

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI'NDA EN UYGUN DAĞILIMLA DEBİ  
SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN BULUNMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İsmail ÜLKEN**

**Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği**

**Programı : Hidrolik ve Su Kaynakları**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Levent YILMAZ**

**OCAK 2010**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOĞU KARADENİZ HAVZASI'NDA EN UYGUN DAĞILIMLA DEBİ  
SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN BULUNMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İsmail ÜLKEN  
501081502**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 Aralık 2009  
Tezin Savunulduğu Tarih : 27 Ocak 2010**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Levent YILMAZ (İTÜ)  
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU (İTÜ)  
Prof. Dr. Cumali KINACI (İTÜ)**

**OCAK 2010**



## ÖNSÖZ

Katkılarından dolayı tez danışmanım Doç. Dr. Levent YILMAZ'a,

Karşılaştığım problemlerin çözümünde deneyimlerinden, aydınlatıcı ve yol gösterici fikirlerinden yararlandığım, değerli hocam Prof. Dr. Necati AĞIRALIOĞLU'na,

Berber çalıştığımız TÜBİTAK projesinde ve bu tez çalışmasında, başlangıcından sonuna kadar değerli önerileri ve göstermiş olduğu anlayışla beraber, gerekli bütün yardım, tavsiye ve yönlendirmeleri bana sağlayan, bilgi ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, Ebru ERİŞ'e teşekkürü bir borç bilirim.

Aileme ve arkadaşlarıma desteklerinden ötürü teşekkür ederim.

Ocak 2010

İsmail ÜLKEN  
(İnşaat Mühendisi)



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ÖNSÖZ .....	iii
KISALTMALAR .....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xiii
SUMMARY.....	xv
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 İncelenen Konu .....	1
1.2 İnceleme Metodu ve Amacı.....	1
<b>2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI.....</b>	<b>3</b>
<b>3. YÖNTEM.....</b>	<b>9</b>
3.1 Debi Süreklilik Eğrisi .....	10
3.1.1 Debi süreklilik eğrisinde zaman biriminin seçilmesi .....	10
3.1.2 Kayıt süresinin debi süreklilik eğrisi.....	12
3.1.3 Debi süreklilik eğrisinin kullanıldığı yerler.....	12
3.2 Kullanılan Olasılık Dağılımları.....	14
3.2.1 Normal dağılım .....	14
3.2.2 Lognormal dağılım .....	15
3.2.3 Gamma dağılımı.....	15
3.2.4 Weibull dağılımı.....	16
3.2.5 Rayleigh dağılımı .....	16
3.2.6 Log pearson tip 3 dağılımı .....	17
3.2.7 Log-lojistik dağılımı.....	17
3.3 Uygunluk Testleri.....	18
3.3.1 Ki kare uygunluk testi.....	18
3.3.2 Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi.....	19
<b>4. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER.....</b>	<b>21</b>
4.1 Çalışma Alanının Tanıtımı.....	21
4.1.1 Çalışma alanı hakkında genel bilgiler .....	21
4.2 Alt Havzalara Ait Genel Bilgiler.....	24
4.2.1 Aylık verisi olan Agi'lere ait veriler .....	24
4.2.2 Günlük verisi olan Agi'lere ait veriler.....	25
<b>5. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRMELER .....</b>	<b>29</b>
5.1 Genel.....	29
5.2 Aylık Ortalama Akımlarla Yapılan Çalışma .....	29
5.2.1 Akımların boyutsuzlaştırılması.....	29
5.2.2 Teorik akımın bulunması .....	31
5.2.3 Kurulan modelle akımların bulunması .....	32
5.3 Günlük Ortalama Akımlarla Yapılan Çalışma.....	34
5.3.1 D. Karadeniz Havzası'nda doğu ve batı bölümlerinin birlikte incelenmesi .....	35

5.3.1.1 Akımların boyutsuzlaştırılması.....	35
5.3.1.2 Teorik akımın bulunması.....	36
5.3.1.3 Kurulan modelle akımların bulunması.....	37
5.3.2 Doğu Karadeniz Havzası'nın doğu bölümünün incelenmesi.....	39
5.3.2.1 Akımların boyutsuzlaştırılması.....	39
5.3.2.2 Teorik akımın bulunması.....	40
5.3.2.3 Kurulan modelle akımların bulunması.....	41
5.3.3 Doğu Karadeniz Havzası'nın batı bölümünün incelenmesi.....	43
5.3.3.1 Akımların boyutsuzlaştırılması.....	43
5.3.3.2 Teorik akımın bulunması.....	45
5.3.3.3 Kurulan modelle akımların bulunması.....	45
<b>6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>49</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>51</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>55</b>

## **KISALTMALAR**

<b>DSİ</b>	: Devlet Su İşleri
<b>AGİ</b>	: Akım gözlem istasyonu
<b>DSE</b>	: Debi süreklilik eğrisi
<b>DKH</b>	: Doğu Karadeniz Havzası
<b>K-S</b>	: Kolmogorov-Smirnov



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

Çizelge 5.1 : Aylık boyutsuz akım serisine ait uygunluk testi sonuçları.....	30
Çizelge 5.2 : Aylık verilerle yapılan çalışmada test istasyonlarının teorik akımları ..	31
Çizelge 5.3 : Model sonucu bulunan akım değerleri .....	32
Çizelge 5.4 : Aylık verilerle yapılan çalışma sonucu rölatif hatalar .....	34
Çizelge 5.5 : Boyutsuz günlük akımların uygunluk test sonuçları.....	36
Çizelge 5.6 : Günlük akımlarla yapılan çalışmada bulunan teorik akımlar.....	37
Çizelge 5.7 : Model sonucu bulunan akım değerleri.....	37
Çizelge 5.8 : Günlük verilerle yapılan çalışmadaki rölatif hatalar.....	39
Çizelge 5.9 : DKH'nın doğu bölümünde boyutsuz günlük akımların test sonuçları ..	40
Çizelge 5.10 : DKH'nın doğu bölümünde bulunan teorik akımlar .....	41
Çizelge 5.11 : DKH'nın doğu bölümünde kurulan model ile bulunan akım değerleri ..	42
Çizelge 5.12 : DKH'nın doğu bölümünde modelle ölçüm arasındaki rölatif hatalar ..	43
Çizelge 5.13 : DKH'nın batı bölümünde uygunluk testi sonuçları .....	44
Çizelge 5.14 : DKH'nın batı bölümünde kurulan modelle bulunan teorik akımlar... ..	45
Çizelge 5.15 : DKH'nın batı bölümünde kurulan modelle bulunan akım değerleri ..	46
Çizelge 5.16 : DKH'nın batı bölümünde modelle ölçüm arasındaki rölatif hatalar ..	47



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 3.1</b> : Debi gidiş çizgisinden debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi.....	10
<b>Şekil 3.2</b> : DSE'den zamanın belli yüzdelerinde aşılan debilerin okunması.....	13
<b>Şekil 4.1</b> : Türkiye'deki 26 su havzasını gösteren harita.....	23
<b>Şekil 4.2</b> : Drenaj Havzaları.....	25
<b>Şekil 4.3</b> : Doğu Karadeniz Havzası'nın homojenik alt bölgelere ayrılması .....	26
<b>Şekil 4.4</b> : Günlük verisi olan AGİ'lerin drene ettiği havzalar .....	26
<b>Şekil 5.1</b> : Aylık boyutsuz akımların frekans analizi .....	30
<b>Şekil 5.2</b> : Kalibrasyon aşamasında kullanılan istasyonlara ait akım-alan grafiği.....	31
<b>Şekil 5.3</b> : Aylık verilerle kurulan modelle ölçümlere ait DSE'lerin karşılaştırılması .....	33
<b>Şekil 5.4</b> : Günlük boyutsuz akımlara ait frekans analizi .....	35
<b>Şekil 5.5</b> : Günlük akım verisi olan kalibrasyon istasyonlara ait akım-alan grafiği ..	36
<b>Şekil 5.6</b> : Günlük verilerle kurulan model ile ölçüm DSE'lerin karşılaştırılması ....	38
<b>Şekil 5.7</b> : Doğu Karadeniz Havzası'nın doğu bölümüne ait frekans analizi .....	40
<b>Şekil 5.8</b> : DKH'nın doğu bölümüne ait akım-alan grafiği .....	41
<b>Şekil 5.9</b> : DKH'nın doğu bölümünde kurulan modelle ölçüm DSE'lerinin karşılaştırılması .....	42
<b>Şekil 5.10</b> : DKH'nın batı bölümüne ait frekans analizi .....	44
<b>Şekil 5.11</b> : DKH'nın batı bölümündeki istasyonlara ait akım-alan grafiği .....	45
<b>Şekil 5.12</b> : DKH'nın batı bölümünde kurulan modelle ölçümlere ait DSE'lerin karşılaştırılması .....	47



## DOĞU KARADENİZ HAVZASI'NDA EN UYGUN DAĞILIMLA DEBİ SÜREKLİLİK EĞRİLERİNİN BULUNMASI

### ÖZET

Bu çalışmada, akım ölçümü olmayan ya da yetersiz olan havzalarda akım tahmini yapabilmek amacıyla Ayaz'ın (2009) çalışmasını geliştirmek amaçlanmıştır. Doğu Karadeniz Havzası'nda bulunan akım gözlem istasyonlarının (AGİ) günlük ve aylık akım verileri kullanılarak yapılan araştırmada günlük ve aylık akımlar ayrı ayrı incelenmiş, aylık akımlarla çalışılırken havza bir bütün olarak değerlendirilmiştir. Günlük akımlarla yapılan çalışma ise 2 farklı şekilde gerçekleştirilmiş, öncelikle aylık akımlar gibi bir arada incelenmiş, bir sonraki adımda ise Yanık (2004)'ın araştırmasından yararlanılarak havza, topografik özelliklerine göre iki bölüme ayrılmış ve her istasyon bulunduğu bölge içinde ayrı değerlendirilmiştir.

Uygulama sırasında eldeki akım verileri uzun ölçüm süresi ortalamalarına bölünerek boyutsuzlaştırılmış, oluşturdukları serilere en uygun olasılık dağılımları bulunmuştur. 3 parametrelili Log-Pearson, 3 parametrelili Lognormal, 3 parametrelili Log-Lojistik, 3 parametrelili Gamma, 3 parametrelili Weibull, Lognormal, Normal ve Rayleigh dağılımları kullanılarak, Ki Kare ve Kolmogorov Smirnov (K-S) uygunluk testlerine göre en uygun dağılım seçilmiştir. Bu dağılımlardan, her %5'lik aşılma olasılığına denk gelen akımlar hesaplanmış, teorik akım değerleriyle çarpılarak boyutlu hale getirilmiş ve debi-süreklilik eğrileri çizilmiştir. Çizilen eğriler başlangıçta test istasyonu olarak seçilen AGİ'lerin debi-süreklilik eğrileriyle karşılaştırılmıştır.

Çalışma sonucunda günlük verilerle oluşturulan modelin aylıklara oranla daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Havzanın 2 parçaya bölünüp günlük akımlarla ayrı ayrı çalışılması ise test istasyonlarının ölçüm değerlerine en yakın ve uygun sonucu vermiştir.



## **DETERMINATION OF FLOW DURATION CURVES OF EASTERN BLACK SEA REGION WITH THE BEST FITTING DISTRIBUTION MODEL**

### **SUMMARY**

In this study, it is aimed to improve the study by Ayaz (2009), in order to estimate the stream flows in ungauged or poorly gauged basins. The daily and monthly flow data of the stations which are located in the Eastern Black Sea Region are used and analyzed separately. The whole region is considered when using the monthly flow data. On the other hand, the analysis using the daily flow data has two different stages. Primarily, the whole region is considered once again when using daily flow data. Secondly, the region is separated into two homogen sub-regions, using the research of Yanık (2004), and each station is analyzed in the sub-region where it is located.

During the study, the flow data are transformed to dimensionless data by dividing long-term mean, and the appropriate probability distributions for the dimensionless data is determined. The best fitted distribution is chosen through Log-Pearson type 3, Lognormal 3p, Log-Logistics 3p, Gamma 3p, Weibull 3p, Lognormal, Normal and Rayleigh distributions models using Chi Square and Kolmogorov Smimov (K-S) goodness of fit tests. The flow data which are corresponding to each 5% exceeding probability, are calculated and rendered dimensional by multiplying with the theoretical flow values and so, the flow duration curves are obtained. These curves are compared to the flow duration curves of the test stations that are chosen initially.

In conclusion, it is observed that, the model used the daily data gives better results than the model used the monthly data. Besides, by dividing the region into homogen parts and using daily flow data, it is seen that the model gives more satisfactory results.



# 1. GİRİŞ

## 1.1 İncelenen Konu

Dünyadaki su ve enerji talebinin artmasından dolayı, mevcut su kaynaklarının değerlendirilmesi büyük önem kazanmaktadır. Gelişmiş çoğu Avrupa ülkesinde su potansiyelleri %100 verimle kullanılırken yılda 112 milyar m<sup>3</sup> su kaynağı olan ülkemizde bunun ancak 46 milyar m<sup>3</sup>'ü değerlendirilmekte ve kalan suyumuz boşa akmaktadır. Boşa akan suyu depolamak ve enerji elde edebilmek için devlet ve özel sektör baraj yapımına önem vermiş ve 2023 yılında potansiyelimizin tamamını değerlendirmek hedeflenmiştir (DSİ, 2009).

Bunun yanında kurulacak barajların verimli olabilmesi için bir takım verilere ihtiyaç vardır. Bunların başında da uzun süreli akım verileri gelmektedir. Çünkü barajın boyutları ve türbin kapasitesi doğrudan kurulum yerinden geçecek su miktarıyla ilgilidir. Maalesef birçok akarsuyumuzun üzerinde uzun yıllardır hizmet veren akım gözlem istasyonu bulunmamaktadır. Bu nedenle akım ölçümü olmayan akarsu havzaları için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan biri de çevre havzaların akım ölçümlerinden elde edilen debi süreklilik eğrilerini pilot havzaya uygulamaktır.

## 1.2 İnceleme Metodu ve Amacı

Çalışmada akım gözlem istasyonlarının akım verilerinden elde edilen debi süreklilik eğrileri test için seçilen istasyonların debi süreklilik eğrileriyle karşılaştırılmıştır. Böylece hatanın makul seviyede olması halinde bu yöntem seçilen havzanın her noktasında kullanılabilir ve bu noktaların debi süreklilik eğrileri çizilebilecektir.

Bu amaç doğrultusunda yapılan uygulamada öncelikle akım verileri boyutsuzlaştırılıp frekans analizleri yapılmış ardından çizilen histogramlara en uygun istatistiksel dağılımlar belirlenmiştir. Bu dağılımlara uydurulmuş verilerin her %5'lik zaman aralığındaki değerleri okunmuş ve boyutlu hale getirilerek debi süreklilik eğrileri oluşturulmuş ve test istasyonlarına ait debi süreklilik eğrileriyle karşılaştırılmıştır.



## 2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Debi süreklilik eğrisi (DSE) ile ilgili dünyada yapılmış pek çok çalışma mevcuttur. Bunların bazılarında, kısa açıklamalarla aşağıda bahsedilmektedir.

Debi süreklilik çizgisinin ilk kullanımı 1880 yılında Clemens Herschel'e ait olduğu tahmin edilmektedir.

Singh (1971), ABD'de Illinois Eyaleti için DSE'ni kullanmıştır.

Dingman (1978) New Hampshire'da akım ölçümü olmayan havzalardaki debi süreklilik eğrilerini belirlemek üzere regresyon denklemleri geliştirmiştir. Bunun için havza alanı ve havza yüksekliği parametrelerini kullanmıştır.

Quimpo ve diğ., 1983 yılında debi süreklilik ve havza karakteristiğini kullanarak Filipinler'de akım ölçümü olmayan hidroelektrik enerji potansiyeline sahip bölgelerdeki su potansiyelini hesaplamıştır. Bu çalışmada günlük debi süreklilik çizgilerinin (2.1) ve (2.2) bağıntılarında gösterildiği gibi bir fonksiyon yapısına sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

$$Q=a \exp(-Bd) \quad (2.1)$$

$$Q=aD^{-b} \quad (2.2)$$

Mimikou ve Kaemaki, 1985 yılında basit bir katlı regresyon kullanarak aylık debi süreklilik karakteristiğini yıllık alan ortalama yağışı, drenaj alanı, hipsometrik çökme ve akarsu uzunluğu cinslerinden parametrelendirmişlerdir. Bu yazarlar, Yunanistan'ın kuzey bölgesindeki çalışmada Quimpo ve diğ.'nin sonuçlarına ilave olarak üç bağıntı (2.3), (2.4), (2.5) daha denemişlerdir.

$$Q=a-b \ln D \quad (2.3)$$

$$Q=a-Bd+cD^2 \quad (2.4)$$

$$Q=a-Bd+cD^2-dD^3 \quad (2.5)$$

Böylece, her istasyonda en iyi uyan modelin  $Q=a-Bd+cD^2-dD^3$  bağıntısı ile ifade edilen kübik denklemler model olduğunu belirlemişlerdir.

Fennessey ve Vogel (1990), Massachusetts eyaleti için günlük debi süreklilik eğrilerinin aşılma olasılığı %50 ile %100 arasındaki kısmında geçerli iki parametrelili lognormal olasılık yoğunluk fonksiyonu kullanarak modellemişler ve bu fonksiyonun parametrelerini regresyon modelleri ile elde etmişlerdir.

Leboutillier ve Waylen (1993), DSE tahmini için alternatif bir istatistiksel yaklaşımı tanımlamışlardır.

