{N-k} (Q_i - \bar{Q}_1)(Q_{i+k} - \bar{Q}_2)}{(\sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q}_1)^2 \cdot \sum_{i=1}^N (Q_i - \bar{Q}_2)^2)^{1/2}} \quad (2.5)$$

eşitliği ile hesaplanır. Buradaki;  $\bar{Q}_1$  ve  $\bar{Q}_2$  aşağıdaki eşitlikler ile bulunabilirler;

$$\overline{Q_1} = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} Q_i \quad (2.6a)$$

$$\overline{Q_2} = \frac{1}{N-k} \sum_{i=1}^{N-k} Q_i \quad (2.6b)$$

Sonuca daha basit bir şekilde ulaşılması ve daha az kare hatasını içerdiği için ve daima pozitif kesin bir korelasyon matrisi ile neticelenmesi sebebiyle Eşitlik (2.4) ve (2.5)'e göre, daha çok tercih edilmektedir (Srikanthan vd., 1983).

Güvenirlilik sınırlarını tespit etmek maksadıyla uygulamalarda iki yöntem kullanılmaktadır. Birincisi; açık diziler için Siddiqui vd. (1983) tarafından tercih edilen yöntemdir. Bu yönetime göre, Eşitlik (2.4) ile hesap edilen lag-1 ardışık bağımlılığı,  $r_1$ 'in beklenen değerinden ( $E(r_1)$ ) istatistikî yönden çok farklı olup olmadığı kontrol edilir. (Yevjevich, 1972)'e göre beklenen değer ve varyans:

$$E(r_1) = -\frac{1}{N} \quad (2.7)$$

$$var(r_1) = \frac{N^3 - 2N^2 + 2}{N^2(N^2 - 1)} \quad (2.8)$$

şeklinde hesap edilir. Eğer  $r_1$ , %95 güvenirlilik sınırları arasında ise; eldeki dizinin rastgele süreçten oluştuğu kabul edilir; böylece bağımsızlık varsayımı kabul edilmiş olur.

İkinci yöntem ise; Anderson tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yönetime göre; bağımsız bir dizinin korelogramının güvenirlilik sınırları ise:

$$r_k(\%95) = \frac{-1 \pm 1,96\sqrt{N-k-1}}{N-k} \quad (2.9)$$

$$r_k(\%99) = \frac{-1 \pm 2,326\sqrt{N-k-1}}{N-k} \quad (2.10)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilmektedir. Bu yöntem, dizinin sabit, kapalı ve normal değişken olduğu vaziyetlerde kullanılabilmektedir. Dizinin sabit olması; dizinin istatistikî karakteristiklerinin zamana bağlı olarak değişmediğini ifade etmektedir (Anderson, 1941).

Ardışık bağımlılık katsayıları korelogramın çizilebilmesi maksadıyla her bir dizi için  $N/4$  lag kadar hesap edilir. Burada;  $N$ , örneğin büyüklüğüdür. Uygulamada bir akım dizisinde zamana bağımlılık ölçüsü olarak, korelogram yerine  $r_1$  değeri alınır. Ardışık

bağımlılık sınavında, eğer hesaplanmış lag-1 ardışık bağımlılık katsayısı %95 güvenilirlik sınırları içerisinde değil ise, dizinin bağımsızlık varsayımı reddedilir.

### 2.1.2. Dönüm Noktaları Sınavı

Kendall Testi olarak da adlandırılan bu sınav, Kendall ve Stuart tarafından geliştirilmiştir. Bu sınavaya göre;  $Q_i$  dönüm noktası şu şekilde ifade edilmektedir (Kendall ve Stuart, 1961).

Herhangi bir  $i$  yılı için yıllık pik akım olan  $Q_i$  kendinden bir önceki değerden  $Q_{i-1}$  ve kendinden bir sonraki değerden  $Q_{i+1}$  büyük veya küçük ise; bir dönüm noktası olarak tanımlanır ve bir (1) değerini alır. Aksi halde ise sıfır (0) değerini alır.

$$\begin{aligned} Q_{i-1} < Q_i > Q_{i+1} , \quad Q_i &= 1 \\ Q_{i-1} > Q_i < Q_{i+1} , \quad Q_i &= 1 \\ \text{Diğer durumlarda ,} \quad Q_i &= 0 \end{aligned} \quad (2.11)$$

Yaklaşık olarak normal dağılıma uyan dönüm noktaları sayısı ( $p$ ) dağılımı;

$$ort = \frac{2}{3} (N-2) \quad (2.12)$$

$$var = \frac{16N-29}{90} \quad (2.13)$$

eşitlikleri ile bulunur. Ortalama ve varyans değerleri bulunduktan sonra aşağıda verilen eşitlikte  $m$  yerine  $p$  yazılır.

$$z = \frac{m - ort}{\sqrt{var}} \quad (2.14)$$

$$-1.96 < z < 1.96 \quad (\alpha=0.05) \quad (2.15)$$

Eşitlik (2.14) ve (2.15)'te  $m$  yerine  $p$  alınarak yapılan analizler sonucunda gereken şartları sağladığı durumda,  $p$  değerinin Eşitlik (2.12) ile hesaplanan kuramsal ortalamadan istatistikî olarak önemli derecede farklı olmadığı sonucuna varılır ve bağımsızlık varsayımı kabul edilir.



### 2.1.3. Sıra Farklılık Sınaması

Meacham Testi olarak da adlandırılan bu sına, 1968 yılında Meacham tarafından geliştirilmiştir. Bu sına ile, akım değerlerini ifade eden  $Q_i$ , kendi rölâtif sınırlarını ifade eden  $R_i$  ile yer değiştirilmek suretiyle orijinal diziyi, tamsayıların permütasyonuna  $(1, 2, \dots, N)$  dönüştürülmüş olunur. Bu test için dizinin elemanlarının sırasını değiştirmeden küçükten büyüğe doğru sıralanır ve en küçük akım değerine bir (1), sonraki en küçük akım değerine iki (2) ve dizideki en büyük akım değerine de  $N$  değeri verilerek, orijinal dizi, bir (1) ile  $N$  arası rölâtif sıra değerlerine dönüştürülür. İstatistikî bir değer olan  $U$  aşağıdaki formül ile hesap edilir;

$$U = \sum_{i=2}^N |R_i - R_{i-1}| \quad (2.16)$$

$U$ , dönüştürülmüş dizide ardışık elemanlar arasındaki mutlak sıra farklılıklarının toplamıdır ve takribî olarak normal dağılıma uyduğu kabul edilir. Ortalama ve varyans;

$$ort = \frac{1}{3}(N+1)(N-1) \quad (2.17)$$

$$var = \frac{1}{90}(N-2)(N+1)(4N-7) \quad (2.18)$$

eşitlikleri ile bulunur. Ortalama ve varyans değerleri bulunduktan sonra aşağıdaki eşitliklerde  $m$  yerine  $U$  yazılır.

$$z = \frac{m - ort}{\sqrt{var}}$$

$$-1.96 < z < 1.96 \quad (\alpha = 0.05)$$

Yukarıdaki ifadelerde  $m$  yerine  $U$  alınarak yapılan analizler sonucunda gereken şartların sağlandığı durumda,  $U$  değerinin Eşitlik (2.17) ile hesaplanan kuramsal ortalamadan istatistikî olarak önemli derecede farklı olmadığı sonucuna varılır ve bağımsızlık varsayımı kabul edilir.

### 2.1.4. Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Katsayısı Sınaması

Non-parametrik bir test olan, sıralı dizi korelasyon katsayısı sınaması 1904 yılında Spearman tarafından geliştirilmiştir. Bu testte örnek iki diziye ayrılır. Birinci dizi olan  $x_i$ ;  $i = 1, 2, \dots, N-1$  ve ikinci dizi olan  $y_i$ ;  $i = 2, 3, \dots, N$  olarak tasnif edilir. Sıra farklılıkları

sınamasında olduğu gibi, diziler 1 ile  $N$  arasında rölatif sıra değerlerine dönüştürülürler. Böylelikle, dizideki en küçük değerdeki akım bir (1), en yüksek değerdeki akım ise  $N$  değerini alır. Fakat, dizi içerisinde aynı değere sahip akımların bulunması durumunda, sıra değerleri verilirken aynı değere sahip akımlara ortalama sıra sayısı verilir. Verilecek olan bu ortalama sıra değerleri tam sayı olabileceği gibi, tamsayı olmayan değerler de olabilir.

$x$  dizisindeki her bir elemanın sıra sayısı  $R_i$  ve  $y$  dizisindeki her bir elemanın da sıra sayısı  $S_i$  olmak üzere, sıralı dizi korelasyon katsayısı, sıraların korelasyon katsayısı olarak ifade edilir.

$$r_s = \frac{\sum_i (R_i - \bar{R})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_i (R_i - \bar{R})^2} \cdot \sqrt{\sum_i (S_i - \bar{S})^2}} \quad (2.19)$$

$r_s$ 'nin sıfır (0) olmayan değerlerinin önemlilik kontrolü ise aşağıda verilen eşitlik ile yapılır.

$$t = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}} \quad (2.20)$$

Eşitlik (2.20)'teki  $t$  değeri takribî olarak  $(N-2)$  bağımsızlık derecesi ile Student-t dağılımı gösterir. Bu yaklaşım  $x$  ve  $y$ 'lerin orijinal dağılımına bağlı olmayıp genellikle aynı veya olabildiğince iyi bir sonuç verir.

$r_s$ 'nin diğer bir non-parametrik korelasyon değeri ile bağlantılı olduğu ortaya çıkmaktadır. Sıraların toplam kare farklılığı olarak adlandırılan bu katsayı;

$$D = \sum_{i=1}^N (R_i - S_i)^2 \quad (2.21)$$

eşitliği ile hesap edilir. Verilerde aynı değere sahip akım yok ise,  $D$  ile  $r_s$  arasındaki bağıntı aşağıda verilen eşitlikteki gibidir;

$$r_s = 1 - \frac{6D}{N^3 - N} \quad (2.22)$$

Eğer dizide aynı değere sahip  $x$  ve  $y$ 'ler mevcut ise Eşitlik (2.22)'de gösterilen bağıntı yerine aşağıda verilen eşitlik kullanılır. Burada,  $f_k$ ,  $R_i$ 'ler arasındaki aynı değere sahip akımların  $k$ 'nci grubundaki bağların sayısı;  $g_m$  ise  $S_i$ 'ler arasındaki aynı değere sahip verilerin  $m$ 'inci grubundaki bağların sayısını sembolize etmektedir.

$$r_s = \frac{1 - \frac{6}{N^3 N} \cdot \left[ D + \frac{1}{12} \sum_k (f_k^3 - f_k) + \frac{1}{12} \sum_m (g_m^3 - g_m) \right]}{\left[ 1 - \frac{\sum (f_k^3 - f_k)}{N^3 - N} \right]^{1/2} \cdot \left[ 1 - \frac{\sum (g_m^3 - g_m)}{N^3 - N} \right]^{1/2}} \quad (2.23)$$

Tüm  $f_k$  ve  $g_m$  değerlerinin bire (1) eşit olması, dizide bağ yani aynı değere sahip değerlerin olmadığı anlamına gelir. (2.20) denkleminde verilen ve  $r_s$ 'nin sıfıra (0) eşit olmayan değerleri için kullanılan  $t$  testinden başka  $D$  değerini kontrol etmek de mümkündür. Bağımlı olmayan veri gruplarının sıfır (0) hipotezinde  $D$ 'nin beklenen değeri;

$$\bar{D} = \frac{1}{6} (N^3 - N) - \frac{1}{12} \sum (f_k^3 - f_k) - \frac{1}{12} \sum (g_m^3 - g_m) \quad (2.24)$$

ve varyansı;

$$\text{var}(D) = \frac{(N-1) \cdot N^2 \cdot (N+1)^2}{36} \cdot \left[ 1 - \frac{\sum (f_k^3 - f_k)}{N^3 - N} \right] \cdot \left[ 1 - \frac{\sum (g_m^3 - g_m)}{N^3 - N} \right] \quad (2.25)$$

eşitlikleri ile hesap edilir ve yaklaşık olarak normal dağıldığı kabul edilir. Güvenilirlik limitleri için bulunan  $r_s$  değerinin  $t$  ile  $\text{var}(D)$  arasında olması gerekmektedir. Fakat ikinci güvenilirlik limiti olarak  $r_s$  değerinin 0.05'ten büyük olması da bağımsızlığın bir göstergesidir. 0.05'ten büyük olan  $r_s$  değeri bağımsızlık hâlini gösterir. Bu iki şartı da sağlamayan bir  $r_s$  değeri elde edilirse bu; dizinin bağımlı olduğunu göstermektedir ve bağımlı dizilerde kullanılan  $r_s$  değeri önemli olup bağımsızlık varsayımı reddedilir.

## 2.2. TAŞKIN FREKANS ANALİZİ

### 2.2.1. Olasılık Dağılım Modeli

Rastgele olayların gözlemlenmeleri ile elde edilen herhangi bir  $x$  değeri de rastgele değerdir ve bu değer her hangi bir zamanda hangi değeri alabileceğini önceden kesin olarak bilinmesi imkânsızdır. Fakat bu olayın önceden yapılmış gözlemler neticesinde elde edilen verilerle, frekansı yani sıklık durumunu tahminleri yapılabilir. Bu tahminlerin yapılması, kuramsal dağılım modelinin ile mümkündür. Bu model aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir;

$$P(x \leq X) = F(x = X) = \int_a^x f(x) dx \quad (2.26)$$

Verilen bu eşitlikte, rastgele değişken olan  $x$  herhangi bir yıldaki  $X$  değerinden küçük ya da eşit olma ihtimali hesap edilir. Eşitlikte verilen  $a$  alt sınırı;  $-\infty$ , sıfır (0) veya herhangi bir sonlu sayı da olabilir.

Bununla beraber verilen bu olasılık dağılım fonksiyonunun, rastgele değişkene ait olasılık yoğunluk fonksiyonu  $[f(x)]$  ile kümülatif olasılık fonksiyonuna  $[F(x)]$  bağlı analitik tanımı ise;

$$f(x) = \frac{dF(x)}{dx} \quad (2.27)$$

eşitliği ile gösterilebilir. Olasılık kuramına göre, her rastgele olayın sıfır (0) ile bir (1) arasında değişen bir olasılık değeri vardır ve bu değişken, alt ve üst sınırlar arasında bir değer alacağından olasılık yoğunluk eğrisinin altında kalan alanın bir (1)'e eşit olması gerekmektedir. Bu da;

$$P(x \leq X) = \int_a^b f(x) dx = 1 \quad (2.28)$$

Eşitlik (2.28) ile gösterilebilir.  $a$ , alt sınır;  $b$  ise üst sınırdır.

### 2.2.2. Parametre Tahmin Yöntemleri

Hidrolojik olaylar, tabii şartlar altında geliştiğinden meydana gelecek gözlem sonuçlarını önceden bilmek imkânsızdır. Bu nedenle mühendisliğin bu dalında deterministik metotlardan ziyade istatistikî metotlar kullanılmaktadır. İstatistik biliminde çeşitli analizlerin yapılabilmesi için değişkenlerin karakteristiklerini belirlemek gerekmektedir. Rastgele olaylar toplumunu bir bütün olarak belirleyip ele almak mümkün olmadığından bu rastgele olaya ait bir örnek, bu toplumun olasılık dağılım fonksiyonunun parametrelerinin tahmin edilmelerinde kullanılabilir.

Olasılık dağılım fonksiyonu; fonksiyonun şekli, biçimi, simetrikliği, yaygınlığı veya sivriligi gibi karakteristik parametrelerine bağlıdır. Bu parametrelerin, toplum parametresine yakın değerlerde olabilmesi için kullanılan yöntemlerin önemi büyüktür.

Parametre tahminleri hesaplanırken beklenen en gerekli kıstas; tahminlerin tarafsızlığıdır. Parametrelerin gerçek değerlerine yakın olması, parametrelerin tarafsız olmasına bağlıdır. Parametrelerin gerçek değerlerine yakın değerlerde hesaplanabilmesi

için, alınan örneklerin varyansı en küçük olan tahminlerin kullanılması önerilmiştir (Haan, 1977).

Çoğunlukla, dağılıma ait yoğunluk fonksiyonun artması ile örnek diziyle daha iyi uyum gösterdiği gözlenmiştir.

### 2.2.2.1. Momentler Yöntemi

Tahmin yöntemlerinin en başlarında zikredebileceğimiz bu yöntem, rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunun çeşitli parametreleriyle merkezî istatistik momentler arasındaki bağıntıya dayanmaktadır.

Buna göre,  $i$ . dereceden istatistik moment;

$$\mu_i = \int_{-\infty}^{\infty} x^i f(x) dx \quad (2.29)$$

eşitliği ile hesaplanır.  $i = 1$  olduğu durumda,  $x = \mu_1$  noktasına göre alınan momente merkezî istatistik moment adı verilir ve (2.29) eşitliği ile hesap edilir.

$$\bar{\mu}_i = \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_1)^i f(x) dx \quad (2.30)$$

Birinci dereceden istatistik moment, aritmetik ortalamayı yani, rasgele değişkene ait merkezselsel değeri gösterir. Değişkenin dağılımının merkezini, yani; çeşitli gözlemlerle gözlenen değerlerin çevresinde dağılacığı yeri gösterir.

$$\mu_x = \int_a^b x f(x) dx \quad (2.31)$$

Yukarıda verilen eşitlik ortalamayı verir. Eşitlikteki  $a$  alt limit ve  $b$  üst limit değerlerini ifade eder. Rastgele bir değişkenin merkez değerini ifade eden ortalama değeri bu değer çevresindeki yayılmanın büyüklüğü konusunda herhangi bir veri sunmaz.

Rastgele değişkenin aldığı değerlerin ortalama değer etrafında yayılmasının büyüklüğünü, ikinci dereceden merkezî moment değeri olan varyans gösterir. Varyans;

$$var(x) = \sigma^2 = \int_a^b (x - \mu)^2 f(x) dx \quad (2.32)$$

eşitliği ile hesap edilir. Varyansın karekökü olan standart sapma ( $S$ ), dağılımın yayılımını belirlemek için en çok istifade edilen parametredir. Üçüncü mertebeden merkezî moment ise çarpıklığın bir ölçüsüdür.

Çarpıklık katsayısı;

$$\gamma = \frac{\mu_3}{\sigma_x^3} \quad (2.33)$$

Hidrolojide ele alınan rastgele değişkenlerin dağılımları genellikle çarpık olduklarından çarpıklık katsayısı önemli bir parametredir. Çarpıklık katsayısının pozitif (+) olması dağılımın sağa doğru, negatif (-) olması dağılımın sola doğru bir kuyruğu olduğunu ifade eder. Katsayının sıfıra (0) eşit olması ise olasılık yoğunluk fonksiyonunun simetrik olduğunu göstergesidir.

Olasılık yoğunluk fonksiyonunun tepesinin niteliğini yani düz veya sivrilik durumlarını tespit etmek için dördüncü mertebeden moment olan Kurtosis yani basıklık katsayısı kullanılır.

$$\kappa = \frac{\mu_4}{\sigma_x^4} \quad (2.34)$$

Eşitlik (2.34) ile bulunan Kurtosis katsayısının değeri ne kadar büyük bir değer olursa bu durum dağılımın o derecede sivriliğini arttırır. Bulunan bu değer, normal dağılımın sivriligiine göre kıyas edilir. Bahsedilen tüm formüller aşağıda toplu olarak verilmiştir.

$$\text{Ortalama :} \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (2.35)$$

$$\text{Varyans :} \quad \sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1} \quad (2.36)$$

$$\text{Çarpıklık Katsayısı :} \quad \gamma = \frac{m_x^3}{S_x^3} \quad (2.37)$$

$$\left( m_x^3 = \frac{N \cdot \sum (x - \bar{x})^3}{(N-2) \cdot (N-1)} \right) \quad (2.38)$$

$$\text{Kurtosis katsayısı :} \quad \kappa = \frac{m_x^4}{S_x^4} \quad (2.39)$$

$$\left( m_x^4 = \frac{N^2 \cdot \sum_{i=1}^N (x - \bar{x})^4}{(N-3)(N-2) \cdot (N-1)} \right) \quad (2.40)$$

Çalışmamızda gamma, gumbel ve johnson sb dağılımlarında momentler yöntemi kullanılmıştır.

### 2.2.2.1.1. Gumbel Dağılımı

Gumbel dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp[-z - \exp(-z)] \quad -\infty \leq x \leq \infty \quad (2.41)$$

olarak tanımlanırken, kümülatif olasılık fonksiyonu da aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır;

$$F(x) = \exp\{-\exp[-z]\} \quad (2.42)$$

burada  $z \equiv \frac{x-\mu}{\sigma}$  olarak tanımlanırken,  $\sigma$  ölçek parametresi,  $\mu$  ise konum parametresidir.

### 2.2.2.1.2. Gamma Dağılımı

Gamma dağılımının olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \exp(-x/\beta) \quad 0 \leq x \leq \infty \quad (2.43)$$

şeklindedir. Burada;

$\alpha$  = şekil parametresi,  $\beta$  ise ölçek parametresidir.

Kümülatif dağılım fonksiyonu ise;

$$F(x) = \frac{\Gamma_{x/\beta}(\alpha)}{\Gamma(\alpha)} \quad (2.44)$$

şeklinde ifade edilir.

### 2.2.2.1.3. Johnson SB Dağılımı

Dört parametrelili olan bu dağılımın sürekli şekil parametreleri  $\gamma, \delta$ ; ölçek parametresi  $\lambda$  ve lokasyon parametresi ise  $\xi$  olmak üzere;

Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2\pi z} (1-z)} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right)^2\right) \quad (2.45)$$

Kümülatif Dağılım Fonksiyonu;

$$F(x) = \phi\left(\gamma + \delta \ln\left(\frac{z}{1-z}\right)\right) \quad (2.46)$$

Buradaki  $z \equiv \frac{x-\xi}{\lambda}$  ve  $\phi$  laplace İntegrali olup;

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt \quad (2.47)$$

şeklinde hesaplanır.

### 2.2.2.2. En Çok Olabilirlik Yöntemi

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  rastgele gözlem değerlerinin olasılık fonksiyonu,

$$f(x; \theta) = \prod_{i=1}^n f_x(x_i; \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_m) \quad (2.48)$$

olmak üzere  $L(\theta; x) = f(x; \theta)$  ,  $\theta \in \Theta$  fonksiyonunda gözlenen  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  için  $\theta$ 'nın olabilirlik fonksiyonu denir.

Olasılık bulma metotlarından en fazla bilineni en çok (maksimum) olabilirlik yöntemidir. Bir gözlem neticesinde elde edilen  $\theta$  verisi, elde bulunan  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  gözlem vektörü için  $\theta$ 'nın olabilirlik fonksiyonunda var olmalıdır.  $x, y \in X$  olmak üzere her  $\theta \in \Theta$  için,  $L(\theta, x) = c(x, y) L(\theta, y)$  olduğu için  $\theta$  verisi için  $x, y$  gözlemleri ile elde edilecek neticeler aynı olmalıdır.

$c(x, y) = 1$  olması halinde Olabilirlik İlkesi, aynı olabilirlik değerine sahip gözlemlerin  $\theta$  için aynı bilgiyi içerdiklerini ifade etmektedir. Buna karşın Olabilirlik ilkesi daha ileri bir düzeyde, ayrı ayrı iki gözlemin olabilirlikleri orantılı ise  $\theta$  için de aynı bilgiyi ihtiva ettiklerini anlatmaktadır. Örnek olarak;  $X$  gözlem vektörü için  $L(\theta_2, x) = 2L(\theta_1, x)$  ise  $\theta_2$ ,  $\theta_1$ 'e göre iki kat daha olabilirlik içerdiğini ifade etmektedir.  $L(\theta, x) = c(x, y) L(\theta, y)$  eşitliğinde de sağlanıyorsa  $L(\theta_2, y) = 2L(\theta_1, y)$  olur. Böylelikle  $x$  ile  $y$  ifadelerinden hangisi gözlenirse gözlenir  $\theta_2$ ,  $\theta_1$  'e göre iki kat daha olasıdır denilir. (URL-2, 2018)

Bu çalışmada kullanılan normal dağılımda en çok olabilirlik yöntemi kullanılmıştır.

#### 2.2.2.2.1. Normal Dağılım

Sürekli dağılımların en önemlilerinden olan Normal ya da Gaussian dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2\right) \quad -\infty \leq x \leq \infty \quad (2.49)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Kümülatif dağılım fonksiyonu ise;

$$F(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right) \quad (2.50)$$

eşitliği ile hesaplanır. Burada  $\sigma$  ölçek parametresi,  $\mu$  ise konum parametresi olup  $\Phi$  Eşitlik (2.90)'da verilen laplace integralidir.



### 2.2.2.3. L Momentler Yöntemi

İstatistikte L momentler yöntemi, istatistikî dizilerin olasılık dağılımlarının şekillerini özetlemek için kullanılırlar. Bu yöntem, bilinen diğer momentlere göre düzenli istatistik verilerinin lineer birleşimidir. Bu yöntemle verilerin standart sapmaları, çarpıklıkları ve basıklıkları hesaplanabilmektedir ve sırasıyla L-ölçeği, L-çarpıklığı ve L- basıklığı olarak isimlendirilmektedirler. Standartlaştırılmış L-momentler, L- moment oranları olarak adlandırılır ve standartlaştırılmış momentlere yakınlaştırılmıştır. Tıpkı bilinen momentlerde olduğu gibi teorik dağılım yığınlarının bir dizi L-momentleri vardır. L momentler bir örnek kitleden tahmin edici şekilde belirlemeyi mümkün kılar.

L momentlerin ifade edilmesindeki en klasik yaklaşım olasılık ağırlıklı momentler şeklinde ele alınmasıdır. Olasılık ağırlıklı momentler aşağıdaki eşitlikteki gibi hesaplanır;

$$\beta_r = E\{X[F_x(x)]\} \quad (2.51)$$

burada;  $F_x(x) = X$ 'in kümülatif dağılım fonksiyonudur ve  $r = 0$  olduğunda,  $\beta_0$  ortalamaya eşittir. Böylelikle,  $b_0$  terimli ilk olasılık ağırlık momentinin örnek tahmini, ortalamaya eşittir olur. Tüm yüksek dereceli olasılık ağırlıklı momentler sıralanmış istatistiklerin ( $X_n \leq X_{n-1} \leq \dots \leq X_1$ ) basit lineer kombinasyonlarıdır.

Herhangi bir dağılım için tarafsız örnek tahminleri aşağıdaki denklemler yardımı ile hesaplanır;

$$b_0 = m = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j \quad (2.51a)$$

$$b_1 = \sum_{j=1}^{n-1} \left[ \frac{(n-j)}{n(n-1)} \right] \quad (2.51b)$$

$$b_2 = \sum_{j=1}^{n-2} \left[ \frac{(n-j)(n-j-1)}{n(n-1)(n-2)} \right] \cdot x_j \quad (2.51c)$$

$$b_3 = \sum_{j=1}^{n-3} \left[ \frac{(n-j)(n-j-1)(n-j-2)}{n(n-1)(n-2)(n-3)} \right] \cdot x_j \quad (2.51d)$$

Bu denklemlerde  $x_j$ ;  $x_1$ 'in en büyük,  $x_n$ 'in ise en küçük gözlem olduğu sıralanmış akımları temsil etmektedir. Eşitlik (2.51)'deki olasılık ağırlıklı momentlerin estimatörleri daha genel olarak;

$$b_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n-r} \frac{\frac{r}{n-1}}{\frac{r}{n-1}} \cdot x_j \quad (2.52)$$

şeklinde tanımlanır. Herhangi bir dağılım için ilk dört L momentleri, olasılık ağırlıklı momentlerden aşağıdaki eşitlikler kullanılarak kolayca hesaplanabilir;

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad (2.52a)$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (2.52b)$$

$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (2.52c)$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (2.52d)$$

İlk dört tarafsız L momentleri örnek estimatörleri (tahmin ettiricileri), Eşitlik (2.52)'deki bir olasılık ağırlıklı momentin (2.52) Eşitliklerinde yerlerine konulması ile elde edilir. Eşitlik (2.52a)-(2.52d)'nin şu genel tekrarın özel durumlarıdır;

$$\lambda_{r+1} = \sum_{k=0}^r \beta_k (-1)^{r-k} \binom{r}{k} \left( \frac{r+k}{k} \right) \quad (2.53)$$

Örnekten elde edilen moment oranlarına benzer olarak; (c) varyasyon katsayısını, ( $\gamma$ ) çarpıklığı ve ( $\kappa$ ) kurtosis katsayısını ifade ederse L moment oranları;

$$\text{L varyasyon} : \tau_2 = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad (2.54)$$

$$\text{L çarpıklık} : \tau_3 = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \quad (2.55)$$

$$\text{L kurtosis} : \tau_4 = \frac{\lambda_4}{\lambda_2} \quad (2.56)$$

İlk momenti olan  $\lambda_1$ ,  $\mu$  ortalama akım değerine eşittir.  $\lambda_2$ ,  $\tau_3$  ve  $\tau_4$  sırasıyla dağılımların ölçeği, çarpıklığı ve kurtosis katsayıları olarak,  $\sigma$ ,  $\gamma$  ve  $\kappa$  momentleri gibi ele alınabilir (Wang, 1996).

Bu çalışmada kullanılan genelleştirilmiş (generalized) pareto dağılımda L moment yöntemi kullanılmıştır.

