

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KARSTİK OLMAYAN HAVZALARDA YAPAY AKIŞ-SÜREK
EĞRİSİNİN ELDE EDİLMESİ (DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEDEF GENÇ

DENİZLİ, ARALIK - 2016

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KARSTİK OLMAYAN HAVZALARDA YAPAY AKIŞ-SÜREK
EĞRİSİNİN ELDE EDİLMESİ (DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEDEF GENÇ

DENİZLİ, ARALIK - 2016

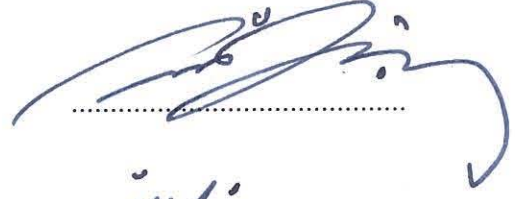
KABUL VE ONAY SAYFASI

Sedef Genç tarafından hazırlanan “**Karstik Olmayan Havzalarda Yapay Akış-Sürek Eğrisinin Elde Edilmesi (Doğu Karadeniz Örneği)**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19.12.2016 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği ile Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

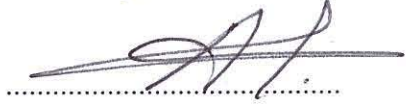
Danışman
Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Doç. Dr. Ülker GÜNER BACANLI
Pamukkale Üniversitesi



Üye
Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALKAN
Dokuz Eylül Üniversitesi



Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
25.01.2017 tarih ve 04.125... sayılı kararıyla onaylanmıştır.



Prof. Dr. Uğur YÜCEL

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.



SEDEF GENÇ

ÖZET

KARSTİK OLMAYAN HAVZALARDA YAPAY AKIŞ-SÜREK EĞRİSİNİN ELDE EDİLMESİ (DOĞU KARADENİZ ÖRNEĞİ)

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SEDEF GENÇ

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. N. ORHAN BAYKAN)

DENİZLİ, ARALIK - 2016

Yenilenebilir enerjinin öneminin gittikçe artması nedeniyle enerji üretimi de gitgide bu alana kaymaktadır. En eski ve en yaygın kaynak olan hidroelektrik enerjisinin de bu pastadaki payı azımsanamayacak boyuttadır.

Bir su kuvveti tesisinin planlanmasındaki başlıca faktör şüphesiz o bölgedeki akış değerleridir. Ancak bu ihtiyaç duyulan akış ölçümleri maalesef akarsuların tüm kolları üzerinde yapılamamaktadır. Kısacası akış ölçümü olmaması yani akış sürekliliğinin elde edilememesi hidrolojik tasarımın ana sorunlarından biridir. Geçmişte de farklı verilerle ve çözüm teknikleriyle akış-süreklilik eğrisi elde edilmesi yada bölgeselleştirilmesi birçok çalışmaya konu olmuştur.

Bu çalışmada da, akış süreklilik eğrileri üstel bir bağıntı ($akış = \alpha * e^{-\beta * t}$) ile ifade edilip bu bağıntının parametreleri modellenmiştir. Üstel ifadedeki α ve β parametrelerinin enlem, boylam, yükselti, akaçlama alanı ve yıllık ortalama yağış verileriyle elde edilmesi denenmiştir.

Karstik olmayan yapıdaki Doğu Karadeniz Bölgesi, yani DSİ 22 numaralı Doğu Karadeniz Havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. DSİ'ye ait 28 akım gözlem istasyonunun kullanıldığı çalışmada akış verilerinin doğal hali, logaritmaları ve doğal logaritmaları ile işlemler yinelenmiştir. Çalışmada uzun süreli günlük ortalamalar, yani her istasyon için 365 değer kullanılmıştır. Tüm Türkiye'yi karstik/karstik olmayan bölge ayrımı yapmaksızın ele alan çalışmayla karşılaştırıldığında, bölgesel yapıdaki bu çalışma ile daha yüksek korelasyonlar elde edilmiştir.

Akış-süreklilik eğrisi ile en yüksek ilişkinin elde edildiği model istasyona ait tüm özellikleri içeren bağıntıdır. Ayrıca akış verilerinin doğal hallerinin kullanılması da en yüksek ilişkiyi vermiştir. Buna ek olarak, sonuçların daha da iyileştirilmesine yönelik akış-süreklilik eğrisinin bir bölümünün modellenmesi denenmiş, ancak bunun sonuçlarda olumlu bir etki yaratmadığı görülmüştür.

ANAHTAR KELİMELER: Akış süreklilik eğrisi, modelleme, karstik olmayan, tanımlılık katsayısı, Doğu Karadeniz.

ABSTRACT

OBTAINING OF SYNTHETIC FLOW-DURATION CURVE IN NON-KARSTIC BASINS (EAST-BLACKSEA REGION)

MSC THESIS

SEDEF GENÇ

PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

CIVIL ENGINEERING

(SUPERVISOR:PROF. DR. N. ORHAN BAYKAN)

DENİZLİ, DECEMBER 2016

The gradual increase on the importance of renewable energy directs the magnitude of the production of total energy towards this area also. The oldest and commonly used resource of energy is hydropower that has an underestimated dimension in this market.

The main factor in planning of an hydro-power plant undoubtedly depends on the existence of flows in cited region. However, these flow measurements have not been carried out on every courses of the basin. Briefly said, the not observed and measured flow-values, that means not obtaining the flow-duration curve, is one of the most commonly problems of an hydrological design. In recent studies, synthetically created of the flows-duration curve and regionalization attempts with different approaching techniques and methods have been investigated.

In this study also, flow-duration curves are expressed with an exponential equation ($flow=\alpha*e^{-\beta*t}$) and the parameters of the model are simulated. It has been tested even if the obtaining the parameters α and β of a combination of latitude, longitude, altitude, drainage area, and long-term averaged annual precipitation data.

Eastern Black Sea Region of non-karstic formation, namely the basin numbered as 22 by DSI (State Hydraulic Authority) was chosen as the case-study area. In the study 28 flow observation stations (AGİ) in this region have been used. The analyses have been repeated for observed, transformed of their normal and Neperian-logarithm data. Long-term averaged daily data for each station, also 365 values, have been utilized. The modeling-study performed in a non-karstic basin have given more reliable and high correlations compared to the previous study contained the whole Turkey without making separation.

The model that obtained the highest relation with the flow duration curve is the correlation that possesses all the features of the station, namely all meteorophysico-geographical data. Besides, using the originally observed values of the flow data has given highest correlations. In addition, it was tried to model a part of flow duration curve to enhance the results, but it was seen that this did not have a positive impact on the results. Thus, it was concluded that, with the given correlation, the flow duration curve can be obtained by high definition.

KEYWORDS: Flow duration curve, modeling, non-karstic, coefficient of determination, Eastern Black Sea.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vi
SİMGE LİSTESİ.....	vii
ÖNSÖZ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç	1
1.2 Kapsam	2
2. AKIŞ SÜREK EĞRİSİ KAVRAMI VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR	4
2.1 Akış Sürek Eğrisinin Tanımlanması.....	4
2.2 Akış Sürek Eğrisinin Kullanım Alanları	7
2.3 Su Kuvveti Potansiyeli Kavramı Ve Hesap Yöntemleri	7
2.3.1 Giriş	7
2.3.2 Hipsografik Eğriler Yöntemi	8
2.3.3 Düşü-Akım Diyagramları Yöntemi	9
2.4 Önceki Çalışmaların Özetlenmesi	10
3. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE VERİLER	12
3.1 Çalışma Bölgesinin Tanıtılması	12
3.2 Akış Verileri	14
3.3 Yağış Verileri	17
3.4 Fiziko-Coğrafi Veriler	19
4. KULLANILAN YÖNTEMLER.....	21
4.1 Giriş	21
4.2 Korelasyon Kavramı.....	21
4.3 Quasi-Newton Algoritması.....	22
5. UYGULAMA	24
5.1 Giriş	24
5.2 Akış Sürek Eğrisinin Modellenmesi.....	24
5.3 İstasyon Özelliklerinden Akış Sürek Eğrisi Parametrelerinin Elde Edilmesi.....	31
5.4 Sonuçların İyileştirilmesine Yönelik Çalışmalar.....	33
5.5 Sonuçların Sınama İstasyonuna Uygulanması	35
5.6 Model Sonuçlarının İrdelenmesi	38
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
6.1 Sonuçlar	43
6.2 Öneriler.....	45
7. KAYNAKLAR.....	47
8. EKLER.....	50
EK A Kullanılan AGİ' lere Ait Gözlem-Parametrik-Model Akış Sürek Eğrileri.....	50
9. ÖZGEÇMİŞ.....	64