Vogel ve Fennessey (1994) yıllık DSE'leri kullanarak DSE tahmininde güvenli aralıkların nasıl seçileceğini göstermişlerdir.

Hughes ve Smakhtin (1996), bir nehir ölçüm istasyonundaki eksik verilerin belirlenmesi için yakındaki diğer havzaların ölçüm istasyonlarından elde edilmiş DSE'leri kullanmışlardır.

Yu ve Yang (1996), Güney Tayvan'da sentetik bölgesel debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışmada kümeleme analizi yöntemini kullanmışlardır.

Cıgızoğlu (1997), çalışmasında debi süreklilik eğrisinin elde edilmesinde kullanılan matematiksel modelleri değerlendirmiştir. Çalışmada, debi süreklilik eğrisini etkileyen bileşenler belirlenmiş ve bu bileşenlerin debi süreklilik eğrisi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Burada stasyoner (yıllık) ve periyodik (aylık ve günlük) akımların debi süreklilik eğrileri ayrı ayrı incelenmiştir. Debi süreklilik eğrisinin akım modelleri ile ilgisi incelenmiş ve bir akım modeli verildiğinde süreklilik eğrisini elde etmek için algoritmalar gösterilmiştir. Uygulama olarak da Türkiye'deki bazı nehir akım ölçüm istasyonları için çeşitli metotlar kullanılarak debi süreklilik eğrileri elde edilerek birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda akım ölçümü olmayan veya yetersiz kesitlerde debi süreklilik eğrisinin tahmini konusunda yardımcı olacak grafik ve tablolar elde edilmiştir.

Singh ve diğ. (2001), yaptıkları çalışmada, Hindistan'ın Himalaya bölgesinde akım gözlem istasyonu olmayan küçük su işleri ve yetersiz miktardaki verileri dikkate alarak bu havzalar için debi süreklilik eğrilerinin modellemesini yapmışlardır.

Çalışmada 1200 örnekleme alanı kullanılmıştır ve her bir bölgenin hidrometeorolojik açıdan homojen olduğu kabul edilmiştir. Model, boyutsuz akım serileri mevcut ölçüm istasyonları olan havzalardan, ölçüm istasyonu olmayan havzalara normal, lognormal ve üssel dönüşümlerle taşınarak kurulmuştur.

Yu ve diğ. (2002) Tayvan'daki Cho-Shuei Creek bölgesinde yaptıkları çalışmada debi süreklilik eğrisini elde etmek için polinom ve alan-indeks yöntemlerini kullanmışlardır. Debi süreklilik eğrileri elde edilirken, alan-indeks yönteminde değişken olarak sadece drenaj alanı kullanılırken; polinom yönteminde ise, hava yüksekliği ve drenaj alanı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda polinom yönteminin alan-indeks yöntemine göre daha iyi netice verdiği ifade edilmiştir.

Crocker ve diğ. (2003), Portekiz'in bir kısmında akım ölçümü olmayan havzalar için debi süreklilik eğrisinin tahminine yönelik bölgesel bir model oluşturmayı amaçlamışlardır. Bunun için, 67 adet havzadan elde edilmiş verileri kullanmışlardır. Akımın kurumadığı döneme ait debi süreklilik eğrisinin tahmininde kullanılan model ile akarsuyun kurak olduğu zaman yüzdesini tahmin eden bir modeli birleştirmek için toplam olasılık teorisini kullanmışlardır.

Cole ve diğ. (2003), yaptıkları çalışmada akım verilerinin güvenilir olarak kullanılabilmesi için kullanıcıların bağımsız bir kalite göstergesine ihtiyaç duyduklarını belirtmişler ve veri kalite göstergesi olarak uzun dönem debi süreklilik eğrilerinin kullanımını tavsiye etmişlerdir. Bu yöntem, akım verilerindeki düzensizlikler konusunda kullanıcıya yol göstermekte olup, hatanın yerini ve şeklini vermektedir. Bu yöntem Kuzey İrlanda'ya ait verilere uygulanmıştır.

Yanık (2004), yaptığı çalışmada bölgesel ölçekte hidroelektrik potansiyelin belirlenmesinde akım ölçümü olmayan veya eksik olan yerlerde proje debisinin belirlenmesi için hiyerarşik ve hiyerarşik olmayan kümeleme analizi kullanarak bölgesel debi süreklilik eğrilerinin elde edilebileceği ortaya konmuştur. Kümeleme analiziyle oluşturulan homojen bölgelere ait sınırların, veri olarak kullanılan özgül debi değerlerinin standart hale getirilip getirilmemesine, özgül debi-süreklilik eğrisinin kullanılan aralığına ve kümeleme analiz yöntemine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Nehir içi santraller için debi süreklilik eğrisinin aşılma olasılığı %30-%100 olan aralığının kullanılmasının uygun olması sebebiyle bu aralıktaki veriler

standart hale getirilerek kümeleme analiziyle bölgesel debi süreklilik eğrileri elde edilmiştir.

Castellarin ve diğ. (2004), Doğu İtalya'daki geniş bir bölge için yaptıkları çalışmada, günlük akımlardan elde edilmiş debi süreklilik eğrilerinin çeşitli bölgesel modellerini geliştirmişler ve modellerin verimliliğini test etmişlerdir. Ayrıca burada bölgesel yaklaşımların güvenilirliğini de değerlendirmişlerdir.

Krasovskaia ve diğ. (2006), yaptıkları çalışmada ölçümü olmayan havzaların debi süreklilik eğrisi tahmini için bir yöntem geliştirmişlerdir. Çalışmada, Costa Rica'nın günlük akım kayıtları kullanılmıştır. Tahmin hataları, %85'den daha uzun bir zaman yüzdesi için bağıl olarak (yaklaşık %30) yüksek iken, %20'den küçük zaman yüzdelinde (yaklaşık %10) ve debi süreklilik eğrisinin merkez bölümlerinde (yaklaşık %8) küçülmektedir. Ölçümlerden ve model tahminlerinden oluşturulan debi süreklilik eğrileri arasındaki farklar küçük çıkmış, buna rağmen debi süreklilik eğrisinin merkez kısımlarında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Bari ve Shafiul İslam (2006), çalışmalarında bir takvim yılına ait debi süreklilik eğrisini elde edebilmek için stokastik bir yaklaşım uygulamışlardır. Stokastik debi süreklilik eğrisinin teorik gelişimini ve ortalama günlük debinin dağılımına uygun olasılık dağılımını araştırmışlardır. Bu model, Bangladeş'in dört nehrine uygulanmıştır.

Mohamoud (2008), A.B.D.'de Mid-Atlantic Bölgesi'nde akım ölçümü olmayan havzalarda debi süreklilik eğrisi ve akım tahmini ile ilgili çalışmasında üç yaklaşım geliştirip, bunları birbirleriyle kıyaslamıştır. Bu yaklaşımlar, çoklu regresyon analizi, iklim ve bölgenin fiziki ve coğrafi yapısı ile ilgili değerlendirme ve bölgesel debi süreklilik eğrisi modelidir. Bu bölgede seçilen 29 adet havzada çalışma yapılmıştır ve çalışma sonucunda debi süreklilik eğrisine dayalı yöntemin akım ölçümü olmayan havzalardaki akım tahmini hakkında daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Risley ve diğ. (2008), 466 akım gözlem istasyonundan elde edilen günlük ortalama debi kayıtları ile istasyonlardaki meteorolojik ve fiziksel havza karakteristikleri hesaplamış ve bunlara bağıl olarak ölçülmemiş bölgelerde akım tahmini için regresyon eşitlikleri geliştirilmişlerdir. Oregon'a ait on bölgede, %5, 10, 25, 50 ve 95 aşılma olasılıklarına karşılık gelen akım ve düşük akım frekans istatistikleri (10 yıl ve 2 yıl içerisinde en düşük akımlı 7 günler) tahmini için toplam 910 adet yıllık ve

aylık regresyon eşitliği oluşturulmuştur. Bu eşitliklerle akım verilerinin olmadığı yakın b6lgelerde doğal akım değerleri tahmin edilmiştir.

Işık ve Singh (2008), T6rkiye'deki akarsu havzalarının b6lgeselleştirilmesi konulu çalışmalarında 3 b6lgeselleştirme tekniğini bir arada kullanarak kombine etmişlerdir. İlk olarak hiyerarşik k6meleme analiziyle homojen b6lge sayısı belirlenmiş ve homojen b6lgeler tanımlanmıştır. Bu metotla 1410 akım g6zlem istasyonunun bulunduğu 26 akarsu havzası 6 homojen b6lgeye ayrılmıştır. Ardından her homojen b6lge için aylık debi s6rekliplik eğrileri çizilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda akım g6zlem istasyonlarının %85,7'sinde korelasyon katsayıları %95-100 arasında, %12,5'inde %85-94 arasında ve %1,8'inde ise korelasyon katsayıları %72-84 arasında g6zlemlenmiştir.

Ayaz (2009), Solaklı Havzası'nda aylık ve yıllık debi s6rekliplik eğrilerini normalleştirme y6ntemiyle incelemiştir. Bu çalışmada yıllık modelin kullanılabilir olduğu g6sterilmiş, aylık modelin ise veri eksikliği nedeniyle uygun bir sonuç vermediği g6r6lm6řt6r.

Ağıralioğlu ve diğ. (2009), Doğu Karadeniz B6lgesi'ndeki Solaklı Havzası'nda akım tahminleri için debi s6rekliplik eğrisi y6ntemi, çoklu regresyon denklemleri, yapay sinir ağları ve bulanık mantık y6ntemleri kullanmışlardır. Seçilen pilot b6lgede muhtemel su alma yeri ve santral yerlerine bu y6ntemleri uygulayarak buralardaki hidroelektrik enerji g6lerini hesaplamışlardır.



### 3. YÖNTEM

Bu çalışmada, Singh ve diğ. (2001)'i esas alarak yapılan Ayaz (2009) çalışmasının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Adı geçen çalışmalarda anlatılan verileri normalleştirip kuantil hesabı yapmak yerine, bu çalışmada eldeki veriye en uygun dağılım belirlenerek, belli aşılma olasılıklarına karşılık gelen noktalarda debiler hesaplanmıştır. Belli bir aşılma olasılığına karşı gelen debileri tahmin etmek için akım, ortalama akım kullanılarak boyutsuz hale getirilir (Denklem 3.1).

$$q = Q/\bar{Q} \quad (3.1)$$

Burada,  $Q$  gözlenen akımı,  $\bar{Q}$  ise gözlem süresi boyunca hesaplanan ortalama akımı göstermektedir. Elde edilen  $q$  boyutsuz akım serisi için

$$W = f(q) \quad (3.2)$$

Denklem 3.2 ile en uygun dağılım belirlenir. Belli bir  $D$  aşılma olasılığına karşı gelen akımı ( $q_D$ ) hesaplamak için belirlenen bir önceki adımda belirlenen dağılım kullanılır. Boyutsuz  $q_D$  akımına karşı gelen gerçek akım değerine ulaşmak için ise (3.1) denklemi kullanılmalıdır. Bunun için havzanın ortalama akım değeri  $\bar{Q}$  hesaplanmalıdır. Havza alanına ( $A$ ) bağlı olarak

$$\bar{Q} = CA^m \quad (3.3)$$

şeklinde verilen üstel fonksiyonu en iyi yapan  $C$  ve  $m$  katsayıları belirlenebilir (Denklem 3.3) (Akım-alan grafiği). Böylelikle bir havzada ölçümü olmayan herhangi bir akarsu kesitinde belli  $D$  aşılma olasılığına karşı gelen akım değeri (3.1)'den

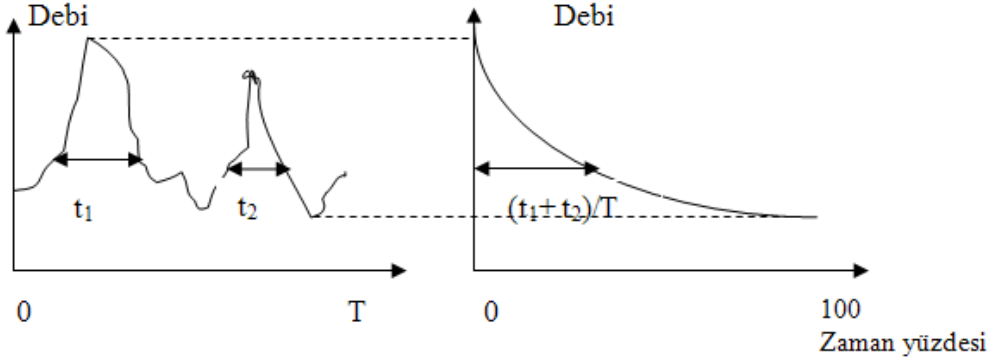
$$Q_D = \bar{Q}q_D \quad (3.4)$$

Denklem 3.4 ile hesaplanabilir.

Aşağıdaki alt bölümlerde debi-süreklilik eğrisinden bahsedilmiş ve yukarıda açıklandığı üzere modelde kullanılacak dağılımlarla ilgili bilgiler verilmiştir.

### 3.1 Debi Süreklilik Eğrisi

Bir debi süreklilik eğrisi bir istasyondaki günlük, haftalık, aylık ve yıllık (ya da bir başka zaman aralığı) akımların miktarı ve frekansı arasındaki ilişkidir ve belli bir zaman aralığı boyunca verilmiş bir akım değerinin eşit olduğu ya da aşıldığı zaman yüzdesini göstermektedir (Fennesey ve Vogel, 1990). Bir başka deyişle, eldeki bir debi gidiş çizgisinden faydalanarak debinin belli bir değere eşit ya da ondan büyük olduğu zaman yüzdesi hesaplanıp düşey eksene debiler, yatay eksene zaman yüzdeleri taşınırsa elde edilen eğriye debi süreklilik eğrisi adı verilir (Şekil 3.1). Süreklilik eğrisini elde ederken mümkün olduğu kadar uzun bir süreye ait debi gidiş çizgisini kullanmak uygun olur. Bu eğriden zamanın belli bir yüzdesinde aşılan debi derhal okunabilir. Zaman biriminin seçimi eğrinin kullanım amacına bağlıdır.



Şekil 3.1 : Debi gidiş çizgisinden debi süreklilik eğrisinin elde edilmesi

Süreklilik eğrilerinin birbirleriyle karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için bazen düşey ekseninde gerçek debilerin yerine debilerin ortalama debiye oranı gösterilir, böylece debiler boyutsuz hale getirilir. Bir akarsuda belli bir süre içinde elde edilmiş olan süreklilik eğrisini daha uzun bir süreye uzatmak için yakınındaki bir akarsuyun boyutsuz debileri için çizilen süreklilik eğrisinden faydalanılabilir. Debi süreklilik eğrisi akarsuda belli bir zaman yüzdesinde mevcut olan debinin bilinmesi gereken hallerde kullanılır. Örneğin bir hidroelektrik tesisinde güvenilir gücü hesaplarken yılın %50 sinde var olan debi esas alınabilir (Bayazıt, 1999).

#### 3.1.1 Debi süreklilik eğrisinde zaman biriminin seçilmesi

Debi süreklilik eğrisi ile çalışılırken, zaman biriminin seçimi eğrinin kullanım amacına bağlıdır. Bunlar yıllık, aylık ve günlük olabilir.

Yıllık akım serilerinin kullanılmasının üstünlük sağladığı konular şunlardır:

- Seri parametrelerinde; önemli süreksizlik, homojenliğin olmaması veya örneklemede uç değerlerin bulunması durumunda oluşan uzun aralıklı gidişlerin veya sıçramaların incelenmesi,
- Uzun kurak ya da yağışlı yıl süreçlerinin incelenmesi,
- Seri özellikleri ile uzun vadeli iklim değişiklikleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi,
- İnsan faaliyetleri ya da doğal afetler nedeniyle oluşan değişikliklerin belirlenmesi,
- Büyük su biriktirme kapasiteleri veya sistemlerinin işletilmesi ve planlanması; proje veya planlama performansının fayda, maliyet, risk ve diğer ölçümlerinin hesaplanması;
- Genel olarak hidrolojik süreçlerin yıllık zaman serilerinin anlaşılması.

Aylık akım serilerinin kullanılmasının üstünlük sağladığı konular şunlardır:

- Seri parametrelerindeki periyodikliğin (mevsimlik değişim) incelenmesi;
- Mevsimlik veya yıllık proje performansları ile yıl içi veya yıldan yıla akım düzenlemesinin incelenmesi;
- Su temini ve hidroelektrik enerji üretimindeki risklerin ve normal dışı kurak mevsimlerin incelenmesi;
- İklimsel ve hidrolojik rastgele değişkenler ile zaman süreçleri arasındaki ilişkilerin incelenmesi;
- Zaman serilerindeki periyodik stokastik sürecin anlaşılması.

Aydan daha kısa süreli zaman aralıklı zaman serileri, örneğin günlük akım serileri ise çoğunlukla uç değerlerin (taşkın, düşük akım veya serilerin eksiklik gösteren kısımları) incelenmesinde kullanılmaktadır.

Debi süreklilik eğrisi için seçilen zaman aralığı eğrinin dikliğini etkilemektedir. Seçilen zaman aralığı küçüldükçe eğri dikleşmektedir. Buna göre günlük ortalama akımlar için olan debi süreklilik eğrisi aylık ve özellikle de yıllık debi süreklilik eğrilerine oranla daha diktir. Dolayısıyla aşılma yüzdesindeki bir artış debi değerini

günlük debi süreklilik eğrisinde diğerlerine oranla daha fazla arttırmaktadır. Büyük havza alanına sahip nehirlerde ise günlük ve aylık debi süreklilik eğrileri arasında fazla bir fark bulunmamaktadır.