### 2.2.3.1. (Genelleştirilmiş) Generalized Pareto Dağılımı

Üç parametrelili Generalized Pareto dağılımının devamlı şekil parametresi =  $k$ , ölçek parametresi =  $\sigma$  ve lokasyon parametresi ise  $\mu$  olmak üzere;

Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu;

$$f(x) \begin{cases} \frac{1}{\sigma} \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1-1/k} & k \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right) & k=0 \end{cases} \quad (2.57)$$

Kümülatif Dağılım Fonksiyonu;

$$F(x) \begin{cases} 1 - \left(1 + k \frac{(x-\mu)}{\sigma}\right)^{-1/k} & k \neq 0 \\ 1 - \exp\left(-\frac{(x-\mu)}{\sigma}\right) & k=0 \end{cases} \quad (2.58)$$

### 2.2.2.4. En Küçük Kareler Yöntemi

Birbirine bağlı olarak değişen iki fiziksel büyüklük arasındaki matematiksel bağlantıyı, mümkün olduğunca gerçeğe uygun bir denklem olarak yazmak için kullanılan, standart bir regresyon yöntemidir. Bir başka deyişle bu yöntem, ölçüm sonucu elde edilmiş veri noktalarına "mümkün olduğu kadar yakın" geçecek bir fonksiyon eğrisi bulmaya yarar. Gauss-Markov Teoremi'ne göre en küçük kareler yöntemi, regresyon için optimal yöntemidir.

Aralarında doğrusal (lineer) bir bağlantı olan,  $X$  ve  $Y$  adında iki fiziksel büyüklük düşünelim.  $Y$ 'yi  $X$ 'in fonksiyonu olarak yazmak istiyoruz. Bu iki büyüklük arasındaki bağlantı doğrusal olduğuna göre, şöyle bir denklem halinde ifade edilebilir:  $Y = aX + b$  Aradığımız şey, bu denklemdeki  $a$  ve  $b$  sayıları için mümkün olan en doğru değerlerdir. Bu değerleri belirlemek için bir dizi ölçüm yaptığımızı düşünelim. Bu ölçümler bize bir dizi  $(x_i, y_i)$  çifti verecektir. Bir kartezyen düzlem üzerinde bu çiftlere karşılık gelen noktaları tek tek işaretlersek, kabaca düz bir çizgi üzerinde yayılmış bir "noktalar bulutu" elde ederiz. Noktalar, çeşitli sebeplerden dolayı kusursuz bir çizgi üzerinde çıkmayacaktır.

$X$  ve  $Y$  arasındaki bağlantıyı tek bir doğrusal denklem olarak ifade etmek istiyorsak, bu noktalara mümkün olduğunca yakın geçecek bir çizgi bulmalıyız. Bir başka deyişle, yukarıdaki denklemde  $a$  ve  $b$ 'yi öyle seçmeliyiz ki, ortaya çıkan çizgi veri noktalarına mümkün olduğunca yakın olsun.

En küçük kareler yöntemi, denklemin verdiği  $Y$  değerleri ile ölçümlerin verdiği  $Y$  değerleri arasındaki farkların karelerinin toplamını küçültme fikrine dayanır. Bu yöntem, denklemdaki  $a$  ve  $b$  sayılarını, bahsedilen kareler toplamını en küçük yapacak şekilde seçer ve adını da buradan alır (Wolberg, 2005).

Bu çalışmada kullanılan Weibull dağılımında en küçük kareler yöntemi kullanılmıştır.

#### 2.2.2.4.1. Weibull Dağılımı

İki parametrelili Weibull dağılımının devamlı şekil parametresi  $\alpha$  ve ölçek parametresi  $\beta$  olmak üzere

Olasılık Yoğunluk Fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \quad (2.59)$$

Kümülatif Dağılım Fonksiyonu;

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{\alpha}\right) \quad (2.60)$$

formülleri ile hesaplanır.

### 2.3. Uygunluk Sınamaları

Gözlemler neticesinde elde edilen veri dizisinin, verilen kuramsal dağılıma uyup uymadığını kontrol etmenin en kısa yolu, kümülatif gözleme dayalı dağılımın, teklif edilen kuramsal dağılıma ait kümülatif yoğunluk fonksiyonu ile uygunluğunun grafik olarak karşılaştırılmasıdır. Eğer iki fonksiyon aşırı sapma göstermezse, kuramsal dağılımın gözlem verilerine uyduğu kabul edilir.

Gözlenmiş verilerin bir kuramsal olasılık dağılım fonksiyonuna uygunluğunu test etmek için birçok teknik vardır. Bu tekniklerden bazıları Ki-Kare Sınaması, Anderson-Darling Sınaması ve Kolmogorov-Smirnov Sınamasıdır. Çalışmada; uygulaması kolay olan ve parametrik olmayan diğer testlere göre daha üstün olan Ki-Kare ve Kolmogorov-Smirnov testleri kullanılmıştır.

Uygunluk testlerinde uygulanan ilk işlem gözlem neticesinde elde edilen verileri tasnif etmektir. Bu sınıflandırmayı yapmak için sınıf sayısını ve aralık uzunluğunu belirlemek gerekir.

Belirli bir önem seviyesindeki varsayım dağılımının kabulünün veya reddinin tespiti için, sürekli rastgele değişken gözlem verilerine uygulanan Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi önemli bir uygunluk testidir.

Diğer bir uygunluk testi olan Ki-Kare testi ise; sürekli rastgele değişken verilere uygulanabildiği gibi kesikli değişkenlere uygulanabilir ve Kolmogorov-Smirnov (K-S) testinde olduğu gibi yığınsal yoğunluk fonksiyonları yerine, olasılık yoğunluk fonksiyonlarının mukayesesi esasına dayanır.

### 2.3.1. Sınıf Aralıklarının Adedi ve Uzunlukları

Sınıf sayısının belirlenmesi hususuyla ilgili olarak kesinleştirilmiş bir formül bulunmamaktadır. Bununla beraber sınıf sayısı ne çok az ne de çok fazla olmalıdır. Sınıf sayısının belirlenmesinde çeşitli grup büyüklükleri için birçok farklı matematiksel formüller bulunmaktadır. Fakat bu formüller daha çok büyük gruplar için iyi sonuç vermektedir.

Bu çalışmada kullanılan verilerin örneklem büyüklüğü 20 ile 60 arasında değiştiğinden sınıf sayısı örneklem büyüklüğüne göre beş ya da altı olarak seçilmiştir. Objektif bir sınıflama tekniği olan eşit aralıklı sınıflama tekniği kullanılarak test yapılmıştır. Frekansların her sınıf aralığına düşmesi olasılığının eşit olması, olasılıkların tek düze dağılması anlamına gelir. Gözlenmiş dağılım ile herhangi bir teorik tek düze dağılımın karşılaştırılması işlemine dönüşür. Bu yöntemle göre önce sınıf aralıklarının sayısı saptanır ve k sınıf sayısı olmak üzere,

$$P_j = \frac{1}{k} \quad j=1, 2, \dots, k \quad (2.61)$$

olasılığı bulunur ve olasılık integral dönüşümü yardımıyla sınıf aralığı uzunluğu bulunur (Kendall ve Stuart, 1961).

### 2.3.2. Ki-Kare Uygunluk Sınaması

Bu uygunluk sınaması, işlem yapılan kuramsal dağılımda hesaplanan olası frekans ile gözlem neticesinde belirlenen gözlenen frekanslar arasında bir kıyaslama yaparak bunların istatistikî olarak anlamlı olup olmadığını inceler.

Bu uygunluk sınamasında daha çok şu hususlar için kullanılır.

- 1.) İki değişken veri arasında herhangi bir ilişki olup olmadığına,
- 2.) İki veya daha çok örneklemin aralarında herhangi bir farkın olup olmadığına,
- 3.) İki veya daha çok örneklemin arasında homojenlik sınamasında,
- 4.) İncelemesi yapılacak kümelerden elde edilen donelerin, ele alınan kuramsal dağılım tipine uyup uymadığını belirlemede.

Olası değerler için, beklenen Rölatif frekans ve toplam gözlem adedi çarpılır. Gözlem neticesinde belirlenip dağılımla tanımlanan,  $i$ . sınıf aralığının sınırları  $[I_{i-1}, I_i]$  olarak ifade edilir ve  $f(x)$  de varsayım dağılımın yoğunluk fonksiyonu olarak ifade edilirse,  $n$  büyüklüğündeki bir örneğin,  $i$ . sınıf aralığı ile ilişkili kuramsal frekansı;

$$E_i = n \cdot \int_{I_{i-1}}^{I_i} f(x)dx \quad i=1, 2, \dots, k \quad (2.62)$$

eşitliği ile bulunur. Bu denklemdeki  $k$  = gözlem verilerinin yoğunluk fonksiyonunu ifade ederken kullanılan sınıf aralığı adedidir. Kuramsal dağılımdan beklenen ve gözlenen frekanslar arasındaki sapmanın derecesi aşağıdaki formül ile hesaplanır;

$$X_i^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Q_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.63)$$

Bu formüldeki;  $Q_i$  gözlenen gözlem sayısı  $E_i$  ise kuramsal dağılıma göre beklenen  $i$ . sınıf aralığındaki gözlem adedidir.  $k \rightarrow \infty$  olduğunda,  $X_i^2$  asimptotik şekli ile Ki-Kare sınamasında yaklaşmaktadır. Ki-Kare sınamasının serbestlik derecesi;

$$df = k - p - 1 \quad (2.64)$$

eşitliği ile belirlenir. Eşitlik (2.64)'te  $p$ , kuramsal dağılımı tanımlamada kullanılmak için özgün veriler tahmin edilen parametre adedidir.  $X_{df(1-\alpha)}^2$ ; (2.64)'ten elde edilen  $df$  ve  $1-\alpha$  önem seviyesi için  $X_i^2 < X_{df(1-\alpha)}^2$  ise; sıfır (0) varsayımı kabul edilir. Tablo 2.2'de Ki-Kare değerleri verilmiştir. (Cochran, 1952)

**Tablo 2.2.** Ki-Kare uygunluk değerleri

| <i>n</i> | <i>p</i> | 0.99   | 0.98   | 0.95   | 0.90   | 0.50  | 0.10  | 0.05  | 0.02  | 0.01  |
|----------|----------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        |          | 0.0002 | 0.0006 | 0.0039 | 0.0158 | 0.455 | 2.706 | 3.841 | 5.412 | 6.635 |
| 2        |          | 0.0201 | 0.0404 | 0.103  | 0.211  | 1.386 | 4.605 | 5.991 | 7.824 | 9.210 |
| 3        |          | 0.115  | 0.185  | 0.352  | 0.584  | 2.366 | 6.251 | 7.815 | 9.837 | 11.34 |
| 4        |          | 0.297  | 0.429  | 0.711  | 1.064  | 3.357 | 7.779 | 9.488 | 11.67 | 13.28 |
| 5        |          | 0.554  | 0.752  | 1.145  | 1.610  | 4.351 | 9.236 | 11.07 | 13.39 | 15.09 |
| 6        |          | 0.872  | 1.134  | 1.635  | 2.204  | 5.348 | 10.64 | 12.59 | 15.03 | 16.81 |
| 7        |          | 1.239  | 1.564  | 2.167  | 2.833  | 6.346 | 12.02 | 14.07 | 16.62 | 18.48 |
| 8        |          | 1.646  | 2.032  | 2.733  | 3.490  | 7.344 | 13.36 | 15.51 | 18.17 | 20.09 |
| 9        |          | 2.088  | 2.532  | 3.325  | 4.168  | 8.343 | 14.68 | 16.92 | 19.68 | 21.67 |
| 10       |          | 2.558  | 3.059  | 3.940  | 4.865  | 9.432 | 15.99 | 18.31 | 21.16 | 23.21 |
| 11       |          | 3.053  | 3.609  | 4.575  | 5.578  | 10.34 | 17.28 | 19.68 | 22.62 | 24.72 |
| 12       |          | 3.571  | 4.178  | 5.226  | 6.304  | 11.34 | 18.55 | 21.03 | 24.05 | 26.22 |
| 13       |          | 4.107  | 4.765  | 5.892  | 7.042  | 12.34 | 19.81 | 22.36 | 24.47 | 27.69 |
| 14       |          | 4.660  | 5.368  | 6.571  | 7.790  | 13.34 | 21.06 | 23.68 | 26.87 | 29.14 |
| 15       |          | 5.229  | 5.985  | 7.261  | 8.547  | 14.34 | 22.31 | 25.00 | 28.26 | 30.58 |
| 16       |          | 5.812  | 6.614  | 7.962  | 9.312  | 15.34 | 23.54 | 26.30 | 29.63 | 32.00 |
| 17       |          | 6.408  | 7.255  | 8.672  | 10.08  | 16.34 | 24.77 | 27.59 | 31.00 | 33.41 |
| 18       |          | 7.015  | 7.906  | 9.390  | 10.86  | 17.34 | 25.99 | 28.87 | 32.35 | 34.80 |
| 19       |          | 7.633  | 8.567  | 10.12  | 11.65  | 18.34 | 27.20 | 30.14 | 33.69 | 36.19 |
| 20       |          | 8.260  | 9.237  | 10.85  | 12.44  | 19.34 | 28.41 | 31.41 | 35.02 | 37.57 |
| 21       |          | 8.897  | 9.915  | 11.59  | 12.24  | 20.34 | 29.62 | 32.67 | 36.34 | 38.93 |
| 22       |          | 9.542  | 10.60  | 12.34  | 14.04  | 21.34 | 30.81 | 33.92 | 37.66 | 40.29 |
| 23       |          | 10.20  | 11.29  | 13.09  | 14.85  | 22.34 | 32.01 | 35.17 | 38.97 | 41.64 |
| 24       |          | 10.86  | 11.99  | 13.85  | 15.66  | 23.34 | 33.20 | 36.42 | 40.27 | 42.98 |
| 25       |          | 11.52  | 12.70  | 14.61  | 16.47  | 24.34 | 34.38 | 37.63 | 41.57 | 44.31 |
| 26       |          | 12.20  | 13.41  | 15.38  | 17.29  | 25.34 | 35.56 | 38.88 | 42.86 | 45.64 |
| 27       |          | 12.88  | 14.13  | 16.15  | 18.11  | 26.34 | 36.74 | 40.11 | 44.14 | 46.96 |
| 28       |          | 13.57  | 14.85  | 16.93  | 18.94  | 27.34 | 37.92 | 41.34 | 45.52 | 48.28 |
| 29       |          | 14.26  | 15.57  | 17.71  | 19.77  | 28.34 | 39.09 | 42.56 | 46.69 | 49.59 |
| 30       |          | 14.95  | 16.31  | 18.49  | 20.60  | 29.34 | 40.26 | 43.77 | 47.96 | 50.89 |

### 2.3.3. Kolmogorov-Smirnov (K-S) Uygunluk Sınaması

Ki-Kare uygunluk sınamasına alternatif olacak şekilde Kolmogorov tarafından 1933 yılında geliştirilmiştir. Geliştirdiği bu sınaması tek örnek üzerine çalışırken Smirnov 1939 yılında iki farklı bağımsız örnek için uyumun iyiliği sınasını geliştirmiştir. İki bilim insanının geliştirdiği yöntemler birbirlerine yakın olduklarından bu sınamanın ismi beraberce anılmaktadır.

Ki-Kare sınamasında, sınamanın uygulanabilmesi için beklenen frekansların 5'ten büyük olması gerekir. Bu sınamada böyle bir şart bulunmadığından rahatça uygulanabilmektedir.

Sıfır (0) varsayımı altında  $F_x(x)$ ; belirli kuramsal kümülatif dağılım fonksiyonu ve  $S_n(x)$ ;  $n$  gözleme dayalı örnek kümülatif yoğunluk fonksiyonu şeklinde ifade edilirse,  $X$  için  $S_n(x)=k/n$ ,  $x$ 'e eşit veya küçük gözlemlerin sayısı  $k$  olur. Bu durumda maksimum sapma;

$$D = \max |F_x(x) - S_n(x)| \quad (2.65)$$

eşitliği yardımıyla bulunur. Seçilen önem seviyesi için eğer gözlenen  $D$  değeri K-S istatistiğin kritik tablo değerinden büyük veya eşitse, sıfır varsayımı reddedilir. Tablo 2.3.'te K-S uygunluk değerleri gösterilmiştir (Marsaglia vd., 2003).

**Tablo 2.3.** K-S uygunluk değerleri

| $N$ | 0.20                    | 0.10                    | 0.05                    | 0.01                    |
|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 5   | 0.45                    | 0.51                    | 0.56                    | 0.67                    |
| 10  | 0.32                    | 0.37                    | 0.41                    | 0.49                    |
| 15  | 0.27                    | 0.30                    | 0.34                    | 0.40                    |
| 20  | 0.23                    | 0.26                    | 0.29                    | 0.36                    |
| 25  | 0.21                    | 0.24                    | 0.27                    | 0.32                    |
| 30  | 0.19                    | 0.22                    | 0.24                    | 0.29                    |
| 35  | 0.18                    | 0.20                    | 0.23                    | 0.27                    |
| 40  | 0.17                    | 0.19                    | 0.21                    | 0.25                    |
| 45  | 0.16                    | 0.18                    | 0.20                    | 0.24                    |
| 50  | 0.15                    | 0.17                    | 0.19                    | 0.23                    |
| >50 | $\frac{1.07}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1.22}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1.36}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1.63}{\sqrt{N}}$ |



#### 2.4. Aşma İhtimali Ve Tekerrür Periyodu

Deprem, yağış ve taşkın gibi olayların tekerrür yani tekrarlanma aralıklarına tekerrür periyodu denir. Tekerrür periyodu taşkın olayı için tanımlanacak olursa, iki defa aşıldığı gözlemlenen taşkın debileri arasında geçen ortalama zaman olarak ifade edilebilir (Yıldız, 2006).

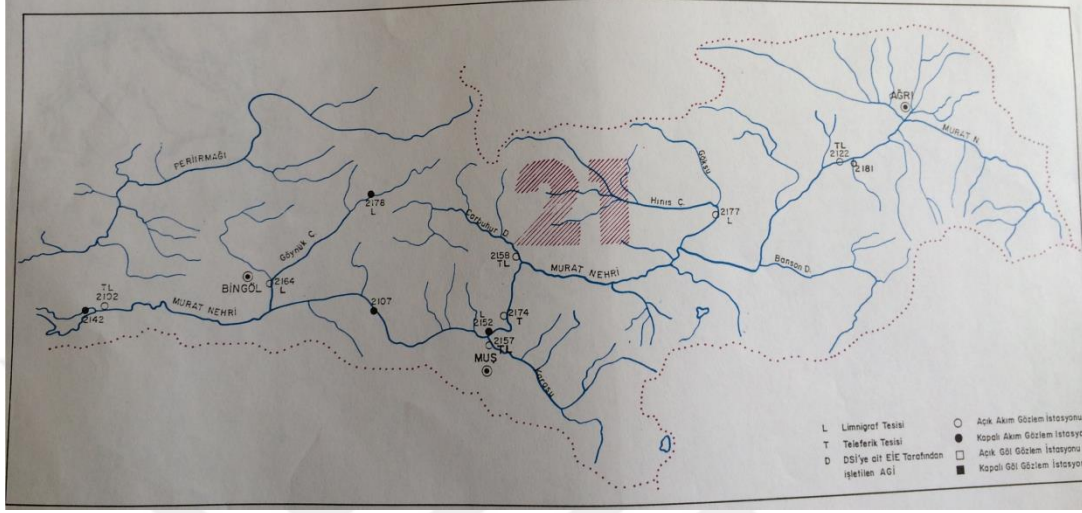
Bir debinin herhangi bir yılda gerçekleşme ihtimali  $P$  ile tanımlanırsa; bu debinin aşılma ihtimali  $A=1-P$  formülü ile bulunur ve taşkın debisinin dönüş aralığı ise;

$$T = \frac{1}{P(X > x_T)} = \frac{1}{1 - P(X \leq x_T)} \quad (2.66)$$

eşitliği ile hesap edilir. Bu eşitlikte verilen;  $x_T$  ifadesi,  $T$  tekerrür periyoduna sahip olayın büyüklüğünü göstermektedir.

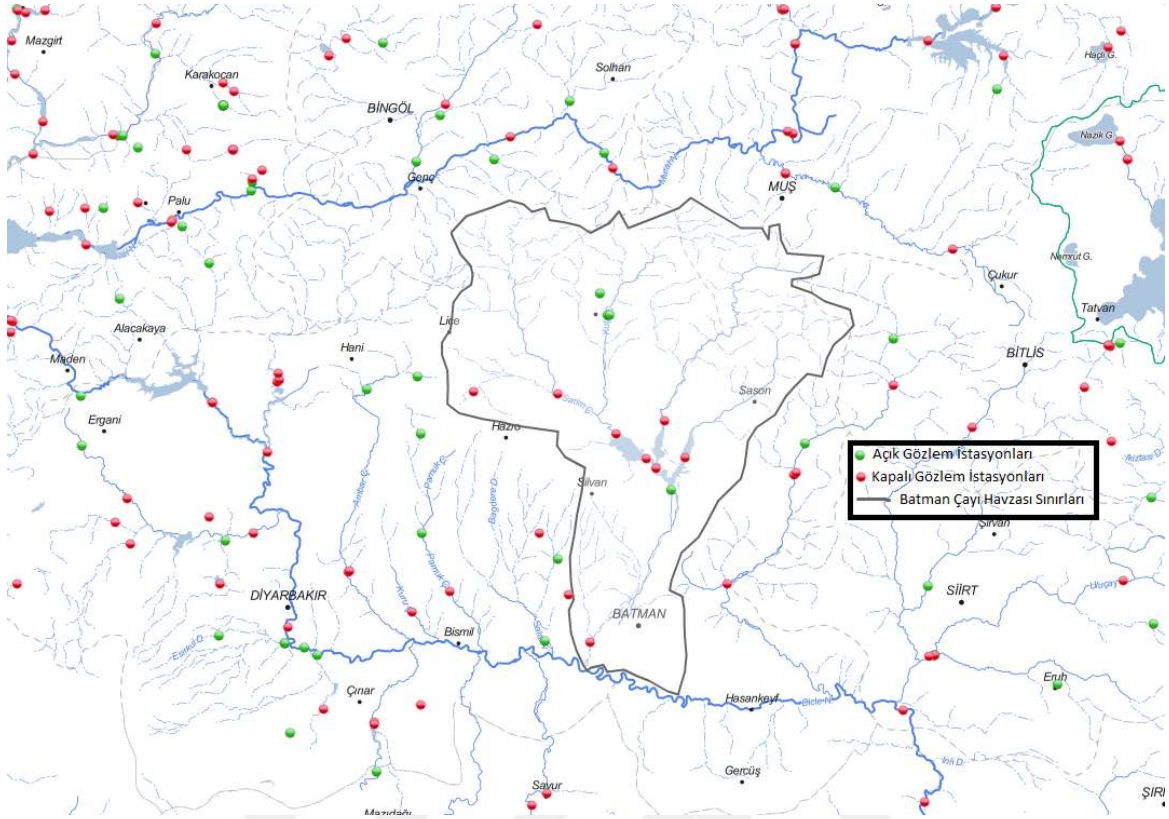
Bu çalışmada farklı tekerrür aralığına sahip olan taşkın debileri, bilgisayar yazılım programı yardımıyla hesaplanmıştır.

### 3. ÇALIŞMA KAPSAMINDAKİ HAVZALARIN COĞRAFYASI



Şekil 3.1. Murat Nehri alt havzasının konumu

Murat Nehri Alt Havzası; Elazığ, Bingöl, Muş, Bitlis, Ağrı, Erzurum İl sınırları içerisinde bulunur ve Türkiye'nin doğusunda 39°23'-38°45' kuzey enlemleri ve 43°49'-39°28' doğu boylamları arasında olup genel anlamda doğu-batı istikametinde ilerlemektedir. Membadan mansaba kadar boyu 722 km'dir. Murat Nehri Alt Havzası, 21 nolu Fırat-Dicle Havzasının Orta Fırat Havzası bölümünde bulunmaktadır. Murat Alt Havzası batı yönünden doğu yönüne doğru Karaboğa Dağları (2293 m.), Manga Dağı (2428 m.), Burçak Dağı (2452 m.) ve Çakmak Dağı (3063 m.) ile Fırat Nehri'nin kuzey kolu olan Karasu Alt Havzasından ayrılmaktadır. Bingöl Dağı (3193 m.) ve Aras Dağları (2953 m.), Çakmak Dağı (3063 m.), Büyük Köse Dağı (3443 m.), Kızılca Ziyaret Dağı (2856 m.) ile Aras Havzası'ndan ayrılmaktadır, Doğu yönünden ise Diyadin Eşiği sınırlandırmaktadır. Güney tarafı ise, doğudan batıya doğru Aladağlar (3510 m.), Süphan Dağı (4058 m.), ve Nemrut Dağı (2801 m.) ile kapalı olan Van Havzasından ayrılmaktadır. Muş Güney Dağları (2940 m.) ve Akdağ (2088 m.) ile Dicle Nehri Havzası'ndan ayrılmaktadır. Batı sınırı ise Palu ilçesinin içinde yer aldığı vadi tabanı ile sınırlanmaktadır (Güneş, 2006).



**Şekil 3.2.** Batman Çayı alt havzasının konumu

Batman Çayı Alt Havzası ise Batman, Muş, Bingöl ve Diyarbakır İl sınırları içerisinde bulunur ve Türkiye'nin doğusunda  $38^{\circ}42'-37^{\circ}47'$  kuzey enlemleri ve  $40^{\circ}37'-41^{\circ}39'$  doğu boylamları arasında olup genel anlamda kuzey-güney istikametinde ilerlemektedir. Membadan mansaba kadar boyu 115 km'dir. Havza numarası 21 olan Fırat-Dicle Havzasının Orta Dicle Havzası bölümünde bulunmaktadır. Batman Çayı Havzası kuzeyde Murat Alt Havzası, batıda Albat Dağları (1500 m.), Uzuncaeski Dağı (1576 m.), Çıplak Dağ (1200 m.) Andak Dağı (2830 m.) Batı Garzan Dağı (1060 m.) ve Raman Dağları (1288 m.) ile çevrelenmiştir. Kuzeydoğudan Sason Çayı, kuzeyden Talori Çayı ve kuzeybatıdan Sarım ile Kulp Çayları Batman Çayına döküp Batman Barajını oluşturarak Malabadi Köprüsünden güneye doğru tek koldan devam ederek Dicle Nehri ile birleşir.

#### 4. MURAT NEHRİ VE BATMAN ÇAYI İÇİN FREKANS ANALİZİ

Bu çalışmada kullanılan temel veriler çalışılan havzalardaki akım gözlem istasyonlarına ait yıllık pik akım miktarları olup kullanılan bu yıllık pik akımların ait oldukları akım gözlem istasyonları Tablo 4.2 ve 4.4'te gösterilmiştir. Söz konusu dizilere DSİ tarafından akım değerleri homojenliğine ilişkin aksi bir ifade kullanılmadığından, akım dizilerine homojenlik testi uygulanmamıştır.

Murat Nehri Alt Havzası'nın toplam yüzölçümü 25.856.80 km<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama akım miktarı ise 8.1 milyar m<sup>3</sup> akıma sahiptir. Yüzölçümü olarak Fırat Nehri'nin drenaj sahasının Türkiye'deki alanının % 20'sine ve akımın %26'sına karşılık gelmektedir (Günek, 2006).

Batman Çayı Alt Havzası'nın toplam yüzölçümü ise 5.262 km<sup>2</sup> olup 2.75 milyar m<sup>3</sup> akıma sahiptir. Yüzölçümü olarak Dicle Nehri'nin drenaj sahasının Türkiye'deki alanının % 9.7'sine ve akımın % 17'sine karşılık gelmektedir.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından gözlemlenerek ölçülen akım değerlerini kullanarak akım gözlem istasyonlarını karşılaştırmak, bunlara ait ortalama ve standart sapmaların yüksek değişkenlik göstermeleri sebebiyle zorluk teşkil etmektedir. Bunun için gözlenen akım değerleri boyutsuz değişken şekline dönüştürülmektedir. Böylelikle yıllık ortalama akımların dağılımlarının kıyas edilmelerinde yüksek değişkenlik sebebiyle oluşan kaçınılması gereken durum giderilmiş olur.

$Q_i$ ,  $i$ 'inci yılda gözlemlenen akım miktarı,  $\bar{Q}$  ise ortalama akım miktarını ifade edecek şekilde;  $x_i = \frac{Q_i}{\bar{Q}}$  eşitliği ile bulunur. Çalışmada istasyonlara ait tüm hesaplamalarda  $x_i$  boyutsuz değişkeni kullanılmaktadır.

Murat Havzası üzerinde işletmede olan hidroelektrik santraller, Muş-Merkez'de Alpaslan-1 Barajı ve HES ile Elazığ-Palu'da bulunan Beyhan-1 Barajı ve HES olmak üzere toplam baraj sayısı 2 adettir. Depo edilen toplam su miktarı 3362,06 hm<sup>3</sup>'tür. Ayrıca Muş-Merkez'de Alpaslan-2 Barajı ve HES, Bingöl-Solhan'da Yukarı Kaleköy Barajı ve HES, Bingöl-Genç'te Aşağı Kaleköy Barajı ve HES olmak üzere 3 adet inşaat safhasında hidroelektrik santral bulunmaktadır. Bunların yanında Bingöl-Genç'te Gözeler

HES ve Elazığ-Palu'da Beyhan-2 Barajı ve HES ile Palu Barajı ve HES olmak üzere toplamda 3 adet hidroelektrik santral ise projelendirilme aşamasındadır.