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	: Örnek akım gözlem yıllığı sayfası (DSİ)	5
Şekil 2.2	: Örnek debi gidiş eğrisi	6
Şekil 2.3	: Örnek akış süre eğrisi	6
Şekil 2.4	: Hipsografik eğriler yöntemi	8
Şekil 2.5	: Debi-düşü diyagramları yöntemi	9
Şekil 3.1	: Türkiye AGİ bulduru haritası	13
Şekil 3.2	: Doğu Karadeniz Havzası AGİ bulduru haritası	15
Şekil 3.3	: Türkiye eşyağış haritası	17
Şekil 3.4	: Doğu Karadeniz Havzası eşyağış haritası	18
Şekil 5.1	: ASE'lerin doğal halleri ile elde edilen α_P ve β_P parametreleri için elde edilen tanımlılık katsayıları	26
Şekil 5.2	: ASE'lerin logaritmaları ile elde edilen α_P ve β_P parametreleri için elde edilen tanımlılık katsayıları	28
Şekil 5.3	: ASE'lerin doğal logaritmaları ile elde edilen α_P ve β_P parametreleri için elde edilen tanımlılık katsayıları	30
Şekil 5.4	: 22-06 için elde edilen Gözlem-Parametrik-Model ASE grafikleri	37
Şekil 5.5	: Zamanın %90'ında görülen debi için akaçlama alanına bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılıklar ve eğilim çizgisi	39
Şekil 5.6	: Zamanın %55'inde görülen debi için akaçlama alanına bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılıklar ve eğilim çizgisi	39
Şekil 5.7	: Zamanın %90'ında görülen debi için deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılıklar ve eğilim çizgisi	40
Şekil 5.8	: Zamanın %55'inde görülen debi için deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılıklar ve eğilim çizgisi	40
Şekil 5.9	: Zamanın %90'ında görülen debi için yıllık ortalama yağışa bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılıklar ve eğilim çizgisi	41
Şekil 5.10	: Zamanın %55'inde görülen debi için yıllık ortalama yağışa bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılıklar ve eğilim çizgisi	41
Şekil 8.1	: 22-06 için elde edilen akış süre eğrileri	50
Şekil 8.2	: 22-07 için elde edilen akış süre eğrileri	50
Şekil 8.3	: 22-34 için elde edilen akış süre eğrileri	51
Şekil 8.4	: 22-45 için elde edilen akış süre eğrileri	51
Şekil 8.5	: 22-49 için elde edilen akış süre eğrileri	52
Şekil 8.6	: 22-52 için elde edilen akış süre eğrileri	52
Şekil 8.7	: 22-53 için elde edilen akış süre eğrileri	53
Şekil 8.8	: 22-57 için elde edilen akış süre eğrileri	53
Şekil 8.9	: 22-58 için elde edilen akış süre eğrileri	54
Şekil 8.10	: 22-59 için elde edilen akış süre eğrileri	54
Şekil 8.11	: 22-61 için elde edilen akış süre eğrileri	55
Şekil 8.12	: 22-62 için elde edilen akış süre eğrileri	55
Şekil 8.13	: 22-63 için elde edilen akış süre eğrileri	56
Şekil 8.14	: 22-64 için elde edilen akış süre eğrileri	56

Şekil 8.15	: 22-66 için elde edilen akış süre eğrileri	57
Şekil 8.16	: 22-68 için elde edilen akış süre eğrileri	57
Şekil 8.17	: 22-72 için elde edilen akış süre eğrileri	58
Şekil 8.18	: 22-73 için elde edilen akış süre eğrileri	58
Şekil 8.19	: 22-74 için elde edilen akış süre eğrileri	59
Şekil 8.20	: 22-76 için elde edilen akış süre eğrileri	59
Şekil 8.21	: 22-77 için elde edilen akış süre eğrileri	60
Şekil 8.22	: 22-78 için elde edilen akış süre eğrileri	60
Şekil 8.23	: 22-79 için elde edilen akış süre eğrileri	61
Şekil 8.24	: 22-82 için elde edilen akış süre eğrileri	61
Şekil 8.25	: 22-85 için elde edilen akış süre eğrileri	62
Şekil 8.26	: 22-86 için elde edilen akış süre eğrileri	62
Şekil 8.27	: 22-88 için elde edilen akış süre eğrileri	63
Şekil 8.28	: 22-89 için elde edilen akış süre eğrileri	63

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1	: Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonları.....	14
Çizelge 3.2	: İşlemlerde kullanılan verilerin ait olduğu yıllar.....	16
Çizelge 3.3	: Akım gözlem istasyonlarının özellikleri.....	20
Çizelge 5.1	: Verilerin doğal halleri için elde edilen α_p ve β_p parametreleri ..	25
Çizelge 5.2	: Verilerin logaritmaları için elde edilen α_p ve β_p parametreleri ..	27
Çizelge 5.3	: Verilerin doğal logaritmaları için elde edilen α_p ve β_p parametreleri.....	29
Çizelge 5.4	: Çözüm için kullanılacak modeller.....	31
Çizelge 5.5	: Verilerin doğal halleri ile elde edilen model sonuçlarının tanımlılık katsayıları.....	32
Çizelge 5.6	: Verilerin logaritmaları ile elde edilen model sonuçlarının tanımlılık katsayıları.....	32
Çizelge 5.7	: Verilerin doğal logaritmaları ile elde edilen model sonuçlarının tanımlılık katsayıları.....	32
Çizelge 5.8	: ASE'nin bir bölümü ile çalışılması sonucu elde edilen α_p ve β_p parametreleri.....	34
Çizelge 5.9	: ASE'nin bir bölümü ile çalışılması sonucu elde edilen α_M parametrelerinin tanımlılık katsayıları.....	34
Çizelge 5.10	: ASE'nin bir bölümü ile çalışılması sonucu elde edilen β_M parametrelerinin tanımlılık katsayıları.....	35
Çizelge 5.11	: 22-06 istasyonu için ASE'nin doğal hali ile elde edilen α_p ve β_p parametreleri.....	35
Çizelge 5.12	: 22-06 istasyonuna ait kullanılan fiziko-coğrafi veriler.....	36
Çizelge 5.13	: 22-06 istasyonu için elde edilen α_M ve β_M parametreleri.....	36
Çizelge 5.14	: Eğilim çizgisini ifade edebilecek yaklaşık mutlak hata değerleri.....	42
Çizelge 5.15	: Eğilim çizgilerinin denklemleri.....	42

SİMGE LİSTESİ

DSİ	:	Devlet Su İşleri
EİEİ	:	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
HES	:	Hidroelektrik Santral
KÜHES	:	Küçük Hidroelektrik Santral
AGİ	:	Akım Gözlem İstasyonu
USGS	:	ABD Jeolojik Araştırma Enstitüsü (United States Geological Survey)
ASE	:	Akış Sürek Eğrisi
DGE	:	Debi Gidiş Eğrisi
WWF	:	Dünya Doğayı Koruma Vakfı (World Wildlife Fund)
DMİ	:	Devlet Meteoroloji İşleri
YOY	:	Yıllık Ortalama Yağış
ENL	:	Enlem
BYL	:	Boylam
AA	:	Akaçlama Alanı
DSY	:	Deniz Seviyesinden Yükseklik
α	:	Alfa
β	:	Beta
HKT	:	Hataların Kareleri Toplamı
r	:	Korelasyon Katsayısı
r^2	:	Tanımlılık Katsayısı
H	:	Hessian Matrisi
t	:	Zaman
m	:	Metre
s	:	Saniye

ÖNSÖZ

Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Bölümü bünyesinde “yüksek lisans tezi” olarak hazırlanmıştır.

Çalışma süresince emek ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. N. Orhan BAYKAN’a ve savunma sınavı jüri üyelerim Doç. Dr. Ülker GÜNER BACANLI ve Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALKAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Aralık 2016

Sedef GENÇ

(İnşaat Mühendisi)

1. GİRİŞ

1.1 Amaç

Ülkemizde 25 ana havza bulunmaktadır (Fırat ve Dicle birleştirilmiş, 26 olan havza sayısı yakın geçmişte 25'e düşmüştür). Bunların alt, alt-alt, alt-alt-alt gibi havzaları bulursa, küçük havza sayısı binlere ulaşabilir. Bunların küçük olan birçoğunda akış ölçüm istasyonu bulunmamaktadır. Halbuki ülkenin küçük-mini-mikro gibi hidroelektrik su potansiyellerinin hesaplanması için akış kestirimine gereksinme vardır. Akış ölçümü bulunmadığına göre, hidropotansiyelin hesaplanmasında akış-sürek eğrisinin belirlenmesi özel bir önem taşımaktadır.