### 3.1.2 Kayıt süresinin debi süreklilik eğrisi

365\*N adet günlük akımları en küçükten en büyüğe doğru sıralanır (sıra i=1 den i=365\*N'ye kadar). Her bir i'inci sıradaki akımı  $q_{(i)}$  olarak adlandırılır. Her bir akımın aşılma sıklığı

$$F_Q(q_i) = \frac{i}{365N + 1} \quad (3.5)$$

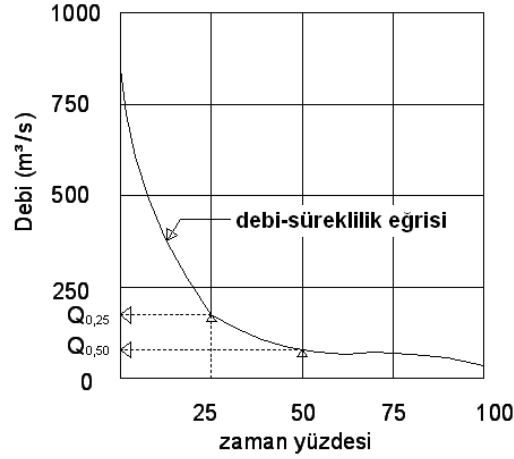
bağıntısından tahmin edilir ve Denklem (3.5) bağıntısı yardımı ile karşı gelen aşılma olasılığı hesaplanır. Sonra eğri,  $(q_i)$  değerleri düşeyde, zaman yüzdesi değerleri yatayda olacak şekilde çizilir.

Kayıt süresi DSE'si ölçülen değerlerin tarihi değişebilirliğini gösterir, fakat yıldan yıla akımlardaki değişebilirliğini göstermez. Ayrıca ölçümlerin sınırlı sürede olmasından dolayı bulunan aşılma sıklıklarındaki belirsizliği de göstermez.

### 3.1.3 Debi süreklilik eğrisinin kullanıldığı yerler

Debi süreklilik eğrisinin, su kaynakları mühendisliğindeki kullanım alanı oldukça geniştir. Aşağıda bu kullanım alanları ile ilgili bazı örnekler verilmiştir (Dingman, 2008).

(1) Debi süreklilik eğrisi belirlendikten sonra, bu eğri üzerinde zamanın belli bir yüzdesine karşı gelen debi seçilir (Şekil 3.2). Bu debi kullanılarak santralin hidrolik kapasitesi (türbinlerden geçecek maksimum debi) belirlenir. Daha sonra bu hidrolik kapasiteye göre, önceden belirlenmiş (verilmiş) olan düşüm-akım diyagramları kullanılarak net düşüm belirlenir. Debi süreklilik eğrisinin üzerinde bulunan noktalara, su gücü denklemleri uygulanır ve böylece güç süreklilik eğrisi elde edilir. Güç süreklilik eğrisinin altında kalan alan bölgenin hidroelektrik enerji potansiyelini verir (US Army Corps of Engineers, 1985).



**Şekil 3.2 :** DSE'den zamanın belli yüzdelinde aşılacak debilerin okunması

(2) Akarsuyun belli bir noktasından alınabilecek su ile ilgili olarak da debi süreklilik eğrisi kullanılmaktadır. Akarsuda gerçek akımlar zamanla değişir; debi süreklilik eğrisi bu dağılımı gösterir (Denklem 3.6).  $p$ ,  $q_p$  debisinin aşılma olasılığı olarak tanımlandığına göre

$$p = Pr\{Q > q_p\} = EP_Q(q_p) = 1 - F_Q(q_p) \quad (3.6)$$

yazılır.

Burada  $F_Q(q)$  günlük ortalama akımın kümülatif dağılım fonksiyonudur. Doğal akım şartlarında çoğu bölgelerde, ortalama debi,  $\mu_Q$ , zamanın yarısından daha az zamanda mevcuttur. Bu bakımdan bir havzanın veya bir bölgenin kullanılabilir su kaynaklarının daha gerçekçi bir ifadesi zamanın büyük bir kısmında, mesela zamanın %95 'inde bulunan  $q_{95}$  esas alınarak belirlenir. Bu debi havzanın (safe yield) güvenli verimi (debisi) olarak anılır. Bununla birlikte  $q < q_{95}$  debisinin tipik bir yılın 18 gününde bulunmadığı ve bir havzadaki minimum debinin 0 olduğu (yani %100 alınabilecek debi 0 'dır.  $q_1 = 0$ ) hatırlanmalıdır.

(3) Debi süreklilik eğrileri, havzaların karakteristiklerini karşılaştırmak için de kullanılırlar. Bunun için bir akarsu havzasında bulunan AGİ'leri için çizilen debi süreklilik eğrileri aynı eksen takımında gösterildikten sonra bunların aritmetik ortalaması alınarak, o havzayı temsil edecek bir ortalama debi süreklilik eğrisine ulaşılabilir. Benzer işlemlerle başka havzaların da ortalama debi süreklilik eğrileri elde edilerek bunların da aynı eksen takımında gösterilmesi ile havzaların kıyaslamalı yorumlarının yapılabileceği bir grafik elde edilir.

(4) Bir nehir ölçüm istasyonundaki eksik gözlenmiş değerlerin belirlenmesi için yakın diğer havzalardaki ölçüm istasyonlarından elde edilmiş debi süreklilik eğrileri kullanılabilir. Bunun için ilk olarak kaynak istasyonlar belirlenir; bundan sonra, bu istasyonlardaki ve hedef istasyondaki (eksik ölçüm değerleri tamamlanacak veya mevcut ölçüm değerleri uzatılacak istasyon) akım rejimleri arasındaki benzerlik derecesine göre ağırlık yüzdesi değeri saptanır ( $W_j$ ,  $j=1$  ile  $N$  arasında). Hedef istasyon ve kaynak istasyonlarda ay boyunca gözlenmiş günlük ortalama debilerin debi süreklilik eğrisi elde edilir. Hedef bölgedeki herhangi bir güne ait nehir akım değerini tahmin etmek için, kaynak bölgelerdeki nehir akım değerlerine ( $Q_{Sj}$ ) ait debi süreklilik eğrisi (ilgili ay için) üzerinden aynı gün için aşılma yüzdesi değeri ( $DP_j$ ) belirlenir ve hedef bölgedeki debi süreklilik eğrisinden aynı aşılma yüzdesi ( $DP_j$ ) değerine karşı gelen akım değeri ( $Q_{Dj}$ ) okunur.

Yukarıda verilen örneklere ilave olarak debi süreklilik eğrisi ayrıca, su kalitesi belirleme çalışmalarında, nehirlerden su taşımak için yapılacak nehir üzerinde baraj olması durumunda nehrin kurumasını önleme çalışmalarında, düşük akım analizinde ve akarsudaki canlı hayatının incelenmesi çalışmalarında da kullanılan önemli bir araçtır.

### **3.2 Kullanılan Olasılık Dağılımları**

Bu bölümde çalışmada kullanılan olasılık dağılımları hakkında kısaca bilgi verilecektir.

#### **3.2.1 Normal dağılım**

İnşaat mühendisliği konusunda normal dağılımın kullanım yerleri; ölçüm hataları, yıllık yağışlar, malzemelerin dirençleri, yapı yükleri, çerçevelerin çökme dirençleri, elastik sehimler ve yol kapasitelerinin analizleridir (Bayazıt, 1996).

Gauss Dağılımı olarak da bilinen bu dağılımın iki parametresi vardır. Bunlardan ilki rastgele değişkenin ortalaması  $\mu_x$ , ikincisi rastgele değişkenin standart sapması  $\sigma_x$ ' dir. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu ve standart normal değişkeni ( $z$ ) Denklem 3.7 ve 3.8'de verilmiştir (Bayazıt, 1999).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{(x - \mu_x)^2}{2\sigma_x^2} \right] \quad (3.7)$$

$$z = \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \quad (3.8)$$

### 3.2.2 Lognormal dağılım

Lognormal dağılım; yıllık ve aylık yağışlar, yıllık akımlar, taşkın debileri, yorulma süreleri, deprem şiddetleri akarsulardaki danelerin çapları, en büyük dalga yüksekliklerinin analizinde kullanılan bir dağılımdır (Bayazit, 1996).

Normal dağılımın kolay ve özelliklerinin iyi bilinmesinden dolayı normal dağılmış olmayan dağılımların da uygun bir dönüşümle normal dağılıma uydurulması yoluna gidilir. Bu amaçla logaritmik dönüşüm yaygın olarak kullanılır (Denklem 3.9).

$$y = \ln(x - x_0) \quad (3.9)$$

Lognormal dağılımda rastgele değişken sadece pozitif değerler alabildiği ve dağılımın pozitif çarpıklığı olduğu için bu dağılım pratikte karşılaşılan birçok değişkenlere iyi uyar. Lognormal dağılım ile ilgili hesaplarda (y) değişkeni için normal dağılım tablosundan yararlanır. Bu dağılımda  $x_0$  değerinin sıfır olarak alınmasıyla lognormal-2 dağılımı elde edilir (Bayazit, Oğuz, 1994) (Bayazit, 1981).

$$f(x) = \frac{\exp \left[ -0,5 \left( \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2 \right]}{\sigma_y (x - x_0) \sqrt{2\pi}} \quad (3.10)$$

### 3.2.3 Gamma dağılımı

Gamma dağılımının da lognormal dağılım gibi sadece değişkenin pozitif değerleri için tanımlanmış ve pozitif çarpık bir dağılımdır. Ancak sadece bir parametresi olması ( $\beta$ , biçim parametresi), gamma dağılımını gözlenmiş frekans dağılımlarına uydurulmasını güçleştirdiği için 2 ve 3 parametrelili gamma dağılımları da tanımlanmıştır. Dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu ve  $\beta$ , biçim parametresi Denklem 3.11 ve 3.12'de verilmiştir.

$$f(x) = \frac{\left( \frac{x - x_0}{\alpha} \right)^{\beta-1} \exp \left[ -\left( \frac{x - x_0}{\alpha} \right) \right]}{\alpha \Gamma(\beta)} \quad (3.11)$$

$$\beta = 4/C_s^2 \quad (3.12)$$

3 parametrelili gamma dağılımında  $x_0$  değeri sıfır olarak alınmasıyla 2 parametrelili gamma dağılımı elde edilir. Bu dağılımda  $x$  yerine  $x/\alpha$  konulur. Buna göre dağılımın ölçek parametresi ( $\alpha$ ) parametresi ve  $x_0$  Denklem 3.13 ve 3.14'te verilmiştir.

$$\alpha = S/\sqrt{\beta} \quad (3.13)$$

$$x_0 = \mu_x - S/\sqrt{\beta} \quad (3.14)$$

Gamma dağılımını kullanabilmek için Pearson Tip III dağılım tablosundan yararlanılır. Bu tablo  $C_s$ 'nin çeşitli değerleri için çeşitli aşılma olasılıklarına karşılık gelen değerlerini göstermektedir. İnşaat mühendisliğinde taşkın debileri ve yorulma süresi analizlerinde kullanılır (Bayazıt, 1981; Bayazıt ve Oğuz, 1994).

### 3.2.4 Weibull dağılımı

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

Sürekli tipteki  $t$  rastgele değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu Denklem 3.15'te verilmiştir.

$$f(t, \gamma, \sigma, \eta) = \frac{\eta}{\sigma} \left(\frac{t-\gamma}{\sigma}\right)^{\eta-1} \exp\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\sigma}\right)^\eta\right] \quad t > \gamma > 0, \eta > 0 \quad (3.15)$$

ise  $t$  rastgele değişkenine  $\gamma$ ,  $\sigma$  ve  $\eta$  parametrelili Weibull dağılımına sahiptir denir. Burada  $\gamma$ ,  $\sigma$  ve  $\eta$  parametreleri, sırasıyla dağılımın konum, yayılım ve şekil parametreleridir.

Üç parametrelili Weibull dağılımının dağılım fonksiyonu Denklem 3.16'da verilmiştir (Johnson ve diğ. 1994).

$$f(t, \gamma, \sigma, \eta) = 1 - \exp\left\{-\left(\frac{t-\gamma}{\sigma}\right)^\eta\right\} \quad t > \eta \quad (3.16)$$

### 3.2.5 Rayleigh dağılımı

Sürekli tipteki  $t$  rastgele değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonu Denklem 3.17'de verilmiştir.

$$f(t, \beta) = \frac{1}{\beta^2} \exp\left(-\frac{t^2}{2\beta^2}\right) \quad t > 0, \quad \beta > 0 \quad (3.17)$$

Bu durumda  $t$  rastgele değişkenine Rayleigh dağılımına sahiptir denir. Rayleigh dağılımının  $\beta$  parametresi, dağılımın yayılım parametresidir. Rayleigh dağılımının dağılım fonksiyonu ise Denklem 3.18’de gösterilmiştir (Evans ve diğ. 1993).

$$f(t, \beta) = 1 - \exp\left(-\frac{t^2}{2\beta^2}\right) \quad (3.18)$$

### 3.2.6 Log pearson tip 3 dağılımı

Log Pearson dağılımı genellikle taşkın debileri için kullanılır ve Poisson sürecindeki bir olayın gerçekleşebilme ihtimalini belirtir. Eğer olaylar pozitif bir çarpıklığa sahipse Log Pearson dağılımına logaritmik dönüşüm uygulanır ve yeni elde edilen dağılıma Log Pearson Tip III dağılımı adı verilir. Bu dağılımın olasılık yoğunluk fonksiyonu Denklem 3.19’da verilmiştir.

$$f(x) = \frac{1}{x|\beta|\Gamma(\alpha)} \left(\frac{\ln(x) - \gamma}{\beta}\right)^{\alpha-1} \exp\left(-\frac{\ln(x) - \gamma}{\beta}\right) \quad (3.19)$$

Log Pearson dağılımının dağılım fonksiyonu ise Denklem 3.20’de gösterilmiştir.

$$F(x) = \frac{\Gamma(\ln(x) - \gamma)/\beta^{\alpha}}{\Gamma(\alpha)} \quad (3.20)$$

Pearson Tip III dağılımının ilk defa hidrolojide kullanımı yıllık maksimum akımlar için olmuştur (Foster, 1924). Log Pearson Tip III dağılımının kullanımı Amerika’da taşkın periyotları tahmini için de sıkça kullanılmaktadır (Url-1, 2009).

### 3.2.7 Log-lojistik dağılımı

Log-Lojistik dağılımı negatif olmayan değerler için sürekli bir fonksiyondur. Bu dağılıma ait olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 3.21’de, dağılım fonksiyonu ise Denklem 3.22’de verilmiştir.

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-y}{\beta}\right)^{\alpha-1} \left[1 + \left(\frac{x-y}{\beta}\right)^{\alpha}\right]^{-2} \quad (3.21)$$

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\beta}{x-y}\right)^{\alpha}\right]^{-1} \quad (3.22)$$

Burada

$\alpha$ : Şekil parametresi

$\beta$ : Ölçek parametresi

$\gamma$ : Yer parametresidir.

### 3.3 Uygunluk Testleri

Eldeki orijinal bir veri grubunun, verilen bir teorik olasılık dağılıma uyup uymadığını kontrol etmenin yolu, kümülatif gözleme dayalı dağılımın, denenen teorik dağılıma ait kümülatif yoğunluk fonksiyonu ile uygunluğunun grafik olarak karşılaştırılmasıdır. Eğer iki fonksiyon aşırı sapma göstermezse, teorik dağılımın orijinal verilere uyduğu kabul edilir. Uygunluk testlerinden birisi olan ve sadece sürekli rastgele değişkenlere tatbik edilebilen Kolmogrov-Smirnov (K-S) testi, belirli bir önem seviyesinde hipotez dağılımın kabulü veya reddinin tespiti için bir istatistik kullanır. Diğer bir istatistik test olan ki-kare testi ise, hem kesikli hem de sürekli rastgele değişkenlere uygulanabilir ve K-S testinde olduğu gibi kümülatif yoğunluk fonksiyonları yerine, olasılık yoğunluk fonksiyonlarının mukayesesi esasına dayanır. Bununla beraber özellikle küçük örnekler için, hem K-S testi hem de ki-kare testi, gerçekte hipotez yanlış iken doğru kabul etme bakımından güçlü değıllerdir (Taha, 1995).

#### 3.3.1 Ki kare uygunluk testi

$\chi^2$  testinde bir rastgele değışkene ait N elemanlı bir örnek, m adet sınıfa ayrılır (sınıf seçimi için birden fazla formül vardır ve belirli durumlar için optimal bir seçim bulunmamaktadır. Sınıf sayısı seçilirken Denklem 3.23 kullanılmıştır.) ve her bir sınıftaki eleman sayısı ( $N_i$ ) hesaplanır. Seçilen olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre aynı sınıf aralıklarında olma olasılıkları ( $p_i$ ) hesaplanır. Bu sınıftaki beklenen eleman sayısı, bu olasılık değıeri veri sayısıyla çarpılarak bulunur ( $N_i' = N * p_i$ ). Bu verilerin ki kare hesap değıeri Denklem 3.24 ile hesaplanır.

$$m = 1 + \log_2 N \quad (3.23)$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(N_i - N_i')^2}{N_i'} \quad (3.24)$$

Burada  $m$  grup sayısı,  $N_i$  ' ise ilgili sınıftaki teorik (beklenen) eleman sayısıdır. Hesaplanan  $\chi^2_h$  değeri,  $\alpha$  anlamlılık düzeyi için tablo değerinden küçükse ( $\chi^2_h < \chi^2_t$ ), gözlenen verilerin ilgili dağılıma uygun olduğuna karar verilir. Tablo değeri okunurken  $\chi^2$  dağılımının serbestlik derecesi  $m-3$  olarak hesaplanır (Bayazıt, 1981; Bayazıt ve Oğuz, 1994).