Batman Çayı üzerinde ise Batman ve Diyarbakır illeri arasında bulunan Batman Barajı bulunmaktadır. Ayrıca Batman şehir merkezine yakın bir noktada İvme Bendi'nin projelendirilmesi devam etmektedir.

Bu hidroelektrik santrallere ait daha detaylı bilgi Tablo 4.1. ve 4.3.'te belirtilmiştir.

Murat Nehri ve kolları üzerinde DSİ ve EİE tarafından işletilen toplam 14 akım gözlem istasyonundan 2 tanesi halen faal durumdadır. Batman Çayında ise toplam 4 akım gözlem istasyonundan 1 tanesi halen faal durumdadır.

Fakat bu çalışmada ikisi Batman Çayında olmak üzere toplam altı akım gözlem istasyonunun verileri kullanılmıştır. Bunun sebepleri ise;

1. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünce müdahale edilmesi sonucunda bu akım gözlem istasyonlarının kontrollü verilere sahip olmaları.
2. İstasyonların gerekli miktarda dizi uzunluğuna sahip olmamalarıdır.

**Tablo 4.1.** Murat Nehri üzerindeki barajlar

| Barajın Adı                         | Amaç          | Depo Hacmi (hm <sup>3</sup> ) | Yükseklik (m) | Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (GWh) |
|-------------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Alpaslan-1                          | Enerji        | 2993                          | 91.00         | 488                                  |
| Beyhan-1                            | Enerji        | 369.06                        | 83.60         | 1075                                 |
| Alpaslan-2 (İnşaat Halinde)         | Enerji-Sulama | 1099.43                       | 99.00         | 880                                  |
| Yukarı Kaleköy (İnşaat Halinde)     | Enerji        | 738.80                        | 137.50        | 1504                                 |
| Aşağı Kaleköy (İnşaat Halinde)      | Enerji        | 516.50                        | 95.00         | 1193                                 |
| Beyhan-2 (Projelendirme Aşamasında) | Enerji        | 78.92                         | 41.80         | 565.10                               |
| Gözeler (Projelendirme Aşamasında)  | Enerji-Sulama | --                            | 26.00         | 364.20                               |
| Palu (Projelendirme Aşamasında)     | Enerji        | --                            | 25.00         | 337.00                               |

**Tablo 4.2.** Murat Nehri üzerindeki akım gözlem istasyonları

| İstasyon No | İşleten Kuruluş | İstasyon Adı    | Yağış alanı (km <sup>2</sup> ) | Kotu | Gözlem Periyodu | Durumu |
|-------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|------|-----------------|--------|
| E21A042     | EİE             | Gülüşür Köprüsü | 26.14                          | 817  | 1963-1967       | Kapalı |
| E21A002*    | EİE             | Palu            | 25.30                          | 1011 | 1968-2011       | Kapalı |
| D21A100     | DSİ             | Palu            | 25.33                          | 859  | 1966-1967       | Kapalı |
| E21A046     | EİE             | Avşan Köprüsü   | 40720                          | 710  | 1963-1966       | Kapalı |
| E21A052     | EİE             | Muş             | 17773.60                       | 1241 | 1970-1983       | Kapalı |
| D21A034     | DSİ             | Murat Köprüsü   | 17623                          | 1275 | 1960-1967       | Kapalı |
| E21A074*    | EİE             | Akkonak         | 17435.10                       | 1285 | 1983-2011       | Kapalı |
| D21A131     | DSİ             | Çataktepe       | 14770                          | 1383 | 1971            | Kapalı |
| D21A149     | DSİ             | Köprüköy        | 14300                          | 1440 | 1977-2000       | Kapalı |
| E21A022*    | EİE             | Tutak           | 5882.40                        | 1552 | 1962-2016       | Açık   |
| D21A109     | DSİ             | Eğribelen       | 4795                           | 1602 | 2016            | Kapalı |
| D21A004*    | DSİ             | Diyadin         | 713                            | 1857 | 1969-2016       | Açık   |
| D21A173     | DSİ             | Tazekent        | 476.30                         | 1948 | 1978-2016       | Kapalı |
| D21A089     | DSİ             | Ilıcanlar       | 490                            | 1924 | 2016            | Kapalı |

\*Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonları

**Tablo 4.3.** Batman Çayı üzerindeki barajlar

| Barajın Adı                                     | Amaç   | Depo Hacmi (hm <sup>3</sup> ) | Yükseklik (m) | Yıllık Elektrik Üretim Miktarı (GWh) |
|-------------------------------------------------|--------|-------------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Batman Barajı ve HES                            | Enerji | 1175                          | 85.00         | 330.33                               |
| İvme Bendi ve HES<br>(Projelendirme Aşamasında) | Enerji | --                            | --            | --                                   |

**Tablo 4.4.** Batman Çayı üzerindeki akım gözlem istasyonları

| İstasyon No | İşleten Kuruluş | İstasyon Adı | Yağış alanı (km <sup>2</sup> ) | Kotu | Gözlem Periyodu | Durumu |
|-------------|-----------------|--------------|--------------------------------|------|-----------------|--------|
| E26A002*    | EİE             | Sinan        | 4988.4                         | 518  | 1946-1966       | Kapalı |
| E26A012*    | EİE             | Malabadi     | 4105.2                         | 597  | 1961-2015       | Açık   |
| E26A013     | EİE             | Hüseyinkan   | 3427.6                         | 650  | 1959-1961       | Kapalı |
| D26A046     | DSİ             | Kemük        | 2620                           | 650  | 1977-1992       | Kapalı |

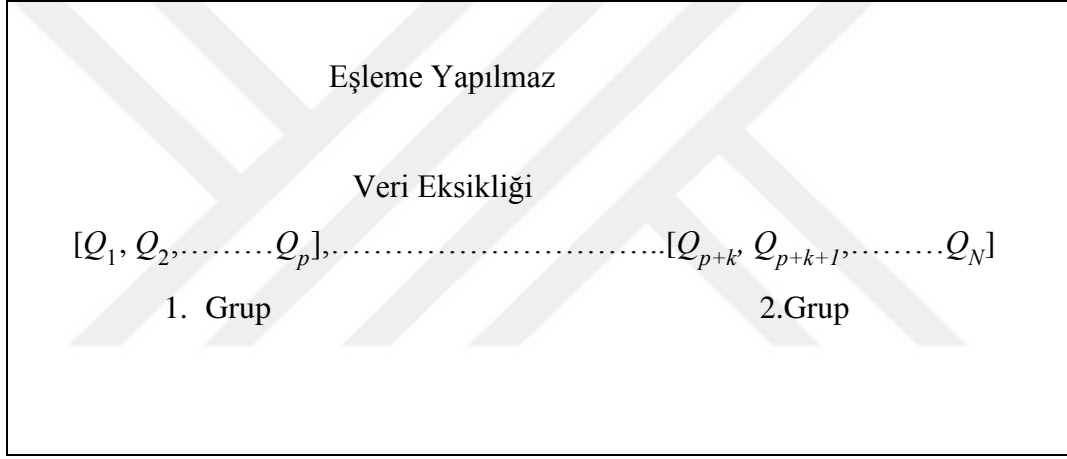
\* Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonları

Bunun yanında, ele alınan 6 akım gözlem istasyonlarına ait yıllık maksimum pik akım dizilerinin bazılarında, veri eksiklikleri bulunmaktadır. Bu durum ise, bağımsızlık sınamaları uygulamalarında doğru sonuçları elde etmede engel teşkil ettiklerinden istenmeyen bir haldir. Bu durumu gidermek maksadıyla, Şekil 4.1’de gösterildiği biçimde bir metot bulunmaktadır. Bu metoda göre, akım gözlemlerinin olmadığı son değerden

önceki datalar bir grup, sonraki datalar ise ayrı bir veri grubu olarak kabul edilir ve her iki grup farklı zaman dizisi gibi kabul edilir.

Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse;  $Q_p$ ,  $Q_p-1$  ile eşlenirken,  $Q_p+1$  ile eşlenmez. Dolayısıyla, ardışık bağımlılık sınamasında bu yöntemle göre,  $Q_p$  ile  $Q_p+1$  arasındaki ilişki göz ardı edilir.

Ancak bu çalışmada, uygulanabilir bir çözüme gitmek için, zaman dizisinde bir veya iki akım gözlem değeri boş olduğu hallerde, bu değerler yerine dizinin ortalama pik akım değeri ( $\bar{Q}$ ) kullanılmıştır. Art arda eksik veri ihtiva eden akım gözlem adedi üçten fazla ise, bu aralık kapatılmış, yani Şekil 4.1'deki  $Q_p$  ile  $Q_p+1$ 'in arasında herhangi bir eksiklik yokmuş gibi varsayılmıştır.



Şekil 4.1. Veri eksikliği durumunun şematik gösterimi

Tablo 4.2. ve 4.4.'te verilen akım gözlem istasyonlara ait yıllık maksimum akım dizilerinin örnek büyüklükleri, yukarıda belirtilen kaidelere göre yeniden düzenlenmiştir.

#### 4.1. Bağımlılık Sınama Sonuçları

Bağımlılık sınamalarının uygulanma şeklini ve bu sınamalar için yazılan bilgisayar programının doğru sonuçlar verip vermediğini kontrol etmek amacıyla, veri grubunun en uzun gözlem değerlerinden birine sahip olan Elektrik İşleri Etüt İdaresine ait Palu Akım Gözlem İstasyonu verileri alınarak sınamanın uygulanma şekli detaylı olarak incelenmiştir.

Akım gözlem istasyonlarına uygulanan sınamalardan elde edilen sonuçlar Tablo 4.6.'da toplu olarak verilmiştir.

#### 4.1.1. Normalite Sınaması

Bir zaman dizisinin normal dağılıma uyup uymadığını belirleme için çarpıklık testi yapılır. Ortalama değeri 1867.5  $m^3/sn$  olan istasyona ait orijinal değerler (2.1) Eşitliğinde yerine konularak çarpıklık katsayısı;

$$\gamma = \frac{\frac{1}{44}[(2930-1867.5)^3 + \dots + (1446-1867.5)^3]}{\frac{1}{44}[(2930-1867.5)^2 + \dots + (1446-1867.5)^2]^{3/2}} = 0.0776$$

Tablo 2.1’de gösterilen  $N = 44$  ve  $\alpha = 0.02$  önemlilik seviyesi için,  $\gamma_{(0.02)} = 0.834 > 0.0776$  olduğundan, dizinin orijinal değerlerinin normal dağılıma uygunluk gösterdiği görülür.

Eğer uygunluk sağlanmasaydı; dizi değerlerine  $\ln(1+Q_i)$  dönüşümü yapılarak, Tablo 4.5.’teki değerler bulunurdu. Oluşan yeni dizinin ortalaması bulunarak, çarpıklık katsayısı elde edilirdi ve tablo değeri ile tekrar kıyaslanırdı.

Normalite şartının gerekli olduğu parametrik bir test olan ardışık bağımlılık sınavasında dönüştürülmüş değerler kullanılırken, diğer non-parametrik testlerde dizinin özgün değerleri kullanılır.

#### 4.1.2. Ardışık Bağımlılık Sınaması

Bu sınamada yıllara ait maksimum akım değerleri yani pik değerler kullanılır. Buna göre Eşitlik (2.4.)’ten yararlanarak;

$$r_{k=1} = \frac{(2930-1867.50)(3122-1867.50) + \dots + (1205-1867.50)(1446-1867.50)}{(2930-1867.50)^2 + \dots + (1446-1867.50)^2}$$

$$r_{k=1} = 0.0375$$

olarak bulunur. Güvenilirlik limitlerini belirlemek maksadıyla, kullanılan iki metottan birisi olan Anderson Metodu kullanılırsa;

$$r_k(\%95) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{44-1-1}}{44-1} = \begin{cases} -0.319 \\ +0.272 \end{cases}$$

Eşitlik (2.9) ile hesaplanan sınırlar tespit edilir.  $-0.319 < r_{k=1} = 0.0398 < +0.272$  durumuna uygun olduğundan dizinin bağımsızlığı ardışık bağımlılık sınavasına göre ispatlanmış olur.



#### 4.1.3. Dönüm Noktaları Sınaması

Bu sınamayı uygulamak için; özgün veri değerleri kullanılarak Eşitlik (2.11)'de ifade edilen şartlar araştırılır. Örneğin;

$i=2$  için;  $2930 < 3122 > 1278$  olduğundan,  $Q_2 = 1$  olur.

$i=3$  için;  $3122 > 1278 > 915$  olduğundan,  $Q_3 = 0$  olur.

$i=4$  için;  $1278 < 915 > 3103$  olduğundan,  $Q_4 = 1$  olur.

Benzer işlemlerin tüm dizi verileri üzerinde uygulanması neticesi ile  $p = 24$  olarak bulunur.

Ortalama ve varyans (2.12) ve (2.13) eşitlikleri yardımıyla,

$$ort = \frac{2}{3} (44-2) = 28$$

$$var = \frac{16 \times 44 - 29}{90} = 7.5$$

olarak hesap edilir. Diğer testlerde kıyaslandığı şekilde (2.14) eşitliğinden;

$$z = \frac{24-28}{\sqrt{7.5}} = -1.46$$

olarak bulunan değer,  $-1.96 < z = -1.46 < 1.96$  şartına uygun olduğundan, örnekteki dizinin dönüm noktaları testine göre bağımsız bir dizi olduğu varsayımı ispatlanmış olur.

#### 4.1.4. Sıra Farklılık Sınaması

Bu sınamaya göre, özgün dizi değerlerinin yerleri değiştirilmeden bir ile  $N$  (örnek büyüklüğü) arasında sıra değerleri tayin edilerek dizi sıra değerlerine dönüştürülür. Böylelikle;

$$i = 2 \text{ için, } U_1 = |741-742| = 1$$

$$i = 3 \text{ için, } U_2 = |742-915| = 173$$

$$i = 4 \text{ için, } U_3 = |915-921| = 6$$

Yukarıdaki hesap şekline göre diğer tüm  $U$  değerleri de hesap edilip tümü toplanırsa;

$$U = 2850$$

olarak bulunur. (2.17) ve (2.18) denklemlerinden ortalama ve varyans;

$$ort = \frac{1}{3} (44+1)(44-1) = 645$$

$$var = \frac{1}{90} (44-2)(44+1)(4 \times 44 - 7) = 3549$$

olarak bulunur. Güvenilirlik limitlerini kontrol etmek maksadıyla;

$$z = \frac{2850-645}{\sqrt{3549}} = 37.013$$

olarak bulunan değer,  $-1.96 < z = 37.013 < 1.96$  durumuna uygun olmadığı için, örnekteki dizinin sıra farklılık sınavına göre bağımsız bir dizi olduğu varsayımı reddedilir.

#### 4.1.5. Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Katsayısı Sınavı

$$D = (741-742)^2 + (742-915)^2 + (915-921)^2 + \dots + (3511-3591)^2 = 427008$$

şeklinde hesaplanarak bulunur.  $r_s$ , yani non-parametrik korelasyon değerinin hesaplanabilmesi için farklı formül çeşitleri bulunmaktadır. Örnekteki verilerin tekrar etme durumu seçilecek olan formül tipini belirlemektedir. İncelediğimiz Palu akım gözlem istasyonu için tekrar durumu bulunmadığından  $r_s$  (2.22) eşitliği yardımıyla;

$$r_s = 1 - \frac{6 \times 427008}{44^3 - 44} = -29.092$$

şeklinde bulunur. Bu değer yardımıyla  $t$  değeri;

$$t = r_s \sqrt{\frac{n-2}{1-r_s^2}} = -29.092 \sqrt{\frac{44-1-2}{1-29.092^2}} = -6.407i$$

şeklinde hesaplanarak bulunur. Bağımlı olmayan veri gruplarının varyansı ise; (2.25) eşitliğinden

$$\text{var}(D) = \frac{(44-1) \cdot 44^2 \cdot (44+1)^2}{36} \cdot \left[ 1 - \frac{0}{44^3 - 44} \right] \left[ 1 - \frac{0}{44^3 - 44} \right] = 4.68 \times 10^6$$

olarak bulunur.

Dizinin bağımlılık durumu, güvenilirlik limitlerini belirlemek için önemlidir. İncelenen dizide  $r_s = -29.092 < 0.05$  olduğundan, güvenilirlik limiti 0.05 olarak alınmalıdır. Bu nedenle bağımsızlık varsayımı reddedilir.

$r_s$  değerinin  $t$  ile  $\text{var}(D)$  arasında olması da güvenilirlik limitlerini belirlemede ikincil bir faktördür. Bu aralıkta da kalmayan  $r_s$  değeri için bağımsızlık varsayımı reddedilir.

**Tablo 4.5.** Palu akım gözlem istasyonuna ait yıllık pik akım verileri ve bağımlılık sınamaları yardımcı değerleri

| <i>m</i> | Yıl  | Pik Debi | $\ln(1+Q_i)$ | Sıra Farklılık | Dönüm Noktaları |
|----------|------|----------|--------------|----------------|-----------------|
| 1        | 1968 | 2930     | 7.983        |                |                 |
| 2        | 1969 | 3122     | 8.047        | 0.064          | 1               |
| 3        | 1970 | 1278     | 7.154        | 0.893          | 0               |
| 4        | 1971 | 915      | 6.820        | 0.334          | 1               |
| 5        | 1972 | 3103     | 8.040        | 1.220          | 1               |
| 6        | 1973 | 1256     | 7.136        | 0.904          | 1               |
| 7        | 1974 | 1510     | 7.321        | 0.185          | 0               |
| 8        | 1975 | 2442     | 7.801        | 0.480          | 0               |
| 9        | 1976 | 3511     | 8.164        | 0.363          | 1               |
| 10       | 1977 | 1922     | 7.562        | 0.602          | 0               |
| 11       | 1978 | 1832     | 7.514        | 0.048          | 0               |
| 12       | 1979 | 1026     | 6.934        | 0.580          | 1               |
| 13       | 1980 | 2202     | 7.698        | 0.764          | 1               |
| 14       | 1981 | 1783     | 7.487        | 0.211          | 1               |
| 15       | 1982 | 2278     | 7.731        | 0.244          | 1               |
| 16       | 1983 | 1178     | 7.072        | 0.659          | 0               |
| 17       | 1984 | 1148     | 7.047        | 0.025          | 1               |
| 18       | 1985 | 2222     | 7.707        | 0.66           | 1               |
| 19       | 1986 | 975      | 6.883        | 0.824          | 1               |
| 20       | 1987 | 2727     | 7.911        | 1.028          | 0               |
| 21       | 1988 | 3591     | 8.186        | 0.275          | 1               |
| 22       | 1989 | 742      | 6.611        | 1.575          | 1               |
| 23       | 1990 | 1656     | 7.413        | 0.802          | 0               |
| 24       | 1991 | 1900     | 7.55         | 0.137          | 0               |
| 25       | 1992 | 2064     | 7.633        | 0.083          | 0               |
| 26       | 1993 | 2715     | 7.907        | 0.274          | 1               |
| 27       | 1994 | 1965     | 7.584        | 0.323          | 1               |
| 28       | 1995 | 2360     | 7.767        | 0.183          | 1               |
| 29       | 1996 | 1255     | 7.136        | 0.631          | 1               |
| 30       | 1997 | 1921     | 7.561        | 0.425          | 0               |
| 31       | 1998 | 2655     | 7.885        | 0.324          | 1               |
| 32       | 1999 | 1570     | 7.359        | 0.526          | 0               |
| 33       | 2000 | 1255     | 7.136        | 0.223          | 1               |
| 34       | 2001 | 1840     | 7.518        | 0.382          | 0               |
| 35       | 2002 | 1860     | 7.529        | 0.011          | 0               |
| 36       | 2003 | 2397     | 7.782        | 0.253          | 1               |
| 37       | 2004 | 2181     | 7.688        | 0.094          | 0               |
| 38       | 2005 | 1124     | 7.026        | 0.662          | 1               |
| 39       | 2006 | 1774     | 7.482        | 0.456          | 1               |
| 40       | 2007 | 1672     | 7.422        | 0.06           | 0               |
| 41       | 2008 | 921      | 6.827        | 0.595          | 0               |
| 42       | 2009 | 741      | 6.609        | 0.218          | 1               |
| 43       | 2010 | 1205     | 7.095        | 0.486          | 0               |
| 44       | 2011 | 1446     | 7.277        | 0.182          |                 |

$p = 24$

Diğer istasyonlara ait değerler Ek-1’de verilmiştir.

Aşağıdaki tabloda çalışmada ele alınan tüm akım gözlem istasyonlarına uygulanan bağımlılık sınama sonuçları ayrıntılı olarak verilmiştir.

**Tablo 4.6.** Bağımlılık sinama sonuçları

| İstasyon Adı | Normalite Sınaması | Oto Korelasyon (z) | Dönüm Noktaları (z) | Sıra Farklılık (z) | Spearman Dizisi (z) |
|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| Palu         | 0.0776 (+)         | 0.0375 (+)         | -1.46 (+)           | 37.013 (-)         | -29.092 (-)         |
| Akkonak      | 0.0905 (+)         | 0.2825 (+)         | 0.181 (+)           | 95.782 (-)         | -251.22 (-)         |
| Tutak        | 0.0780 (+)         | -0.0616(+)         | -0.683 (+)          | 0.248 (+)          | -0.412 (+)          |
| Diyadin      | 0.4432 (+)         | 0.0335 (+)         | -1.571 (+)          | 2.317 (-)          | -2.911 (-)          |
| Malabadi     | 0.1084 (+)         | 0.1808 (+)         | -1.083 (+)          | 15.690 (-)         | -7.271 (-)          |
| Sinan        | 0.1659 (+)         | 0.2656 (+)         | 0.722 (+)           | 124.549 (-)        | -507.797 (-)        |

Sonuç değerleri yanında bulunan (+) ve (-) sembolleri ilgili istasyonun o teste olan uygunluk durumunu ifade etmektedir. Yani; (+) sembolü varsayımın kabulünü, (-) sembolü ise varsayımın reddini göstermektedir.

Görüldüğü gibi sıra farklılık sinamasına göre sadece Tutak İstasyonuna ait dizi bağımsız olup diğerleri bağımsız değildir. Ancak diğer sinamalara göre bağımsızlık varsayımı kabul edildiğinden dizilerin hepsi bağımsız kabul edilebilir.

## 4.2. Frekans Analiz Sonuçları

Palu akım gözlem istasyonuna ait verilere, frekans analizlerinde kullanılan parametre tahmin yöntemlerinden Momentler Yöntemi ve Maksimum Olabilirlik Yöntemi, L Momentler yöntemi ve En Küçük Kareler Yöntemi uygulanarak parametre tahminleri yapılmıştır.

### 4.2.1. Momentler Yöntemi Sonuçları

Bu metod; rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonunun çeşitli parametreleriyle, merkezî istatistik momentler arasındaki bağıntıya dayanır. Söz konusu momentler şu şekilde hesaplanır;

$$\text{Ortalama} \quad \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} = 1867.50$$

$$\text{Varyans} \quad \sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N-1} = 539189.50$$

$$\text{Çarpıklık Katsayısı} \quad \gamma = \frac{m_x^3}{S_x^3} = 0.53$$

$$\text{Kurtosis Sayısı} \quad \kappa = \frac{m_x^4}{S_x^4} = -0.32$$

Bu değerler yardımıyla dağılımların parametreleri elde edilebilir.

a) Normal Dağılım :

$$\mu = 1867.50$$

$$\sigma = 734.30$$

b) Gumbel Dağılımı :

$$\mu = 0.78 \cdot \sigma = 0.78 \cdot 734.30 = 572.75$$

$$\sigma = \bar{X} - 0.5722 \cdot \mu = 1867.50 - 0.5722 \cdot 572.75 = 1539.77$$

c) Gamma Dağılımı :

$$\alpha = \frac{\bar{X}^2}{\sigma^2} = \frac{1867.50^2}{539189.50} = 6.4681$$

$$\beta = \left( \frac{\sigma^2}{\bar{X}} \right) = \left( \frac{539189.50}{1867.50} \right) = 288.72$$

d) Johnson SB Dağılımı :

$$\gamma = 0.86236$$

$$\delta = 1.1497$$

$$\lambda = 4249.1$$

$$\zeta = 406.72$$

Diğer akım gözlem istasyonlarına uygulanan Momentler Yöntemi parametre tahminleri Ek-2’de verilmiştir.

#### 4.2.2. L Momentler Yöntemi Sonuçları

Bu metodun uygulanabilmesi için bazı değişkenlerin hesaplanması gerekmektedir. Bunların başında ise; tarafsız örnek tahminleri gelmektedir. Herhangi bir dağılıma uygulanabilen bu değerler aşığıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$b_0 = \frac{1}{44} \sum_{j=1}^{44} x_j = 1867.50$$

$$b_1 = \sum_{j=1}^{43} \left[ \frac{(44-j)}{44 \cdot (44-1)} \right] x_j = 1143.30$$

$$b_2 = \sum_{j=1}^{42} \left[ \frac{(44-j)(43-j)}{44 \cdot (44-1) \cdot (44-2)} \right] x_j = 840.33$$

$$b_3 = \sum_{j=1}^{42} \left[ \frac{(44-j)(43-j)(42-j)}{44 \cdot (44-1) \cdot (44-2) \cdot (44-3)} \right] x_j = 654.23$$

Tarafsız örnek tahminlerini yukarıdaki gibi hesap edildikten sonra; yine herhangi bir dağılıma uygulanabilen L momentlerin ilk dört momentini aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$L_1 = b_0 = 1867.50$$

$$L_2 = 2b_1 - b_0 = (2 \times 1143.30 - 1867.50) = 419.10$$

$$L_3 = 6b_2 - 6b_1 + b_0 = (6 \times 840.33) - (6 \times 1143.30) + 1867.50 = 49.68$$

$$L_4 = 20b_3 - 30b_2 + 12b_1 - b_0 = (20 \times 654.23) - (30 \times 840.33) + (12 \times 1143.30) - 1867.50 = -273.20$$

Bulunan L momentlere bağlı olarak L momentlerin oranları aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\text{L varyasyon } \tau_2 = \frac{L_2}{L_1} = \frac{419.10}{1867.50} = 0.220$$

$$\text{L çarpıklık } \tau_3 = \frac{L_3}{L_2} = \frac{49.68}{419.10} = 0.120$$

$$\text{L kurtosis } \tau_4 = \frac{L_4}{L_2} = \frac{-273.20}{419.10} = -0.650$$

Bulunan L momentleri ile dağılım parametreleri arasında çeşitli bağıntılar mevcuttur. Bu nedenle her dağılım için farklı değerler bulunur. Bu metodun kullanıldığı Gumbel ve Generalized Pareto dağılımlarının parametreleri şu şekildedir.

a) Gumbel Dağılım :

$$\alpha = \frac{L_2}{\log 2} = \frac{419.10}{0.301} = 1392.36$$

$$\beta = L_1 - \varepsilon \cdot \alpha = 1867.50 - (0.577 \cdot 1392.36) = 1064.11$$

b) Generalized Pareto :  $k = -0.57624$

$$\sigma = 1701.9$$

$$\mu = 787.8$$

Diğer akım gözlem istasyonlarına uygulanan L Momentler yöntemi parametre tahminleri Ek-3'te verilmiştir.

#### 4.2.3. En Çok Olabilirlik Yöntemi Sonuçları

Daha önce de belirtildiği gibi bu yöntem gözlenen dizinin muhtemel benzeri dizilere göre ihtimalinin yüksek olması temeline dayanmaktadır. Palu akım gözlem istasyonuna ait Normal dağılım için parametreler aşağıdaki gibidir.

$$\sigma = 734.30$$

$$\mu = 1867.50$$

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait parametre sonuçları Ek-4'te verilmiştir.

#### 4.2.4. En Küçük Kareler Yöntemi

Daha önce de belirtildiği gibi bu yöntem gözlenen dizinin birbirine bağlı olarak değişen iki fiziksel büyüklük arasındaki matematiksel bağlantıyı, mümkün olduğunca gerçeğe uygun bir denklem olarak yazmak için kullanılan, standart bir regresyon yöntemidir. Bir başka deyişle bu yöntem, ölçüm sonucu elde edilmiş veri noktalarına, mümkün olduğu kadar yakın geçecek bir fonksiyon eğrisi bulmaya dayanmaktadır. Palu akım gözlem istasyonuna ait Weibull dağılım için parametreler aşağıdaki gibidir.

$$\alpha = 2.8798$$

$$\beta = 2051.0$$

**Tablo 4.7.** Palu akım gözlem istasyonu tahmin parametreleri

| Normal            | Gamma             | Gumbel            | Johnson SB                              | Weibull           | Gen. Pareto                     |
|-------------------|-------------------|-------------------|-----------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| $\mu = 1867.50$   | $\alpha = 6.4681$ | $\mu = 1539.77$   | $\gamma = 0.86236$<br>$\delta = 1.1497$ | $\alpha = 2.8798$ | $k = -0.57624$<br>$\mu = 787.8$ |
| $\sigma = 734.30$ | $\beta = 288.72$  | $\sigma = 572.75$ | $\lambda = 4249.1$<br>$\zeta = 406.72$  | $\beta = 2051.0$  | $\sigma = 1701.9$               |

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait parametre sonuçları Ek-2'te verilmiştir.