Bu çalışmayla, akış-sürek eğrisinin havza fiziksel parametreleriyle kolaylıkla saptanabilecek, meteorolojik olarak ölçülmesinde ciddi zorluk ve yatırımlar gerektirmeyecek (aslında bu değerler ülkemizde zaten ölçülmektedir) ölçümleri kullanılarak (başlıca yağış) elde edilmesi amaçlanmıştır.

Akışın doğru olarak saptanması su yapılarının inşasında en önemli ölçütlerden birisidir. Her ne kadar ülkemizde uzun yıllardır akış ölçümleri Devlet Su İşleri (DSİ) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından yapılsa da, yine de her akarsuyun her kolu üstünde uzun yıllara ait ölçüm değerleri mevcut değildir.

Günümüzde enerji gereksinmesinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanmasının önemi daha da artmaktadır. Yenilenebilir enerjinin başta gelen kaynaklarından olan su kuvveti tesislerinin tasarım ölçütlerinden en önemlisi akış verileridir.

Bilindiği üzere, biriktirmeli olarak çalışacak barajların yapımı için hem yüksek akış değerlerine hem de uygun topografik yapıya sahip olunması gerekmektedir. Bu yüzden “Hidroelektrik Santral (HES)” ve “Küçük Düşülü Hidroelektrik Santral (KÜHES)” ler yaygınlaşan ve enerji gereksinmesini karşılamada da önemli paya sahip yapılar olmaya başlamaktadır. Biriktirmesiz mantıkta çalışan bu hidroelektrik santrallerde işletmenin kesintisiz çalışma

zorunluluğu göz önüne alındığında, doğru tespitlerin ne kadar gerekli olduğu daha da iyi anlaşılmaktadır.

İnşasına başlanmamış su kuvvet tesislerinin çokluğu düşünöldüğünde, uzun gözlem sürelerine ait verilerin önemi daha da artmaktadır. Geçmişe dönük akış değerlerinin olmayışının meydana getirdiği veri eksikliğini gidermek adına eksik verilerin farklı yöntemlerle tamamlanması birçok çalışmaya konu olmuştur (Alkan 2001, Yaşar 2009).

Akış değerlerinin, önceki çalışmalarda da kullanılan yöntemlerden biri olan havzaya ait özelliklerle belirlenmesi bu çalışmanın temel amacıdır.

Tüm Türkiye’de yada farklı ölkelerde farklı bölgeler bazında yapılan çalışmalardan yola çıkılarak 22 numaralı Doğu Karadeniz Havzası’nda uygulama yapılmıştır. Böylece havzaya ait kolay elde edilebilen, ölçülebilen parametrelerle eksik akış değerleri tamamlanarak tesis projelendirme konusunda ekonomik, hızlı ve güvenilir çözümlere varılabilecektir. Bunun bir diğer artısı da Akım Gözlem İstasyonlarının (AGİ) taşınması, kapanması, düzenli okuma yapılamaması gibi sorunların ortadan kalkmasıdır.

1.2 Kapsam

Daha önce yapılan bir çalışmada (Yaşar, 2009), çalışma alanı tüm Türkiye olarak seçilmiştir. Ancak ölkenin belli bir bölümü karstik yapıda olduğundan, akış süre eğrilerinin karstik-karstik olmayan bölgelerde modelleme açısından farklılıklar gösterip göstermeyecekleri sınanmak istenmiştir. Temel model bağıntısı olarak, Alkan (Alkan, 2001) tarafından verilen negatif azalan-üstel bağıntının kullanılmasının uygun olacağına kanaat getirilmiştir.

Bu sebeple, karstik yapıda olmadığı bilinen Doğu Karadeniz bölgesi çalışma alanı olarak seçilmiştir. Verileri kullanılabilir durumda olan 28 adet akış gözlem istasyonu kullanılmıştır. Bu istasyonlarda denenen üstel-azalan modeldeki iki parametre bazı havza parametreleriyle (enlem, boylam, yükselti, akaçlama alanı, yıllık ortalama yağış) kestirilmeye çalışılmıştır. Havza bir bütün olarak ele alınmış,

kümeleme çözümlenmesi, akaçlama alanı, yükselti gibi parametrelere göre ayrı ayrı inceleme yoluna başvurulmamıştır. Havzaya yönelik genel bir akış süre eğrisi elde edilmesi yaklaşımı başka bir çalışma kapsamına bırakılmıştır.

2. AKIŞ SÜREK EĞRİSİ KAVRAMI VE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

2.1 Akış Sürek Eğrisinin Tanımlanması

Akış gözlem istasyonları akarsulardaki belirli bir kesitten geçen suyun tespit edilip arşivlenmesi amacıyla yönelik olarak kurulmuş tesislerdir. Devletin ilgili kurumlarının yada amacına yönelik olarak özel sektörün kurdurduğu tesislerdir Bu istasyonlarda günde bir yada iki kez okuma yapılabilmekte, limnigrafli yada limnimetreli tipleri olabilmektedir.

DSİ yada EİEİ istasyonlarındaki okumaların yer aldığı yıllık hazırlanmış basılı kaynaklar “akım gözlem yıllığı” adını almaktadır. Her istasyon için su yılı başlangıcı olan 1 Ekim tarihinden başlayarak 30 Eylül’de son bulan akış değerleri ve bu gözlemin yapıldığı istasyonun kısaca yeri, koordinatları, akaçlama alanı, deniz seviyesinden yüksekliği gibi topografik özellikleri de aynı sayfada yer alır (Şekil 2.1).

22-DOĞU KARADENİZ HAVZASI
HALDİZEN S. ŞERAH (22-07)

MEVKİİ: (40° 37' K - 40° 17' D : G-44) ÇAYKARA 25. KM. MESAFEDEKİ ŞERAH BUCAĞI GÖL ÇIKIŞINDADIR. (LİMNİGRAFLI)

YAĞIŞ ALANI: 153.00 KM² TAKRİBİ RAKIM: 1114 M.
KULLANILABİLİR RASAT SÜRESİ: (01.10.1965-30.09.1967) (01.10.1970-30.09.1984)
ORTALAMA AKIMLAR RASAT SÜRESİNDE: 004.217 M³/SN. 027.50 LT/SN/KM² 0872.2 MM
1984 SU YILINDA: 003.614 M³/SN. 024.10 LT/SN/KM² 0764.1 MM
AZAMI VE ASGARİ AKIMLAR : RASATLAR SÜRESİNDE AZAMI AKIM : 0048.00 M³/SN. EŞEL SEVİYESİ 186 CM. DİR. (05.04.1980)
RASATLAR SÜRESİNDE ASGARİ AKIM : 00.200 M³/SN. EŞEL SEVİYESİ 26 CM. DİR. (31.08.1979)
1984 SU YILINDA AZAMI AKIM : 0021.00 M³/SN. EŞEL SEVİYESİ 115 CM. DİR. (19.05.1984)
1984 SU YILINDA ASGARİ AKIM: 00.3500M³/SN. EŞEL SEVİYESİ 15 CM. DİR. (28.01.1984)

TOPLAM AKIM : 0114.59 10⁶ M³ TÜR.