### 3.3.2 Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi

Gözlenen verilerin eklenik frekans dağılımının teorik bir dağılıma uygunluğunun kontrolünde kullanılan ikinci bir test olan Kolmogorov-Smirnov testinde kullanılan istatistik Denklem 3.25'te verilmiştir.

$$\Delta = \max |F(x_i) - F^*(x_i)| \quad (3.25)$$

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



## 4. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

### 4.1 Çalışma Alanının Tanıtımı

Türkiye'nin 26 su havzasından biri olan Doğu Karadeniz Havzası, Türkiye'nin kuzey doğu kıyısında yer alır (Şekil 1). 40<sup>0</sup>15 ile 41<sup>0</sup>34 kuzey enlemleri ve 36<sup>0</sup>43 ile 41<sup>0</sup>35 doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Havza güneyde Doğu Karadeniz Dağları, kuzeyde ise Karadeniz ile çevrilidir. Doğu Karadeniz; Ordu'nun doğusundaki Melet Çayı'ndan Gürcistan sınırına kadar uzanan, Karadeniz bölgesinin en dağlık ve yükseltinin en fazla olduğu bölümdür.

Toplam alanı 18265 km<sup>2</sup> olan havza, yıllık ortalama 12392 km<sup>2</sup> yüzeysel su potansiyeli ile Türkiye potansiyelinin %6,6'sını sağlamaktadır. Eğimi, yüksekliği ve yüzey altı tabakasının geçirimsiz veya yarı geçirimli olması sebebiyle, yağın yağışın önemli bir kısmı yüzeysel akışa geçmektedir. Bu nedenle Doğu Karadeniz Havzası oldukça eğimli ve sık bir akarsu ağına sahiptir (Uzlu ve diğ., 2008).

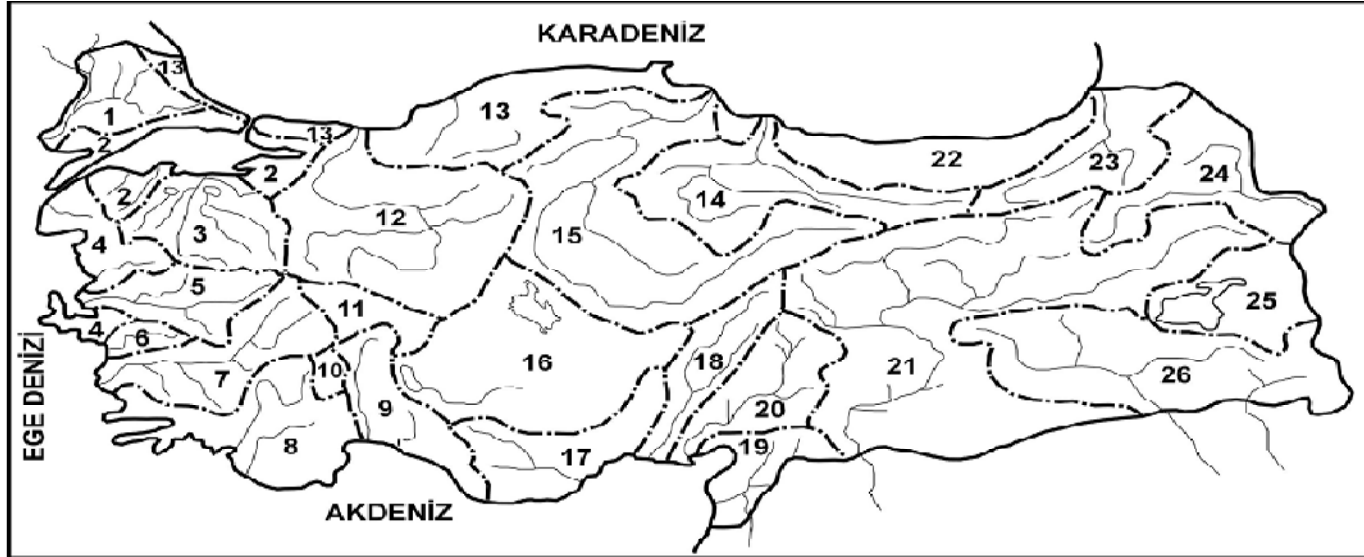
#### 4.1.1 Çalışma alanı hakkında genel bilgiler

Doğu Karadeniz dağları kıyıdağlından itibaren hızla yükselir. Denizden yaklaşık 35-40 km içlerinde 3500 m'yi aşan zirvelere ulaşılır (Kaçkar 3937 m, Üçdork 3711 m). Ayrıca, birbirine komşu derin vadiler içinde akan akarsular yamaç eğim değerlerinin daha da artmasına sebep olur. Bu nedenle denize bakan yamaçların ortalama eğimi yer yer 20-25 dereceleri bulur.

Doğu Karadeniz kıyı kuşağı nemli ve ılıman bir iklime sahiptir. Bu saha Türkiye'nin en çok yağış alan yöresi durumundadır ve yıl boyunca bol yağış alır. Rize dolaylarında yıllık yağış miktarı 2000 mm'yi aşar. Bununla birlikte, yerel topoğrafik şartlar nedeniyle Trabzon dolayları (Fener burnu Araklı arası) diğer istasyonlardan daha az yağış alır. Toplam yağış miktarları kıyı kesiminden yükseklerle doğru çıkıldıkça artar. Soğuk mevsimde ise etkili kar yağışları görülür. Öte yandan kıyı kesiminde sıcaklık ortalamaları 14-15 °C civarında iken, yükseklerle doğru çıkıldıkça yağışların aksine düzenli olarak azalır.

Yörede ilkbaharla birlikte havalar ısınmaya ve karlar erimeye başlar. Bu nedenle, düşük yağış değerlerine rağmen, ilkbahar aylarında akarsuların akımları artar. Hatta bazen eriyen kar sularına etkili sağanak yağışlar da eşlik eder ve akarsularda taşmalar meydana gelir. Yaz aylarına gelindiğinde yağışlar daha da artar. Özellikle ağustos ayı uzun süreli ve sağanak karakterli yağışlarıyla bilinir. Bazen gün boyu devam eden şiddetli yağışlar nedeniyle günlük maksimum yağışlar 100 mm'yi aşar. Bu değer bazen ikiye de katlanabilir. Öte yandan, yörede yaz yağışları bazen günlerce devam eder. Bu tür şiddetli ve uzun süreli yağışlar zeminin ve bitki örtüsünün su tutma kapasitesinin aşılmasına sebep olur. Böylece düşen yağışların tamamı yüzeysel akışa geçer ve etkili seller meydana gelir. Ayrıca, zemin suya doymuş ve yamaç eğim değerleri yüksek olduğundan bu sellere heyelan olayları da eşlik eder.

Bölgede toprak ve onun altındaki enkaz örtüsü genellikle suya doygundur. Yamaçlar akarsular tarafından derin bir şekilde yarılmıştır. Yeraltı suyu düşük debili ve genellikle bütün yıl su veren kaynaklar halinde yüzeye çıkar. Bu durum akarsuların yağışlar yanında kaynak sularıyla da beslenmesini sağlar. Doğu Karadeniz kıyı kuşağı bütünüyle doğal orman sahası içerisinde bulunur. Ancak yerleşmelerin geniş bir alana yayıldığı kıyıya yakın kesimlerde, eğimli yamaçlar teraslanarak çay ve fındık bahçelerine dönüştürülmüş, böylece doğal bitki örtüsü önemli ölçüde değiştirilmiştir. Yörede çay bitkisi toprak üzerinde yoğun bir örtü oluşturmakta ve özellikle teraslanmış alanlarda yağış sularının zemine sızmasını desteklemektedir. Öte yandan sel sırasında yerlerinden sökülerek taşınan geniş yapraklı ağaçlar, köprü ve menfezlerin tıkanmasına yol açmaktadır (Uzun, 2007).



**Havza adı ve su potansiyeli**

- |  |  |   |
|--|--|---|
| 1. Meriç-Ergene Havzası (1.33 milyar m <sup>3</sup> )            | 11. Akarçay (Afyon) Havzası (0.49 milyar m <sup>3</sup> )        | 21. Fırat Havzası (31.61 milyar m <sup>3</sup> )          |
| 2. Marmara I havzası (0.33 milyar m <sup>3</sup> )               | 12. Sakarya I havzası (0.40 milyar m <sup>3</sup> )              | 22. Doğu Karadeniz Havzası (14.90 milyar m <sup>3</sup> ) |
| 3. Susurluk Havzası (6.43 milyar m <sup>3</sup> )                | 13. Batı Karadeniz Havzası (9.93 milyar m <sup>3</sup> )         | 23. Çoruh Havzası (6.30 milyar m <sup>3</sup> )           |
| 4. Kuzey Ege Havzası (2.09 milyar m <sup>3</sup> )               | 14. Yeşilirmak Havzası (5.80 milyar m <sup>3</sup> )             | 24. Aras Havzası (4.63 milyar m <sup>3</sup> )            |
| 5. Gediz Havzası (1.95 milyar m <sup>3</sup> )                   | 15. Kızılırmak Havzası (6.48 milyar m <sup>3</sup> )             | 25. Van Havzası (2.39 milyar m <sup>3</sup> )             |
| 6. Küçük Menderes I havzası (1.19 milyar m <sup>3</sup> )        | 16. Konya (Orta Anadolu) I havzası (4.52 milyar m <sup>3</sup> ) | 26. Dicle Havzası (21.33 milyar m <sup>3</sup> )          |
| 7. Büyük Menderes Havzası (3.03 milyar m <sup>3</sup> )          | 17. Doğu Akdeniz I havzası (11.07 milyar m <sup>3</sup> )        |   |
| 8. Batı Akdeniz Havzası (8.93 milyar m <sup>3</sup> )            | 18. Seyhan Havzası (8.01 milyar m <sup>3</sup> )                 |   |
| 9. Antalya (Orta Akdeniz) Havzası (11.06 milyar m <sup>3</sup> ) | 19. Asi (Hatay) Havzası (1.17 milyar m <sup>3</sup> )            |   |
| 10. Burdur Gölü Havzası (0.60 milyar m <sup>3</sup> )            | 20. Çayhan Havzası (7.18 milyar m <sup>3</sup> )                 |   |

**Şekil 4.1 :** Türkiye'deki 26 su havzasını gösteren harita

## 4.2 Alt Havzalara Ait Genel Bilgiler

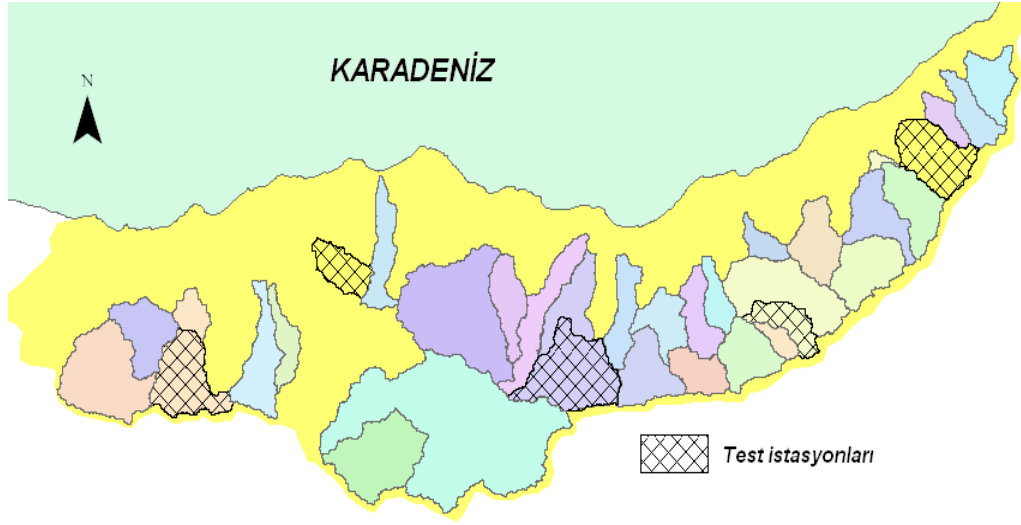
### 4.2.1 Aylık verisi olan Agi'lere ait veriler

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Havzası'nda en az 10 yıllık süre zarfında aylık verisi bulunan 32 adet istasyona ait akım verileri kullanılmıştır. Bu AGİ'lerin istasyon numaraları, isimleri, ait oldukları alt havzaların ortalama yükseklikleri, eğimleri, drenaj alanları ve akım verileri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1 : Aylık verisi olan AGİ'lerin verileri**

No	İstasyon Adı	Ortalama Yükseklik (m)	Eğim (%)	Alan (km <sup>2</sup> )	Akım (m <sup>3</sup> /s)	
22057	ÖGENE D. - ALÇAKKÖPRÜ	2034	20,9	242,6	5,89	KALIBRASYON
22052	SOLAKLI D. - ULUCAMI	1908	23,1	576,8	14,26	
22007	HALDİZEN SUYU - ŞERAH	2277	24,6	154,7	4,26	
2202	KARADERE - AĞNAS (EIE)	1816	14,8	635,7	12,12	
22068	BALTACI DERESİ - YENİKÖY	2002	14,5	171,6	5,10	
22066	MAKİ DERESİ - CEVİZLİK	1955	21,4	115,9	5,00	
2218	İYİDERE - ŞİMŞİRLİ (EIE)	2188	24,2	834,9	28,40	
22006	KÖPRÜBAŞI	1745	26,9	156,0	9,11	
22013	KAVRAZ D. - SÜTTAŞI	1965	19,0	124,9	3,05	
22049	KAPİSTRE D. - BAŞKÖY	1477	26,0	186,2	10,34	
22059	KALYON D. - ÇİFTDERE	1656	21,9	121,5	2,62	
22061	ALTINDERE - ORTAKÖY	1990	21,0	261,0	4,41	
22062	HEMSİN D. - KONAKLAR	2228	26,0	496,7	17,29	
22063	HALA D. - MİKRONKÖPRÜ	2078	26,8	239,2	11,44	
22071	AKSU D. - İKİSU	2006	18,4	292,7	7,03	
22072	ARILI D. - ARILI	1428	26,7	92,15	6,32	
22073	YAĞLI D. - TUĞLACIK	1610	22,0	397,9	9,78	
22074	HEMSİN D. - ÇAT	2663	25,7	277,6	8,79	
22085	ŞENÖZ D. - KAPTANPAŞA	1822	25,3	231,2	10,24	
22087	GALEVERA D. - HASANŞEYH	1960	20,1	256,8	6,84	
22088	MAÇKA D. - ORMANÜSTÜ	1884	17,8	150,0	2,51	
22089	BALLI D. - KÜÇÜKKÖY	1863	28,4	66,37	4,12	
22090	AKSU D. - ALANCIK	1845	18,9	470,2	9,69	
22009	HARŞİT ÇAYI - TORUL	1862	19,6	1900,4	16,46	
22083	KODİL ÇAYI - GÜMÜŞKAYA	1898	20,7	410,8	5,93	
22084	YAĞLIİKİSU	2122	20,7	149,6	1,81	
22086	DEĞİRMENDERE - ÖĞÜTLÜ	1730	21,2	728,4	13,06	
22058	GÖRELE D. - CÜCENKÖPRÜ			162,7	5,72	
22076	DURAK D. - KEMERKÖPRÜ	1703	25,6	302,2	15,59	
22080	YAĞLI D. - SINIRKÖY	1757	21,2	296,9	6,58	
22044	KARADERE - AYTAŞ	2100	20,2	421,2	8,36	
2215	ÇAMLI D. - DEREKÖY (EIE)	2393	23,7	445,2	13,32	

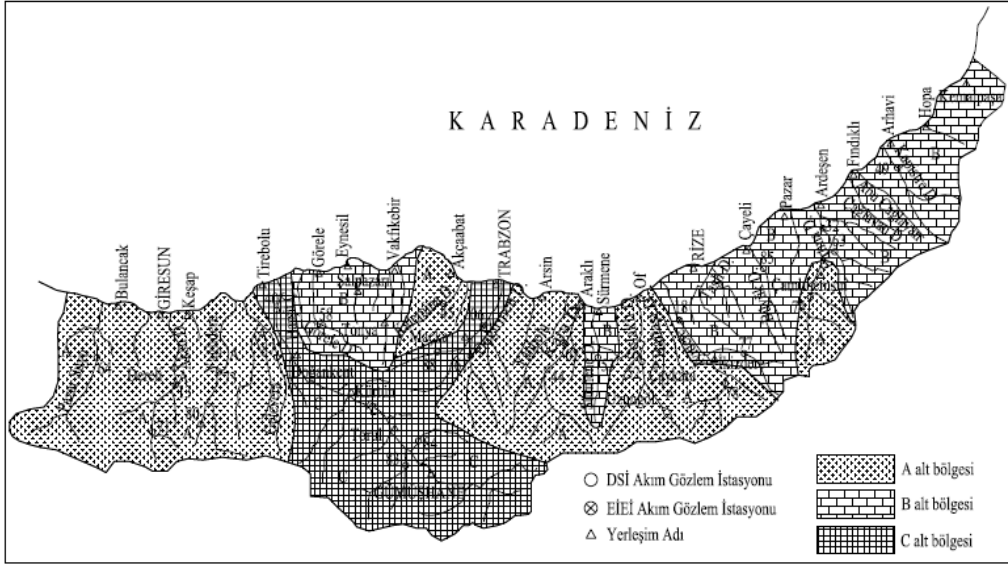
Çalışmada kullanılan 32 adet istasyonun drene ettiği havzalar Şekil 4.2’de gösterilmiştir. Taralı olarak gösterilen havzaların ait olduğu AGİ’lerin verileri test aşamasında kullanılmıştır.