Çalışmada kullanılan dağılımların parametre tahminleri eldeki paket program yardımıyla bulunmuştur. Bilgisayar programının doğruluğu, çeşitli dağılım ve yöntemler için elle yapılan hesaplar ile kontrol edilmiştir.

Ek-6'da, çalışmamızda kullanılan yöntemlere ait dağılımların parametreleri toplu olarak verilmiştir.

**Tablo 4.8.** Palu akım gözlem istasyonu dağılım verileri

| $x =$<br>debi | $f(x)$ Normal         | $f(x)$ Gamma          | $f(x)$ Gumbel         | $f(x)$<br>Johnson SB  | $f(x)$<br>Weibull      | $f(x)$ Gen.<br>Pareto |
|---------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| 0             | 2.1404E <sup>-5</sup> | 0                     | 1.1078E <sup>-8</sup> | -                     | 0                      | -                     |
| 100           | 2.9985E <sup>-5</sup> | 2.7332E <sup>-8</sup> | 9.7378E <sup>-8</sup> | -                     | 4.7979 E <sup>-6</sup> | -                     |
| 200           | 4.1233E <sup>-5</sup> | 8.5571E <sup>-7</sup> | 5.8750E <sup>-7</sup> | -                     | 1.7639 E <sup>-5</sup> | -                     |
| 300           | 5.5657E <sup>-5</sup> | 5.565E <sup>-6</sup>  | 2.5841E <sup>-6</sup> | -                     | 3.7698 E <sup>-5</sup> | -                     |
| 400           | 7.3748E <sup>-5</sup> | 1.8948E <sup>-5</sup> | 8.7168E <sup>-6</sup> | -                     | 6.4413 E <sup>-5</sup> | -                     |
| 500           | 9.5922E <sup>-5</sup> | 4.5401E <sup>-5</sup> | 2.353E <sup>-5</sup>  | 1.0893E <sup>-5</sup> | 9.7188 E <sup>-5</sup> | -                     |
| 600           | 0.00012247            | 8.702E <sup>-5</sup>  | 5.2676E <sup>-5</sup> | 7.6806E <sup>-5</sup> | 0.0001353              | -                     |
| 700           | 0.0001535             | 0.00014298            | 0.00010078            | 0.00017419            | 0.00017788             | -                     |
| 800           | 0.00018885            | 0.00020988            | 0.00016897            | 0.00027204            | 0.00022383             | 0.0005858             |
| 900           | 0.00022807            | 0.00028265            | 0.00025358            | 0.00035627            | 0.00027191             | 0.00057109            |

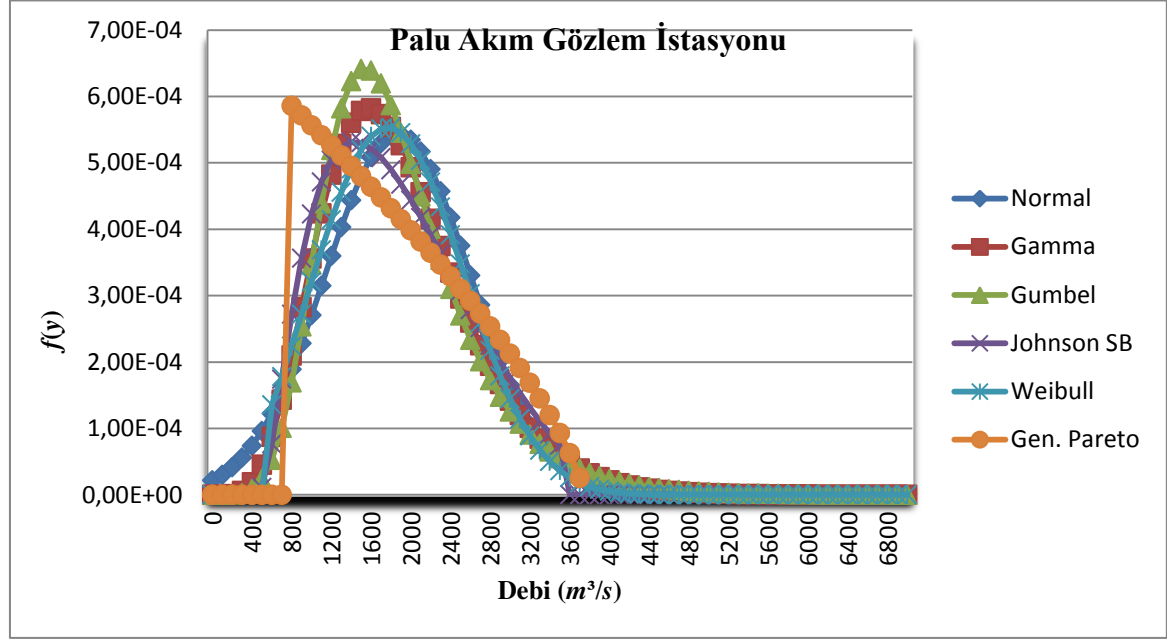
|      |                         |                       |                       |                         |                        |                       |
|------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| 1000 | 0.00027037              | 0.00035567            | 0.00034675            | 0.00042261              | 0.00032068             | 0.00055624            |
| 1100 | 0.00031464              | 0.00042361            | 0.0004385             | 0.00047121              | 0.00036860             | 0.00054124            |
| 1200 | 0.00035942              | 0.00048215            | 0.00051933            | 0.00050393              | 0.00041403             | 0.0005261             |
| 1300 | 0.00040303              | 0.00052826            | 0.00058207            | 0.00052314              | 0.00045533             | 0.00051079            |
| 1400 | 0.00044363              | 0.00056029            | 0.0006229             | 0.00053116              | 0.00049095             | 0.00049532            |
| 1500 | 0.00047934              | 0.00057788            | 0.00064118            | 0.00053012              | 0.00051949             | 0.00047967            |
| 1600 | 0.00050842              | 0.00058168            | 0.00063882            | 0.00052185              | 0.00053981             | 0.00046384            |
| 1700 | 0.00052934              | 0.00057311            | 0.00061926            | 0.00050787              | 0.00055108             | 0.00044781            |
| 1800 | 0.00054101              | 0.00055406            | 0.00058664            | 0.00048948              | 0.00055286             | 0.00043157            |
| 1900 | 0.00054276              | 0.00052667            | 0.00054511            | 0.00046774              | 0.00054515             | 0.0004151             |
| 2000 | 0.00053452              | 0.00049309            | 0.00049837            | 0.00044351              | 0.00052836             | 0.0003984             |
| 2100 | 0.00051673              | 0.00045538            | 0.00044947            | 0.00041753              | 0.00050330             | 0.00038145            |
| 2200 | 0.00049036              | 0.00041536            | 0.00040076            | 0.00039038              | 0.00047116             | 0.00036421            |
| 2300 | 0.00045678              | 0.0003746             | 0.00035391            | 0.00036255              | 0.00043338             | 0.00034668            |
| 2400 | 0.00041768              | 0.00033437            | 0.00031002            | 0.00033445              | 0.00039161             | 0.00032882            |
| 2500 | 0.00037491              | 0.00029563            | 0.00026974            | 0.00030641              | 0.00034754             | 0.00031061            |
| 2600 | 0.00033033              | 0.0002591             | 0.00023337            | 0.00027872              | 0.00030282             | 0.00029200            |
| 2700 | 0.00028571              | 0.00022526            | 0.00020094            | 0.00025160              | 0.00025899             | 0.00027296            |
| 2800 | 0.00024257              | 0.00019437            | 0.00017232            | 0.00022527              | 0.00021733             | 0.00025343            |
| 2900 | 0.00020217              | 0.00016655            | 0.00014728            | 0.00019988              | 0.00017889             | 0.00023333            |
| 3000 | 0.00016539              | 0.00014178            | 0.00012552            | 0.00017559              | 0.00014438             | 0.0002126             |
| 3100 | 0.00013282              | 0.00011997            | 0.00010673            | 0.00015252              | 0.00011421             | 0.0001911             |
| 3200 | 0.00010471              | 0.00010094            | 9.0565E <sup>-5</sup> | 0.00013079              | 8.8510E <sup>-5</sup>  | 0.0001687             |
| 3300 | 8.10261E <sup>-5</sup>  | 8.4471E <sup>-5</sup> | 7.6721E <sup>-5</sup> | 0.00011051              | 6.7179E <sup>-5</sup>  | 0.00014517            |
| 3400 | 6.15481E <sup>-5</sup>  | 7.0337E <sup>-5</sup> | 6.4902E <sup>-5</sup> | 9.1760E <sup>-5</sup>   | 4.9915E <sup>-5</sup>  | 0.00012017            |
| 3500 | 4.58941E <sup>-5</sup>  | 5.8291E <sup>-5</sup> | 5.4840E <sup>-5</sup> | 7.4631E <sup>-5</sup>   | 3.6291E <sup>-5</sup>  | 9.3112E <sup>-5</sup> |
| 3600 | 3.3592E <sup>-5</sup>   | 4.8093E <sup>-5</sup> | 4.6291E <sup>-5</sup> | 5.9199 E <sup>-5</sup>  | 2.5808E <sup>-5</sup>  | 6.2804E <sup>-5</sup> |
| 3700 | 2.4136E <sup>-5</sup>   | 3.9512E <sup>-5</sup> | 3.9042E <sup>-5</sup> | 4.5532 E <sup>-5</sup>  | 1.7944E <sup>-5</sup>  | 2.5383E <sup>-5</sup> |
| 3800 | 1.7023E <sup>-5</sup>   | 3.2333E <sup>-5</sup> | 3.2906E <sup>-5</sup> | 3.3687 E <sup>-5</sup>  | 1.2193E <sup>-5</sup>  | -                     |
| 3900 | 1.1786E <sup>-5</sup>   | 2.6358E <sup>-5</sup> | 2.7717E <sup>-5</sup> | 2.3703 E <sup>-5</sup>  | 8.0926E <sup>-6</sup>  | -                     |
| 4000 | 8.0099E <sup>-6</sup>   | 2.141E <sup>-5</sup>  | 2.3336E <sup>-5</sup> | 1.5598 E <sup>-5</sup>  | 5.2445E <sup>-6</sup>  | -                     |
| 4100 | 5.3437E <sup>-6</sup>   | 1.7332E <sup>-5</sup> | 1.9638E <sup>-5</sup> | 9.3515 E <sup>-6</sup>  | 3.3171E <sup>-6</sup>  | -                     |
| 4200 | 3.4994E <sup>-6</sup>   | 1.3984E <sup>-5</sup> | 1.6521E <sup>-5</sup> | 4.8892 E <sup>-6</sup>  | 2.0466E <sup>-6</sup>  | -                     |
| 4300 | 2.2496E <sup>-6</sup>   | 1.1249E <sup>-5</sup> | 1.3895E <sup>-5</sup> | 2.0566 E <sup>-6</sup>  | 1.2313E <sup>-6</sup>  | -                     |
| 4400 | 1.4195E <sup>-6</sup>   | 9.0215E <sup>-6</sup> | 1.1683E <sup>-5</sup> | 5.8620 E <sup>-7</sup>  | 7.2196E <sup>-7</sup>  | -                     |
| 4500 | 8.793E <sup>-7</sup>    | 7.2149E <sup>-6</sup> | 9.8212E <sup>-6</sup> | 7.0682 E <sup>-8</sup>  | 4.1239E <sup>-7</sup>  | -                     |
| 4600 | 5.3466E <sup>-7</sup>   | 5.7545E <sup>-6</sup> | 8.2548E <sup>-6</sup> | 3.4851 E <sup>-10</sup> | 2.2938E <sup>-7</sup>  | -                     |
| 4700 | 3.1913E <sup>-7</sup>   | 4.5778E <sup>-6</sup> | 6.9371E <sup>-6</sup> | -                       | 1.2417E <sup>-7</sup>  | -                     |
| 4800 | 1.8698E <sup>-7</sup>   | 3.6328E <sup>-6</sup> | 5.8291E <sup>-6</sup> | -                       | 6.5394E <sup>-8</sup>  | -                     |
| 4900 | 1.0754E <sup>-7</sup>   | 2.876E <sup>-6</sup>  | 4.8975E <sup>-6</sup> | -                       | 3.3488E <sup>-8</sup>  | -                     |
| 5000 | 6.0714E <sup>-8</sup>   | 2.2717E <sup>-6</sup> | 4.1145E <sup>-6</sup> | -                       | 1.6667E <sup>-8</sup>  | -                     |
| 5100 | 3.3648E <sup>-8</sup>   | 1.7904E <sup>-6</sup> | 3.4564E <sup>-6</sup> | -                       | 8.0591E <sup>-9</sup>  | -                     |
| 5200 | 1.8305E <sup>-8</sup>   | 1.4081E <sup>-6</sup> | 2.9034E <sup>-6</sup> | -                       | 3.7838E <sup>-9</sup>  | -                     |
| 5300 | 9.7751E <sup>-9</sup>   | 1.1052E <sup>-6</sup> | 2.4388E <sup>-6</sup> | -                       | 1.7243E <sup>-9</sup>  | -                     |
| 5400 | 5.1242E <sup>-9</sup>   | 8.6583E <sup>-7</sup> | 2.0484E <sup>-6</sup> | -                       | 7.6226E <sup>-10</sup> | -                     |
| 5500 | 2.6368E <sup>-9</sup>   | 6.7700E <sup>-7</sup> | 1.7204E <sup>-6</sup> | -                       | 3.2675E <sup>-10</sup> | -                     |
| 5600 | 1.3319E <sup>-9</sup>   | 5.2839E <sup>-7</sup> | 1.4449E <sup>-6</sup> | -                       | 1.3576E <sup>-10</sup> | -                     |
| 5700 | 6.6040E <sup>-10</sup>  | 4.1169E <sup>-7</sup> | 1.2135E <sup>-6</sup> | -                       | 5.4640E <sup>-11</sup> | -                     |
| 5800 | 3.2143E <sup>-10</sup>  | 3.2022E <sup>-7</sup> | 1.0192E <sup>-6</sup> | -                       | 2.1295E <sup>-11</sup> | -                     |
| 5900 | 1.53581E <sup>-10</sup> | 2.4867E <sup>-7</sup> | 8.5591E <sup>-7</sup> | -                       | 8.0323E <sup>-12</sup> | -                     |
| 6000 | 7.2028E <sup>-11</sup>  | 1.9281E <sup>-7</sup> | 7.1880E <sup>-7</sup> | -                       | 2.9310E <sup>-12</sup> | -                     |
| 6100 | 3.3160E <sup>-11</sup>  | 1.4926E <sup>-7</sup> | 6.0365E <sup>-7</sup> | -                       | 1.0342E <sup>-12</sup> | -                     |
| 6200 | 1.4986E <sup>-11</sup>  | 1.1539E <sup>-7</sup> | 5.0693E <sup>-7</sup> | -                       | 3.5268E <sup>-13</sup> | -                     |
| 6300 | 6.6481E <sup>-12</sup>  | 8.9070E <sup>-8</sup> | 4.2571E <sup>-7</sup> | -                       | 1.1618E <sup>-13</sup> | -                     |
| 6400 | 2.8951E <sup>-12</sup>  | 6.8661E <sup>-8</sup> | 3.5750E <sup>-7</sup> | -                       | 3.6959E <sup>-14</sup> | -                     |
| 6500 | 1.2375E <sup>-12</sup>  | 5.2858E <sup>-8</sup> | 3.0022E <sup>-7</sup> | -                       | 1.1347E <sup>-14</sup> | -                     |
| 6600 | 5.1929E <sup>-13</sup>  | 4.0640E <sup>-8</sup> | 2.5211E <sup>-7</sup> | -                       | 3.3606E <sup>-15</sup> | -                     |
| 6700 | 2.1390E <sup>-13</sup>  | 3.1206E <sup>-8</sup> | 2.1171E <sup>-7</sup> | -                       | 9.5972E <sup>-16</sup> | -                     |
| 6800 | 8.6486E <sup>-14</sup>  | 2.3933E <sup>-8</sup> | 1.7779E <sup>-7</sup> | -                       | 2.6415E <sup>-16</sup> | -                     |



|      |                        |                       |                       |   |                        |   |
|------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---|------------------------|---|
| 6900 | 3.4327E <sup>-14</sup> | 1.8334E <sup>-8</sup> | 1.4930E <sup>-7</sup> | - | 7.0040E <sup>-17</sup> | - |
| 7000 | 1.3374E <sup>-14</sup> | 1.4028E <sup>-8</sup> | 1.2537E <sup>-7</sup> | - | 1.7882E <sup>-17</sup> | - |

Not: E<sup>-1</sup>, 10<sup>-1</sup> anlamındadır.

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait dağılım değerleri Ek-3'te verilmiştir.



Şekil 4.2. Palu akım gözlem istasyonu dağılım karşılaştırması

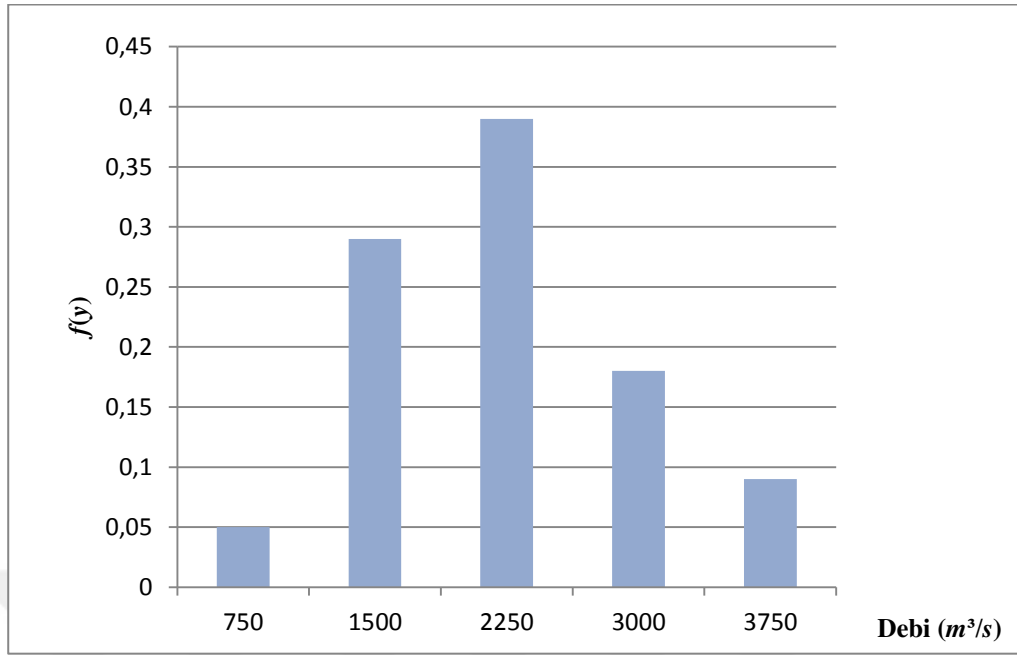
Grafikten de anlaşılabileceği üzere dağılımların uygunluk sırası Gumbel, Gamma, Weibull, Normal, Johnson SB, Gen. Pareto dağılımı olarak görülmektedir. Bu durum, gelecek zamanlarda bölgede yapılması planlanan hidrolik projeler için ön bilgi sunmuş olur.

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait kıyaslama grafikleri Ek-4'te verilmiştir.

Tablo 4.9. Palu akım gözlem istasyonuna ait frekans değerleri

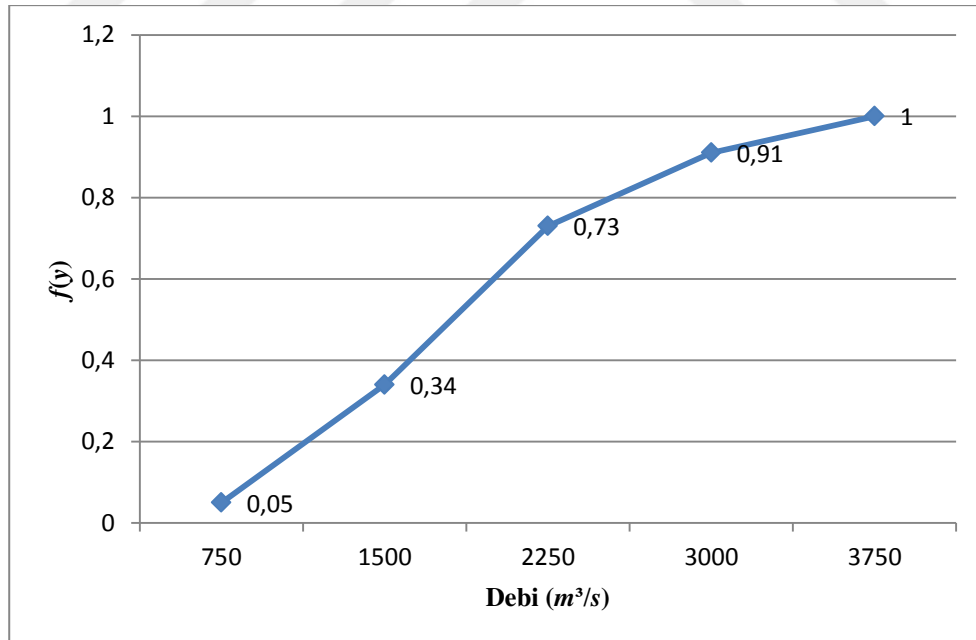
| Aralık | Gözlem Sayısı<br>( $n_i$ ) | Relatif Frekans<br>$f_i = n_i / N$ | Kümülatif Frekans<br>$f(x_i)$ |
|--------|----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| 750    | 2                          | 0.05                               | 0.05                          |
| 1500   | 13                         | 0.29                               | 0.34                          |
| 2250   | 17                         | 0.39                               | 0.73                          |
| 3000   | 8                          | 0.18                               | 0.91                          |
| 3750   | 4                          | 0.09                               | 1.00                          |

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait frekans değerleri Ek-5'te verilmiştir.



Şekil 4.3. Palu akım gözlem istasyonu rölatif frekans histogramı

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait rölatif frekans histogramları Ek-6'da verilmiştir.



Şekil 4.4. Palu akım gözlem istasyonu kümülatif frekans eğrisi

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait kümülatif frekans eğrileri Ek-7'de verilmiştir.

Dağılım tiplerine uygunluk sınamalarını uygulamak için; örnek dizi uzunluğu ne olursa olsun histogramlar;  $m = 1 + 3,3 \cdot \log N$  eşitliğine bağlı olarak tasnif edilip hesap edilmişlerdir. Dağılımların ihtimal hesapları, bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmış ve %90 güven limiti için kontrol yapıp, dağılımın örneğe uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Uygunluk sınamaları neticeleri her istasyon için tablolar ve grafikler halinde gösterilmiştir.

**Tablo 4.10.** Palu akım gözlem istasyonu ki-kare uygunluk sınamaları sonuçları

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer        | Ki-Kare | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|---------------------|---------|-----------|
| Normal       | 0.52068         | 11.668              | 3.2264  | Uygun     |
| Gamma        | 0.83715         | 13.388              | 2.0858  | Uygun     |
| Gumbel       | 0.85355         | 11.668              | 1.3458  | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.94988         | 13.388              | 1.1468  | Uygun     |
| Weibull      | 0.99529         | 13.388              | 0.40125 | Uygun     |
| Gen. Pareto  |                 | Uygulanabilir Değil |         |           |

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait Ki-Kare tabloları Ek-8’de verilmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde dağılımların uyum sırasının Weibull, Johnson SB, Gumbel, Gamma ve Normal dağılım olduğu görülür.

**Tablo 4.11.** Palu akım gözlem istasyonu k-s değerleri

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer | K-S     | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|--------------|---------|-----------|
| Normal       | 0.65396         | 0.22426      | 0.10714 | Uygun     |
| Gamma        | 0.75368         | 0.22426      | 0.09815 | Uygun     |
| Gumbel       | 0.61537         | 0.22426      | 0.11058 | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.95075         | 0.22426      | 0.07482 | Uygun     |
| Weibull      | 0.81490         | 0.22426      | 0.09226 | Uygun     |
| Gen. Pareto  | 0.95412         | 0.22426      | 0.07416 | Uygun     |

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait uygunluk değerleri Ek-9’da tablolar halinde verilmiştir.

**Tablo 4.12.** Palu akım gözlem istasyonu aşılma olasılığı

| <i>m</i> | Yıl  | Debi | Aşılmama | Aşılma | Dönüş Periyodu |
|----------|------|------|----------|--------|----------------|
| 1        | 2009 | 741  | 0.022    | 0.978  | 1.022          |
| 2        | 1989 | 742  | 0.044    | 0.956  | 1.046          |
| 3        | 1971 | 915  | 0.067    | 0.933  | 1.072          |
| 4        | 2008 | 921  | 0.089    | 0.911  | 1.098          |
| 5        | 1986 | 975  | 0.111    | 0.889  | 1.125          |
| 6        | 1979 | 1026 | 0.133    | 0.867  | 1.153          |
| 7        | 2005 | 1124 | 0.156    | 0.844  | 1.185          |
| 8        | 1984 | 1148 | 0.178    | 0.822  | 1.217          |
| 9        | 1983 | 1178 | 0.200    | 0.800  | 1.25           |
| 10       | 2010 | 1205 | 0.222    | 0.778  | 1.285          |
| 11       | 1996 | 1255 | 0.244    | 0.756  | 1.323          |
| 12       | 2000 | 1255 | 0.267    | 0.733  | 1.364          |
| 13       | 1973 | 1256 | 0.289    | 0.711  | 1.406          |
| 14       | 1970 | 1278 | 0.311    | 0.689  | 1.451          |
| 15       | 2011 | 1446 | 0.333    | 0.667  | 1.499          |
| 16       | 1974 | 1510 | 0.356    | 0.644  | 1.553          |
| 17       | 1999 | 1570 | 0.378    | 0.622  | 1.608          |
| 18       | 1990 | 1656 | 0.400    | 0.600  | 1.667          |
| 19       | 2007 | 1672 | 0.422    | 0.578  | 1.730          |
| 20       | 2006 | 1774 | 0.444    | 0.556  | 1.799          |
| 21       | 1981 | 1783 | 0.467    | 0.533  | 1.876          |
| 22       | 1978 | 1832 | 0.489    | 0.511  | 1.957          |
| 23       | 2001 | 1840 | 0.511    | 0.489  | 2.045          |
| 24       | 2002 | 1860 | 0.533    | 0.467  | 2.141          |
| 25       | 1991 | 1900 | 0.556    | 0.444  | 2.252          |
| 26       | 1997 | 1921 | 0.578    | 0.422  | 2.370          |
| 27       | 1977 | 1922 | 0.600    | 0.400  | 2.500          |
| 28       | 1994 | 1965 | 0.622    | 0.378  | 2.646          |
| 29       | 1992 | 2064 | 0.644    | 0.356  | 2.809          |
| 30       | 2004 | 2181 | 0.667    | 0.333  | 3.003          |
| 31       | 1980 | 2202 | 0.689    | 0.311  | 3.215          |
| 32       | 1985 | 2222 | 0.711    | 0.289  | 3.460          |
| 33       | 1982 | 2278 | 0.733    | 0.267  | 3.745          |
| 34       | 1995 | 2360 | 0.756    | 0.244  | 4.098          |
| 35       | 2003 | 2397 | 0.778    | 0.222  | 4.505          |
| 36       | 1975 | 2442 | 0.800    | 0.200  | 5.000          |
| 37       | 1998 | 2655 | 0.822    | 0.178  | 5.618          |
| 38       | 1993 | 2715 | 0.844    | 0.156  | 6.410          |
| 39       | 1987 | 2727 | 0.867    | 0.133  | 7.519          |
| 40       | 1968 | 2930 | 0.889    | 0.111  | 9.009          |
| 41       | 1972 | 3103 | 0.911    | 0.089  | 11.236         |
| 42       | 1969 | 3122 | 0.933    | 0.067  | 14.925         |
| 43       | 1976 | 3511 | 0.956    | 0.044  | 22.727         |
| 44       | 1988 | 3591 | 0.978    | 0.022  | 45.455         |

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait tekerrür (dönüş) periyodu değerleri Ek-10'da verilmiştir.