(24.04.1982-30.09.1984) TARİHLERİ ARASINDA ANAHTAR EĞRİSİ (SEVİYELER CM. AKIMLAR M³/SN DİR)

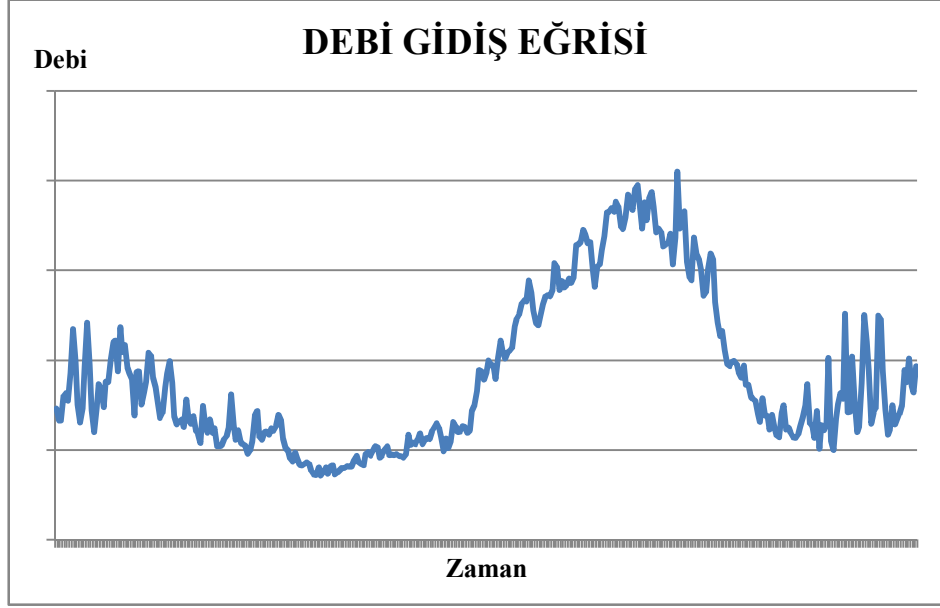
SEVİYE	AKIM	SEVİYE	AKIM
15	0.350	65	7.600
25	1.200	75	9.800
35	2.300	85	12.000
45	3.800	95	15.000
55	5.600	115	21.000

1984 SU YILINDA GÜNLÜK AKIMLAR (m³/sn)

GÜN	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
1	1,30	6,60	2,40	1,10	0,40	0,35	1,60	2,00	10,00	6,60	2,10	5,20
2	1,20	5,40	2,50	1,10	0,40	0,35	1,60	2,40	11,00	7,60	2,10	4,00
3	1,20	4,40	2,30	1,10	0,40	0,35	1,60	2,40	19,50	6,60	1,90	3,30
4	1,70	3,60	2,10	1,10	0,40	1,60	1,60	2,40	19,00	7,80	1,90	3,00
5	1,80	3,30	1,90	1,10	0,40	1,70	2,00	2,40	16,00	7,40	2,00	2,70
6	2,10	2,70	1,80	1,10	0,40	1,40	3,00	2,60	15,00	7,80	2,30	2,40
7	2,40	2,70	1,60	1,00	0,40	1,60	6,40	3,60	14,50	7,80	2,70	2,30
8	2,50	2,70	1,80	1,00	0,40	1,70	6,60	5,20	13,50	7,20	3,10	2,10
9	2,40	2,50	1,70	1,00	0,35	1,30	4,40	7,40	13,50	7,00	3,00	2,00
10	2,30	2,40	1,60	1,00	0,15	1,30	3,30	6,60	13,50	6,20	2,80	1,90
11	2,30	2,30	1,60	1,00	0,35	1,80	2,50	7,40	10,50	6,00	2,40	1,70
12	2,30	2,40	1,60	1,00	0,15	1,60	2,50	11,00	7,40	5,60	2,30	1,60
13	2,00	2,70	1,50	1,00	0,35	1,50	2,30	12,50	8,20	5,00	2,30	1,50
14	1,90	2,40	1,50	1,00	0,35	1,30	2,80	18,00	9,00	5,00	2,10	1,40
15	2,00	2,30	1,40	1,00	0,35	1,20	4,30	15,50	5,60	4,30	2,10	1,40
16	2,00	2,30	1,40	1,00	0,15	1,10	7,80	13,00	6,00	5,20	2,00	1,40
17	2,00	3,00	1,40	1,00	0,15	1,10	5,40	13,50	8,00	5,40	2,00	1,30
18	1,90	3,10	1,40	0,70	0,35	1,00	4,30	17,00	8,00	6,00	2,30	1,20
19	1,60	4,30	1,30	0,70	0,35	0,88	5,00	19,00	7,40	5,20	2,40	1,20
20	1,80	7,80	1,30	0,64	0,15	0,68	5,20	15,50	7,20	5,20	2,30	1,20
21	1,70	8,40	1,30	0,64	0,15	0,80	3,50	12,50	5,20	5,40	2,30	1,20
22	1,70	6,60	1,30	0,54	0,35	0,60	2,50	12,00	4,00	5,40	2,70	1,10
23	2,00	5,00	1,30	0,54	0,35	0,70	2,30	12,50	3,80	5,00	2,70	1,10
24	2,50	3,80	1,10	0,48	0,15	0,86	2,10	12,50	5,20	5,40	2,70	1,10
25	3,00	3,10	1,10	0,40	0,35	1,30	2,00	17,50	7,40	5,00	2,70	1,10
26	3,10	2,80	1,10	0,40	0,15	1,30	2,00	15,50	8,00	4,60	2,80	1,00
27	4,10	2,50	1,10	0,40	0,35	1,20	1,90	17,50	8,80	3,80	2,70	1,00
28	3,60	2,40	1,10	0,35	0,35	1,10	1,90	15,50	9,60	3,00	2,50	1,00
29	4,30	2,40	1,10	0,35	0,35	1,20	1,90	14,00	10,00	4,30	2,40	1,00
30	4,60	2,40	1,10	0,35	0,35	1,40	1,90	11,50	9,30	2,10	2,50	1,00
31	5,60	1,10	1,10	0,35	0,35	1,40	1,40	10,00	2,00	3,10		
Akm 10 ⁶ m ³	6,510	9,360	4,060	2,110	0,910	3,150	8,350	28,600	25,400	15,000	6,530	4,610
Max	9,600	9,800	2,500	1,100	0,400	2,400	9,000	21,000	21,000	10,500	5,000	6,000
Min	1,200	2,100	1,100	0,350	0,350	0,350	1,400	1,900	3,300	1,900	1,800	1,000
Ort	2,429	3,610	1,516	0,788	0,364	1,177	3,220	10,660	9,803	5,584	2,439	1,780
Lt/sn/km ²	16,200	24,100	10,100	5,250	2,430	7,840	21,500	71,000	65,300	37,200	16,200	11,900
mm.	43,400	62,400	27,000	14,100	6,060	21,000	55,600	191,000	169,000	99,900	43,500	30,700

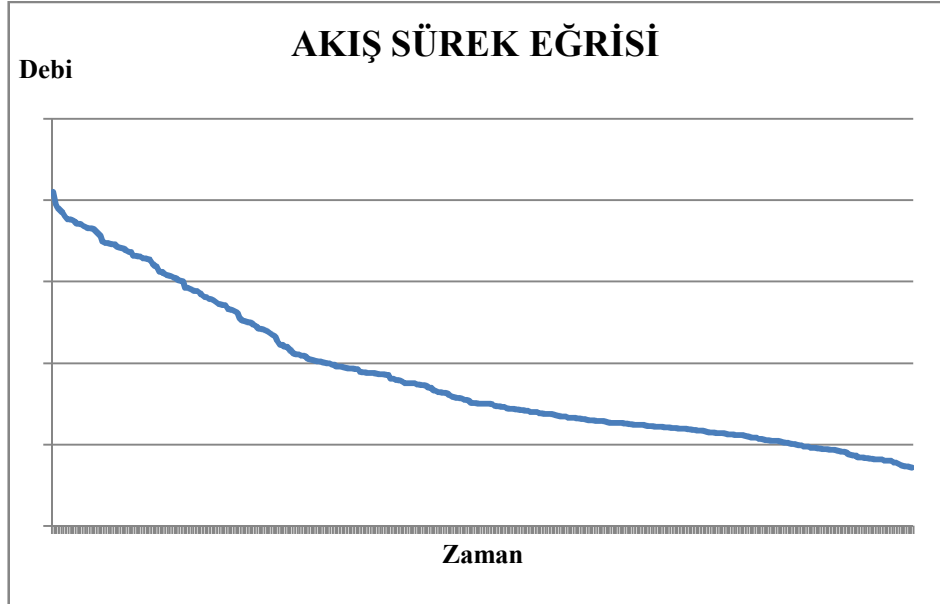
Şekil 2.1: Örnek akım gözlem yıllığı sayfası (DSİ)

Gözlemlendiği gibi, yani olageldiği sırayla dizilen akış değerleri debi gidiş eğrisini (DGE) oluşturur (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Örnek debi gidiş eğrisi

Akış sürekliliği eğrisi ise aynı kesitten toplanan bu akış değerlerinin oluş sırasından bağımsız genellikle büyükten küçüğe sıralanmasıyla elde edilen dizidir (Şekil 2.3). Bu sıralama ile akışın görülme yüzdesi anlamına gelen sıklık tanımı da yapılmış olur. Akış sürekliliği eğrileri günlüklerin, aylık ve yıllık ortalamaların sıralanmasıyla da oluşturulabilir.