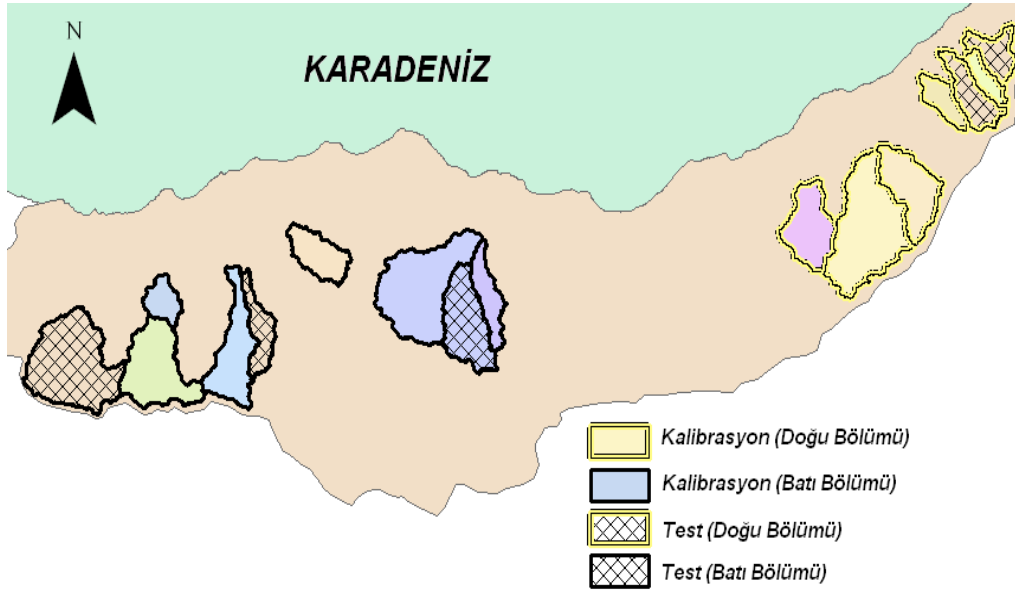
**Şekil 4.2 : Drenaj Havzaları**

#### **4.2.2 Günlük verisi olan Agi'lere ait veriler**

Çalışmada aylık verilerle birlikte günlük veriler de kullanılmıştır. Ayrıca daha iyi sonuçlar alabilmek için mevcut çalışma bölgesi homojen alt bölgelere ayrılarak da modellenmiştir. Çalışma bölgesi 2 parçaya ayrılırken Yanık (2004) çalışmasından yararlanılmıştır (Şekil 4.3). Sözü edilen çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi 3 alt bölgeye ayrılmış ve her bir bölüm ayrı ayrı incelenmiştir. Ancak bu çalışmada elde edilen günlük verisi bulunan AGİ'ler sınırlı olduğundan, çalışma bölgesi yalnızca 2 alt bölgeye ayrılarak incelenmiştir.



**Şekil 4.3 :** Doğu Karadeniz Havzası'nın homojenik alt bölgelere ayrılması



**Şekil 4.4 :** Günlük verisi olan AGİ'lerin drene ettiği havzalar

Homojen bölgeler çalışma alanının “doğu” ve “batı” bölümü olarak adlandırılmıştır. Doğu Karadeniz Havzası'nda en az 10 yıllık günlük verisi olan 18 adet AGİ'nin 8 tanesi havzanın doğu bölümünde, kalan 10 tanesi ise batı bölümünde bulunmaktadır (Şekil 4.4).

Sözü edilen AGİ'lerin istasyon numaraları, isimleri, ait oldukları alt havzaların ortalama yükseklikleri, eğimleri, drenaj alanları ve akım verileri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.2 : Günlük verisi olan AGİ'lere ait veriler**

No	İstasyon Adı	Ortalama Yükseklik (m)	Eğim (%)	Alan (km <sup>2</sup> )	Ortalama Akım (m <sup>3</sup> /s)	
22063	HALA D. - MİKRONKÖPRÜ	2078	26,8	239,2	11,44	DOĞU BÖLÜMÜ
22089	BALLI D. - KÜÇÜKKÖY	1863	28,4	66,37	4,12	
22062	HEMŞİN D. - KONAKLAR	2228	26,0	496,7	17,29	
22085	ŞENÖZ D. - KAPTANPAŞA	1822	25,3	231,2	10,24	
22074	HEMŞİN D. - ÇAT	2663	25,7	277,6	8,79	
22072	ARILI D. - ARILI	1428	26,7	92,15	6,32	
22006	KÖPRÜBAŞI	1745	26,9	156,0	9,11	
22049	KAPİSTRE D. - BAŞKÖY	1477	26,0	186,2	10,34	
22058	GÖRELE D. - CÜCENKÖPRÜ			162,7	5,68	
22087	GALEVERA D. - HASANŞEYH	1960	20,1	256,8	6,84	BATI BÖLÜMÜ
22059	KALYON D. - ÇİFTDERE	1656	21,9	121,5	2,66	
22080	YAĞLI D. - SINIRKÖY	1757	21,2	296,9	6,68	
22086	DEĞİRMENDERE - ÖĞÜTLÜ	1730	21,2	728,4	12,85	
22088	MAÇKA D. - ORMANÜSTÜ	1884	17,8	150,0	2,47	
22073	YAĞLI D. - TUĞLACIK	1610	22,0	397,9	9,78	
22013	KAVRAZ D. - SÜTTAŞI	1965	19,0	124,9	3,04	
22090	AKSU D. - ALANCIK	1845	18,9	470,2	9,52	
22061	ALTINDERE - ORTAKÖY	1900	21,0	261,0	4,41	



## **5. UYGULAMA VE DEĞERLENDİRMELER**

### **5.1 Genel**

Konuyla ilgili yapılmış önceki bir çalışmada (Ayaz, 2009) yalnızca Solaklı Havzası'ndaki 4 AGİ için yıllık değerlerle kurulan model, bu çalışmada geliştirilmiştir. Çalışmanın hassasiyeti açısından daha geniş bir bölge ele alınmış ve AGİ sayısı artırılmıştır. Akım verilerini normalleştirmek yerine (Ayaz, 2009) en uygun dağılımın belirlenmesi yoluna gidilmiş, ayrıca yıllık veriler yerine aylık ve günlük değerler kullanılmıştır.

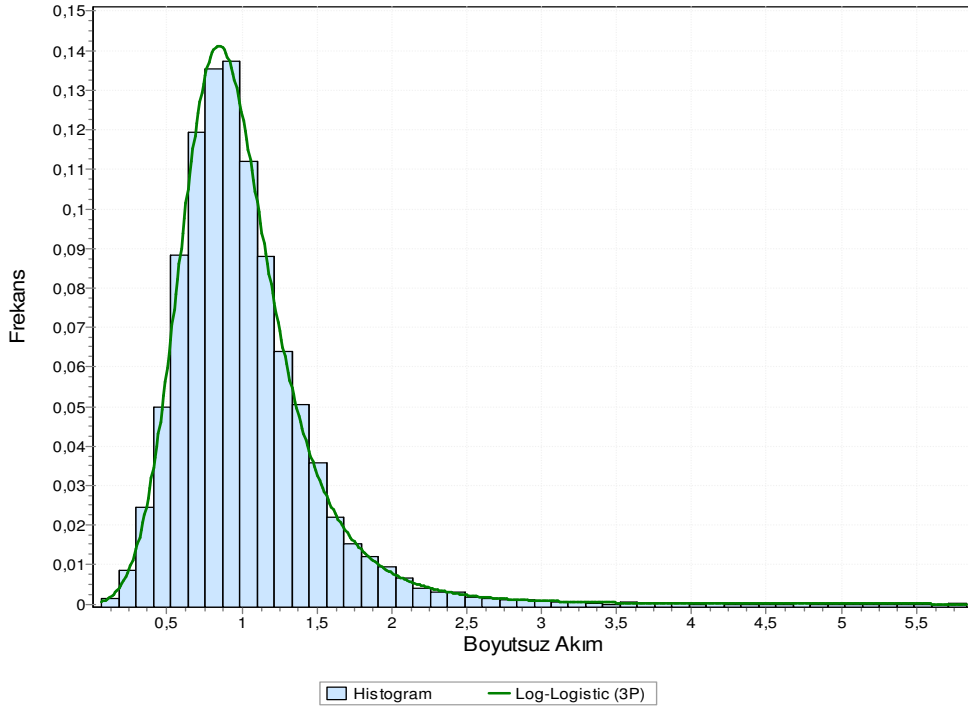
### **5.2 Aylık Ortalama Akımlarla Yapılan Çalışma**

Bu çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan 32 adet AGİ'nin aylık verilerinden yararlanılmış, bu AGİ'lerin 27 tanesi kalibrasyon, 5 tanesi ise validasyon (test) aşamasında kullanılmıştır.

Kalibrasyon için seçilen AGİ'lerin akım değerleri boyutsuzlaştırıldıktan sonra yeni veriler için en uygun dağılım belirlenmiştir.

#### **5.2.1 Akımların boyutsuzlaştırılması**

Kalibrasyon istasyonlarına ait aylık akım değerleri ait olduğu ayın uzun dönem ortalamalarına bölünerek boyutsuzlaştırılmış, bu boyutsuz akımlar büyükten küçüğe sıralandıktan sonra histogramı çizilmiş ve Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Boyutsuz hale getirilmiş yeni veriye uyan dağılım Ki-Kare ve K-S uygunluk testlerine göre 3 parametrelili Log-Lojistik dağılım olarak bulunmuştur. Dağılım parametreleri ( $\alpha=4,9217$ ,  $\beta=1,0507$ ,  $\gamma=-0,12157$ ) olarak hesaplanmış frekans eğrisi ise Şekil 5.1'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.1 :** Aylık boyutsuz akımların frekans analizi

En uygun dağılımı bulmak için kullanılan aday dağılımlar ve uygunluk testlerine göre sonuçları da Çizelge 5.1’de verilmiştir.

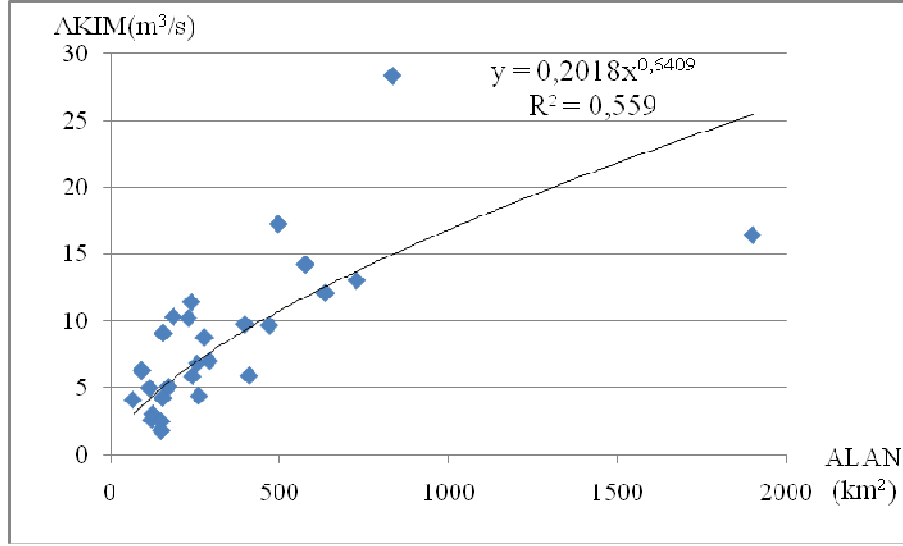
**Çizelge 5.1 :** Aylık boyutsuz akım serisine ait uygunluk testi sonuçları

Dağılım	K-S Uygunluk Testi		Ki-Kare Uygunluk Testi	
	İstatistik	Sıralama	İstatistik	Sıralama
Log-Lojistik (3P)	0,0066	1	8,174	1
Lognormal (3P)	0,02177	2	48,038	2
Log-Pearson Tip III	0,02791	3	76,007	3
Gamma (3P)	0,03266	5	99,824	5
Lognormal	0,0302	4	93,294	4

3 parametrelı Log-Lojistik dağılımının parametreleri kullanılarak boyutsuz akım serisinin %5’lik aralıklarla aşılma olasılıklarına karşılık gelen değerleri bulunabilmektedir.

### 5.2.2 Teorik akımın bulunması

Kalibrasyon aşamasında kullanılan istasyonlara ait ortalama akım değerleri ile bu havzalara ait alanların saçılma grafiği Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Bu grafiğe Denklem (5.1) uydurularak denklemin katsayıları belirlenmiştir.



Şekil 5.2 : Kalibrasyon aşamasında kullanılan istasyonlara ait akım-alan grafiği

$$Q = 0,2018 A^{0,6409} \quad (5.1)$$

Akım-alan grafiği kullanılarak çalışma bölgesi içerisinde akım ölçümü olmayan herhangi bir noktadaki ortalama akım, bu noktayı çıkış noktası kabul eden havza alanının değerinden çıkartılabilir. Nitekim belirlenen test istasyonlarının alan değerleri ile bu grafikten yararlanılarak teorik ortalama akım değerleri elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 5.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2 : Aylık verilerle yapılan çalışmada test istasyonlarının teorik akımları

İstasyon No	İstasyon Adı	Alan (km <sup>2</sup> )	Teorik Akım (m <sup>3</sup> /s)
22058	CÜCENKÖPRÜ	162,7	5,27
22076	KEMERKÖPRÜ	302,2	7,84
22080	SINIRKÖY	296,9	7,76
22044	AYTAŞ	421,2	9,70
2215	DEREKÖY	445,2	10,05

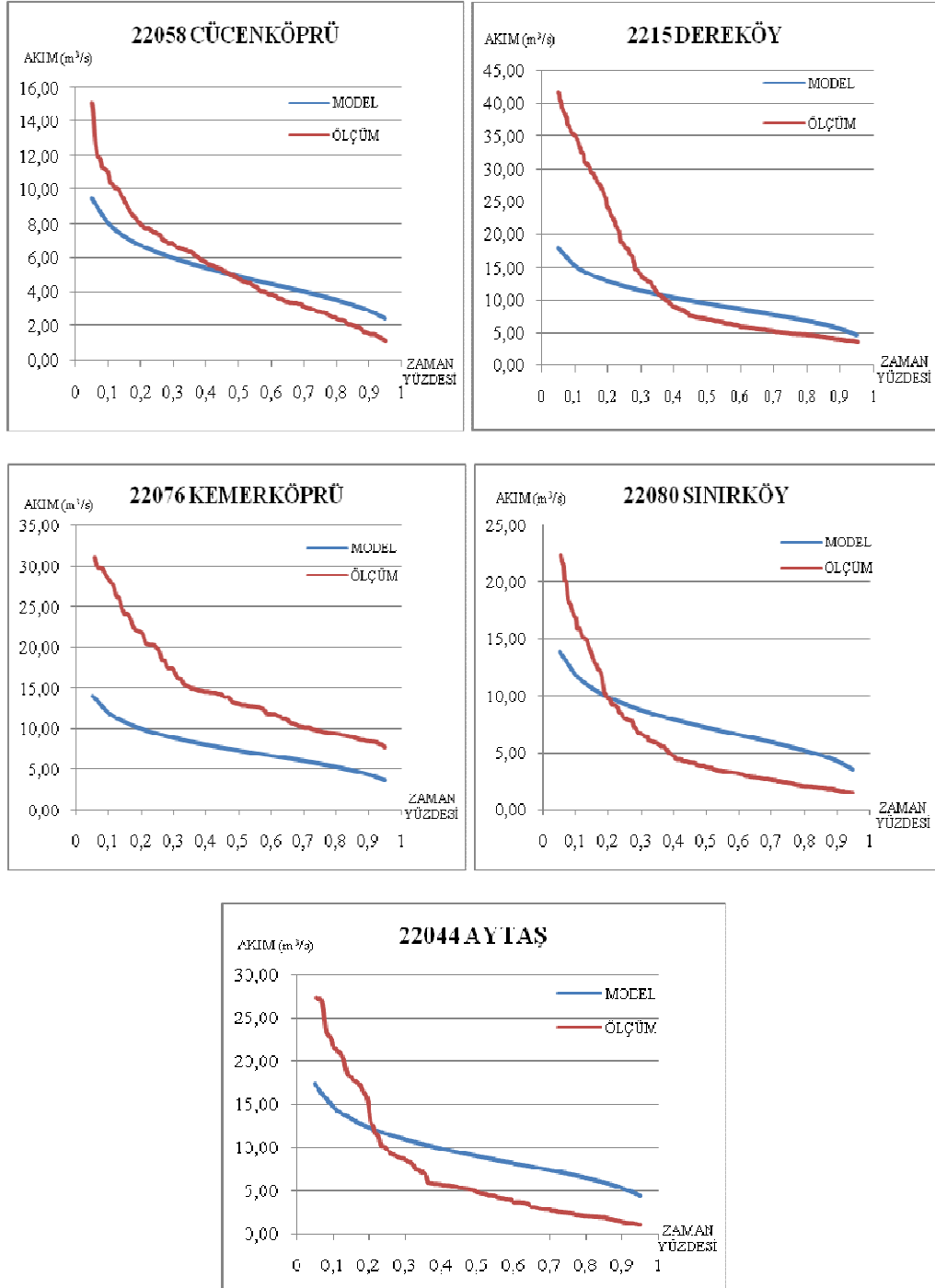
### 5.2.3 Kurulan modelle akımların bulunması

Akım-alan grafiğinden test istasyonları için elde edilmiş teorik ortalama akım değerleri ile %5 aralıklı aşılma olasılıklarına karşılık gelen boyutsuz akım değerleri çarpılarak her bir istasyona ait akım değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan akım değerleri Çizelge 5.3'te görülmektedir.