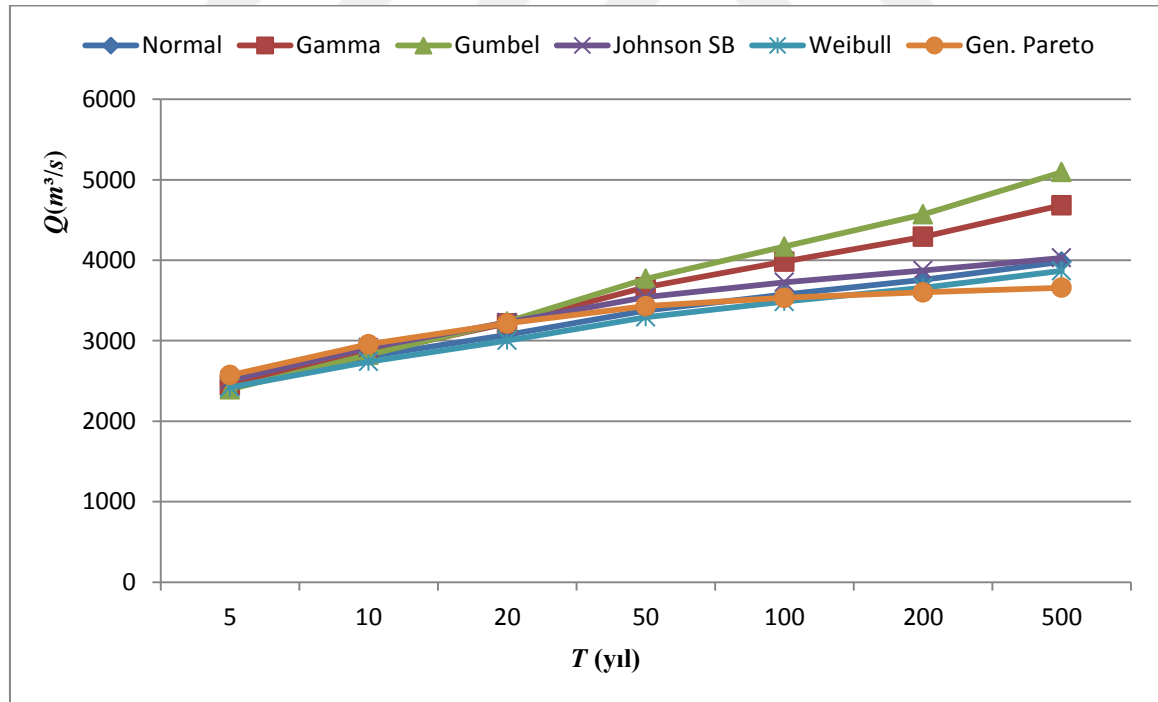
**Tablo 4.13.** Palu akım gözlem istasyonu tahmini taşkın debileri

| <i>T</i>           | 5      | 10     | 20     | 50     | 100    | 200    | 500    |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Normal</b>      | 2485.5 | 2808.5 | 3075.3 | 3375.6 | 3575.7 | 3758.9 | 3980.9 |
| <b>Gamma</b>       | 2441.2 | 2848.5 | 3216.0 | 3664.1 | 3983.7 | 4290.9 | 4682.4 |
| <b>Gumbel</b>      | 2395.8 | 2825.4 | 3237.5 | 3771.0 | 4170.7 | 4569.0 | 5094.5 |
| <b>Johnson SB</b>  | 2512.1 | 2914.3 | 3227.5 | 3543.0 | 3726.6 | 3874.5 | 4028.5 |
| <b>Weibull</b>     | 2419.6 | 2740.0 | 3002.1 | 3293.6 | 3485.6 | 3659.5 | 3867.9 |
| <b>Gen. Pareto</b> | 2572.9 | 2957.6 | 3215.6 | 3431.2 | 3533.3 | 3601.8 | 3659.0 |

Veriler altı dağılımda da hesaplanmış ve üç dağılımda (Normal, Johnson SB ve Weibull dağılımları) bulunan taşkın tahminleri Şekil 4.5.'te gösterildiği gibi birbirine yakın değerler çıkarak uygunluk gösterdiği belirlenmiştir.

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait taşkın debileri Ek-11'de verilmiştir.

Hesaplanan dağılımların birbirlerine yakınlıklarını görebilmek için taşkın tahminleri grafikte gösterilmiştir. Gelecekte yapılması planlanan bir hidrolik yapı için hesaplanmak istenen taşkın debisi için bu üç dağılım kullanarak bulunabilir.



**Şekil 4.5.** Palu akım gözlem istasyonuna ait debi-zaman grafiği

Diğer akım gözlem istasyonlarına ait debi-zaman grafikleri Ek-12'de verilmiştir.

## 5. SONUÇLAR

İnsan yaşamının hayat kaynağı ve medeniyetlerin doğup gelişmesinde birincil etken olan suyun ehemmiyeti, dünyanın hızla artan nüfusu nedeniyle daha da önem arz etmektedir. Bununla birlikte son yüzyılda meydana gelen olaylarla ülkelerin değişen siyasi sınırları beraberinde su kaynaklarının paylaşılama sorunlarını da getirmekte ve dünya gündeminde “Sınır Aşan Sular” problemi önemli bir yer tutmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarından ne şekilde yararlanabileceğimiz mevzu ve üzerlerinde inşa edilecek hidroelektrik tesisler ve sulama tesisleri gibi projelerin ne ölçüde ekonomik olacaklarını belirlemek için istatistik biliminin de yardımıyla frekans analizlerinin yapılması önem teşkil etmektedir.

Bu çalışmada; ülkemiz topraklarından doğup isimlerini, nitelikleri ve oluşturdukları yeryüzü şekillerinden alan ve kaynaklarının çoğunu yine ülkemizden alan Fırat ve Dicle Nehirlerinin en büyük beslenme kollarından olan; Murat ve Batman Alt Havzaları ele alınmıştır. Murat Nehri üzerindeki dört ayrı istasyon olan Palu, Tutak, Akkonak ve Diyadin gözlem istasyonları ile Batman Çayı üzerinde bulunan iki ayrı istasyon olan Malabadi ve Sinan akım gözlem istasyonları verilerinin uç değerleri saptanmıştır. Bu su kaynaklarından etkin ve verimli bir şekilde yararlanabilmek için, yapılması planlanan hidrolik projelerin tasarım aşamalarında hesaplanan bu olası taşkın değerleri göz önüne alınarak gerekli önlemler alınmalıdır.

Veriler, Normal, Gamma, Gumbel, Johnson SB, Weibull ve Generalized Pareto kuramsal olasılık yoğunluk fonksiyonları ile incelenmiştir.

Tüm istasyonlar ayrı ayrı ele alınacak olursa taşkın frekans analizine göre şu sonuçlar elde edilir;

1. Palu istasyonu; Sıra Farklılık ve Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Sınamalarına göre bağımlı, diğer sınamalara göre ise bağımsız çıkmıştır. Ki-Kare ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk sınamasına göre istasyon verileri beş dağılıma da uyum göstermekte Generalized Pareto dağılımı ise Ki-Kare uygunluk sınamasına uygulanamaz durumdadır. Normal, Johnson SB ve Weibull dağılımları birbirlerine yakın değerler vermektedir.

2. Akkonak istasyonu, Sıra Farklılık ve Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Sınamasına göre bağımlı, diğer sınamalara göre ise bağımsız çıkmıştır. Ki-Kare ve Kolmogorov- Smirnov uygunluk sınamalarına göre istasyon verileri üç dağılıma da uyum göstermektedir. Gamma ve Weibull dağılımları birbirlerine yakın değerler vermektedir.
3. Tutak istasyonu, tüm sınamalarda bağımsız çıkmıştır. Ki-Kare ve Kolmogorov- Smirnov uygunluk sınamalarına göre istasyon verileri dört dağılıma da uyum göstermekte Generalized Pareto dağılımı ise Ki-Kare uygunluk sınamasında uygulanamaz durumdadır. Normal ve Weibull dağılımları birbirlerine yakın değerler vermektedir.
4. Diyadin istasyonu, Sıra Farklılık ve Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Sınamalarına göre bağımlı, diğer sınamalara göre ise bağımsız çıkmıştır. Ki-Kare ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk sınamalarına göre istasyon verileri iki dağılıma da uyum göstermekte Generalized Pareto dağılımı ise Ki-Kare uygunluk sınamasında uygulanamaz durumdadır. Gamma ve Gumbel dağılımları birbirlerine yakın değerler vermektedir.
5. Malabadi istasyonu, Sıra Farklılık ve Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Sınamalarına göre bağımlı, diğer sınamalara göre ise bağımsız çıkmıştır. Ki-Kare ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk sınamalarına göre istasyon verileri iki dağılıma da uyum göstermekte Generalized Pareto dağılımı ise Ki-Kare uygunluk sınamasında uygulanamaz durumdadır. Gamma ve Johnson SB dağılımları birbirlerine yakın değerler vermektedir.
6. Sinan istasyonu, Sıra Farklılık ve Spearman Sıralı Dizi Korelasyon Sınamalarına göre bağımlı, diğer sınamalara göre ise bağımsız çıkmıştır. Ki-Kare ve Kolmogorov-Smirnov uygunluk sınamasına göre istasyon verileri üç dağılıma da uyum göstermekte Generalized Pareto dağılımı ise Ki-Kare uygunluk sınamasında uygulanamaz durumdadır. Weibull ve Johnson SB dağılımları birbirlerine yakın değerler vermektedir.

Akım gözlem istasyonlarına ait yıllık ortalama akımların incelendiği tez çalışmamızda ortalama değeri veren Weibull dağılımın Murat Nehri Alt Havzasına; Johnson SB dağılımı ise Batman Çayı Alt Havzasına uygun kuramsal olasılık yoğunluk fonksiyonları olduğu kanısına varılmıştır.





## KAYNAKLAR

- Aksoy, H.**, 2000. Use of Gamma Distribution in Hydrological Analysis, Turk J. Engin Environ Sci, 24, 419 – 428.
- Anderson, R.L.**, 1941 Distribution of the serial correlation coefficients: Annals of Math. Statics, v. 8, no. 1, p.1-13.
- Anlı, A.**, 2003. Giresun İlindeki Aksu Çayı Su Toplama Havzasının Yağmur ve Akış Karakteristikleri Üzerinde Bir Çalışma. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Bargaoui, Z.**, 1994. Comparasion of Some Estimation Methods in Frequency Analysis Journal of Hydraulic Engineering Vol.120, pp.228-235.
- Barger, G.L. ve Thom, H.C.S.**, 1949. Agronomy Journal, 41, 519.
- Bayazıt, M.**, 1981, Hidrolojide İstatistik Yöntemler. Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul, 223s.
- Benyamin, JR., ve Correl, C.A.**, 1970. Probability, Statistics and Decision For Civil Engineers, McGraw-Hill.
- Büyükkaracığan, N.**, 1997 Taşkın Frekans Analizinde Kullanılan Değişik Dağılımların Konya Havzası Yıllık Pik Akım Serilerine Uygulanıp Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Cochran, W.G.**, 1952. "The Chi-square Test of Goodness of Fit". The Anunals of Mathematical Statistics. 23: 315–345.
- DSİ Genel Müdürlüğü**, 2017. Akım Gözlem Yıllığı, DSİ Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü**, 2017. Su Yılı Akım Değerleri. EİEİ. Gnl. Md. Hidrolik Etütler Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Evans, M., Hastings, N. ve Peacock, B.**, 2000. Statistical Distributions (3rd ed.), New York.
- Gumbel, E.J.**, 1958. Statistics of Extremes, Colombia University Press, New York.
- Güneş, H.**, 2006 Murat Nehri Havzasının Su Potansiyeli ve Değerlendirilmesi. Fırat Ü. Fen-Edb. Fak. Coğrafya Bölümü- Doğu Coğrafya Dergisi 16.Sayı.
- Haan, C.**, 1977. Statiscal Methods in Hydrology, The Iowa State University Pres, Ames, Iowa.

- Hakan, M.**, 2008. Kızılırmak Havzasında Taşkın Frekans Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi.
- Haktanır, T.**, 1990. A Few Distributions Compiled Together For Flood Frequency Analysis, Tübitak, Doğa Bilim Dergisi, Seri B, no. 1, s. 146-165.
- Haktanır, T.** 1991. Statistical Modelling of Annual Maximum Flows in Turkish Rivers. Hydrological Sciences Journal, 36(4): 367-389.
- Hosking, J. R. M.; Wallis, J. R.**, 1987. "Parameter and Quantile Estimation for the Generalized Pareto Distribution". Technometrics. 29 (3): 339–349.
- İlhan, M.B.**, 1983. Türkiye’ de Seçilmiş 36 Akım İstasyonu İçin Yıllık Ortalama Akım Miktarlarının Olasılık Dağılımları. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Jiang, R.; Murthy, D.N.P.**, 2011. "A study of Weibull shape parameter: Properties and significance". Reliability Engineering & System Safety. 96 (12): 1619–26.
- Johnson, N.L.**, 1949. "Systems of Frequency Curves Generated by Methods of Translation". Biometrika. 36 (1/2): 149–176.
- Kendall, M.G. ve Stuart, A.**, 1961. Hafner Publishing Company, 2, 676.
- Lukas, E.**, 1942 A Characterization of the normal distribution. Annals of Mathematical Statistics 13: 91–93.
- Marsaglia, G., Tsang, W.W., Wang, J.**, 2003. "Evaluating Kolmogorov's Distribution". Journal of Statistical Software. 8(18): 1–4.
- Mathwave Technologies Data Analysis and Simulation Easy-Fit 5.6 Professional Paket Programı**
- Özdemir, H.**, 1985. Bölgesel Taşkın Frekans Analizi, DSİ Basım, Ankara, s. 19-21.
- Srikanthan, R., Mc Mahon, T.A. and Irish, J.L.**, 1983. Journal of Hydrology, 66, 213.
- Şahin, İ.**, 1981. Uygulamalı İstatistik, 4, 85.
- Tunalı, T. ve Öztürk, A.**, 1979. Uygulamalı İstatistik, 2, 267.
- United Nations**, 2013. 50. Inventory Of Shared Water Resources In Western Asia. United Nations Economic and Social Commission for Western Asia; New York.
- URL-1** [www.abarim-publications.com](http://www.abarim-publications.com) 20 Şubat 2018.

**URL-2** <http://80.251.40.59/science.ankara.edu.tr/ozturk/Dersler/ist202/Ders6/Ders6.pdf>  
10 Mart 2018.

**Vogel, M., ve Femmessey, N.,** 1993. L Moment Diagrams Should Replace Product Moment Diagrams, Water Resources Research, Vol.29, pp.1745-1752.

**Wall, D. ve Engiot, M.,** 1985. Water Resources Bulletin, Vol.21, pp. 459.

**Wang, Q.J.,** 1996. "Direct Sample Estimators of L Moments". Water Resources Research.

**Wolberg, J.,** 2005. Data Analysis Using the Method of Least Squares: Extracting the Most Information from Experiments. Berlin: Springer

**Yevjevich, V.M.,** 1963. Hydrology Papers, 1, 23.

**Yevjevich, V.M.,** 1972. Probability and Statistics in Hydrology, Fort Collins.

**Yıldız, O.,** 2006. Hidrolojide İstatistik Yöntemler, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.

## EKLER

### EK-1

#### Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Bağımlılık Sınamaları Yardımcı Değerleri

Ek\_Tablo 1.1. Akkonak akım gözlem istasyonu bağımlılık sınamaları yardımcı değerleri

| $m$ | Yıl  | Pik Debi | $\ln(1+Q_i)$ | Sıra Farklılık | Dönüm Noktaları |
|-----|------|----------|--------------|----------------|-----------------|
| 1   | 1983 | 838      | 6.73         |                |                 |
| 2   | 1984 | 822      | 6.71         | 0.02           | 1               |
| 3   | 1985 | 1564     | 7.36         | -0.65          | 1               |
| 4   | 1986 | 905      | 6.81         | 0.55           | 1               |
| 5   | 1987 | 2079     | 7.64         | -0.83          | 1               |
| 6   | 1988 | 1774     | 7.48         | 0.16           | 0               |
| 7   | 1996 | 772      | 6.65         | 0.83           | 1               |
| 8   | 1997 | 1163     | 7.06         | -0.41          | 0               |
| 9   | 1998 | 1192     | 7.08         | -0.02          | 1               |
| 10  | 1999 | 772      | 6.65         | 0.43           | 0               |
| 11  | 2000 | 772      | 6.65         | 0              | 0               |
| 12  | 2001 | 789      | 6.67         | -0.02          | 1               |
| 13  | 2002 | 1000     | 6.91         | -0.24          | 0               |
| 14  | 2003 | 1575     | 7.36         | -0.45          | 1               |
| 15  | 2004 | 1384     | 7.23         | 0.13           | 0               |
| 16  | 2005 | 776      | 6.66         | 0.57           | 1               |
| 17  | 2006 | 1168     | 7.06         | -0.4           | 1               |
| 18  | 2007 | 121      | 4.8          | 2.26           | 1               |
| 19  | 2008 | 507      | 6.23         | -1.43          | 1               |
| 20  | 2009 | 318      | 5.77         | 0.46           | 1               |
| 21  | 2010 | 908      | 6.81         | -1.04          |                 |

Ek\_Tablo 1.2. Tutak akım gözlem istasyonu bağımlılık sınamaları yardımcı değerleri

| $m$ | Yıl  | Pik Debi | $\ln(1+Q_i)$ | Sıra Farklılık | Dönüm Noktaları |
|-----|------|----------|--------------|----------------|-----------------|
| 1   | 1962 | 206      | 5.33         |                |                 |
| 2   | 1963 | 517.98   | 6.25         | -0.92          | 1               |
| 3   | 1964 | 392      | 5.97         | 0.28           | 0               |
| 4   | 1965 | 392      | 5.97         | 0              | 0               |
| 5   | 1966 | 479      | 6.17         | -0.2           | 1               |
| 6   | 1967 | 428      | 6.06         | 0.11           | 1               |
| 7   | 1968 | 517.98   | 6.25         | -0.19          | 0               |
| 8   | 1969 | 783      | 6.66         | -0.41          | 1               |
| 9   | 1970 | 343      | 5.84         | 0.82           | 0               |
| 10  | 1971 | 239      | 5.48         | 0.36           | 1               |
| 11  | 1972 | 488      | 6.19         | -0.71          | 0               |
| 12  | 1973 | 563      | 6.34         | -0.15          | 1               |
| 13  | 1974 | 248      | 5.52         | 0.82           | 1               |
| 14  | 1975 | 844      | 6.74         | -1.22          | 0               |
| 15  | 1976 | 904      | 6.81         | -0.07          | 1               |
| 16  | 1977 | 418      | 6.04         | 0.77           | 1               |
| 17  | 1978 | 588      | 6.38         | -0.34          | 1               |

|    |      |     |      |       |   |
|----|------|-----|------|-------|---|
| 18 | 1979 | 367 | 5.91 | 0.47  | 1 |
| 19 | 1980 | 575 | 6.36 | -0.45 | 0 |
| 20 | 1981 | 738 | 6.61 | -0.25 | 1 |
| 21 | 1982 | 674 | 6.51 | 0.1   | 0 |
| 22 | 1983 | 392 | 5.97 | 0.54  | 1 |
| 23 | 1984 | 456 | 6.12 | -0.15 | 0 |
| 24 | 1985 | 840 | 6.73 | -0.61 | 1 |
| 25 | 1986 | 463 | 6.14 | 0.59  | 1 |
| 26 | 1987 | 975 | 6.88 | -0.74 | 1 |
| 27 | 1988 | 881 | 6.78 | 0.1   | 0 |
| 28 | 1989 | 135 | 4.91 | 1.87  | 1 |
| 29 | 1990 | 555 | 6.32 | -1.41 | 1 |
| 30 | 1991 | 491 | 6.2  | 0.12  | 1 |
| 31 | 1992 | 526 | 6.27 | -0.07 | 0 |
| 32 | 1993 | 647 | 6.47 | -0.2  | 1 |
| 33 | 1994 | 400 | 5.99 | 0.48  | 1 |
| 34 | 1995 | 614 | 6.42 | -0.43 | 1 |
| 35 | 1996 | 395 | 5.98 | 0.44  | 1 |
| 36 | 1997 | 620 | 6.43 | -0.45 | 1 |
| 37 | 1998 | 455 | 6.12 | 0.31  | 0 |
| 38 | 1999 | 300 | 5.71 | 0.41  | 1 |
| 39 | 2000 | 349 | 5.86 | -0.15 | 0 |
| 40 | 2001 | 415 | 6.03 | -0.17 | 0 |
| 41 | 2002 | 450 | 6.11 | -0.08 | 0 |
| 42 | 2003 | 731 | 6.6  | -0.49 | 1 |
| 43 | 2004 | 279 | 5.63 | 0.97  | 1 |
| 44 | 2005 | 479 | 6.17 | -0.54 | 0 |
| 45 | 2006 | 566 | 6.34 | -0.17 | 0 |
| 46 | 2007 | 668 | 6.51 | -0.17 | 1 |
| 47 | 2008 | 263 | 5.58 | 0.93  | 1 |
| 48 | 2009 | 321 | 5.77 | -0.19 | 0 |
| 49 | 2010 | 986 | 6.89 | -1.12 | 1 |
| 50 | 2011 | 542 | 6.3  | 0.59  | 1 |

**Ek\_Tablo 1.3.** Diyadin akım gözlem istasyonu bağımlılık sınamaları yardımcı değerleri

| <i>m</i> | Yıl  | Pik Debi | $\ln(1+Q_i)$ | Sıra Farklılık | Dönüm Noktaları |
|----------|------|----------|--------------|----------------|-----------------|
| 1        | 1970 | 27       | 3.33         |                |                 |
| 2        | 1971 | 60       | 4.11         | -0.78          | 1               |
| 3        | 1972 | 50.41    | 3.94         | 0.17           | 0               |
| 4        | 1973 | 50.41    | 3.94         | 0              | 0               |
| 5        | 1974 | 19       | 3            | 0.94           | 1               |
| 6        | 1975 | 32       | 3.5          | -0.5           | 0               |
| 7        | 1987 | 115      | 4.75         | -1.25          | 1               |
| 8        | 1988 | 53       | 3.99         | 0.76           | 0               |
| 9        | 1989 | 18       | 2.94         | 1.05           | 1               |
| 10       | 1990 | 160      | 5.08         | -2.14          | 1               |
| 11       | 1991 | 84       | 4.44         | 0.64           | 0               |
| 12       | 1992 | 41       | 3.74         | 0.7            | 0               |
| 13       | 1993 | 37.4     | 3.65         | 0.09           | 0               |
| 14       | 1994 | 22.6     | 3.16         | 0.49           | 1               |
| 15       | 1995 | 32       | 3.5          | -0.34          | 0               |
| 16       | 1996 | 41       | 3.74         | -0.24          | 1               |
| 17       | 1997 | 28       | 3.37         | 0.37           | 1               |
| 18       | 1998 | 36.5     | 3.62         | -0.25          |                 |

**Ek\_Tablo 1.4.** Malabadi akım gözlem istasyonu bağımlılık sınamaları yardımcı değerleri

| <i>m</i> | Yıl  | Pik Debi | $\ln(1+Q_i)$ | Sıra Farklılık | Dönüm Noktaları |
|----------|------|----------|--------------|----------------|-----------------|
| 1        | 1961 | 497      | 6.21         |                |                 |
| 2        | 1962 | 1039     | 6.95         | -0.74          | 0               |
| 3        | 1963 | 1108.88  | 7.01         | -0.06          | 0               |
| 4        | 1964 | 1108.88  | 7.01         | 0              | 0               |
| 5        | 1965 | 645      | 6.47         | 0.54           | 1               |
| 6        | 1966 | 1766     | 7.48         | -1.01          | 1               |
| 7        | 1967 | 1156     | 7.05         | 0.43           | 1               |
| 8        | 1968 | 2300     | 7.74         | -0.69          | 1               |
| 9        | 1969 | 1729     | 7.46         | 0.28           | 0               |
| 10       | 1970 | 912      | 6.82         | 0.64           | 0               |
| 11       | 1971 | 897      | 6.8          | 0.02           | 1               |
| 12       | 1972 | 2411     | 7.79         | -0.99          | 1               |
| 13       | 1973 | 463      | 6.14         | 1.65           | 1               |
| 14       | 1974 | 1461     | 7.29         | -1.15          | 0               |
| 15       | 1975 | 1482     | 7.3          | -0.01          | 0               |
| 16       | 1976 | 1482     | 7.3          | 0              | 0               |
| 17       | 1977 | 959      | 6.87         | 0.43           | 1               |
| 18       | 1978 | 1611     | 7.39         | -0.52          | 0               |
| 19       | 1979 | 2660     | 7.89         | -0.5           | 1               |
| 20       | 1980 | 1841     | 7.52         | 0.37           | 0               |
| 21       | 1981 | 1629     | 7.4          | 0.12           | 0               |
| 22       | 1982 | 1236     | 7.12         | 0.28           | 0               |
| 23       | 1983 | 707      | 6.56         | 0.56           | 1               |
| 24       | 1984 | 1975     | 7.59         | -1.03          | 1               |
| 25       | 1985 | 784      | 6.67         | 0.92           | 1               |
| 26       | 1986 | 1088     | 6.99         | -0.32          | 0               |
| 27       | 1987 | 1904     | 7.55         | -0.56          | 0               |
| 28       | 1988 | 2125     | 7.66         | -0.11          | 1               |
| 29       | 1989 | 419      | 6.04         | 1.62           | 1               |
| 30       | 1990 | 1508     | 7.32         | -1.28          | 1               |
| 31       | 1991 | 1151     | 7.05         | 0.27           | 0               |
| 32       | 1992 | 936      | 6.84         | 0.21           | 1               |
| 33       | 1993 | 1114     | 7.02         | -0.18          | 1               |
| 34       | 1994 | 448      | 6.11         | 0.91           | 1               |
| 35       | 1995 | 1110     | 7.01         | -0.9           | 1               |
| 36       | 1996 | 764      | 6.64         | 0.37           | 1               |
| 37       | 1997 | 889      | 6.79         | -0.15          | 0               |
| 38       | 1998 | 1343     | 7.2          | -0.41          | 1               |
| 39       | 1999 | 1015     | 6.92         | 0.28           | 0               |
| 40       | 2000 | 455      | 6.12         | 0.8            | 1               |
| 41       | 2001 | 1400     | 7.24         | -1.12          | 1               |
| 42       | 2002 | 752      | 6.62         | 0.62           | 0               |
| 43       | 2003 | 553      | 6.32         | 0.3            | 1               |
| 44       | 2004 | 605      | 6.41         | -0.09          | 1               |
| 45       | 2005 | 533      | 6.28         | 0.13           | 1               |
| 46       | 2006 | 1041     | 6.95         | -0.67          | 1               |
| 47       | 2007 | 533      | 6.28         | 0.67           | 0               |
| 48       | 2008 | 533      | 6.28         | 0              | 0               |
| 49       | 2009 | 509      | 6.23         | 0.05           | 1               |
| 50       | 2010 | 1061     | 6.97         | -0.74          | 1               |
| 51       | 2011 | 893      | 6.8          | 0.17           | 1               |
| 52       | 2012 | 1108.88  | 7.01         | -0.21          | 1               |
| 53       | 2013 | 525      | 6.27         | 0.74           | 0               |
| 54       | 2014 | 337      | 5.82         | 0.45           | 1               |
| 55       | 2015 | 476      | 6.17         | -0.35          |                 |

**Ek\_Tablo 1.5.** Sinan akım gözlem istasyonu bağımlılık sınamaları yardımcı değerleri

| $m$ | Yıl  | Pik Debi | $\ln(1+Q_i)$ | Sıra Farklılık | Dönüm Noktaları |
|-----|------|----------|--------------|----------------|-----------------|
| 1   | 1946 | 1421     | 7.26         |                |                 |
| 2   | 1947 | 946      | 6.85         | 0.41           | 1               |
| 3   | 1948 | 1536     | 7.34         | -0.49          | 1               |
| 4   | 1949 | 1327     | 7.19         | 0.15           | 1               |
| 5   | 1950 | 1603     | 7.38         | -0.19          | 1               |
| 6   | 1951 | 840      | 6.73         | 0.65           | 1               |
| 7   | 1952 | 1857     | 7.53         | -0.8           | 1               |
| 8   | 1953 | 1241     | 7.12         | 0.41           | 1               |
| 9   | 1954 | 1278     | 7.15         | -0.03          | 1               |
| 10  | 1955 | 1010     | 6.92         | 0.23           | 1               |
| 11  | 1956 | 1080     | 6.99         | -0.07          | 0               |
| 12  | 1957 | 2063     | 7.63         | -0.64          | 1               |
| 13  | 1958 | 1137     | 7.04         | 0.59           | 0               |
| 14  | 1959 | 516      | 6.25         | 0.79           | 1               |
| 15  | 1960 | 940      | 6.85         | -0.6           | 1               |
| 16  | 1961 | 304      | 5.72         | 1.13           | 1               |
| 17  | 1962 | 1180     | 7.07         | -1.35          | 0               |
| 18  | 1963 | 2806     | 7.94         | -0.87          | 0               |
| 19  | 1964 | 2806     | 7.94         | 0              | 0               |
| 20  | 1965 | 1476     | 7.3          | 0.64           | 1               |
| 21  | 1966 | 2750     | 7.92         | -0.62          |                 |

**EK-2****Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Frekans Dağılım Yardımcı Değerleri****Ek\_Tablo 2.1.** Akım gözlem istasyonlarına ait parametre yardımcı değerleri

|          | Ortalama  | Varyans      | Çarpıklık Katsayısı | Kurtosis Katsayısı |
|----------|-----------|--------------|---------------------|--------------------|
|          | $\bar{X}$ | $(\sigma^2)$ | $(\gamma)$          | $(\kappa)$         |
| Akkonak  | 1009.48   | 222807.3     | 0.4474              | 0.30307            |
| Tutak    | 517.98    | 40631.41     | 0.5688              | -0.0967            |
| Diyadin  | 50.41     | 1322.77      | 2.0564              | 4.3631             |
| Malabadi | 1108.88   | 312942.1     | 0.8270              | 0.1736             |
| Sinan    | 1434.14   | 479879.1     | 0.8199              | 0.2796             |

**Ek 2.2 Akım gözlem istasyonlarına ait tahmin parametreleri****Ek\_Tablo 2.2.a.** Akkonak akım gözlem istasyonu tahmin parametreleri

| Normal            | Gamma             | Weibull           |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| $\mu = 1009.5$    | $\alpha = 4.5736$ | $\alpha = 1.6855$ |
| $\sigma = 472.02$ | $\beta = 220.72$  | $\beta = 1145.8$  |