Şekil 2.3: Örnek akış sürekliliği eğrisi

2.2 Akış Sürek Eğrisinin Kullanım Alanları

Akış süreklilik eğrileri ölçüm noktası baz alınarak o akarsuyun kapasitesi, mevsimsel durumu ve bu debi değerlerinin güvenli olup olmadığı hakkında en basit ve en doğru değerleri veren eğrilerdir. Akarsu merkezli yapılacak her türlü çalışmada akarsu hakkında bazı önemli bilgiler elde edilebilir. Su kuvveti çalışmalarında ise su kuvveti potansiyeli ve biriktirme haznesi boyutlandırması için temel veri akış süreklilik eğrileridir.

Yatay eksende görülme sıklığı işaretlendiğinde (diziliş no.su / toplam veri sayısı), seçilen bir debinin aşılma/altında kalma sıklığı yada seçilen bir aşılma/altında kalma sıklığının hangi debiye karşı geldiği gibi bilgiler elde edilebilir.

2.3 Su Kuvveti Potansiyeli Kavramı Ve Hesap Yöntemleri

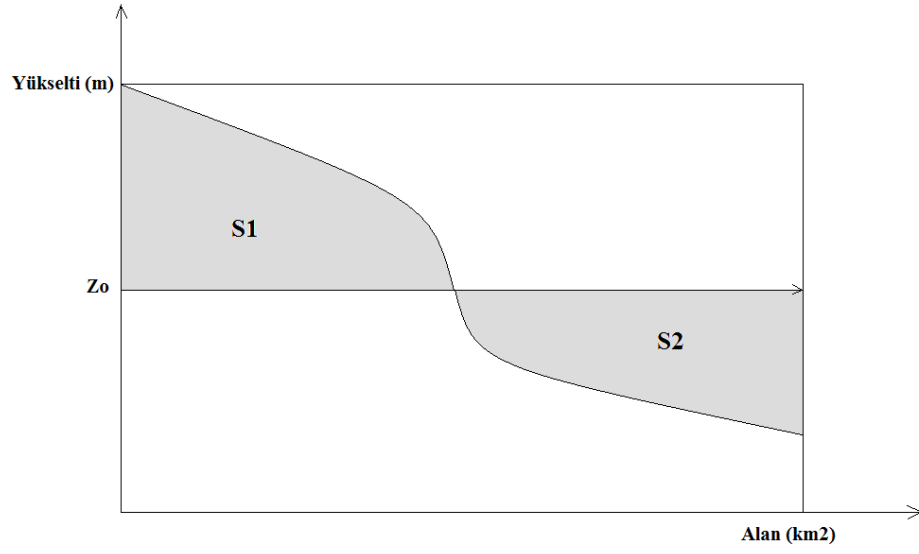
2.3.1 Giriş

Bir su kuvveti tesisinin planlanmasında taşkın koruma ya da sulama gibi hayati öncelikler barındırmıyorsa temel ölçüt zarar ettirmeyecek bir yatırım olmasıdır. Bu yüzden de tesisin ekonomik boyutunun ele alınması için üretilebilecek gücün de bulunması gereklidir. Böylece tesis gücü ile belirlenmiş periyotlarda yapılacak üretim hesaplanabilir ve işletme çalışması için bir öngörü kazanılabilir.

Sadece bir tesis için yapılan bu hesap bir havzaya yönelik genellenebilir. Böylece alanın proje geliştirmeye değer olup olmadığı hakkında fikir sahibi olunabilir. Bu da o havzanın su kuvveti potansiyelini bulmaktır.

Sudan enerji elde etmede iki değişkenden biri debi, diğeri düşü ise bu değerler havza için ortalama olarak ifade edilip iki farklı yöntemle potansiyel hesabı yapılabilir.

2.3.2 Hipsografik Eğriler Yöntemi



Şekil 2.4: Hipsografik eğriler yöntemi

$$S1=S2 \quad (2.1)$$

olacak şekilde Z₀ belirlenir.

Güç:

$$N= 9,8* (Z_0-Z_u)*Q_u \quad (2.2)$$

N: Brüt potansiyel

Z₀: Havza ortalama yükseltisi

Z_u: Havza çıkışı yükseltisi

Q_u: Havzadan çıkan debi

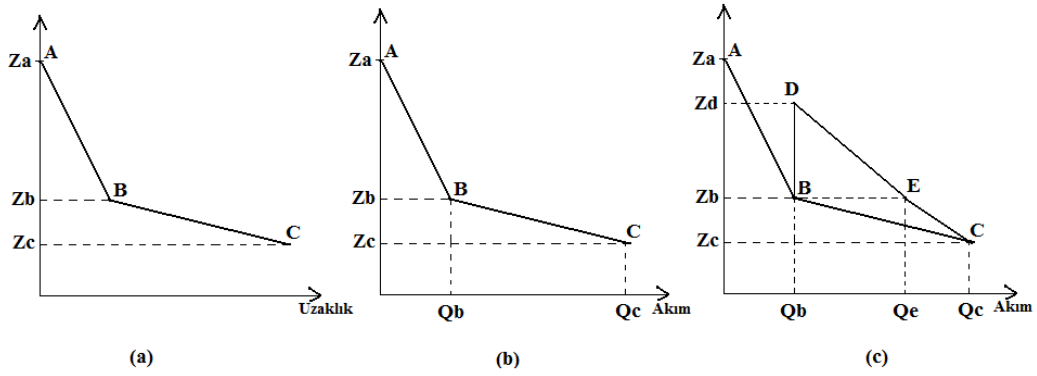
olarak hesaplanır.

2.3.3 Düşü-Akım Diyagramları Yöntemi

İki nokta arasındaki yükselti farkının bu noktalar arasındaki giren ve çıkan debinin ortalaması ile çarpılmasına dayanan bir yöntemdir. Güç aşağıdaki bağıntıyla hesaplanmaktadır:

$$N=9,8* (z_{üst}-z_{alt})*[(Q_{üst}+Q_{alt})/2] \quad (2.3)$$

Örnek bir havza üstünde giriş noktası A, orta nokta B ve havza çıkışı C olarak adlandırılıp bu noktalar potansiyel açıdan değerlendirildiğinde;



Şekil 2.5: Debi-düşü diyagramları yöntemi

B-C arasındaki potansiyelden yararlanılarak C'ye bir adet su kuvveti tesisi yapılırsa;

$$N=9,8* (z_b-z_c)*Q_c \quad (2.4)$$

Birden fazla su kuvveti tesisi yapılırsa; (Şekil 2.5 (b));

$$N=9,8* (z_b-z_c)*[(Q_b+Q_c)/2]=\text{Alan } (Z_bBCZ_c) \quad (2.5)$$

A-B arasındaki brüt potansiyel $Q_a=0$ olduğundan, güç şu şekilde elde edilir Şekil 2.5 (b).

$$N=9,8* (z_a-z_b)*Q_b/2= \text{Alan } (ABZ_b) \quad (2.6)$$

Akarsu kollarının potansiyelini de bu yöntemle hesaplamak mümkündür. Şekil 2.5’de yer aldığı üzere, D noktasından doğan ve B’nin akışaşağısında yer alan E noktasındaki potansiyel de şu şekilde elde edilebilir.

$$N=9,8* (z_d-z_e)*[(Q_e+Q_b)/2] \quad (2.7)$$

2.4 Önceki Çalışmaların Özetlenmesi

Mimikou ve Kaemaki (1985)’nin çalışması Yunanistan’ın batı ve kuzeybatı bölgelerindeki akaçlama havzasında akış süre eğrilerinin bölgeselleştirilmesi üzerinedir. Bölgeselleştirmede havza morfoklimatolojik özellikler ile çoklu regresyon teknikleri kullanılmıştır. Yıllık ortalama yağış, akaçlama alanı, hipsometrik düşü ve akarsu uzunluğu ile çalışılmıştır. Çalışma alanının seçiminde su kaynakları projeleri için hükümet teşvikleri belirleyici olmuştur.

Fennesey ve Vogel (1990) Massachusetts’de bölgesel bir hidrolojik model üzerine çalışmışlardır. Üç veya daha fazla parametre ile elde edilebilen debi süreklilik eğrileri iki parametre ve lognormal dağılım ile elde edilmeye çalışılmıştır.

USGS'den (ABD Jeolojik Araştırma Dairesi) kolaylıkla elde edilen havza özellikleri kullanılmıştır.

Singh ve diğerleri (2001) Hindistan'da yaptıkları çalışmada mikro su kuvveti projeleri ve ölçümü olmayan havzalar için debi süreklilik eğrisi modellemişlerdir.