**Çizelge 5.3 : Model sonucu bulunanan akım değerleri**

Aşılma Yüzdeleri	Boyutsuz Akım	Akım (m <sup>3</sup> /s)				
		22058 Cücenköprü	22076 Kemerköprü	22080 Sınırköy	22044 Aytaş	2215 Dereköy
0,95	0,46042	2,41	4,59	3,58	3,54	4,43
0,90	0,61728	2,91	5,54	4,32	4,27	5,34
0,85	0,72311	3,25	6,20	4,84	4,79	5,99
0,80	0,80722	3,54	6,75	5,27	5,21	6,51
0,75	0,87938	3,79	7,23	5,64	5,58	6,98
0,70	0,94418	4,02	7,67	5,98	5,92	7,40
0,65	1,0042	4,25	8,09	6,31	6,24	7,81
0,60	1,0612	4,46	8,51	6,64	6,56	8,21
0,55	1,1163	4,68	8,92	6,96	6,88	8,61
0,50	1,1706	4,90	9,34	7,29	7,21	9,02
0,45	1,2249	5,13	9,78	7,63	7,55	9,44
0,40	1,28	5,38	10,25	8,00	7,91	9,89
0,35	1,337	5,64	10,76	8,39	8,30	10,38
0,30	1,397	5,94	11,33	8,84	8,74	10,93
0,25	1,4618	6,29	11,98	9,35	9,24	11,57
0,20	1,534	6,70	12,78	9,97	9,86	12,33
0,15	1,6181	7,24	13,81	10,77	10,65	13,32
0,10	1,7239	8,02	15,29	11,93	11,79	14,75
0,05	1,8808	9,44	17,99	14,04	13,88	17,37

Test istasyonlarında ölçülen debiler ile Çizelge 5.4'te elde edilen model debilerine ait debi-süreklilik eğrileri çizilmiş ve Şekil 5.3'te verilmiştir.



**Şekil 5.3 :** Aylık verilerle kurulan modelle ölçümlere ait DSE'lerin karşılaştırılması  
Belirli aşılma yüzdelere karşılık gelen model debileri ile ölçüm debileri arasındaki  
rölatif hatalar yüzde cinsinden Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

**Çizelge 5.4 : Aylık verilerle yapılan çalışma sonucu rölatif hatalar**

<b>Aşılma Yüzdesi</b>	<b>Rölatif Hatalar (%)</b>				
	<b>22058 Cücenköprü</b>	<b>2215 Dereköy</b>	<b>22076 Kemerköprü</b>	<b>22080 Sımrköy</b>	<b>22044 Aytaş</b>
<b>0,05</b>	38	57	56	38	37
<b>0,10</b>	28	56	58	30	32
<b>0,15</b>	24	53	55	22	27
<b>0,20</b>	16	47	54	-1	17
<b>0,25</b>	16	35	52	-15	-16
<b>0,30</b>	13	17	47	-33	-27
<b>0,35</b>	12	1	44	-44	-46
<b>0,40</b>	6	-16	45	-69	-72
<b>0,45</b>	4	-30	45	-84	-76
<b>0,50</b>	-3	-34	44	-95	-87
<b>0,55</b>	-8	-38	45	-106	-97
<b>0,60</b>	-15	-45	44	-110	-121
<b>0,65</b>	-22	-47	43	-123	-146
<b>0,70</b>	-25	-48	41	-129	-160
<b>0,75</b>	-33	-50	42	-141	-187
<b>0,80</b>	-46	-45	44	-156	-212
<b>0,85</b>	-61	-44	46	-153	-207
<b>0,90</b>	-87	-41	49	-154	-256
<b>0,95</b>	-107	-27	54	-142	-310

Şekil 5.3'ten anlaşılacağı üzere ölçüm ve tahmin debilerine ait debi-süreklilik eğrileri yeterince tutarlı değildir ve rölatif hatalarda %300'e varan farklar görünmektedir. Bunun nedeninin içsel bağımlılığı günlük verilere göre daha az olan aylık verilerin kullanılması ve çalışma alanını homojen bölümlere ayırmak yerine bir bütün olarak ele alınmasından ileri geldiği düşünülerek, bir sonraki aşamada günlük verilerle çalışılması ve bölgenin homojen alt bölgelere ayrılmasına karar verilmiştir.

### **5.3 Günlük Ortalama Akımlarla Yapılan Çalışma**

Günlük ortalamalarla yapılan çalışmada 2 farklı yol izlenmiştir. İlk aşamada çalışma alanı bir bütün olarak incelenmiş ve günlük akım verilerine ulaşılabilen 18 istasyon bir arada değerlendirilmiştir. İkinci aşamada ise çalışma bölgesi 2 farklı homojen alana ayrılmış, yani akım istasyonları 2 grupta değerlendirilerek sonuca ulaşılmıştır.

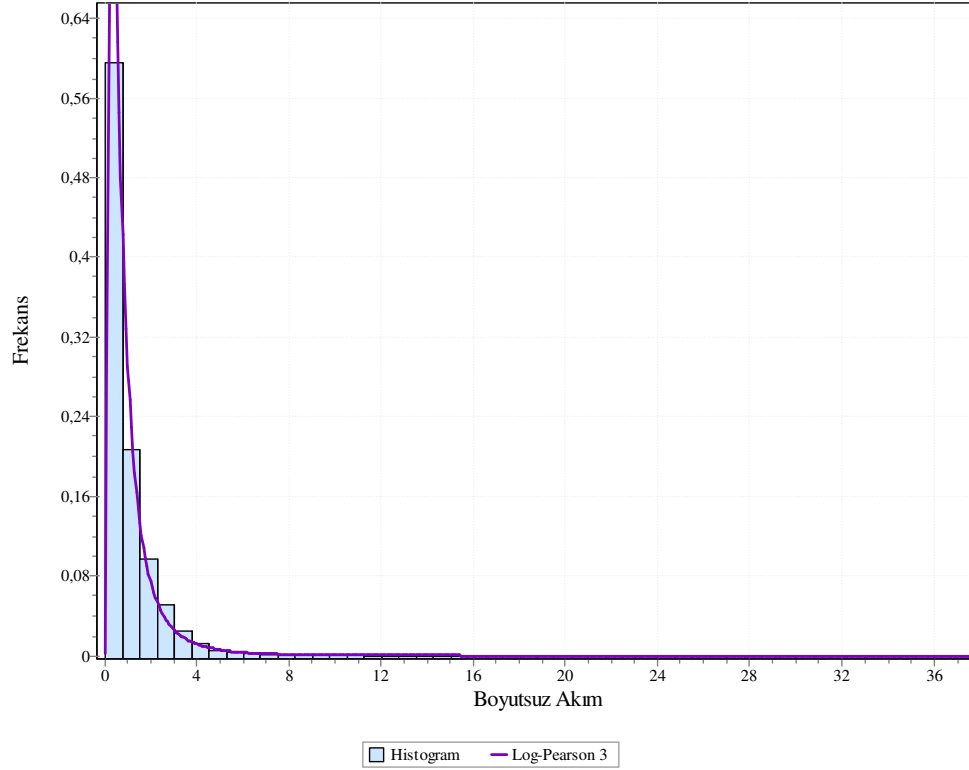
### 5.3.1 D. Karadeniz Havzası'nda doğu ve batı bölümlerinin birlikte incelenmesi

Bu aşamada çalışma bölgesi içersinde günlük verileri olan 18 AGİ bir arada incelenmiştir. Bu istasyonlardan 13 tanesi kalibrasyon amacıyla, 5 tanesi ise (22006, 22049, 22013, 22090, 22061) test amacıyla kullanılmıştır.

Kalibrasyon için seçilen AGİ'lerin akım değerleri boyutsuzlaştırıldıktan sonra yeni veriler için en uygun dağılım belirlenmiştir.

#### 5.3.1.1 Akımların boyutsuzlaştırılması

Kalibrasyon için kullanılacak olan AGİ'lere ait günlük akım değerleri uzun dönem ortalamalarına bölünerek boyutsuzlaştırılmış, bu boyutsuz akımlar büyükten küçüğe sıralandıktan sonra histogramı çizilmiş ve Şekil 5.4'te gösterilmiştir. Boyutsuz hale gelen yeni akım verilerine uyan dağılım Ki-kare ve K-S uygunluk testlerine göre Log-Pearson TipIII dağılımı olarak bulunmuştur. Log-Pearson dağılımının parametreleri ( $\gamma= 68,284$ ;  $\beta=0,106$ ;  $\gamma= -7,6378$ ) olarak hesaplanmış ve frekans eğrisi Şekil 5.4'te gösterilmiştir.



Şekil 5.4 : Günlük boyutsuz akımlara ait frekans analizi

En uygun dağılımı bulmak için kullanılan aday dağılımlar ve uygunluk testlerine göre sonuçları Çizelge 5.5'te verilmiştir.

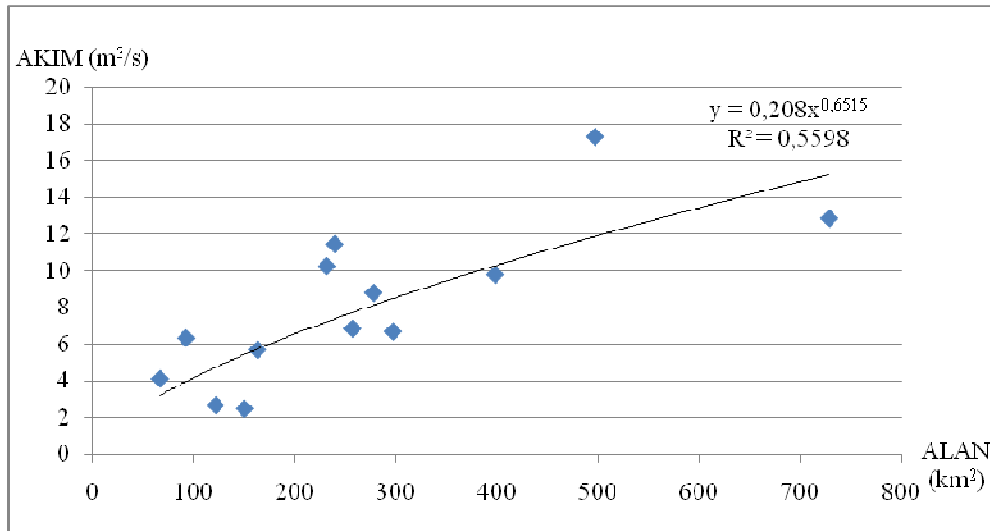
**Çizelge 5.5 :** Boyutsuz günlük akımların uygunluk test sonuçları

Dağılım	K-S Uygunluk Testi		Ki-Kare Uygunluk Testi	
	İstatistik	Sıralama	İstatistik	Sıralama
Log-Pearson TipIII	0,03399	1	2095,8	1
Lognormal (3P)	0,04042	3	2491,7	2
Log-Lojistik(3P)	0,03782	2	3923,5	3
Gamma (3P)	0,09592	5	12644,0	4
Weibull (3P)	0,08173	4	14378,0	5

3 parametrelili Log-Pearson dağılımının parametreleri kullanılarak boyutsuz akım serisinin %5'lik aralıklarla aşılma olasılıklarına karşılık gelen değerleri bulunabilmektedir.

### 5.3.1.2 Teorik akımın bulunması

Kalibrasyon aşamasında kullanılan 13 AGİ'ye ait ortalama akım değerleri ile ait oldukları havzaların alanlarının saçılma grafiği Şekil 5.5'te gösterilmiştir.



**Şekil 5.5 :** Günlük akım verisi olan kalibrasyon istasyonlarına ait akım-alan grafiği

$$Q = 0,0208A^{0,6515} \quad (5.2)$$

Test için kullanılacak 5 AGİ'nin teorik akım değerleri Denklem 5.2'de yerine konularak bulunmuş ve Çizelge 5.6'da gösterilmiştir.

**Çizelge 5.6 : Günlük akımlarla yapılan çalışmada bulunan teorik akımlar**

İstasyon No	İstasyon Adı	Alan (km <sup>2</sup> )	Teorik Akım (m <sup>3</sup> /s)
22006	KÖPRÜBAŞI	156	5,58
22049	BAŞKÖY	186,2	6,27
22013	SÜTTAŞI	124,9	4,83
22090	ALANCIK	470,2	11,46
22061	ORTAKÖY	261	7,81

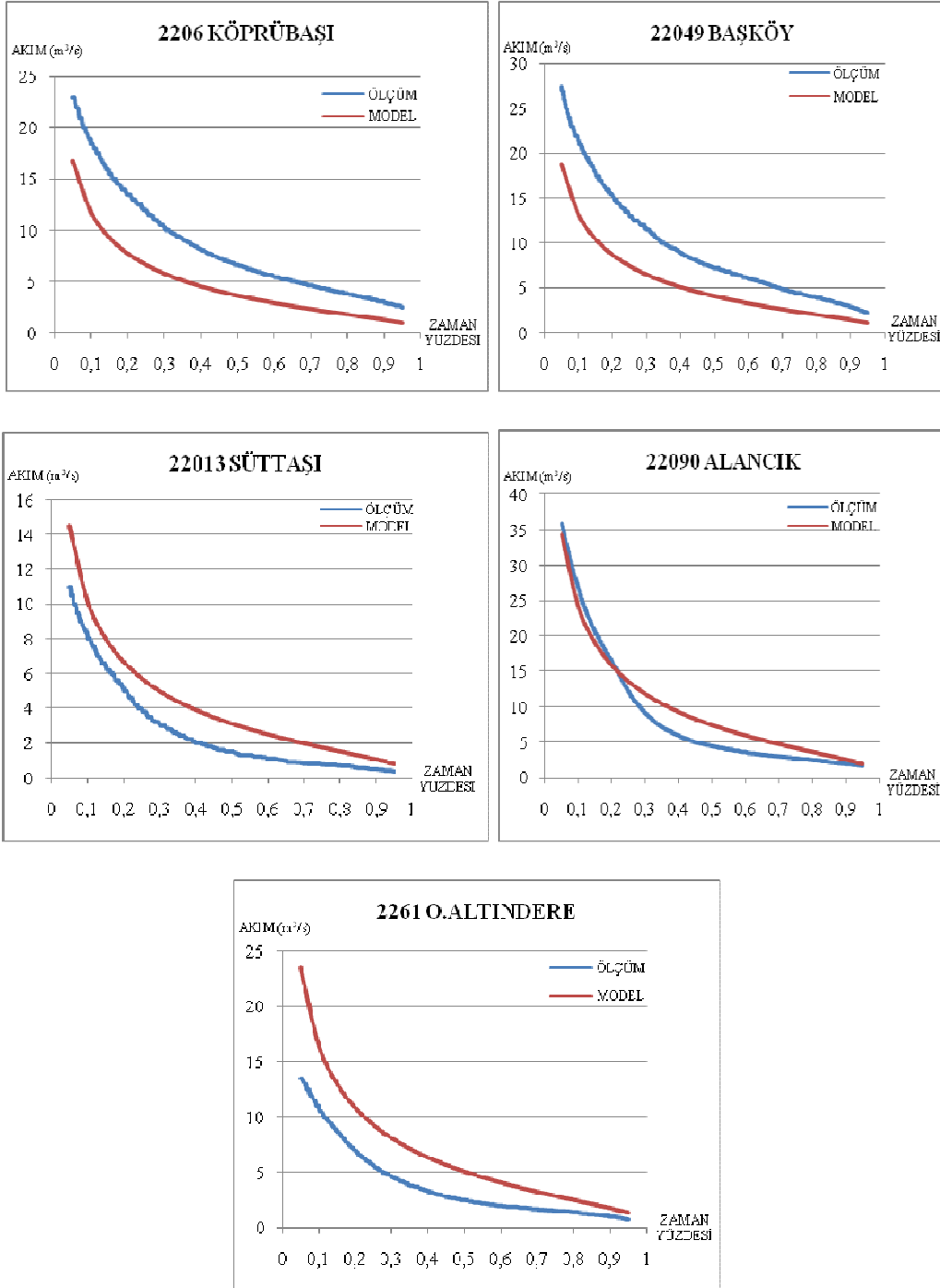
### 5.3.1.3 Kurulan modelle akımların bulunması

Test istasyonları için elde edilmiş teorik ortalama akım değerleri ile %5'lik aralıklı aşılma olasılıklarına karşılık gelen boyutsuz akım değerleri çarpılarak her bir test istasyonuna ait akım değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan akım değerleri Çizelge 5.7'de verilmiştir.