**Ek\_Tablo 2.2.b.** Tutak akım gözlem istasyonu tahmin parametreleri

| Normal            | Gamma             | Johnson SB                             | Weibull           | Gen. Pareto                      |
|-------------------|-------------------|----------------------------------------|-------------------|----------------------------------|
| $\mu = 517.98$    | $\alpha = 6.6033$ | $\gamma = 1.1514$<br>$\delta = 1.3786$ | $\alpha = 2.8587$ | $k = -0.54165$<br>$\mu = 228.93$ |
| $\sigma = 201.57$ | $\beta = 78.442$  | $\lambda = 1392.0$<br>$\zeta = 71.261$ | $\beta = 571.29$  | $\sigma = 445.61$                |

**Ek\_Tablo 2.2.c.** Diyadin akım gözlem istasyonu tahmin parametreleri

| Gamma             | Gumbel            | Johnson SB                               |
|-------------------|-------------------|------------------------------------------|
| $\alpha = 1.9208$ | $\mu = 34.038$    | $\gamma = 1.65270$<br>$\delta = 0.62145$ |
| $\beta = 20.242$  | $\sigma = 28.358$ | $\lambda = 223.43$<br>$\zeta = 21.183$   |

**Ek\_Tablo 2.2.d.** Malabadi akım gözlem istasyonu tahmin parametreleri

| Gamma             | Johnson SB                             | Gen. Pareto                      |
|-------------------|----------------------------------------|----------------------------------|
| $\alpha = 3.9292$ | $\gamma = 1.1714$<br>$\delta = 1.0328$ | $k = -0.37361$<br>$\mu = 367.39$ |
| $\beta = 282.21$  | $\lambda = 3269.9$<br>$\zeta = 199.58$ | $\sigma = 1018.5$                |

**Ek\_Tablo 2.2.e.** Sinan akım gözlem istasyonu tahmin parametreleri

| Normal            | Johnson SB                             | Weibull           | Gen. Pareto                     |
|-------------------|----------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| $\mu = 1434.1$    | $\gamma = 1.3201$<br>$\delta = 1.1558$ | $\alpha = 2.0642$ | $k = -0.35982$<br>$\mu = 528.3$ |
| $\sigma = 692.73$ | $\lambda = 4487.5$<br>$\zeta = 218.31$ | $\beta = 1574.7$  | $\sigma = 1231.8$               |



### EK-3

#### Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Dağılım Verileri

**Ek\_Tablo 3.1.** Akkonak akım gözlem istasyonu dağılım verileri

| $x = \text{debi}$ | $f(x)$ Normal          | $f(x)$ Gamma          | $f(x)$ Weibull        |
|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|
| 0                 | 8.5860E <sup>-5</sup>  | 0                     | 0                     |
| 100               | 0.00013207             | 0.000013192           | 0.00027198            |
| 200               | 0.00019424             | 0.000099842           | 0.00042178            |
| 300               | 0.00027313             | 0.00027029            | 0.00052884            |
| 400               | 0.00036722             | 0.00048035            | 0.00060346            |
| 500               | 0.00047203             | 0.00067781            | 0.00065077            |
| 600               | 0.00058014             | 0.00082663            | 0.00067465            |
| 700               | 0.00068172             | 0.00091156            | 0.00067868            |
| 800               | 0.00076591             | 0.00093382            | 0.00066625            |
| 900               | 0.00082274             | 0.00090427            | 0.00064069            |
| 1000              | 0.00084500             | 0.00083763            | 0.00060510            |
| 1100              | 0.00082977             | 0.00074853            | 0.00056238            |
| 1200              | 0.00077906             | 0.00064936            | 0.00051510            |
| 1300              | 0.00069934             | 0.00054947            | 0.00046548            |
| 1400              | 0.00060022             | 0.00045519            | 0.00041541            |
| 1500              | 0.00049254             | 0.00037026            | 0.00036639            |
| 1600              | 0.00038644             | 0.00029642            | 0.00031957            |
| 1700              | 0.00028989             | 0.00023401            | 0.00027579            |
| 1800              | 0.00020792             | 0.00018246            | 0.00023561            |
| 1900              | 0.00014258             | 0.00014071            | 0.00019933            |
| 2000              | 0.000093483            | 0.00010744            | 0.00016705            |
| 2100              | 0.000058602            | 0.000081306           | 0.00013874            |
| 2200              | 0.000035124            | 0.000061031           | 0.00011421            |
| 2300              | 0.000026128            | 0.000045475           | 0.000093209           |
| 2400              | 0.000011028            | 0.000033656           | 0.000075439           |
| 2500              | 5.7773E <sup>-6</sup>  | 0.000024754           | 0.000060560           |
| 2600              | 2.8936E <sup>-6</sup>  | 0.000018103           | 0.000048229           |
| 2700              | 1.3857E <sup>-6</sup>  | 0.000013169           | 0.000038110           |
| 2800              | 6.3447E <sup>-7</sup>  | 9.5333E <sup>-6</sup> | 0.000029884           |
| 2900              | 2.7775E <sup>-7</sup>  | 6.8697E <sup>-6</sup> | 0.000023258           |
| 3000              | 1.1626E <sup>-7</sup>  | 4.9293E <sup>-6</sup> | 0.000017968           |
| 3100              | 4.6524E <sup>-8</sup>  | 3.523E <sup>-6</sup>  | 0.000013781           |
| 3200              | 1.7801E <sup>-8</sup>  | 2.5085E <sup>-6</sup> | 0.000010494           |
| 3300              | 6.5121E <sup>-9</sup>  | 1.7800E <sup>-6</sup> | 7.935E <sup>-6</sup>  |
| 3400              | 2.2778E <sup>-9</sup>  | 1.2589E <sup>-6</sup> | 5.9586E <sup>-6</sup> |
| 3500              | 7.6174E <sup>-10</sup> | 8.8756E <sup>-7</sup> | 4.4439E <sup>-6</sup> |
| 3600              | 2.4356E <sup>-10</sup> | 6.2396E <sup>-7</sup> | 3.292E <sup>-6</sup>  |
| 3700              | 7.4459E <sup>-11</sup> | 4.3743E <sup>-7</sup> | 2.4224E <sup>-6</sup> |
| 3800              | 2.1764E <sup>-11</sup> | 3.0587E <sup>-7</sup> | 1.7708E <sup>-6</sup> |
| 3900              | 6.0823E <sup>-12</sup> | 2.1335E <sup>-7</sup> | 1.2861E <sup>-6</sup> |
| 4000              | 1.6252E <sup>-12</sup> | 1.4846E <sup>-7</sup> | 9.281E <sup>-7</sup>  |

**Ek\_Tablo 3.2.** Tutak akım gözlem istasyonu dağılım verileri

| $x = \text{debi}$ | $f(x)$ Normal   | $f(x)$ Gamma   | $f(x)$ Johnson SB | $f(x)$ Weibull   | $f(x)$ Gen. Pareto |
|-------------------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|--------------------|
| 0                 | 0.000072876     | 0              | -                 | 0                | -                  |
| 100               | 0.00023056      | 0.000040051    | $3.2876E^{-6}$    | 0.00019477       | -                  |
| 200               | 0.00057031      | 0.00054417     | 0.00064121        | 0.00067676       | -                  |
| 300               | 0.0011          | 0.00147        | 0.00159           | 0.00129          | 0.00208            |
| 400               | 0.00167         | 0.00207        | 0.00196           | 0.0018           | 0.00184            |
| 500               | 0.00197         | 0.00202        | 0.00185           | 0.00197          | 0.0016             |
| 600               | 0.00182         | 0.00157        | 0.0015            | 0.00173          | 0.00135            |
| 700               | 0.00132         | 0.00104        | 0.00108           | 0.00122          | 0.00109            |
| 800               | 0.00074373      | 0.00061289     | 0.00069708        | 0.00068227       | 0.00082353         |
| 900               | 0.00032850      | 0.00033140     | 0.00039740        | 0.00029771       | 0.00053645         |
| 1000              | 0.00011344      | 0.00016715     | 0.00019198        | 0.000099802      | 0.00021557         |
| 1100              | 0.000030627     | 0.000079687    | 0.000072241       | 0.000025237      | -                  |
| 1200              | $6.4648E^{-6}$  | 0.000036264    | 0.000017583       | $4.722E^{-6}$    | -                  |
| 1300              | $1.0669E^{-6}$  | 0.000015871    | $1.6636E^{-6}$    | $6.4101E^{-7}$   | -                  |
| 1400              | $1.3766E^{-7}$  | $6.719E^{-6}$  | $5.5777E^{-9}$    | $6.1883E^{-8}$   | -                  |
| 1500              | $1.3887E^{-8}$  | $2.7641E^{-6}$ | -                 | $4.1637E^{-9}$   | -                  |
| 1600              | $1.0953E^{-9}$  | $1.1091E^{-6}$ | -                 | $1.9135E^{-10}$  | -                  |
| 1700              | $6.7537E^{-11}$ | $4.3535E^{-7}$ | -                 | $5.88855E^{-12}$ | -                  |
| 1800              | $3.2559E^{-12}$ | $1.676E^{-7}$  | -                 | $1.1874E^{-13}$  | -                  |
| 1900              | $1.2272E^{-13}$ | $6.3417E^{-8}$ | -                 | $1.5398E^{-15}$  | -                  |

**Ek\_Tablo 3.3.** Diyardın akım gözlem istasyonu dağılım verileri

| $x = \text{debi}$ | $f(x)$ Gamma | $f(x)$ Gumbel | $f(x)$ Johnson SB |
|-------------------|--------------|---------------|-------------------|
| 0                 | 0            | 0.00423       | -                 |
| 10                | 0.01105      | 0.00797       | -                 |
| 20                | 0.01429      | 0.01122       | -                 |
| 30                | 0.01418      | 0.01284       | 0.02771           |
| 40                | 0.01263      | 0.01271       | 0.01418           |
| 50                | 0.01059      | 0.01136       | 0.00886           |
| 60                | 0.00856      | 0.00946       | 0.00612           |
| 70                | 0.00674      | 0.00749       | 0.00449           |
| 80                | 0.00521      | 0.00572       | 0.00342           |
| 90                | 0.00396      | 0.00427       | 0.00269           |
| 100               | 0.00298      | 0.00312       | 0.00215           |
| 110               | 0.00222      | 0.00226       | 0.00175           |
| 120               | 0.00165      | 0.00162       | 0.00144           |
| 130               | 0.00121      | 0.00116       | 0.00119           |
| 140               | 0.00088563   | 0.00082069    | 0.00099485        |
| 150               | 0.00064468   | 0.00058091    | 0.00082949        |
| 160               | 0.00046737   | 0.00041032    | 0.00069042        |
| 170               | 0.0003376    | 0.00028939    | 0.00057145        |
| 180               | 0.0002409    | 0.00020390    | 0.00046792        |
| 190               | 0.00017454   | 0.00014355    | 0.00037624        |
| 200               | 0.00012500   | 0.00010101    | 0.00029348        |

**Ek\_Tablo 3.4.** Malabadi akım gözlem istasyonu dağılım verileri

| $x = \text{debi}$ | $f(x)$ Gamma | $f(x)$ Johnson SB     | $f(x)$ Gen. Pareto    |
|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| 0                 | 0            | -                     | -                     |
| 100               | 0.000021668  | -                     | -                     |
| 200               | 0.00011586   | 6.5292E <sup>-5</sup> | -                     |
| 300               | 0.00026648   | 0.00024116            | -                     |
| 400               | 0.00043425   | 0.00056417            | 0.00096221            |
| 500               | 0.00058576   | 0.00073975            | 0.00090307            |
| 600               | 0.00070109   | 0.00080827            | 0.00084546            |
| 700               | 0.00077266   | 0.00081407            | 0.00078939            |
| 800               | 0.00080162   | 0.00078508            | 0.00073488            |
| 900               | 0.00079418   | 0.00073774            | 0.00068195            |
| 1000              | 0.00075869   | 0.00068159            | 0.000630064           |
| 1100              | 0.00070376   | 0.00062221            | 0.00058095            |
| 1200              | 0.00063713   | 0.00056281            | 0.00053293            |
| 1300              | 0.00056515   | 0.00050527            | 0.00048659            |
| 1400              | 0.00049267   | 0.00045058            | 0.00044197            |
| 1500              | 0.00042309   | 0.00039927            | 0.00039909            |
| 1600              | 0.00035863   | 0.00035156            | 0.00035800            |
| 1700              | 0.00030053   | 0.00030748            | 0.00031873            |
| 1800              | 0.00024929   | 0.00026699            | 0.00028132            |
| 1900              | 0.00020493   | 0.00022995            | 0.00024582            |
| 2000              | 0.0001671    | 0.00019621            | 0.00021228            |
| 2100              | 0.00013525   | 0.00016562            | 0.00018075            |
| 2200              | 0.00010875   | 0.00013803            | 0.00015130            |
| 2300              | 0.000086916  | 0.00011328            | 0.00012400            |
| 2400              | 0.000069080  | 0.000091249           | 0.000098934           |
| 2500              | 0.000054626  | 0.000071823           | 0.000076204           |
| 2600              | 0.000042994  | 0.000054902           | 0.000055930           |
| 2700              | 0.000033692  | 0.000040408           | 0.000038264           |
| 2800              | 0.000026297  | 0.000028273           | 0.000023407           |
| 2900              | 0.000020448  | 0.000018442           | 0.000011644           |
| 3000              | 0.000015845  | 0.000010857           | 3.4419E <sup>-6</sup> |

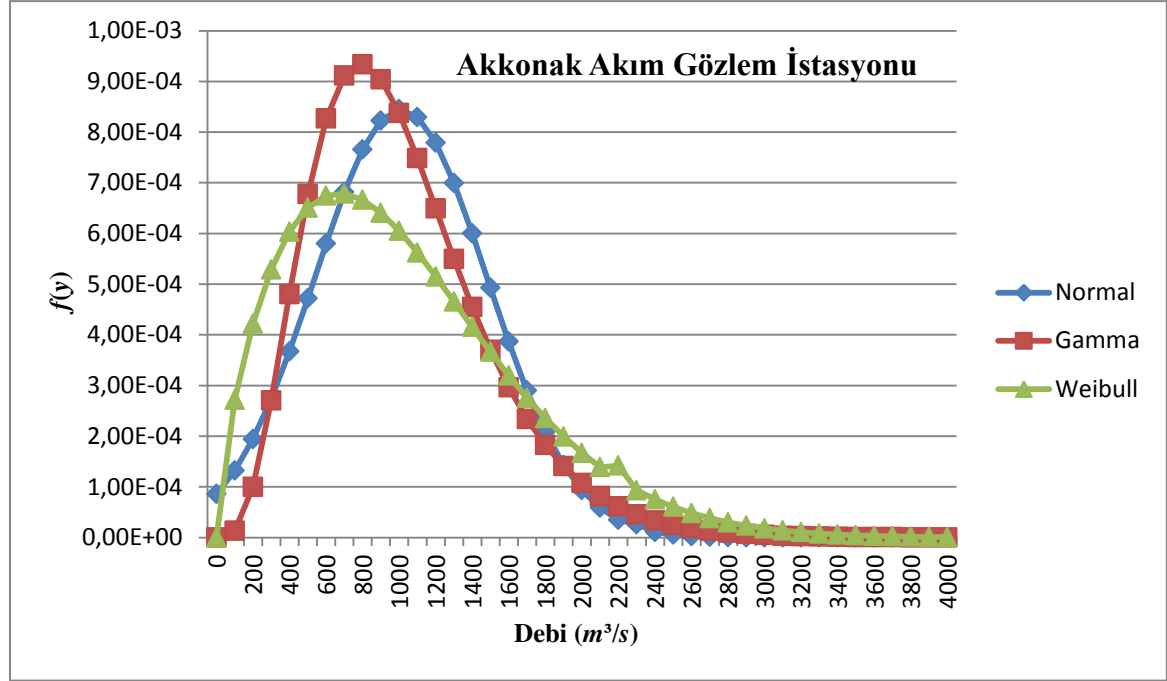
**Ek\_Tablo 3.5.** Sinan akım gözlem istasyonu dağılım verileri

| $x = \text{debi}$ | $f(x)$ Normal | $f(x)$ Johnson SB | $f(x)$ Weibull | $f(x)$ Gen. Pareto |
|-------------------|---------------|-------------------|----------------|--------------------|
| 0                 | 0.000067554   | -                 | 0              | -                  |
| 100               | 0.000090140   | -                 | 0.000069507    | -                  |
| 200               | 0.0001178     | -                 | 0.00014378     | -                  |
| 300               | 0.00015076    | 0.000025747       | 0.00021730     | -                  |
| 400               | 0.00018898    | 0.00017176        | 0.00028743     | -                  |
| 500               | 0.00023200    | 0.00034283        | 0.00035209     | -                  |
| 600               | 0.00027893    | 0.00047795        | 0.00040957     | 0.00078182         |
| 700               | 0.00032844    | 0.00056751        | 0.00045853     | 0.00074080         |
| 800               | 0.00037877    | 0.00061786        | 0.00049800     | 0.00070076         |
| 900               | 0.00042780    | 0.00063825        | 0.00052738     | 0.00066169         |
| 1000              | 0.00047321    | 0.00063700        | 0.00054648     | 0.00062360         |
| 1100              | 0.00051265    | 0.00062072        | 0.00055544     | 0.00058651         |
| 1200              | 0.00054392    | 0.00059439        | 0.00055476     | 0.00055042         |
| 1300              | 0.00056520    | 0.00056165        | 0.00054522     | 0.00051534         |
| 1400              | 0.00057520    | 0.00052515        | 0.00052784     | 0.00048127         |
| 1500              | 0.00057330    | 0.00048679        | 0.00050378     | 0.00044823         |
| 1600              | 0.00055962    | 0.00044792        | 0.00047435     | 0.00041622         |

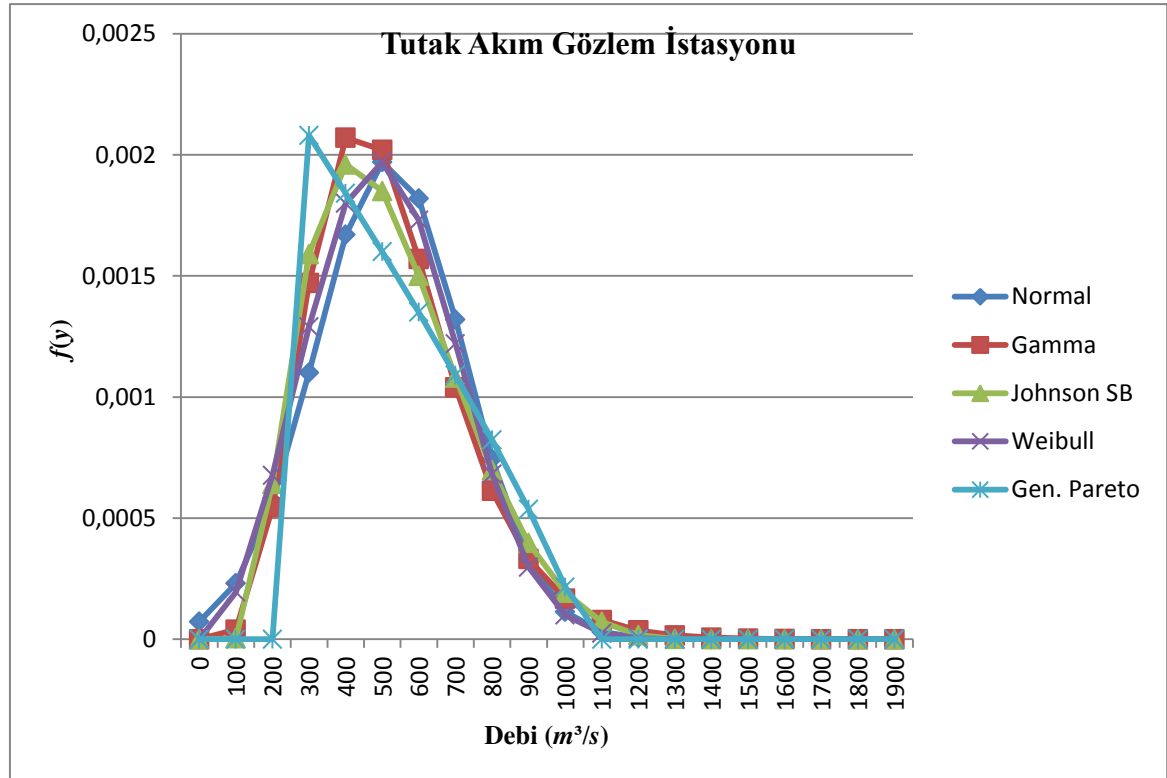
|      |                       |                       |                       |                       |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1700 | 0.00053501            | 0.00040949            | 0.00044085            | 0.00038525            |
| 1800 | 0.00050093            | 0.00037215            | 0.00040458            | 0.00035534            |
| 1900 | 0.00045935            | 0.00033633            | 0.00036680            | 0.00032649            |
| 2000 | 0.00041253            | 0.00030234            | 0.00032860            | 0.00029872            |
| 2100 | 0.00036284            | 0.00027033            | 0.00029096            | 0.00027203            |
| 2200 | 0.00031256            | 0.00024040            | 0.00025471            | 0.00024644            |
| 2300 | 0.00026369            | 0.00021259            | 0.00022048            | 0.00022197            |
| 2400 | 0.00021788            | 0.00018688            | 0.00018874            | 0.00019863            |
| 2500 | 0.00017631            | 0.00016324            | 0.00015982            | 0.00017643            |
| 2600 | 0.00013973            | 0.00014162            | 0.00013386            | 0.00015539            |
| 2700 | 0.00010846            | 0.00012194            | 0.00011093            | 0.00013553            |
| 2800 | 0.000082446           | 0.00010413            | 0.000090955           | 0.00011686            |
| 2900 | 0.000061381           | 0.000088092           | 0.000073794           | 0.000099424           |
| 3000 | 0.000044755           | 0.00007375            | 0.000059246           | 0.000083231           |
| 3100 | 0.000031960           | 0.000061011           | 0.000047073           | 0.000068313           |
| 3200 | 0.000022352           | 0.000049787           | 0.000037016           | 0.000054700           |
| 3300 | 0.00001531            | 0.000039988           | 0.000028809           | 0.000042430           |
| 3400 | 0.000010271           | 0.000031526           | 0.000022193           | 0.000031546           |
| 3500 | 6.7478E <sup>-6</sup> | 0.000024313           | 0.000016922           | 0.000022100           |
| 3600 | 4.3419E <sup>-6</sup> | 0.000018259           | 0.000012772           | 0.000014158           |
| 3700 | 2.7361E <sup>-6</sup> | 0.000013275           | 9.5426E <sup>-6</sup> | 7.8062E <sup>-6</sup> |
| 3800 | 1.6887E <sup>-6</sup> | 9.2704E <sup>-6</sup> | 7.0577E <sup>-6</sup> | 3.1699E <sup>-6</sup> |
| 3900 | 1.0207E <sup>-6</sup> | 6.1497E <sup>-6</sup> | 5.1674E <sup>-6</sup> | 4.6613E <sup>-6</sup> |
| 4000 | 6.0427E <sup>-7</sup> | 3.8144E <sup>-6</sup> | 3.7454E <sup>-6</sup> | -                     |

#### EK – 4

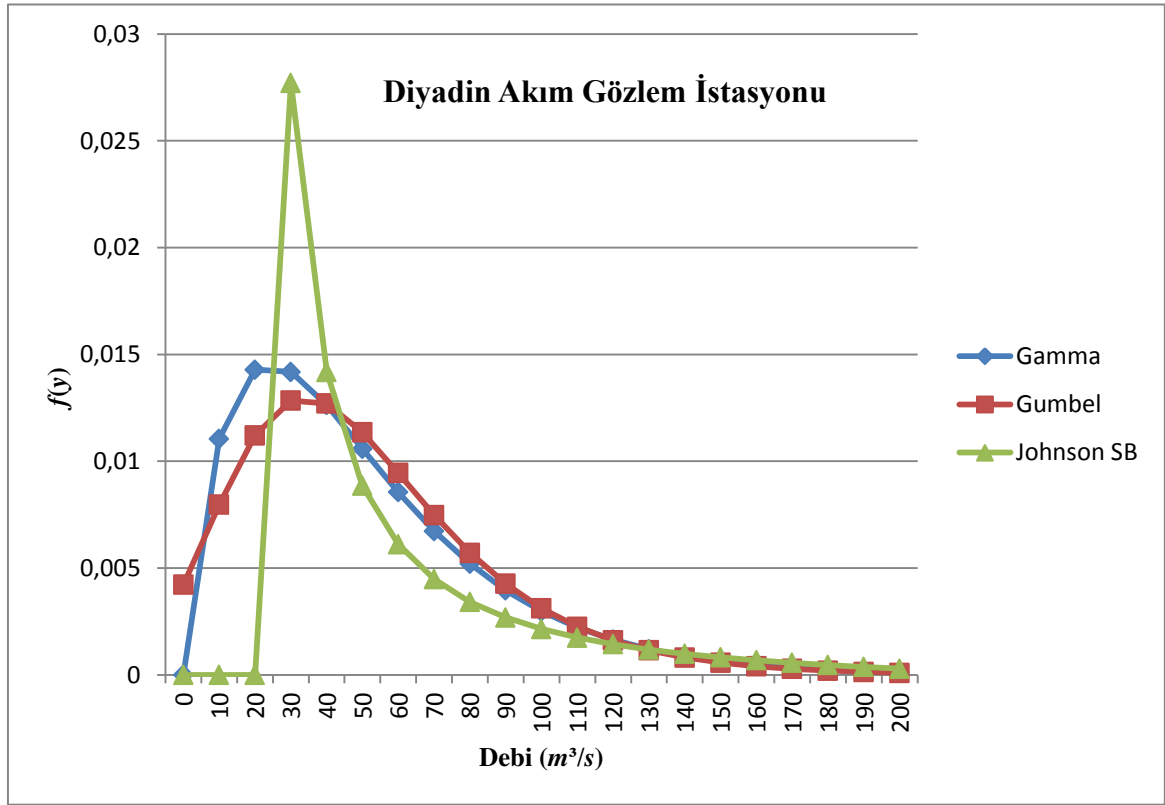
#### Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Dağılım Karşılaştırmaları



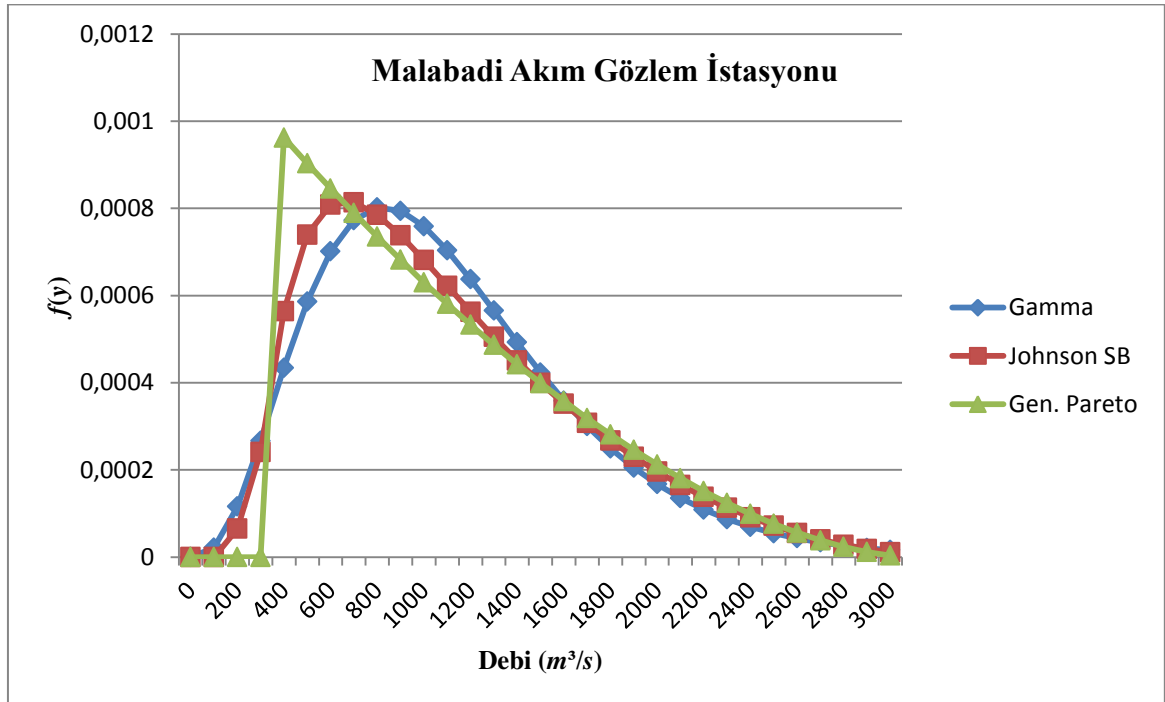
Ek\_Şekil 4.1. Akkonak gözlem istasyonlarına ait dağılım karşılaştırması