Alkan (2001), üstel bir bağıntı ile akış süreklilik eğrisinin modelleneceği fikri üzerine yaptığı çalışmalarda değerlerin doğal logaritmaları ile güçlü bir ilişki elde edildiğini belirlemiştir. Türkiye'deki karstik ve karstik olmayan havzalardaki istasyon verileri ile çalışılmıştır.

Şentürk (2007) Çorlu Havzası'nda yapılan çalışmalarda mevcut akım gözlem ve meteoroloji gözlem istasyonlarından elde edilen toplam yağış, havza alanı, akaçlama yoğunluğu, akarsu uzunluğu, eğim ve hipsometrik düşü ile parametreleri belirlemiş ve bölgeselleştirmeye yönelik denemeler yapmıştır.

Yaşar (2009), ABD'nin Kansas eyaletinde ve Türkiye'de yapılan iki ayrı çalışmada akış süreklilik eğrilerinin havzaya ait özellikler ve yağış verileri ile elde edilmesi konusunu araştırmıştır. ABD ve Türkiye deneyimlerinde elde edilebilen farklı yöntemlerle yapılan eniyileme çalışmalarında en yüksek ilişki Yapay Sinir Ağları metodu ile sağlanmıştır. Ayrıca daha yüksek ilişkiler elde etmek için ASE'nin bir bölümünün modellenmesi ve karst durumuna göre istasyonların gruplandırılması durumları da araştırılmıştır.

3. ÇALIŞMA BÖLGESİ VE VERİLER

3.1 Çalışma Bölgesinin Tanıtılması

Çalışma alanı olarak Doğu Karadeniz Bölgesi, yani DSİ'ye ait 22 numaralı Doğu Karadeniz Havzası seçilmiştir. Havza batıda Ordu il sınırı, doğuda Gürcistan sınırı, güneyde Doğu Karadeniz dağları ve kuzeyde de Karadeniz ile sınırlanmıştır.

Sert topografik ve iklimsel koşulların egemen olduğu bölge, biyo-çeşitlilik açısından küresel ölçekte öneme sahip 200 ekolojik bölgeden biri olarak belirlenmiştir. Sınır ötesi sularımızın yarattığı uluslararası ilişkiler sebebiyle havza WWF(Dünya Doğayı Koruma Vakfı)-Kafkasya Ekolojik Bölgesi'nin Türkiye ayağını oluşturmaktadır. Bundan ötürü bölgenin ekolojisi ve doğal olarak da su kaynaklarının durumları ve korunması önem arz etmektedir.

Sosyo-ekonomik olarak değerlendirildiğinde bölge, ormancılık ve tarımsal üretim açısından ülkenin önemli kaynaklarından biridir. Buna karşın en düşük ortalama gelire sahip bölgelerden biridir. Düşük gelir ve kısıtlı istihdam olanakları da ciddi göç vermeye yol açmaktadır.

24.077 km²'lik yağış alanına sahip havzanın en önemli özelliklerinden biri ülkedeki en fazla yağışın burada görülmesidir. Bölgenin coğrafi özellikleri sebebiyle sahip olduğu yüksek su potansiyeli, havzada işletme ve inşaat halinde birçok su kuvveti tesisi barındırmasının temel sebebidir.

Zemin açısından bakıldığında ise bu gibi çalışmalarda önemli bir faktör olan zemin geçirgenliğinin burada bir etken olmadığı bilinmektedir. Yani bölge karstik özellik taşımamaktadır.

3.2 Akış Verileri

Tüm çalışma boyunca temel amaç akış değerlerinin modellenmesi olduğu için istasyonlar belirlenirken öncelik yılın tümünde akışın olduğu noktaların seçilmesi olmuştur. Veri aralığı 1966-2001 olarak sınırlandırılmıştır. Daha yakın tarihlerin seçilmemesinin sebebi özellikle günümüzde bölgenin HES açısından aktif bir alan olması ve bu tesislerden etkilenen istasyonların tam olarak belirlenememesidir. Ayrıca 7 yıldan az verisi olan istasyonlar da çalışmaya dahil edilmemiştir.

Çizelge 3.1: Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonları

SIRA	İST.NO	ADI	SIRA	İST.NO	ADI
1	22-06	AbuçığlayanD-Köprübaşı	15	22-66	Maki D.-Cevizlik
2	22-07	Haldizen S.-Serah	16	22-68	Baltacı D.-Yeniköy
3	22-34	Yanbolu D.-Fındıklı	17	22-72	Arili D.-Arili
4	22-45	Kalenima D.-Helvacık	18	22-73	Yağlıdere-Tuğlacık
5	22-49	Kapistre D.-Başköy	19	22-74	Hemşin D.-Çat
6	22-52	Solaklı D.-Ulucami	20	22-76	Durak D.-Kemer Köp.
7	22-53	Sürmene D.-Ortaköy	21	22-77	Cimil D.-Cimil
8	22-57	Ögene D.-Alçak Köp.	22	22-78	Tozköy D.-Tozköy
9	22-58	Görece D.-Cücen Köp.	23	22-79	Kapistre D.-Çamlıca
10	22-59	Kalyon D.-Çiftdere	24	22-82	Salarha D.-Kömürçüler
11	22-61	Altın D.-Ortaköy	25	22-85	Senöz D.-Kaptanpaşa
12	22-62	Hemşin D.-Konaklar	26	22-86	Değirmen D.-Öğütlü
13	22-63	Hala D.-Mikron Köp.	27	22-88	Maçka D.-Ormanüstü
14	22-64	Pazarsuyu-Kovanlık	28	22-89	Ballı D.-Küçükköy



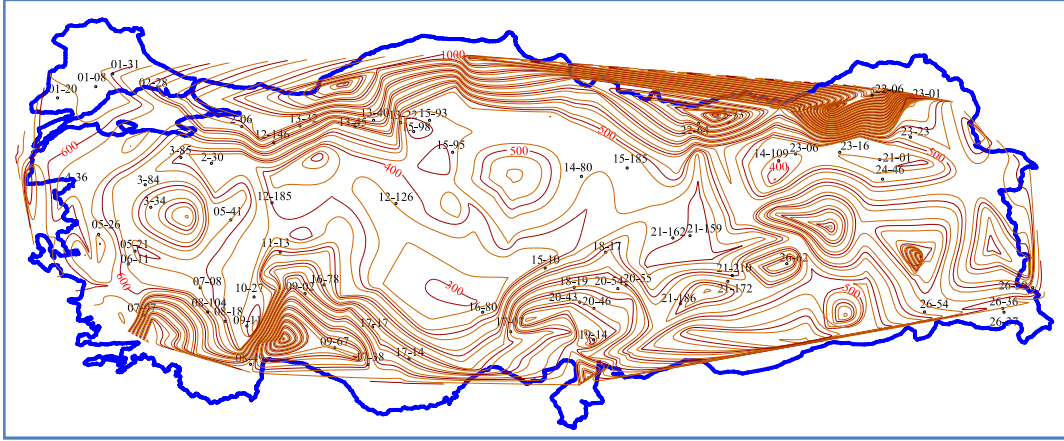
Şekil 3.2: Doğu Karadeniz Havzası AGİ bulduru haritası