**Çizelge 5.7 : Model sonucu bulunan akım değerleri**

Aşılma Yüzdesi	Boyutsuz Akım	Akım (m <sup>3</sup> /s)				
		22006 Köprübaşı	22049 Başköy	22013 Süttaşı	22090 Alancık	22061 Ortaköy
0,05	3,0005	16,74	18,80	14,49	34,38	23,43
0,10	2,1024	11,73	13,17	10,15	24,09	16,41
0,15	1,6629	9,28	10,42	8,03	19,05	12,98
0,20	1,3845	7,73	8,67	6,69	15,86	10,81
0,25	1,1857	6,62	7,43	5,73	13,58	9,26
0,30	1,0333	5,77	6,47	4,99	11,84	8,07
0,35	0,91102	5,08	5,71	4,40	10,44	7,11
0,40	0,80941	4,52	5,07	3,91	9,27	6,32
0,45	0,72276	4,03	4,53	3,49	8,28	5,64
0,50	0,64727	3,61	4,06	3,13	7,42	5,05
0,55	0,58031	3,24	3,64	2,80	6,65	4,53
0,60	0,51995	2,90	3,26	2,51	5,96	4,06
0,65	0,46472	2,59	2,91	2,24	5,32	3,63
0,70	0,41339	2,31	2,59	2,00	4,74	3,23
0,75	0,36489	2,04	2,29	1,76	4,18	2,85
0,80	0,31813	1,78	1,99	1,54	3,64	2,48
0,85	0,27179	1,52	1,70	1,31	3,11	2,12
0,90	0,22378	1,25	1,40	1,08	2,56	1,75
0,95	0,16902	0,94	1,06	0,82	1,94	1,32

Test istasyonlarına ait ölçülen debiler ile Çizelge 5.7'de elde edilen model debilerine ait debi-süreklilik eğrileri çizilmiş ve Şekil 5.6'da verilmiştir.



**Şekil 5.6 :** Günlük verilerle kurulan model ile ölçüm DSE'lerin karşılaştırılması

Belirli aşılma yüzdelere karşılık gelen model debileri ile ölçüm debileri arasındaki rölatif hatalar yüzde cinsinden Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.8 : Günlük verilerle yapılan çalışmadaki rölatif hatalar**

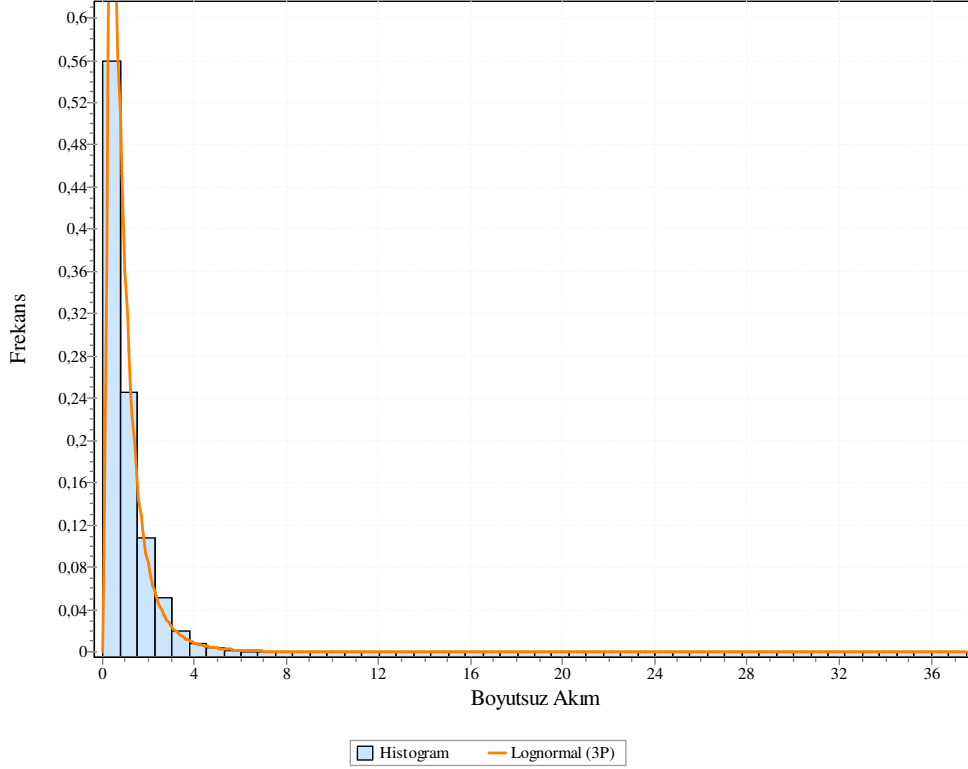
Aşılma Yüzdesi	Rölatif Hatalar (%)				
	22006 Köprübaşı	22049 Başköy	22013 Sütaşı	22090 Alancık	22061 Ortaköy
0,05	27	32	-32	4	-74
0,10	37	39	-24	10	-52
0,15	40	42	-24	8	-48
0,20	43	43	-31	3	-54
0,25	45	43	-44	-11	-65
0,30	44	44	-64	-29	-74
0,35	45	43	-73	-46	-86
0,40	44	43	-95	-55	-91
0,45	44	43	-105	-66	-102
0,50	45	44	-108	-65	-102
0,55	46	45	-116	-65	-106
0,60	47	46	-128	-64	-103
0,65	48	47	-134	-64	-99
0,70	50	46	-146	-58	-90
0,75	52	48	-132	-52	-87
0,80	53	49	-126	-46	-77
0,85	55	51	-134	-41	-70
0,90	58	52	-125	-31	-75
0,95	61	52	-140	-18	-76

### 5.3.2 Doğu Karadeniz Havzası'nın doğu bölümünün incelenmesi

Bu bölümde bulunan 8 istasyondan 6 tanesi kalibrasyon, 2 tanesi ise (22006 ve 22049) test aşamasında kullanılmıştır.

#### 5.3.2.1 Akımların boyutsuzlaştırılması

6 kalibrasyon istasyonunun günlük verileri, uzun dönem ortalamalarına bölünmüş bu sayede boyutsuz akım serileri elde edilmiştir. Bu 6 seri ardı ardına sıralanıp, büyükten küçüğe dizilmiş ve histogramı Şekil 5.7'de çizilmiştir. Yeni elde edilen boyutsuz seriye uyan dağılım Ki-kare ve K-S uygunluk testlerine göre 3 parametrelili Log-normal dağılım olarak bulunmuştur. Dağılımının parametreleri, ( $\sigma= 0,78221$ ;  $\mu= -0,34404$ ;  $\gamma= 0,02677$ ) olarak hesaplanmış ve frekans eğrisi Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.7 :** Doğu Karadeniz Havzası'nın doğu bölümüne ait frekans analizi

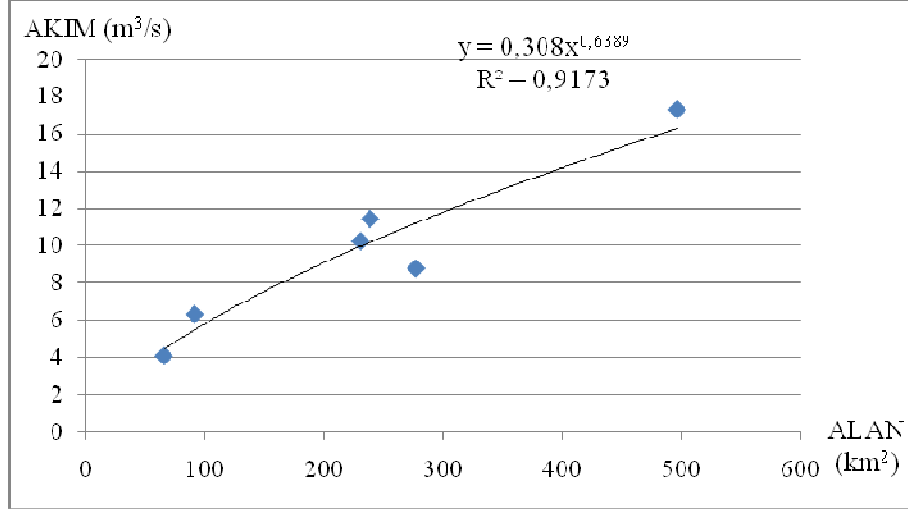
En uygun dağılımı bulmak için kullanılan aday dağılımlar ve uygunluk testlerine göre sonuçları Çizelge 5.9'da gösterilmiştir.

**Çizelge 5.9 :** DKH'nın doğu bölümünde boyutsuz günlük akımların test sonuçları

Dağılım	K-S Uygunluk Testi		Ki-Kare Uygunluk Testi	
	İstatistik	Sıralama	İstatistik	Sıralama
Lognormal(3P)	0,05404	1	2246,4	1
Lognormal	0,05992	3	2615,7	2
LogLojistik(3P)	0,04707	2	2882,1	3
Gamma (3P)	0,09544	5	6939,6	4
Weibull (3P)	0,08686	4	9032,5	5

### 5.3.2.2 Teorik akımın bulunması

Kalibrasyon için kullanılan istasyonlara ait ortalama akım değerleri ile bu havzalara ait alanların saçılma grafiği Şekil 5.8'de gösterilmiş ve Denklem 5.3 oluşturulmuştur.



Şekil 5.8 : DKH'nın doğu bölümüne ait akım-alan grafiği

$$Q = 0,308A^{0,6389} \quad (5.3)$$

Akım-alan grafiği kullanılarak test istasyonlarının alan değerleri ile teorik ortalama akım değerleri elde edilmiş, Çizelge 5.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.10 : DKH'nın doğu bölümünde bulunan teorik akımlar

İstasyon No	İstasyon Adı	Alan (km <sup>2</sup> )	Teorik Akım (m <sup>3</sup> /s)
22006	KÖPRÜBAŞI	156	7,76
22049	BAŞKÖY	186,2	8,69

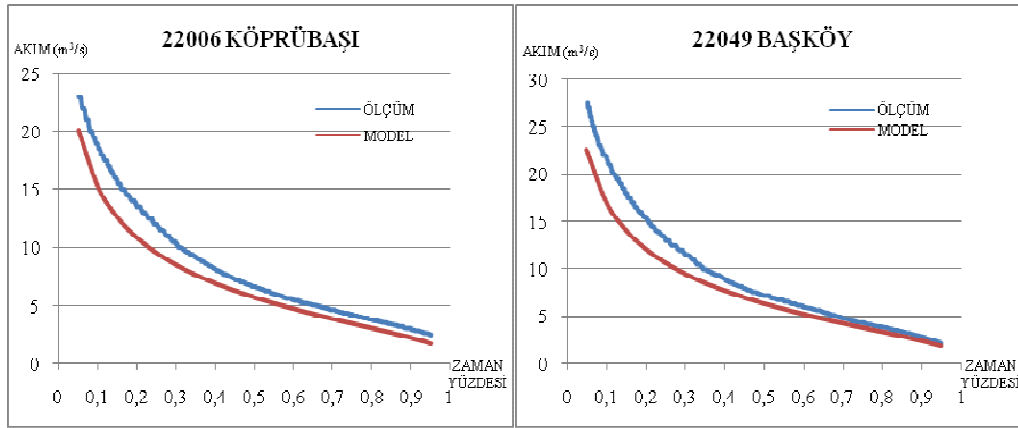
### 5.3.2.3 Kurulan modelle akımların bulunması

5.3.2.2 bölümünde bulunan teorik akım değerleri ile %5'lik aralıklarla aşılma olasılıklarına karşılık gelen boyutsuz akım değerleri çarpılarak her istasyona ait akım değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan değerler Çizelge 5.11'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.11** : DKH'nın doğu bölümünde kurulan model ile bulunan akım değerleri

Aşılma Yüzdesi	Boyutsuz Akım	Akım (m <sup>3</sup> /s)	
		22006 Köprübaşı	22049 Başköy
0,05	2,5934	20,12	22,53
0,10	1,9585	15,19	17,01
0,15	1,6214	12,58	14,08
0,20	1,396	10,83	12,13
0,25	1,2282	9,53	10,67
0,30	1,0952	8,50	9,51
0,35	0,98503	7,64	8,56
0,40	0,89104	6,91	7,74
0,45	0,80889	6,28	7,03
0,50	0,73567	5,71	6,39
0,55	0,66931	5,19	5,81
0,60	0,60823	4,72	5,28
0,65	0,5512	4,28	4,79
0,70	0,49714	3,86	4,32
0,75	0,44504	3,45	3,87
0,80	0,39378	3,05	3,42
0,85	0,34191	2,65	2,97
0,90	0,28692	2,23	2,49
0,95	0,22257	1,73	1,93

Test istasyonlarında ölçülen akımlarla model sonucu bulunan akımlara ait debi-süreklilik eğrileri Şekil 5.9'da gösterilmiştir.



**Şekil 5.9** : DKH'nın doğu bölümünde kurulan modelle ölçüm DSE'lerinin karşılaştırılması

Belirli aşılma yüzdelere karşılık gelen model debileri ile ölçüm debileri arasındaki rölatif hatalar yüzde cinsinden Çizelge 5.12'de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.12 :** DKH'nın doğu bölümünde modelle ölçüm arasındaki rölatif hatalar

<b>Aşılma Yüzdesi</b>	<b>Rölatif Hatalar (%)</b>	
	<b>22006 Köprübaşı</b>	<b>22049 Başköy</b>
<b>0,05</b>	13	18
<b>0,10</b>	19	21
<b>0,15</b>	19	22
<b>0,20</b>	20	21
<b>0,25</b>	21	18
<b>0,30</b>	18	17
<b>0,35</b>	17	14
<b>0,40</b>	15	13
<b>0,45</b>	13	12
<b>0,50</b>	14	11
<b>0,55</b>	13	12
<b>0,60</b>	13	13
<b>0,65</b>	14	13
<b>0,70</b>	16	11
<b>0,75</b>	18	12
<b>0,80</b>	19	13
<b>0,85</b>	21	14
<b>0,90</b>	25	14
<b>0,95</b>	29	12

Çizelge 5.12'de görüldüğü gibi rölatif hatalar incelenen bölgenin doğu bölümünde %11 ile %29 arasında değişmektedir. Böylece Doğu Karadeniz Havzası'nın doğu bölümünün kendi içinde incelenmesi havzanın bir bütün olarak incelenmesinden daha iyi bir sonuç vermiştir..

### **5.3.3 Doğu Karadeniz Havzası'nın batı bölümünün incelenmesi**

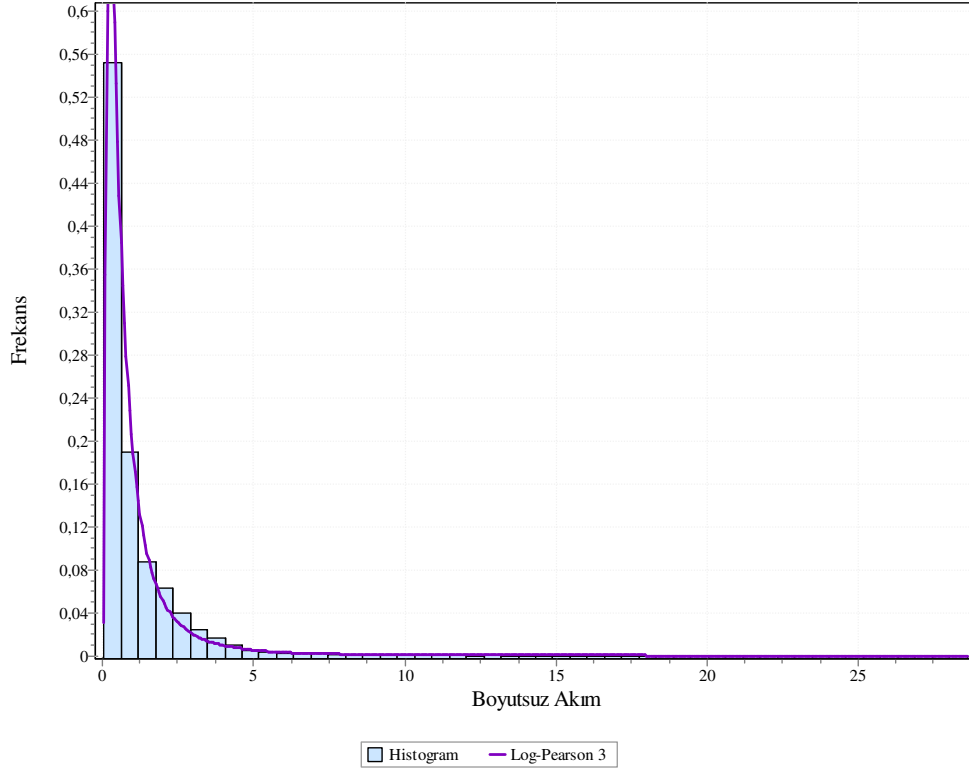
Bu bölümde bulunan 10 istasyondan 7 tanesi kalibrasyon, 3 tanesi ise (22013, 22090 ve 22061) test aşamasında kullanılmıştır.

Kalibrasyon için seçilen AGİ'lerin akım değerleri boyutsuzlaştırıldıktan sonra yeni veriler için en uygun dağılım belirlenmiştir.

#### **5.3.3.1 Akımların boyutsuzlaştırılması**

Kalibrasyon amacıyla kullanılacak olan AGİ'lere ait günlük akım değerleri, uzun dönem ortalamalarına bölünerek boyutsuzlaştırılmış, bu boyutsuz akımlar büyükten küçüğe sıralandıktan sonra histogramı çizilmiş ve Şekil 5.10'da gösterilmiştir. Boyutsuz hale getirilmiş yeni veriye uyan dağılımın Ki-kare ve K-S uygunluk

testlerine göre Log-Pearson Tip III olduğu bulunmuştur. Dağılım parametreleri ( $\gamma=37,495$ ;  $\beta= 0,15828$ ;  $\gamma= -6,4305$ ) olarak hesaplanmış ve frekans eğrisi yine Şekil 5.10’da gösterilmiştir.