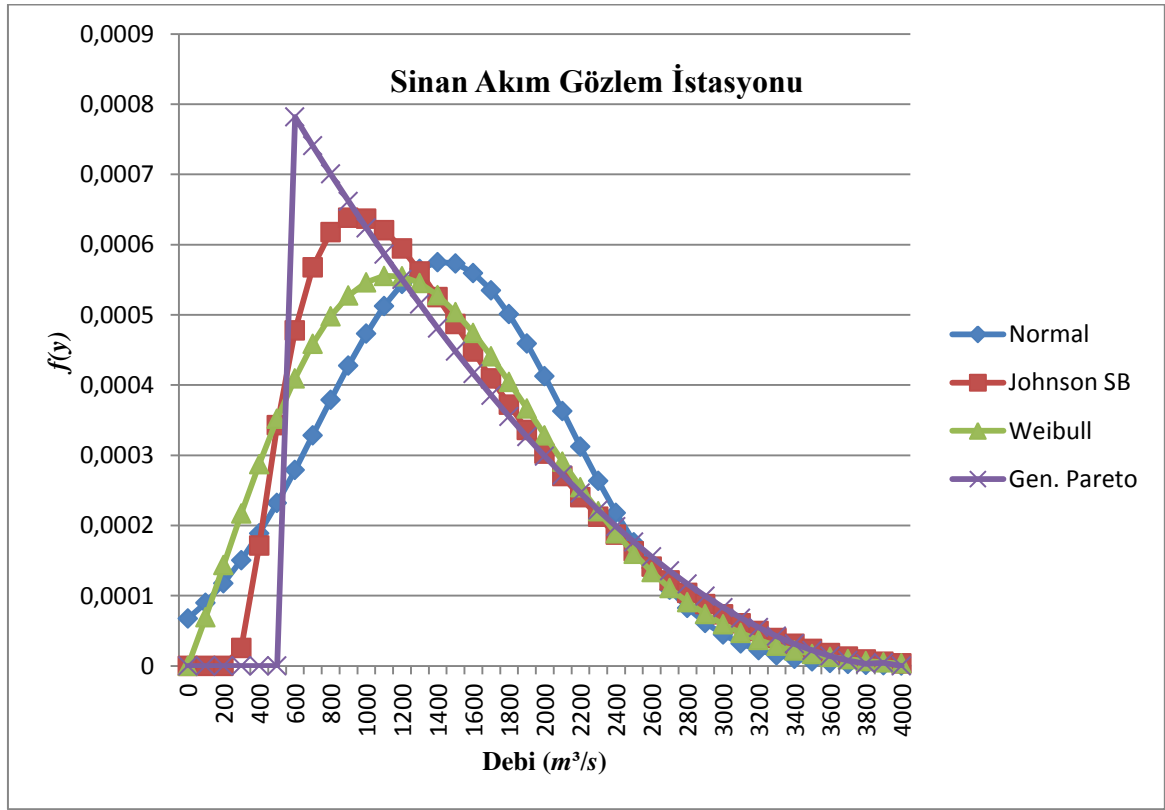
Ek\_Şekil 4.2. Tutak gözlem istasyonlarına ait dağılım karşılaştırması



Ek\_Şekil 4.3. Diyadin gözlem istasyonlarına ait dağılım karşılaştırması



Ek\_Şekil 4.4. Malabadi gözlem istasyonlarına ait dağılım karşılaştırması



**Ek\_Şekil 4.5.** Sinan gözlem istasyonlarına ait dağılım karşılaştırması

**EK – 5****Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Frekans Değerleri****Ek\_Tablo 5.1.** Akkonak gözlem istasyonlarına ait frekans değerleri

| Aralık | Gözlem Sayısı | Rölatif Frekans | Kümülatif Frekans |
|--------|---------------|-----------------|-------------------|
|        | $(n_i)$       | $f_i = n_i / N$ | $f(x_i)$          |
| 500    | 2             | 0.10            | 0.10              |
| 900    | 8             | 0.38            | 0.48              |
| 1300   | 6             | 0.29            | 0.77              |
| 1700   | 3             | 0.14            | 0.91              |
| 2100   | 2             | 0.09            | 1.00              |

**Ek\_Tablo 5.2.** Tutak gözlem istasyonlarına ait frekans değerleri

| Aralık | Gözlem Sayısı | Rölatif Frekans | Kümülatif Frekans |
|--------|---------------|-----------------|-------------------|
|        | $(n_i)$       | $f_i = n_i / N$ | $f(x_i)$          |
| 165    | 1             | 0.02            | 0.02              |
| 330    | 7             | 0.14            | 0.16              |
| 495    | 19            | 0.38            | 0.54              |
| 660    | 12            | 0.24            | 0.78              |
| 825    | 5             | 0.10            | 0.88              |
| 990    | 6             | 0.12            | 1.00              |

**Ek\_Tablo 5.3.** Diyardin gözlem istasyonlarına ait frekans değerleri

| Aralık | Gözlem Sayısı | Rölatif Frekans | Kümülatif Frekans |
|--------|---------------|-----------------|-------------------|
|        | $(n_i)$       | $f_i = n_i / N$ | $f(x_i)$          |
| 32     | 7             | 0.39            | 0.39              |
| 64     | 8             | 0.44            | 0.83              |
| 96     | 1             | 0.06            | 0.89              |
| 128    | 1             | 0.06            | 0.95              |
| 160    | 1             | 0.05            | 1.00              |

**Ek\_Tablo 5.4.** Malabadi gözlem istasyonlarına ait frekans değerleri

| Aralık | Gözlem Sayısı | Rölatif Frekans | Kümülatif Frekans |
|--------|---------------|-----------------|-------------------|
|        | $(n_i)$       | $f_i = n_i / N$ | $f(x_i)$          |
| 450    | 3             | 0.06            | 0.06              |
| 900    | 19            | 0.35            | 0.41              |
| 1350   | 17            | 0.31            | 0.72              |
| 1800   | 9             | 0.16            | 0.88              |
| 2250   | 4             | 0.07            | 0.95              |
| 2700   | 3             | 0.05            | 1.00              |

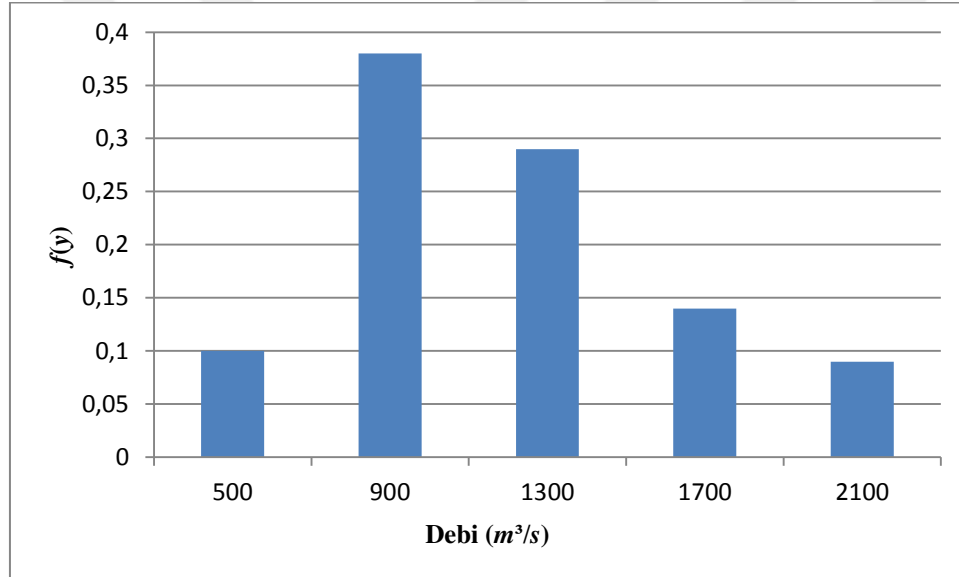


**Ek\_Tablo 5.5.** Sinan gözlem istasyonlarına ait frekans değerleri

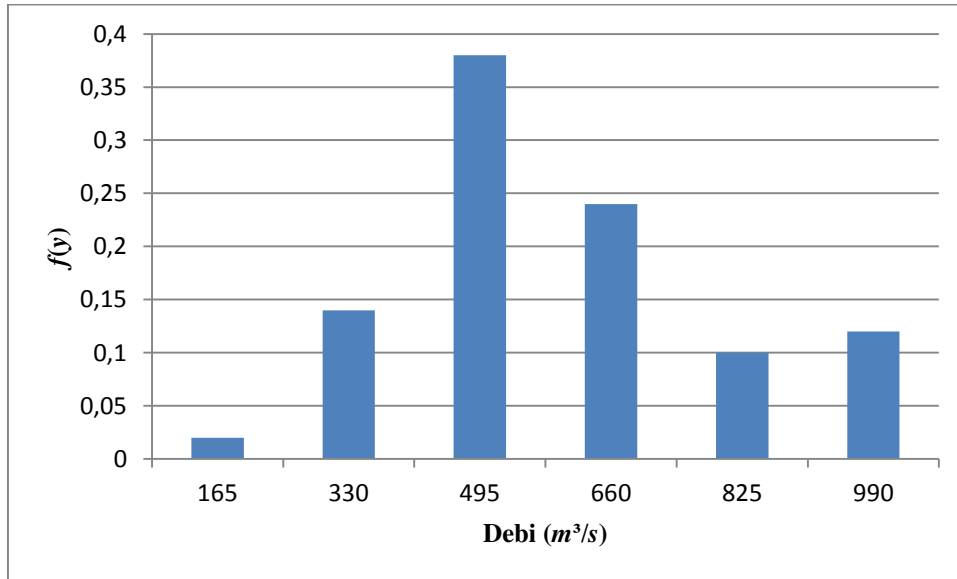
| Aralık | Gözlem Sayısı | Rölatif Frekans | Kümülatif Frekans |
|--------|---------------|-----------------|-------------------|
|        | $(n_i)$       | $f_i = n_i / N$ | $f(x_i)$          |
| 562    | 2             | 0.09            | 0.09              |
| 1124   | 5             | 0.24            | 0.33              |
| 1686   | 9             | 0.43            | 0.76              |
| 2248   | 2             | 0.10            | 0.86              |
| 2810   | 3             | 0.14            | 1.00              |

## EK – 6

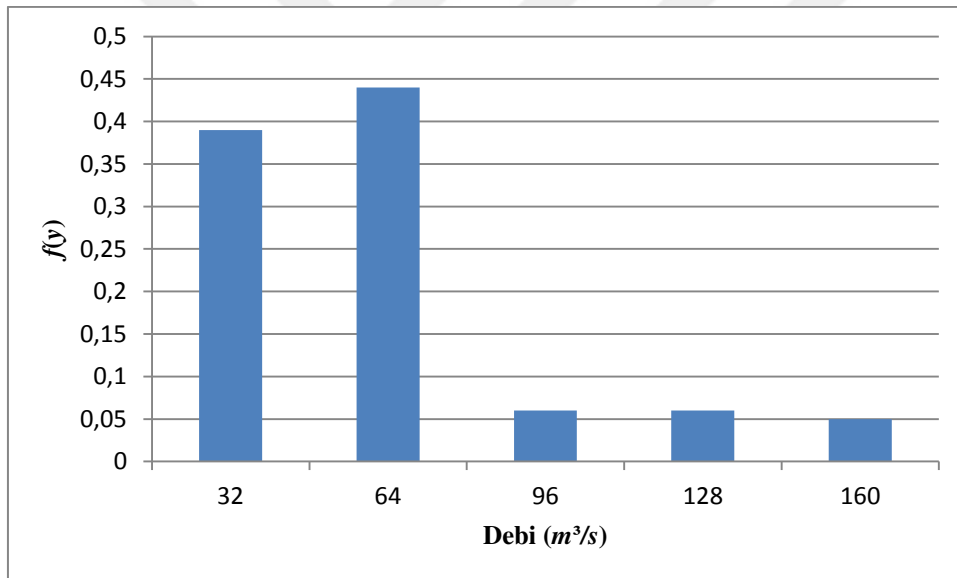
### Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Rölatif Frekans Histogramları



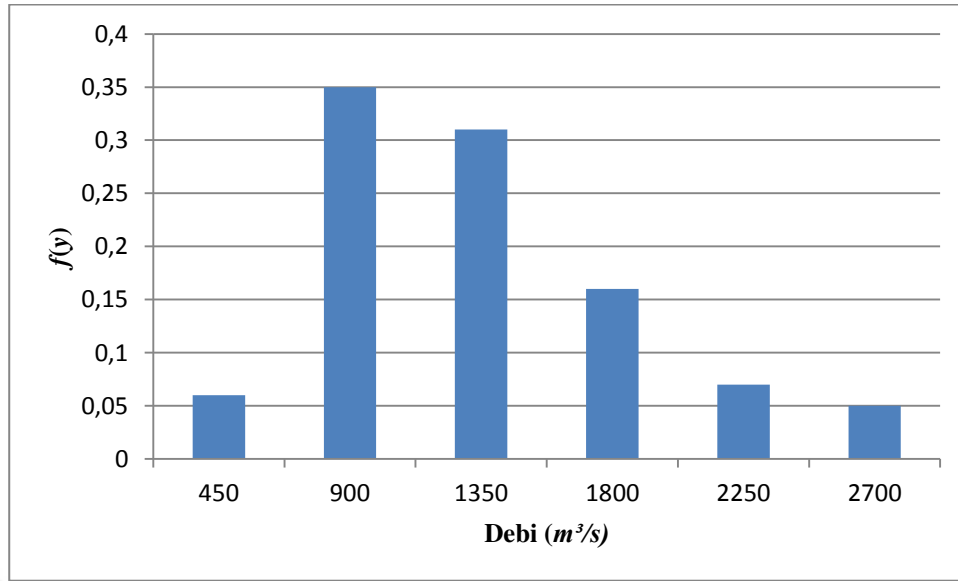
**Ek\_Şekil 6.1.** Akkonak gözlem istasyonu rölatif frekans histogramı



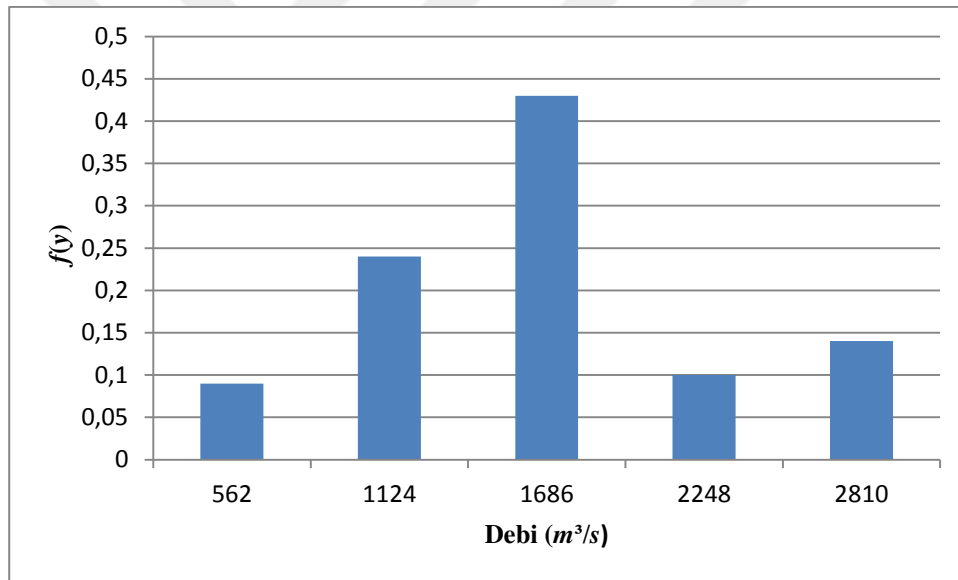
**Ek\_Şekil 6.2.** Tutak gözlem istasyonu rölatif frekans histogramı



**Ek\_Şekil 6.3.** Diyadin gözlem istasyonu rölatif frekans histogramı



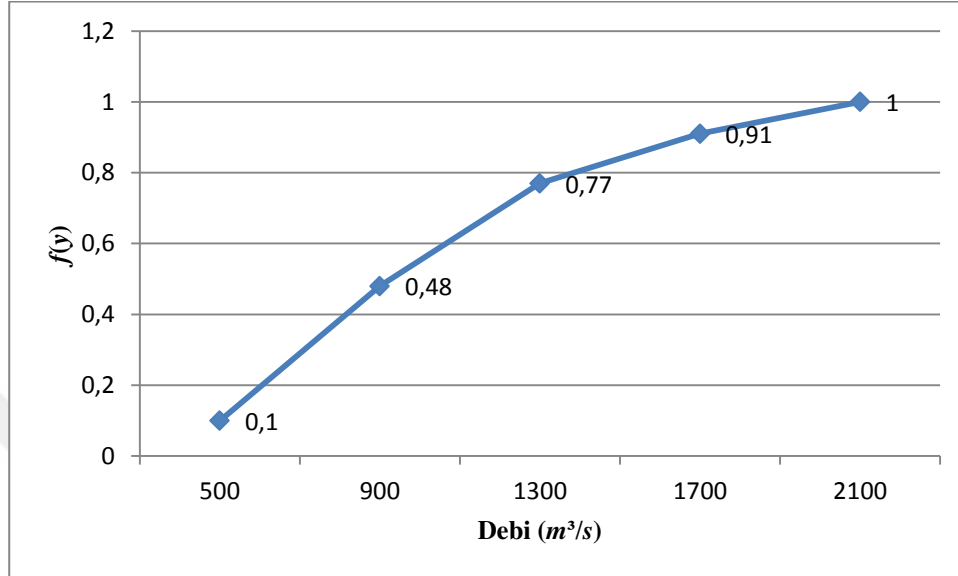
**Ek\_Şekil 6.4.** Malabadi gözlem istasyonu rölatif frekans histogramı



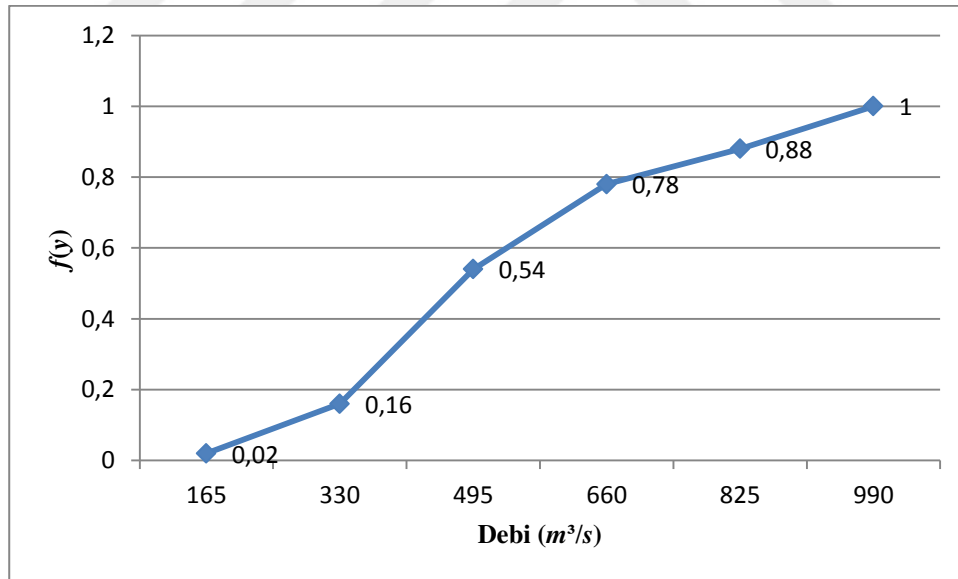
**Ek\_Şekil 6.5.** Sinan gözlem istasyonu rölatif frekans histogramı

## EK – 7

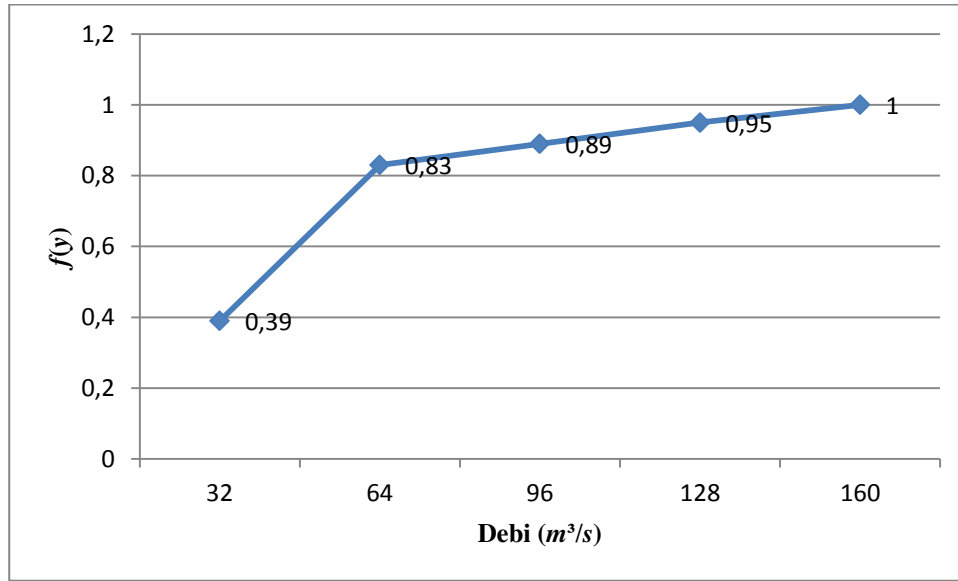
### Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Kümülatif Frekans Eğrileri



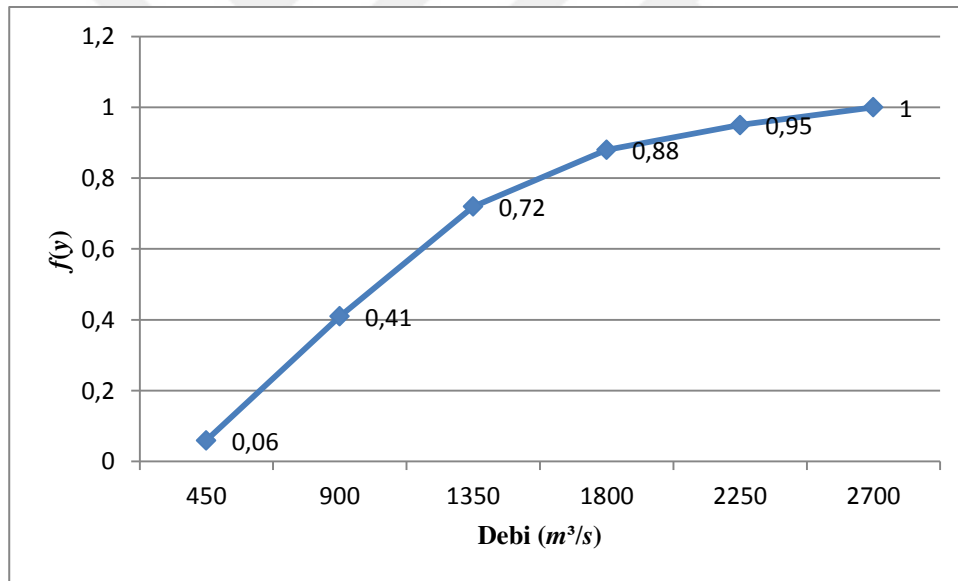
Ek\_Şekil 7.1. Akkonak gözlem istasyonu kümülatif frekans eğrisi



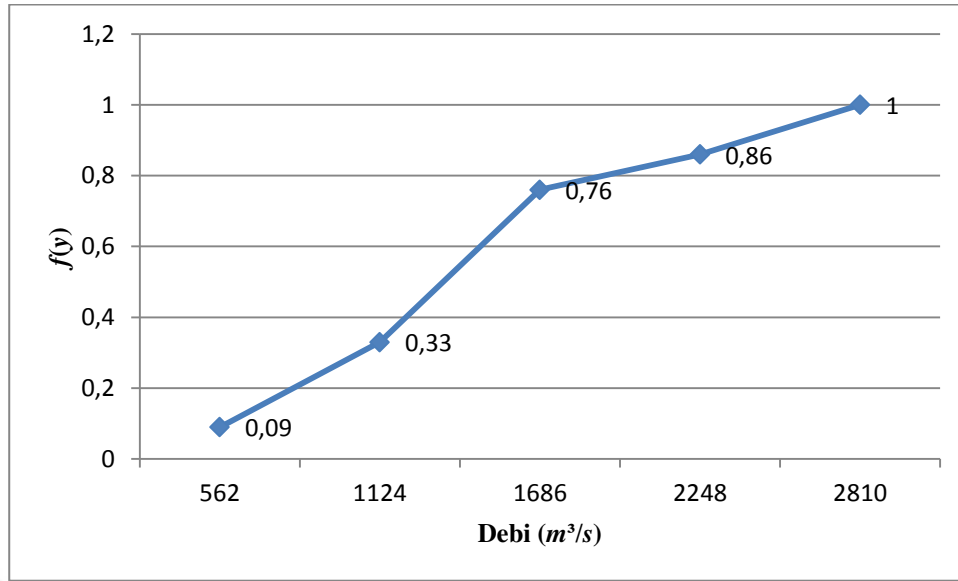
Ek\_Şekil 7.2. Tutak gözlem istasyonu kümülatif frekans eğrisi



**Ek\_Şekil 7.3.** Diyardin gözlem istasyonu kümülatif frekans eğrisi



**Ek\_Şekil 7.4.** Malabadi gözlem istasyonu kümülatif frekans eğrisi



**Ek\_Şekil 7.5.** Sinan gözlem istasyonu kümülatif frekans eğrisi

## **EK – 8**

### **Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Ki-Kare Uygunluk Sınama Sonuçları**

**Ek\_Tablo 8.1.** Akkonak akım gözlem istasyonu ki-kare uygunluk sınama sonuçları

| Dağılım Türü | P değeri | Kritik Değer | Ki-Kare | Uygunluğu |
|--------------|----------|--------------|---------|-----------|
| Normal       | 0.30352  | 5.4119       | 1.0587  | Uygun     |
| Gamma        | 0.87047  | 7.824        | 0.27743 | Uygun     |
| Weibull      | 0.64857  | 5.4119       | 0.20771 | Uygun     |

**Ek\_Tablo 8.2.** Tutak akım gözlem istasyonu ki-kare uygunluk sınama sonuçları

| Dağılım Türü | P değeri | Kritik Değer        | Ki-Kare | Uygunluğu |
|--------------|----------|---------------------|---------|-----------|
| Normal       | 0.68181  | 13.388              | 3.118   | Uygun     |
| Gamma        | 0.99611  | 13.388              | 0.37012 | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.93024  | 13.388              | 1.3449  | Uygun     |
| Weibull      | 0.85712  | 13.388              | 1.9419  | Uygun     |
| Gen. Pareto  |          | Uygulanabilir Değil |         |           |

**Ek\_Tablo 8.3.** Diyadin akım gözlem istasyonu ki-kare uygunluk sınama sonuçları

| Dağılım Türü | P değeri | Kritik Değer        | Ki-Kare | Uygunluğu |
|--------------|----------|---------------------|---------|-----------|
| Gamma        | 0.14887  | 7.824               | 3.8094  | Uygun     |
| Gumbel       | 0.14799  | 7.824               | 3.8212  | Uygun     |
| Johnson SB   |          | Uygulanabilir Değil |         |           |

**Ek\_Tablo 8.4.** Malabadi akım gözlem istasyonu ki-kare uygunluk sinama sonuçları

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer        | Ki-Kare | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|---------------------|---------|-----------|
| Gamma        | 0.38725         | 13.388              | 5.2404  | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.41247         | 13.388              | 5.0281  | Uygun     |
| Gen. Pareto  |                 | Uygulanabilir Değil |         |           |

**Ek\_Tablo 8.5.** Sinan akım gözlem istasyonu ki-kare uygunluk sinama sonuçları

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer        | Ki-Kare | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|---------------------|---------|-----------|
| Normal       | 0.34363         | 7.824               | 2.1364  | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.53930         | 7.824               | 1.235   | Uygun     |
| Weibull      | 0.48504         | 7.824               | 1.4471  | Uygun     |
| Gen. Pareto  |                 | Uygulanabilir Değil |         |           |

**EK – 9 Akım Gözlem İstasyonlarına Ait K-S Değerleri****Ek\_Tablo 9.1.** Akkonak akım gözlem istasyonu k-s uygunluk sinama sonuçları

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer | K-S     | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|--------------|---------|-----------|
| Normal       | 0.56449         | 0.32104      | 0.16459 | Uygun     |
| Gamma        | 0.29449         | 0.32104      | 0.20569 | Uygun     |
| Weibull      | 0.09889         | 0.32104      | 0.25906 | Uygun     |

**Ek\_Tablo 9.2.** Tutak akım gözlem istasyonu k-s uygunluk sinama sonuçları

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer | K-S     | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|--------------|---------|-----------|
| Normal       | 0.74236         | 0.21068      | 0.09324 | Uygun     |
| Gamma        | 0.94894         | 0.21068      | 0.07069 | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.83654         | 0.21068      | 0.08465 | Uygun     |
| Weibull      | 0.94871         | 0.21068      | 0.07072 | Uygun     |
| Gen. Pareto  | 0.48821         | 0.21068      | 0.11492 | Uygun     |

**Ek\_Tablo 9.3.** Diyadin akım gözlem istasyonu k-s uygunluk sinama sonuçları

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer | K-S     | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|--------------|---------|-----------|
| Gamma        | 0.62914         | 0.34569      | 0.16819 | Uygun     |
| Gumbel       | 0.55396         | 0.34569      | 0.17872 | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.80187         | 0.34569      | 0.14364 | Uygun     |

**Ek\_Tablo 9.4.** Malabadi akım gözlem istasyonu k-s uygunluk sinama sonuçları

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer | K-S     | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|--------------|---------|-----------|
| Gamma        | 0.71121         | 0.20107      | 0.09156 | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.84817         | 0.20107      | 0.07972 | Uygun     |
| Gen. Pareto  | 0.75320         | 0.20107      | 0.08813 | Uygun     |