Çizelge 3.2: İşlemlerde kullanılan verilerin ait olduğu yıllar

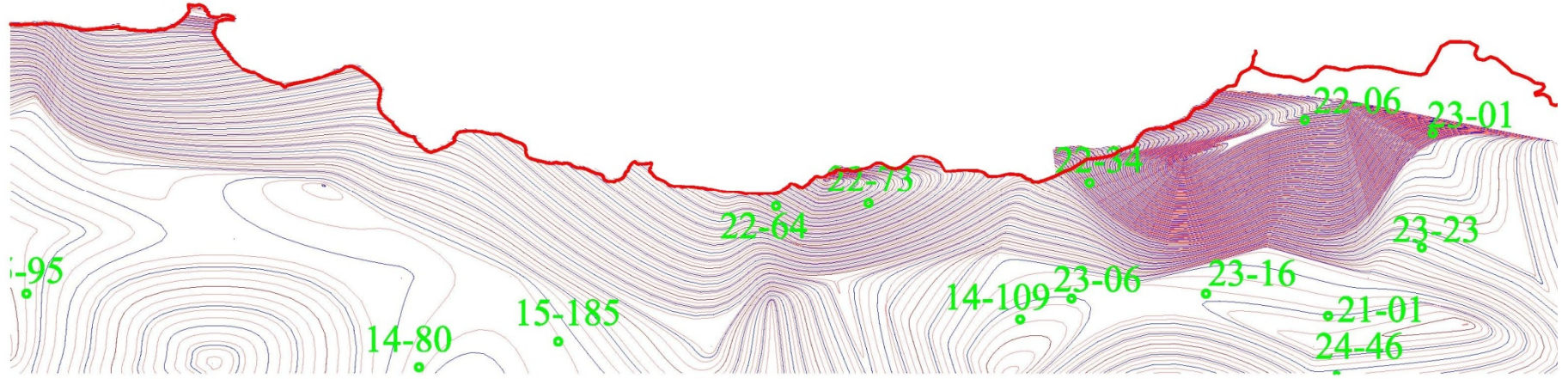
SIRA	İST. NO	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1975	1976	1977	1978	1979	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1990	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	Toplam Veri	
1	6	*	*	*	*	*	*	*							*									*	*	*		*	*		*		14		
2	7	*	*				*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	25
3	34													*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*			*			*		12	
4	45												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*									7
5	49												*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*					*	*	*	17
6	52													*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*		*	*	*	17	
7	53													*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*								10
8	57													*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*				*	*	*	13	
9	58														*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	17
10	59														*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	17
11	61														*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	16
12	62														*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	17
13	63															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	12
14	64															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	14
15	66															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10
16	68															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16
17	72															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	15
18	73																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9
19	74															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8
20	76																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9
21	77															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9
22	78																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	16
23	79																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13
24	82															*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	8
25	85																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10
26	86																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	10
27	88																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	13
28	89																*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9

3.3 Yağış Verileri

Meteorolojik veri olarak hesaplarda kullanılan tek değer yıllık ortalama yağış yüksekliğidir. Bu değerler DSİ AGİ noktalarında hazır olarak bulunmadığından 1971 ve 2009 yılları arası 110 DMİ'den derlenen yağış değerleri ile tüm Türkiye için üçgen poligon yöntemi kullanılarak Netcad aracılığıyla eşyağış haritası hazırlanmıştır. Eşyağış eğrilerinin sıklaştığı bölgelerde yağış yüksekliğinin fazla olduğu yorumu yapılabilir. Bu harita üzerinden AGİ koordinatlarında yapılan okumalar, işlemlerde yıllık ortalama yağış (YOY) değerlerini vermiştir (Şekil 3.3 ve 3.4).



Şekil 3.3: Türkiye eşyağış haritası



Şekil 3.4: Doğu Karadeniz Havzası eşyağış haritası

3.4 Fiziko-Coğrafi Veriler

Çalışmada kullanılacak verileri üç gruba ayırdığında en fazla çeşitlilik fiziko-coğrafi verilerde olacaktır.

Ülkemiz bilimsel çalışmalara haiz verilerin kolay elde edilmesi konusunda çok da teşvik edici kurumlara sahip olmadığından bu tür bireysel bazda çalışmalar ister istemez açık ve ücretsiz bulunabilen veri setleri ile sınırlı kalmaktadır. Bu sebeple çalışmada kullanılan coğrafi veriler akış değerlerinin kullanılacağı DSİ AGİ'lerine ait enlem (ENL), boylam (BYL), deniz seviyesinden yükseklik (DSY), akaçlama alanı (AA) değerleridir. Bu değerler DSİ akım gözlem yıllıklarında her bir istasyon için açık olarak paylaşılan bilgilerdir. İşleme alınan bu veriler yıllıklardan elde edilen birimleriyle işleme alınmış, sadece enlem ve boylam için ondalık dönüşümü yapılmıştır.

Bunun dışında, elde edildiği takdirde, sonra geçirimsizlik, boyuna eğim, sıcaklık, nem, buharlaşma yada uydu görüntüleri gibi verilerle çalışmalar çeşitlendirilebilir.

Burada dikkat edilmesi gereken bir detay yakın zamanda bölgede artmakta olan tesis hareketliliği ve/veya doğal gereklilikler sebebiyle taşınmak zorunda kalan akım gözlem istasyonlarıdır. Gözlemler incelendiğinde, kimi istasyonların yükselti ve koordinatlarında güncel AGİ bilgi sisteminden yapılan taramada küçük değişiklikler gözlenmiştir. Bu yüzden modellemede kullanılan akış değerlerinin ölçüldüğü yıllara ait coğrafi veriler işleme alınmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3: Akım gözlem istasyonlarına ait topografik ve meteorolojik veriler

SIRA	İST. NO	İSTASYON ÖZELLİKLERİ				
		ENLEM (derece)	BOYLAM (derece)	D.S.Y. (m)	A.A. (km ²)	Y.O.Y. (mm)
1	6	41,2500	41,2333	60	151,5	2039
2	7	40,6167	40,2833	1114	153,0	944
3	34	40,8833	39,9667	100	254,7	964
4	45	39,9833	39,9000	60	248,7	426
5	49	41,3000	41,3333	75	257,1	2098
6	52	40,7500	40,2500	550	568,1	1226
7	53	40,8500	40,1167	150	180,5	1150
8	57	40,6667	40,2000	600	241,0	957
9	58	40,8667	39,0333	300	167,4	910
10	59	40,8333	39,7000	250	125,6	700
11	61	40,7833	39,6167	450	267,3	655
12	62	41,0333	41,0000	300	512,0	1662
13	63	41,0333	41,0000	325	242,0	1664
14	64	38,1277	40,744	530	377,5	940
15	66	40,8500	40,4000	300	117,0	1640
16	68	40,3167	40,3500	500	174,6	1476
17	72	41,2000	41,1833	175	95,3	1956
18	73	38,67	40,76	400	397,85	1000
19	74	40,8667	40,8667	1100	275,6	1339
20	76	41,1333	41,0500	230	307,8	1849
21	77	40,6833	40,6000	1650	141,2	1247
22	78	40,6833	40,6000	1000	284,3	1207
23	79	41,2667	41,3833	300	90,8	2037
24	82	40,9167	40,5333	290	81,7	1895
25	85	40,9667	40,7833	400	231,2	1095
26	86	40,8500	41,1833	160	732,6	706
27	88	40,8000	39,5167	770	151,0	659
28	89	41,2500	41,3500	400	70,2	2011

4. KULLANILAN YÖNTEMLER

4.1 Giriş

Çalışmanın uygulama bölümü iki aşamadan oluşmaktadır. İlk adım gözlenmiş akış süre eğrisinin kuramsal temel bağıntıyla uyuşumu, yani iki parametresinin saptanmasıdır. İkinci adım da üstel bağıntıyı oluşturan iki parametrenin belli fiziksel özelliklere bağımlı olarak ifade edilmesidir. Bu iki modelleme basamağındaki işlemlerde Microsoft Excel Çözücü eklentisi araç olarak kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların gözlem değerlerle karşılaştırılması ve ilişkinin ifadesi için de korelasyon yöntemi kullanılmıştır.

4.2 Korelasyon Kavramı

İki veya daha fazla değişken arasında bir ilişki olup olmadığı, eğer ilişki varsa, bunun mertebesinin sayısal olarak belirlenmesini sağlayan bir yaklaşım biçimidir. Bu değişkenlerin ilişkisinin bir işlevle ifade edilmesi “regresyon bağıntısı” ile olmaktadır.

Korelasyon katsayısı (r), $-1 \leq r \leq 1$ aralığında yer alır. Değişkenler arasındaki bağıntı ters yönlü ise, yani değişkenlerden biri artarken diğeri azalıyorsa negatif korelasyon katsayısından söz edilmektedir. Bu çalışmada aranan korelasyon ise pozitif aralıkta olmalıdır. Korelasyon katsayıları şu şekilde yorumlanabilir:

$r < 0,2$ ise zayıf ilişki, korelasyon yok,

$0,2 < r < 0,4$ zayıf korelasyon,

$0,4 < r < 0,6$ orta büyüklükte korelasyon,

$0,6 < r < 0,8$ yüksek şiddette korelasyon,

$r > 0,8$ çok yüksek korelasyon.

Korelasyon katsayısı şu şekilde elde edilir:

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \sqrt{n \sum y^2 - (\sum y)^2}} \quad (4.1)$$

Burada x ve y, sırasıyla bağımsız ve bağımlı değişkenleri; n veri sayısını göstermektedir.

4.3 Quasi-Newton Algoritması

Çalışmanın ana işlemini oluşturan hesap adımında çözücü eklentisi kullanılmıştır. Eniyileme yapılırken model parametrelerini değiştirerek mevcut ve türetilen değerler arasındaki farkın en küçüklenmesi hedeflenir. Çözücü eklentisi bu işlemi yaparken Quasi-Newton algoritmasını kullanmaktadır.