**Şekil 5.10 :** DKH’nın batı bölümüne ait frekans analizi

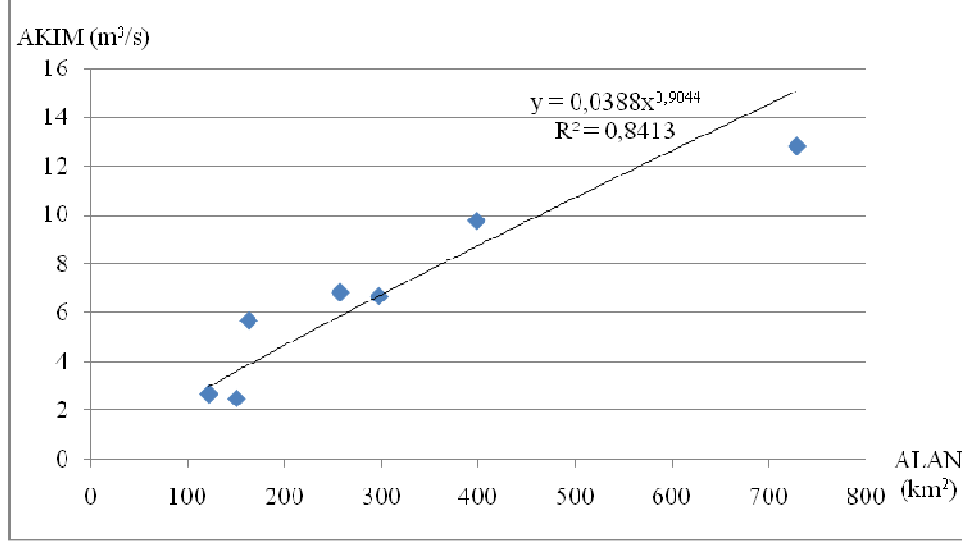
En uygun dağılımı bulmak için kullanılan aday dağılımlar ve uygunluk testlerine göre sonuçları Çizelge 5.13’te verilmiştir.

**Çizelge 5.13 :** DKH’nın batı bölümünde uygunluk testi sonuçları

Dağılım	K-S Uygunluk Testi		Ki-Kare Uygunluk Testi	
	İstatistik	Sıralama	İstatistik	Sıralama
Log-Pearson TipIII	0,03796	1	1559,3	1
Lognormal (3P)	0,04372	3	1804,9	2
Log-Lojistik (3P)	0,04204	2	2410,6	3
Lognormal	0,05898	4	2893,0	4
Weibull (3P)	0,09314	5	N / A	

### 5.3.3.2 Teorik akımın bulunması

Kalibrasyon aşamasında kullanılan istasyonlara ait ortalama akım değerleri ile bu havzalara ait alanların saçılma grafiği Şekil 5.11’de gösterilmiştir. Bu grafiğe, Denklem 5.4 uydurularak, denklemin katsayıları belirlenmiştir.



Şekil 5.11 : DKH'nın batı bölümündeki istasyonlara ait akım-alan grafiği

$$Q = 0,0388A^{0,9044} \quad (5.4)$$

Akım-alan grafiğinden yararlanarak, test istasyonlarının alan değerleri kullanılarak teorik akımlar elde edilmiş, Çizelge 5.14’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.14 : DKH'nın batı bölümünde kurulan modelle bulunan teorik akımlar

İstasyon No	İstasyon Adı	Alan (km²)	Teorik Akım (m³/s)
22013	SÜTTAŞI	124,9	3,05
22090	ALANCIK	470,2	10,13
22061	ORTAKÖY	261	5,95

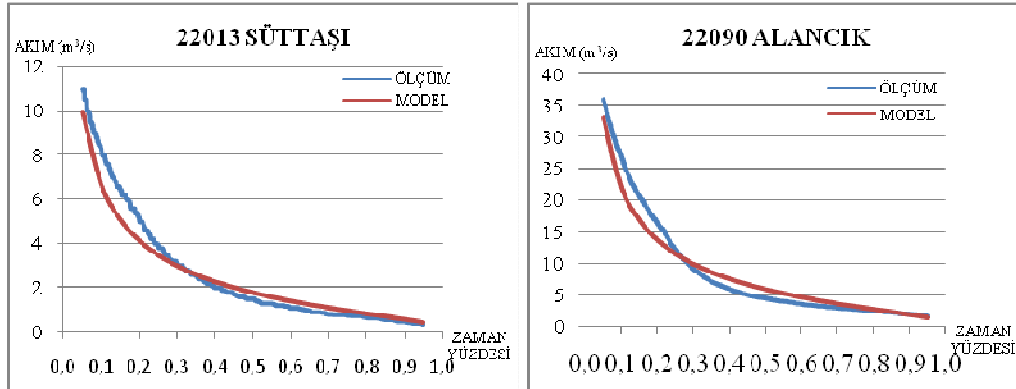
### 5.3.3.3 Kurulan modelle akımların bulunması

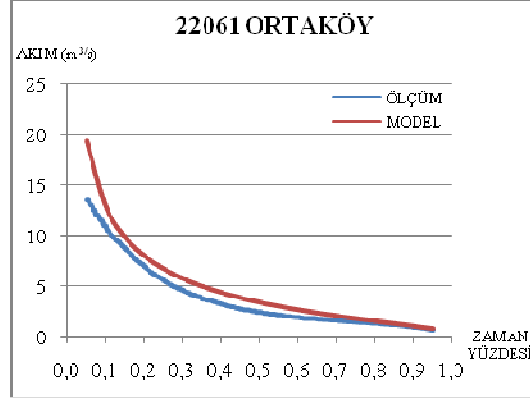
Test istasyonları için elde edilen teorik akımlar ile %5 aralıklı aşılma olasılıklarına karşı gelen boyutsuz akım değerleri çarpılarak her bir istasyona ait akım değerleri elde edilmiştir. Hesaplanan akım değerleri Çizelge 5.15’de görülmektedir.

**Çizelge 5.15 :** DKH'nın batı bölümünde kurulan modellerle bulunan akım değerleri

Aşılma Yüzdesi	Boyutsuz Akım	Akım (m <sup>3</sup> /s)		
		22013 Süttaşı	22090 Alancık	22061 Ortaköy
0,05	3,2648	9,96	33,07	19,43
0,10	2,1711	6,62	21,99	12,92
0,15	1,6624	5,07	16,84	9,89
0,20	1,3509	4,12	13,68	8,04
0,25	1,1343	3,46	11,49	6,75
0,30	0,97214	2,97	9,85	5,78
0,35	0,84444	2,58	8,55	5,02
0,40	0,74022	2,26	7,50	4,40
0,45	0,65281	1,99	6,61	3,88
0,50	0,57783	1,76	5,85	3,44
0,55	0,51233	1,56	5,19	3,05
0,60	0,45413	1,39	4,60	2,70
0,65	0,40164	1,23	4,07	2,39
0,70	0,35357	1,08	3,58	2,10
0,75	0,30881	0,94	3,13	1,84
0,80	0,26633	0,81	2,70	1,58
0,85	0,22493	0,69	2,28	1,34
0,90	0,18285	0,56	1,85	1,09
0,95	0,136	0,41	1,38	0,81

Test istasyonlarında ölçülen debiler ile Çizelge 5.15'te elde edilen model debilerine ait debi-sürekli eğrileri çizilmiş ve Şekil 5.12'de verilmiştir.





**Şekil 5.12 :** DKH'nın batı bölümünde kurulan modelle ölçümlere ait DSE'lerin karşılaştırılması

Belirli aşılma yüzdelerine karşılık gelen model debileri ile ölçüm debileri arasındaki rölatif hatalar yüzde cinsinden Çizelge 5.16'da gösterilmiştir.

**Çizelge 5.16 :** DKH'nın batı bölümünde modelle ölçüm arasındaki rölatif hatalar

Aşılma Yüzdesi	Rölatif Hatalar (%)		
	22013 Süttaş	22090 Alancık	22061 Ortaköy
0,05	9	8	-44
0,10	19	18	-20
0,15	22	19	-12
0,20	19	16	-15
0,25	13	6	-21
0,30	3	-8	-25
0,35	-1	-20	-32
0,40	-13	-26	-33
0,45	-17	-32	-39
0,50	-17	-30	-38
0,55	-20	-29	-39
0,60	-26	-27	-35
0,65	-28	-25	-31
0,70	-33	-20	-24
0,75	-24	-14	-21
0,80	-19	-8	-13
0,85	-23	-3	-7
0,90	-16	5	-9
0,95	-22	16	-8

Çizelge 5.16'dan anlaşılacağı üzere incelenen bölgenin batı bölümünde rölatif hatalar %1 ile %44 arasında değişmektedir. Bu miktar havzanın bütün olarak incelenmesinden daha iyi bir sonuç olmakla beraber, doğu bölgesine göre genel

olarak daha büyük rölatif hatalar vermiştir. Bunun sonucunda havzanın batı bölümünün doğu bölümü kadar homojen olmadığı düşünülmektedir.

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ölçüm yapılmayan veya akım ölçümleri az olan akarsu havzalarında akım değerlerini belirlemek için en uygun dağılımla debi süreklilik eğrileri bulunmaya çalışılmış ve elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

Aylık verilerle yapılan çalışma sonucunda debi süreklilik eğrilerinin, test istasyonlarına ait olan debi süreklilik eğrileriyle yeterince uyumlu olmadığı gözlemlenmiştir. Rölatif hatalar bazı test istasyonlarında %300'e kadar ulaşmıştır. Bunun nedeninin içsel bağımlılığı günlük verilere göre daha az olan aylık verilerin kullanılması ve çalışma alanını homojenik bölümlere ayırmak yerine bir bütün olarak ele alınmasından ileri geldiği düşünülerek bir sonraki aşamada günlük verilerle çalışılması ve bölgenin homojen alt bölgelere ayrılmasına karar verilmiştir.

Günlük verilerle yapılan çalışmada ise debi süreklilik eğrilerinin daha uyumlu olduğu görülmüştür. Ancak yine de rölatif hataların bazı zaman yüzdelerinde %100'ü aştığı görülmüştür. Bunun üzerine havzayı homojenik alt bölümlere ayırıp günlük verilerle yeni bir araştırma yapılmıştır.

Bölge doğu ve batı olarak homojenik iki bölgeye ayrıldıktan sonra bu bölümler ayrı ayrı incelenmiştir. Doğu bölümünde debi süreklilik eğrileri birbirine çok yakın çıkmıştır. Rölatif hatalar ender zaman yüzdelerinde en fazla %29'a kadar ulaşmıştır. Batı bölümünde ise rölatif hatalar en fazla %44'a kadar yükselmiştir. Bunun nedeninin ise doğu bölümünün batı bölümüne göre daha homojen olması düşünülmektedir.

Bu 4 ayrı incelemede en iyi sonucun havzayı homojenik kısımlara ayırıp ayrı ayrı incelenmesi ve günlük akım verilerinin kullanılması durumunda elde edildiği görülmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda incelenen bölgeler daha fazla homojenik bölgeye ayrılmalıdır. Bunun için daha detaylı topografik araştırma yapılmalı ve mümkün olduğunca benzer bölgeler kendi içlerinde incelenmelidir.



## KAYNAKLAR

- Ağralioğlu, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., Coşkun, G., Aksoy, H., Toprak, F., Eriş, E., Algancı, U., Andiç, G., Usta, G., Beşiktaş, M., Ülken, İ.**, 2009: Akım Ölçümü Olmayan Akarsu Havzalarında Teknik Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi, TÜBİTAK Raporu.
- Ayaz, E.**, 2009: Solaklı Havzasında Aylık ve Yıllık Debi Süreklilik Eğrilerinin Normalleştirme Yöntemiyle İncelenmesi, (Yüksek Lisans Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bari, M. F. ve Shafiul İslam, K. M.**, 2006: Stochastic model of flow duration curves for selected rivers in Bangladesh, Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, IAHS-AISH publication, 308, pp.99-104.
- Bayazıt, M.**, 1981: Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İTÜ Matbaası, 223s.
- Bayazıt, M.**, 1996: İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemleri.
- Bayazıt, M.**, 1999: Hidroloji, İTÜ Matbaası, pp.118-121.
- Bayazıt, M., Oğuz, B.**, 1994: İstatistik, Birsen Yayınevi, İstanbul, pp.211.
- Castellarin, A., Galeati, G., Brandirmate, L., Montanari, A., Brath, A.**, 2004: Regional Flow-Duration Curves: Realibility for Ungauged Basins, Advances in Water Resources, 27 (10), pp.953-965.
- Cıgızoğlu, K.**, 1997: Debi süreklilik çizgisinin matematik modelleri, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cole, R. A. J. , Johnston, H. T., Robinson, D.J.**, 2003: The use of flow duration curves as a data quality tool, Hydrol Sci J, 48, pp.939–951.
- Crocker, K. M., Young A. R., Zaidman M. D.**, 2003: Flow duration curve estimation in ephemeral catchments in Portugal, Hydrol Sci J, 48(3), pp.427–439.
- Dingman, S. L.**, 1978: Synthesis of flow-duration curves for unregulated streams in New Hampshire, Water Resour. Bull., 14 (6), pp.1481–1502.
- DSİ**, 2009: Turkey Water Report, pp.9-16.
- Evans, M., HASTINGS, N., PEACOCK, B.**, 1993: Statical Distributions. Second Edition. A Wiley – Interscience Publication: John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore. Printed in the United States of America pp.170.

- Fennessey, N., Vogel, R. M.**, 1990: Regional Flow Duration Curves for Ungauged Sites in Massachusetts, *Journal of Water Resources Plan. Manag.*, 116(4), pp.530-549.
- Hughes, D. A. and Smakhtin, V. Y.**, 1996: Daily flow time series patching or extension: a spatial interpolation approach based on flow duration curves. *Journal of Hydrological Sciences*, 41(6), pp.851-871.
- Işık S., Singh V.P.**, 2008: Hydrologic Regionalization of Watersheds in Turkey, *Journal of Hydrologic Engineering*, ASCE 2008, 13:9, pp.824-834
- Johnson, N. L., KOTZ, S., BALAKRISHNAN, N.**, 1994: Continuous Univariate Distributions. Volume1: Second Edition. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics. A Wiley – Interscience Publication: John Wiley & Sons, Inc. New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.
- Krasovskaia I., Gottschalk L., Leblois E., Pacheco A.**, 2006: Regionalization of flow duration curves, *Climate Variability and Change—Hydrological Impacts (Proceedings of the Fifth FRIEND World Conference held at Havana, Cuba, IAHS-AISH publication, 308, pp.105-110.*
- Lebouthillier D. W., Waylen, P. R.**, 1993: Stochastic Model of Flow Duration Curves, *Water Resources Research*, 29 (10): 3535-3541.
- Mimikou, M., Kaemaki, S.**, 1985: Regionalization of Flow Duration Characteristics, *Journal of Hydrology*, 82, pp.77-91.
- Mohamoud, Y. M.**, 2008: Prediction of daily flow duration curves and streamflow for ungauged catchments using regional flow duration curves, *Hydrological Sciences*, (53) 4, pp.706-724.
- Quimpo, R. G., Alejandrino, A. A., McNally, T. A.**, 1983: Regionalized Flow Duration for Philippines, *Journal of Water Resources Plan. Manag.*, 109(4), pp.320-330
- Risley, J., Stonewall, A., Haluska, T.**, 2008: Estimating Flow-Duration and Low-Flow Frequency Statistics for Unregulated Streams in Oregon, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report.
- Singh, K. P.**, 1971: Model Flow Duration And Stream flow Variability, *Water Resources Research*, 7, pp.1031-1036
- Singh, R. D., Mishra, S. K., Chowdhary, H.**, 2001: Regional Flow-Duration Models for Large Number of Ungauged Himalayan Catchments for Planning Microhydro Projects, *J. of Hydrologic Engineering*, 6(4), pp.310-316.
- Taha, H.**, 1995: *Operations Research*. New Delhi: Prentice Hall of India.
- Url-1** <[http://www.dartmouth.edu/~renshaw/hydrotoolbox/reference/log\\_pearson\\_type\\_iii\\_distri](http://www.dartmouth.edu/~renshaw/hydrotoolbox/reference/log_pearson_type_iii_distri)>, alındığı tarih 16.10.2009.
- Uzlu, E., Filiz, M. H., Kömürcü, M., Akpınar, A., Yavuz, O.**, 2008: Doğu Karadeniz Havzası'ndaki Küçük Hidroelektrik Santrallerin Durumu, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, pp.459

- Uzun, A.**, Doğu Karadeniz Kıyı Kuşaðında Coğrafi Yapı ve Sel İlişkisi, TMMOB Afet Sempozyumu, 287s.
- Vogel, R. M. and Fennessey, N. M.**, 1994: Flow-duration curves. I: New interpretation and confidence intervals, *J. Water Resour. Plann. Manage. ASCE* 120 (4) pp.485–504.
- Yanik, B.**, 2004: Doğal Akışlı Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesinde Bölgesel Analiz Yaklaşımı, (Doktora Tezi), İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yu, P.S., Yang, T.C. and Wang, Y.C.**, 2002: Uncertainty analysis of regional flow duration curves, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 128(6), pp.424-430.
- Yu, P.S., Yang, T.C.**, 1996: Synthetic regional flow duration curve for Southern Taiwan, *Hydrological Processes*, 10, pp.373-391.



## ÖZGEÇMİŞ

**Ad Soyad** : İsmail Ülken

**Doğum Yeri ve Tarihi** : İzmir, 02.01.1984

**Lisans Üniversite** : İTÜ İnşaat Fakültesi

**Yayın Listesi** :

▪ AĞIRALIOĞLU, N., Cıgızoğlu, K., Yılmaz, L., Coşkun, G., Aksoy, H., Toprak, F., Eriş, E., Algancı, U., Andiç, G., Usta, G., Beşiktaş, M., **Ülken, İ.**, 2009: Akım Ölçümü Olmayan Akarsu Havzalarında Teknik Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi, TÜBİTAK Raporu.