**Ek\_Tablo 9.5.** Sinan akım gözlem istasyonu k-s uygunluk sinama sonuçları

| Dağılım Türü | <i>P</i> değeri | Kritik Değer | K-S     | Uygunluğu |
|--------------|-----------------|--------------|---------|-----------|
| Normal       | 0.55669         | 0.32104      | 0.16562 | Uygun     |
| Johnson SB   | 0.79140         | 0.32104      | 0.13492 | Uygun     |
| Weibull      | 0.68763         | 0.32104      | 0.14872 | Uygun     |
| Gen. Pareto  | 0.62508         | 0.32104      | 0.15674 | Uygun     |

**EK – 10****Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Aşılma Olasılıkları****Ek\_Tablo 10.1.** Akkonak gözlem istasyonlarına ait aşılma olasılıkları

| <i>m</i> | Yıl  | Debi | Aşılmama | Aşılma | Dönüş Periyodu |
|----------|------|------|----------|--------|----------------|
| 1        | 2007 | 121  | 0.045    | 0.955  | 1.047          |
| 2        | 2009 | 318  | 0.091    | 0.909  | 1.100          |
| 3        | 2008 | 507  | 0.136    | 0.864  | 1.157          |
| 4        | 1996 | 772  | 0.182    | 0.818  | 1.222          |
| 5        | 1999 | 772  | 0.227    | 0.773  | 1.294          |
| 6        | 2000 | 772  | 0.273    | 0.727  | 1.376          |
| 7        | 2005 | 776  | 0.318    | 0.682  | 1.466          |
| 8        | 2001 | 789  | 0.364    | 0.636  | 1.572          |
| 9        | 1984 | 822  | 0.409    | 0.591  | 1.692          |
| 10       | 1983 | 838  | 0.455    | 0.545  | 1.835          |
| 11       | 1986 | 905  | 0.500    | 0.500  | 2.000          |
| 12       | 2010 | 908  | 0.545    | 0.455  | 2.198          |
| 13       | 2002 | 1000 | 0.591    | 0.409  | 2.445          |
| 14       | 1997 | 1163 | 0.636    | 0.364  | 2.747          |
| 15       | 2006 | 1168 | 0.682    | 0.318  | 3.145          |
| 16       | 1998 | 1192 | 0.727    | 0.273  | 3.663          |
| 17       | 2004 | 1384 | 0.773    | 0.227  | 4.405          |
| 18       | 1985 | 1564 | 0.818    | 0.182  | 5.495          |
| 19       | 2003 | 1575 | 0.864    | 0.136  | 7.353          |
| 20       | 1988 | 1774 | 0.909    | 0.091  | 10.989         |
| 21       | 1987 | 2079 | 0.955    | 0.045  | 22.222         |

**Ek\_Tablo 10.2.** Tutak gözlem istasyonlarına ait aşılma olasılıkları

| <i>m</i> | Yıl  | Debi | Aşılmama | Aşılma | Dönüş Periyodu |
|----------|------|------|----------|--------|----------------|
| 1        | 1989 | 135  | 0.02     | 0.98   | 1.02           |
| 2        | 1962 | 206  | 0.039    | 0.961  | 1.041          |
| 3        | 1971 | 239  | 0.059    | 0.941  | 1.063          |
| 4        | 1974 | 248  | 0.078    | 0.922  | 1.085          |
| 5        | 2008 | 263  | 0.098    | 0.902  | 1.109          |
| 6        | 2004 | 279  | 0.118    | 0.882  | 1.134          |
| 7        | 1999 | 300  | 0.137    | 0.863  | 1.159          |
| 8        | 2009 | 321  | 0.157    | 0.843  | 1.186          |
| 9        | 1970 | 343  | 0.176    | 0.824  | 1.214          |
| 10       | 2000 | 349  | 0.196    | 0.804  | 1.244          |
| 11       | 1979 | 367  | 0.216    | 0.784  | 1.276          |
| 12       | 1964 | 392  | 0.235    | 0.765  | 1.307          |
| 13       | 1965 | 392  | 0.255    | 0.745  | 1.342          |
| 14       | 1983 | 392  | 0.275    | 0.725  | 1.379          |
| 15       | 1996 | 395  | 0.294    | 0.706  | 1.416          |
| 16       | 1994 | 400  | 0.314    | 0.686  | 1.458          |
| 17       | 2001 | 415  | 0.333    | 0.667  | 1.499          |
| 18       | 1977 | 418  | 0.353    | 0.647  | 1.546          |
| 19       | 1967 | 428  | 0.373    | 0.627  | 1.595          |
| 20       | 2002 | 450  | 0.392    | 0.608  | 1.645          |
| 21       | 1998 | 455  | 0.412    | 0.588  | 1.701          |
| 22       | 1984 | 456  | 0.431    | 0.569  | 1.757          |
| 23       | 1986 | 463  | 0.451    | 0.549  | 1.821          |



|    |      |        |       |       |        |
|----|------|--------|-------|-------|--------|
| 24 | 1966 | 479    | 0.471 | 0.529 | 1.89   |
| 25 | 2005 | 479    | 0.490 | 0.510 | 1.961  |
| 26 | 1972 | 488    | 0.510 | 0.490 | 2.041  |
| 27 | 1991 | 491    | 0.529 | 0.471 | 2.123  |
| 28 | 1963 | 517.98 | 0.549 | 0.451 | 2.217  |
| 29 | 1968 | 517.98 | 0.569 | 0.431 | 2.32   |
| 30 | 1992 | 526    | 0.588 | 0.412 | 2.427  |
| 31 | 2011 | 542    | 0.608 | 0.392 | 2.551  |
| 32 | 1990 | 555    | 0.627 | 0.373 | 2.681  |
| 33 | 1973 | 563    | 0.647 | 0.353 | 2.833  |
| 34 | 2006 | 566    | 0.667 | 0.333 | 3.003  |
| 35 | 1980 | 575    | 0.686 | 0.314 | 3.185  |
| 36 | 1978 | 588    | 0.706 | 0.294 | 3.401  |
| 37 | 1995 | 614    | 0.725 | 0.275 | 3.636  |
| 38 | 1997 | 620    | 0.745 | 0.255 | 3.922  |
| 39 | 1993 | 647    | 0.765 | 0.235 | 4.255  |
| 40 | 2007 | 668    | 0.784 | 0.216 | 4.63   |
| 41 | 1982 | 674    | 0.804 | 0.196 | 5.102  |
| 42 | 2003 | 731    | 0.824 | 0.176 | 5.682  |
| 43 | 1981 | 738    | 0.843 | 0.157 | 6.369  |
| 44 | 1969 | 783    | 0.863 | 0.137 | 7.299  |
| 45 | 1985 | 840    | 0.882 | 0.118 | 8.475  |
| 46 | 1975 | 844    | 0.902 | 0.098 | 10.204 |
| 47 | 1988 | 881    | 0.922 | 0.078 | 12.821 |
| 48 | 1976 | 904    | 0.941 | 0.059 | 16.949 |
| 49 | 1987 | 975    | 0.961 | 0.039 | 25.641 |
| 50 | 2010 | 986    | 0.980 | 0.020 | 50.000 |

**Ek\_Tablo 10.3.** Diyardin gözlem istasyonlarına ait aşılma olasılıkları

| <i>m</i> | Yıl  | Debi  | Aşılmama | Aşılma | Dönüş Periyodu |
|----------|------|-------|----------|--------|----------------|
| 1        | 1989 | 18    | 0.053    | 0.947  | 1.056          |
| 2        | 1974 | 19    | 0.105    | 0.895  | 1.117          |
| 3        | 1994 | 22.6  | 0.158    | 0.842  | 1.188          |
| 4        | 1970 | 27    | 0.211    | 0.789  | 1.267          |
| 5        | 1997 | 28    | 0.263    | 0.737  | 1.357          |
| 6        | 1975 | 32    | 0.316    | 0.684  | 1.462          |
| 7        | 1995 | 32    | 0.368    | 0.632  | 1.582          |
| 8        | 1998 | 36.5  | 0.421    | 0.579  | 1.727          |
| 9        | 1993 | 37.4  | 0.474    | 0.526  | 1.901          |
| 10       | 1992 | 41    | 0.526    | 0.474  | 2.110          |
| 11       | 1996 | 41    | 0.579    | 0.421  | 2.375          |
| 12       | 1972 | 50.41 | 0.632    | 0.368  | 2.717          |
| 13       | 1973 | 50.41 | 0.684    | 0.316  | 3.165          |
| 14       | 1988 | 53    | 0.737    | 0.263  | 3.802          |
| 15       | 1971 | 60    | 0.789    | 0.211  | 4.739          |
| 16       | 1991 | 84    | 0.842    | 0.158  | 6.329          |
| 17       | 1987 | 115   | 0.895    | 0.105  | 9.524          |
| 18       | 1990 | 160   | 0.947    | 0.053  | 18.868         |

**Ek\_Tablo 10.4.** Malabadi gözlem istasyonlarına ait aşılma olasılıkları

| m  | Yıl  | Debi    | Aşılmama | Aşılma | Dönüş Periyodu |
|----|------|---------|----------|--------|----------------|
| 1  | 2014 | 337     | 0.018    | 0.982  | 1.018          |
| 2  | 1989 | 419     | 0.036    | 0.964  | 1.037          |
| 3  | 1994 | 448     | 0.054    | 0.946  | 1.057          |
| 4  | 2000 | 455     | 0.071    | 0.929  | 1.076          |
| 5  | 1973 | 463     | 0.089    | 0.911  | 1.098          |
| 6  | 2015 | 476     | 0.107    | 0.893  | 1.120          |
| 7  | 1961 | 497     | 0.125    | 0.875  | 1.143          |
| 8  | 2009 | 509     | 0.143    | 0.857  | 1.167          |
| 9  | 2013 | 525     | 0.161    | 0.839  | 1.192          |
| 10 | 2005 | 533     | 0.179    | 0.821  | 1.218          |
| 11 | 2007 | 533     | 0.196    | 0.804  | 1.244          |
| 12 | 2008 | 533     | 0.214    | 0.786  | 1.272          |
| 13 | 2003 | 553     | 0.232    | 0.768  | 1.302          |
| 14 | 2004 | 605     | 0.250    | 0.750  | 1.333          |
| 15 | 1965 | 645     | 0.268    | 0.732  | 1.366          |
| 16 | 1983 | 707     | 0.286    | 0.714  | 1.401          |
| 17 | 2002 | 752     | 0.304    | 0.696  | 1.437          |
| 18 | 1996 | 764     | 0.321    | 0.679  | 1.473          |
| 19 | 1985 | 784     | 0.339    | 0.661  | 1.513          |
| 20 | 1997 | 889     | 0.357    | 0.643  | 1.555          |
| 21 | 2011 | 893     | 0.375    | 0.625  | 1.600          |
| 22 | 1971 | 897     | 0.393    | 0.607  | 1.647          |
| 23 | 1970 | 912     | 0.411    | 0.589  | 1.698          |
| 24 | 1992 | 936     | 0.429    | 0.571  | 1.751          |
| 25 | 1977 | 959     | 0.446    | 0.554  | 1.805          |
| 26 | 1999 | 1015    | 0.464    | 0.536  | 1.866          |
| 27 | 1962 | 1039    | 0.482    | 0.518  | 1.931          |
| 28 | 2006 | 1041    | 0.500    | 0.500  | 2.000          |
| 29 | 2010 | 1061    | 0.518    | 0.482  | 2075           |
| 30 | 1986 | 1088    | 0.536    | 0.464  | 2.155          |
| 31 | 1963 | 1108.88 | 0.554    | 0.446  | 2.242          |
| 32 | 1964 | 1108.88 | 0.571    | 0.429  | 2.331          |
| 33 | 2012 | 1108.88 | 0.589    | 0.411  | 2.433          |
| 34 | 1995 | 1110    | 0.607    | 0.393  | 2.545          |
| 35 | 1993 | 1114    | 0.625    | 0.375  | 2.667          |
| 36 | 1991 | 1151    | 0.643    | 0.357  | 2.801          |
| 37 | 1967 | 1156    | 0.661    | 0.339  | 2.95           |
| 38 | 1982 | 1236    | 0.679    | 0.321  | 3.115          |
| 39 | 1998 | 1343    | 0.696    | 0.304  | 3.289          |
| 40 | 2001 | 1400    | 0.714    | 0.286  | 3.497          |
| 41 | 1974 | 1461    | 0.732    | 0.268  | 3.731          |
| 42 | 1975 | 1482    | 0.750    | 0.250  | 4.000          |
| 43 | 1976 | 1482    | 0.768    | 0.232  | 4.31           |
| 44 | 1990 | 1508    | 0.786    | 0.214  | 4.673          |
| 45 | 1978 | 1611    | 0.804    | 0.196  | 5.102          |
| 46 | 1981 | 1629    | 0.821    | 0.179  | 5.587          |
| 47 | 1969 | 1729    | 0.839    | 0.161  | 6.211          |
| 48 | 1966 | 1766    | 0.857    | 0.143  | 6.993          |
| 49 | 1980 | 1841    | 0.875    | 0.125  | 8.000          |
| 50 | 1987 | 1904    | 0.893    | 0.107  | 9.346          |
| 51 | 1984 | 1975    | 0.911    | 0.089  | 11.236         |
| 52 | 1988 | 2125    | 0.929    | 0.071  | 14.085         |
| 53 | 1968 | 2300    | 0.946    | 0.054  | 18.519         |
| 54 | 1972 | 2411    | 0.964    | 0.036  | 27.778         |
| 55 | 1979 | 2660    | 0.982    | 0.018  | 55.556         |

**Ek\_Tablo 10.5.** Sinan gözlem istasyonlarına ait aşılma olasılıkları

| $m$ | Yıl  | Debi | Aşılmama | Aşılma | Dönüş Periyodu |
|-----|------|------|----------|--------|----------------|
| 1   | 1961 | 304  | 0.045    | 0.955  | 1.047          |
| 2   | 1959 | 516  | 0.091    | 0.909  | 1.100          |
| 3   | 1951 | 840  | 0.136    | 0.864  | 1.157          |
| 4   | 1960 | 940  | 0.182    | 0.818  | 1.222          |
| 5   | 1947 | 946  | 0.227    | 0.773  | 1.294          |
| 6   | 1955 | 1010 | 0.273    | 0.727  | 1.376          |
| 7   | 1956 | 1080 | 0.318    | 0.682  | 1.466          |
| 8   | 1958 | 1137 | 0.364    | 0.636  | 1.572          |
| 9   | 1962 | 1180 | 0.409    | 0.591  | 1.692          |
| 10  | 1953 | 1241 | 0.455    | 0.545  | 1.835          |
| 11  | 1954 | 1278 | 0.500    | 0.500  | 2.000          |
| 12  | 1949 | 1327 | 0.545    | 0.455  | 2.198          |
| 13  | 1946 | 1421 | 0.591    | 0.409  | 2.445          |
| 14  | 1965 | 1476 | 0.636    | 0.364  | 2.747          |
| 15  | 1948 | 1536 | 0.682    | 0.318  | 3.145          |
| 16  | 1950 | 1603 | 0.727    | 0.273  | 3.663          |
| 17  | 1952 | 1857 | 0.773    | 0.227  | 4.405          |
| 18  | 1957 | 2063 | 0.818    | 0.182  | 5.495          |
| 19  | 1966 | 2750 | 0.864    | 0.136  | 7.353          |
| 20  | 1963 | 2806 | 0.909    | 0.091  | 10.989         |
| 21  | 1964 | 2806 | 0.955    | 0.045  | 22.222         |

**EK – 11****Akım Gözlem İstasyonlarına Ait Tahmini Taşkın Debileri****Ek\_Tablo 11.1.** Akkonak akım gözlem istasyonu tahmini taşkın debileri

| $T$            | 5      | 10     | 20     | 50     | 100    | 200    | 500    |
|----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Normal</b>  | 1406.7 | 1614.4 | 1785.9 | 1978.9 | 2107.6 | 2225.3 | 2368.0 |
| <b>Gamma</b>   | 1370.6 | 1641.8 | 1889.9 | 2196.0 | 2416.3 | 2629.5 | 2902.9 |
| <b>Weibull</b> | 1519.5 | 1879.3 | 2196.9 | 2573.8 | 2835.3 | 3081.3 | 3387.1 |

**Ek\_Tablo 11.2.** Tutak akım gözlem istasyonu tahmini taşkın debileri

| $T$                | 5     | 10    | 20    | 50     | 100    | 200    | 500    |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Normal</b>      | 687.6 | 776.3 | 849.5 | 931.9  | 986.9  | 1037.2 | 1098.1 |
| <b>Gamma</b>       | 675.6 | 787.2 | 887.8 | 1010.4 | 1097.8 | 1181.8 | 1288.7 |
| <b>Johnson SB</b>  | 689.4 | 800.1 | 890.5 | 987.2  | 1047.1 | 1097.9 | 1153.9 |
| <b>Weibull</b>     | 674.8 | 767.8 | 838.6 | 920.6  | 974.7  | 1023.7 | 1082.4 |
| <b>Gen. Pareto</b> | 707.6 | 815.3 | 889.2 | 952.8  | 983.7  | 1005.0 | 1023.2 |

**Ek\_Tablo 11.3.** Diyadin akım gözlem istasyonu tahmini taşkın debileri

| <i>T</i>              | 5    | 10    | 20    | 50    | 100   | 200   | 500    |
|-----------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| <b>Gamma</b>          | 75.8 | 98.9  | 121.1 | 149.4 | 170.3 | 190.9 | 217.78 |
| <b>Gumbel</b>         | 76.6 | 97.8  | 118.3 | 144.7 | 164.5 | 184.2 | 210.24 |
| <b>Johnson<br/>SB</b> | 68.8 | 100.5 | 132.2 | 167.7 | 188.1 | 203.4 | 217.31 |

**Ek\_Tablo 11.4.** Malabadi akım gözlem istasyonu tahmini taşkın debileri

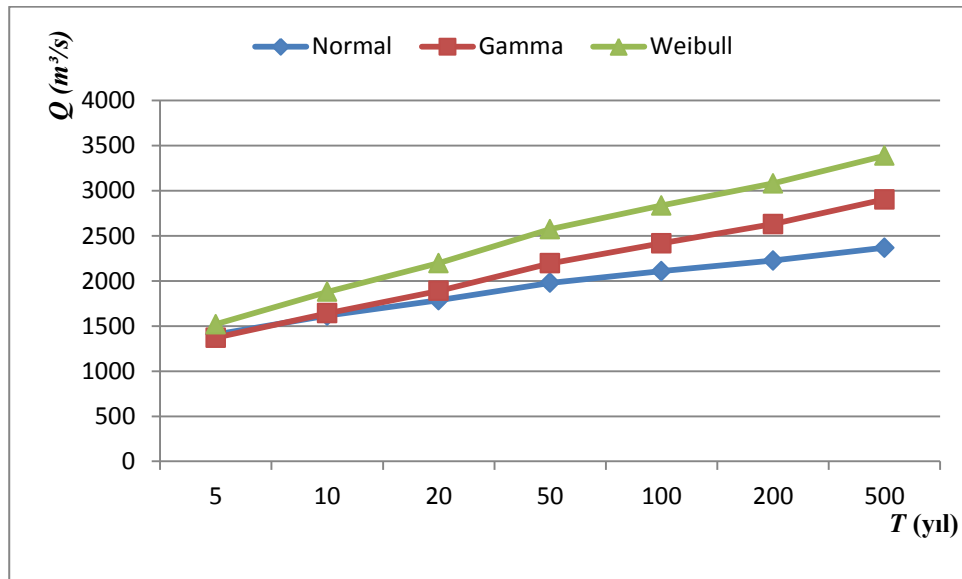
| <i>T</i>               | 5      | 10     | 20     | 50     | 100    | 200    | 500    |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Gamma</b>           | 1532.1 | 1858.8 | 2159.7 | 2533.1 | 2803.0 | 3064.9 | 3401.7 |
| <b>Johnson<br/>SB</b>  | 1575.7 | 1921.7 | 2202.9 | 2493.4 | 2664.1 | 2801.6 | 2943.9 |
| <b>Gen.<br/>Pareto</b> | 1599.4 | 1940.3 | 2203.4 | 2461.4 | 2605.7 | 2747.1 | 2826.1 |

**Ek\_Tablo 11.5.** Sinan akım gözlem istasyonu tahmini taşkın debileri

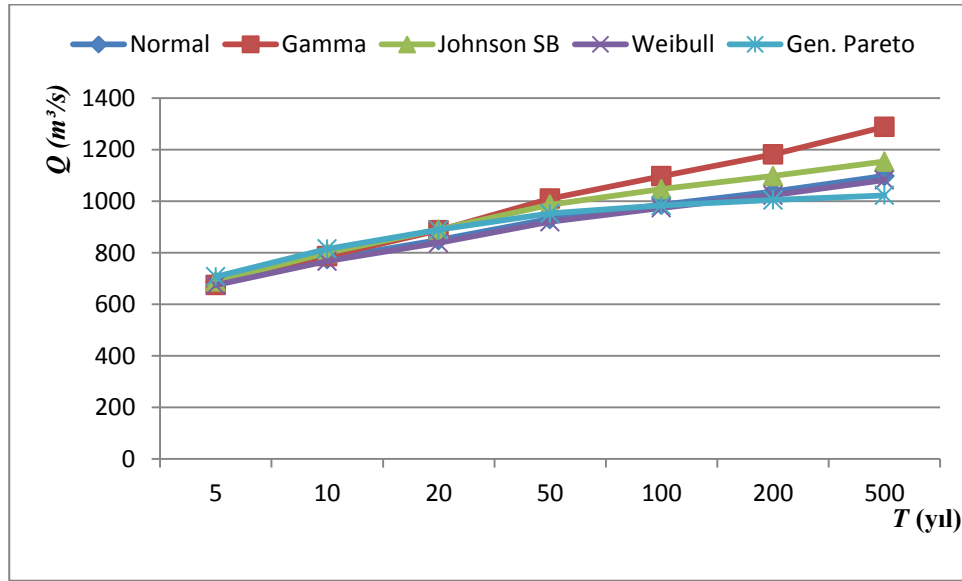
| <i>T</i>               | 5      | 10     | 20     | 50     | 100    | 200    | 500    |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Normal</b>          | 2017.2 | 2321.9 | 2573.6 | 2856.8 | 3045.7 | 3218.5 | 3427.9 |
| <b>Johnson<br/>SB</b>  | 2004.2 | 2424.7 | 2775.3 | 3151.2 | 3381.5 | 3573.7 | 3780.5 |
| <b>Weibull</b>         | 1983.0 | 2358.8 | 2679.5 | 3049.3 | 3300.1 | 3532.0 | 3815.8 |
| <b>Gen.<br/>Pareto</b> | 2033.2 | 2456.7 | 2786.7 | 3113.9 | 3298.8 | 3442.9 | 3585.8 |

## EK – 12

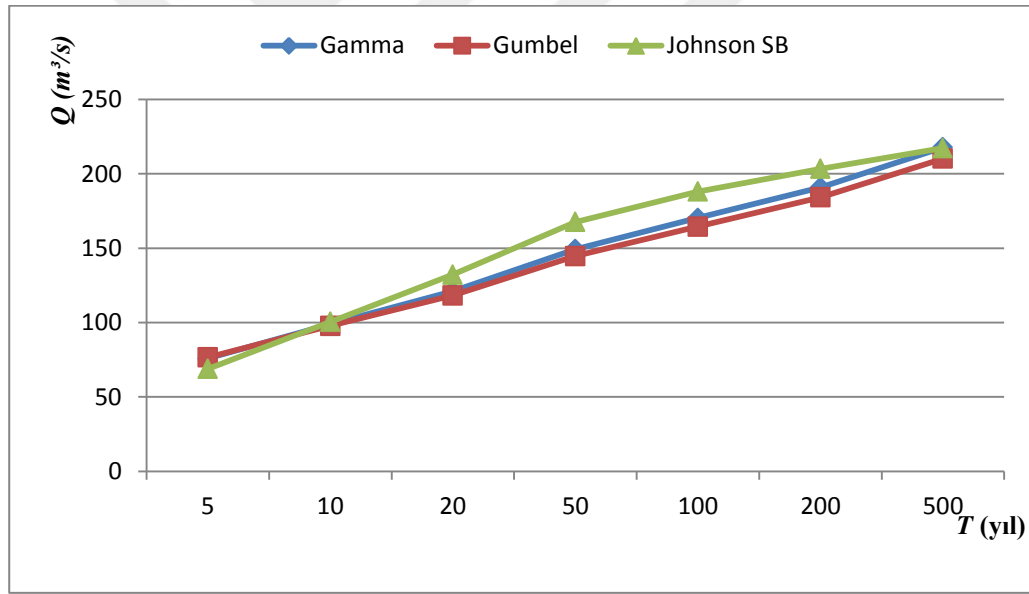
### Akım Gözlem İstasyonlarına Debi-Zaman Grafikleri



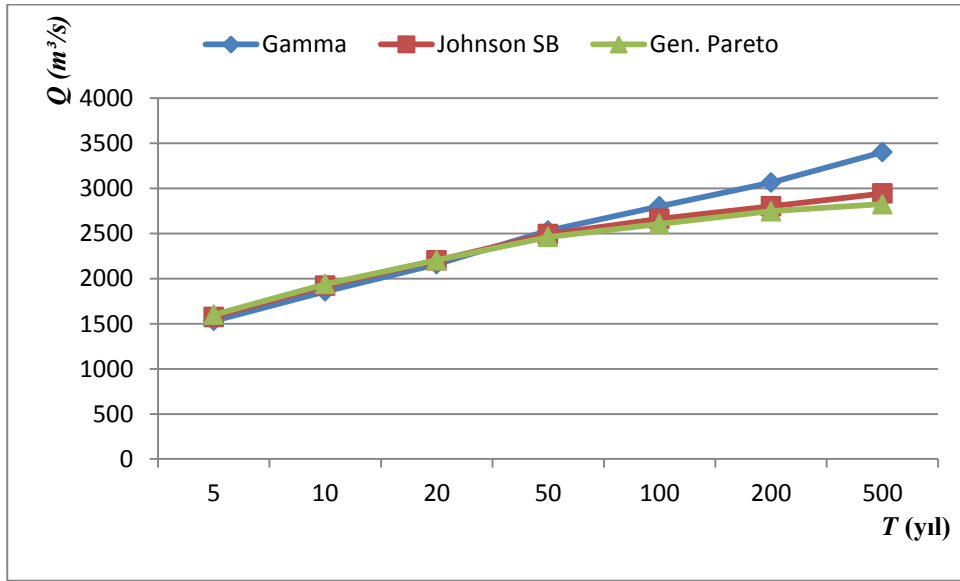
**Ek\_Şekil 12.1.** Akkonak akım gözlem istasyonu debi-zaman grafiği



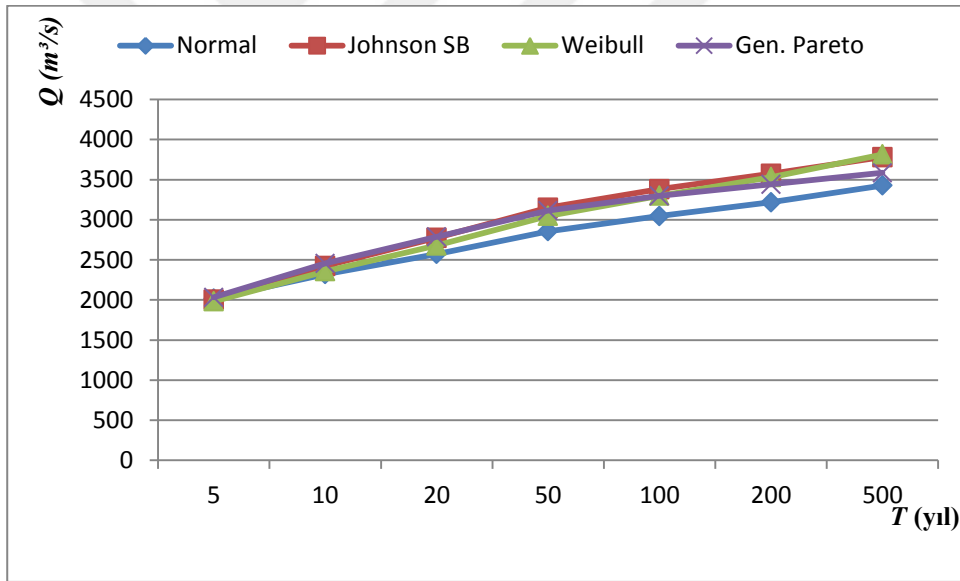
Ek\_Şekil 12.2. Tutak akım gözlem istasyonu debi-zaman grafiği



Ek\_Şekil 12.3. Diyadin akım gözlem istasyonu debi-zaman grafiği



Ek\_Şekil 12.4. Malabadi akım gözlem istasyonu debi-zaman grafiği



Ek\_Şekil 12.5. Sinan akım gözlem istasyonu debi-zaman grafiği

## ÖZGEÇMİŞ

|                  |                                                                                                                                          |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum Tarihi:    | 10.10.1984                                                                                                                               |
| Doğum Yeri:      | Mardin                                                                                                                                   |
| Lisans:          | 2003-2008 Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi<br>İnşaat Mühendisliği Bölümü                                                        |
| Yüksek Lisans    | 2009-2018 Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü<br>İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik Bilim Dalı                          |
| Çalıştığı Kurum: | 2007-2009 Gümüşhane Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü<br>2009-devam Mardin Artuklu Üniversitesi Yapı İşleri ve<br>Teknik Daire Başkanlığı |