Quasi-Newton yöntemi hızlı sonuç alınan türevelere dayalı ve Hessian Matrisinin (H) yer aldığı bir tekniktir. $f(x)$ fonksiyonunun ikinci dereceden kısmi türevini içeren matris Hessian Matrisidir. Simetrik yapıdadır.

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial^2 f}{\partial x_1^2} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_1 \partial x_n} \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2^2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_2 \partial x_n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_1} & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_2} & \dots & \frac{\partial^2 f}{\partial x_n \partial x_n} \end{bmatrix} \quad (4.2)$$

Quasi-Newton algoritması sonuca yönelik olarak yapılacak her yinelemede Hessian matrisinin yaklaşık değerinin hesaplanmasına dayanır. Böylece ikinci mertebeden türevlerin hesaplanmasına gerek kalmaz.

$$P_k = -H_k^{-1} * g_k \quad (4.3)$$

Yinelemeye başlanmasından sonra yinelemeye bağlı olarak Hessian Matrisi şu şekilde hesaplanır:

$$H_{k+1} = H_k + \Delta H_k \quad (4.4)$$

Burada ΔH_k yinelemeyi ifade eden ağırlık değişimidir. Alt indis k, bu işlemin gerçekleştiği yinelemenin sayısını ifade etmektedir. Ağırlık değişiminin anlamı ise şu şekildedir:

$$\Delta H_k = \frac{g_k + g_k^T}{g_k * P_k} + \frac{\Delta g_k * \Delta g_k^T}{\Delta g_k^T * \Delta x_k} \quad (4.5)$$

Quasi-Newton yöntemi daha fazla hafıza ve her yinelemede daha çok işlem gerektirse de az sayıda iterasyon ile sonuca ulaşılabilmektedir.

5. UYGULAMA

5.1 Giriş

Çalışmanın temelini oluşturan çıkış noktası ASE'nin $y = \alpha * e^{-\beta * t}$ bağıntısıyla tanımlanabileceği düşüncesidir. Uygulama iki ana adımda gerçekleştirilmiştir. İlki akış süre eğrisinin α ve β parametrelerinin yer aldığı bağıntı ile ifade edilmesi; ikinci adım ise, bu parametreleri elde etmek için belirli model tipleri kullanılarak ve modeldeki değişkenleri bazı fiziko-meteorolojik değişkenlerle ifade ederek çözüme ulaşmaktır.

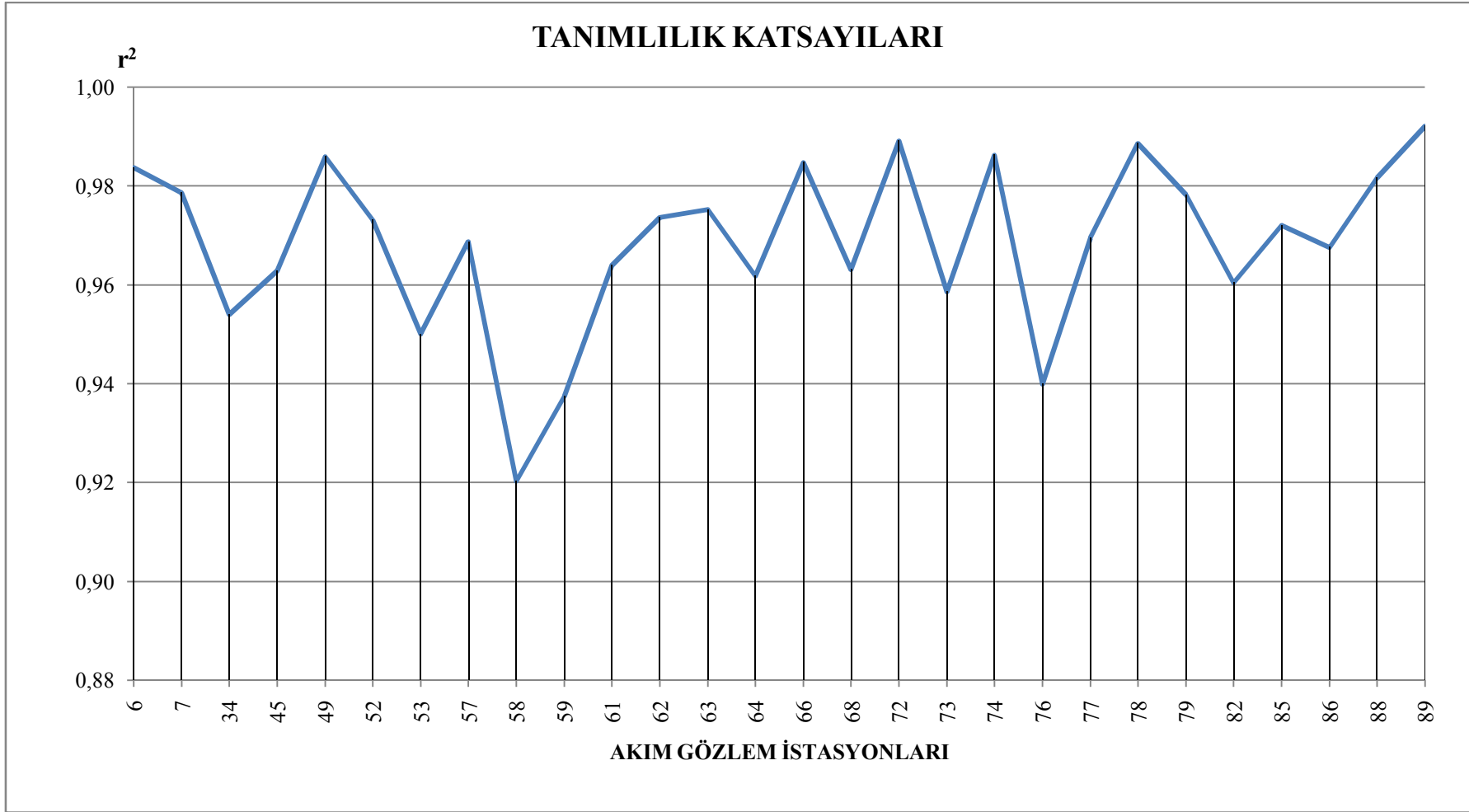
5.2 Akış Sürek Eğrisinin Modellenmesi

Bölüm 3'de yer alan DSİ akış gözlem istasyonlarının uzun yıllara ait akış değerlerini ardı ardına ekleyerek elde edilen akış süre eğrilerinin kullanılması denendiğinde temel denklemde yer alan "t" bileşeni çok büyük değerlere gittiğinde akış değerini ifade eden "y" değeri sıfıra yaklaşmaktadır. Bu da bağıntı sonucunun gözlem değerleriyle ilişkisini zayıflatmaktadır. Hem bunu ortadan kaldırmak, hem de verilerde yer alan olası hataları sönmlemek açısından çalışmada uzun yıllara ilişkin günlük ortalamalar işleme alınmış, böylece veri sayısı 365 adet (Şubat 28 gün kabul edilmiştir) ortalama değeri ile sınırlandırılmıştır.

Temel bağıntıda yer alan alfa ve beta değerlerini farkların karelerini en küçükleyerek bulunan sonuçlar şöyledir (Çizelge 5.1) .

Çizelge 5.1: Verilerin doğal halleri için elde edilen α_p ve β_p parametreleri

SIRA	İST. NO	HKT	r^2	ALFA	BETA
1	6	116,96	0,98	19,0717	0,0047
2	7	126,99	0,98	15,2863	0,0098
3	34	241,70	0,95	14,6623	0,0073
4	45	42,52	0,96	7,4779	0,0049
5	49	116,37	0,99	20,8551	0,0045
6	52	1448,27	0,97	45,8610	0,0084
7	53	115,06	0,95	10,9607	0,0045
8	57	305,14	0,97	19,7271	0,0108
9	58	292,46	0,92	12,9317	0,0055
10	59	78,69	0,94	7,2238	0,0074
11	61	200,26	0,96	14,9893	0,0092
12	62	1830,80	0,97	52,6101	0,0080
13	63	467,02	0,98	28,3077	0,0066
14	64	1511,19	0,96	40,2622	0,0102
15	66	26,08	0,98	9,8263	0,0041
16	68	10,57	0,96	13,2253	0,0066
17	72	37,14	0,99	13,3847	0,0046
18	73	1056,14	0,96	31,5384	0,0088
19	74	468,10	0,99	34,6002	0,0113
20	76	1131,90	0,94	31,6624	0,0044
21	77	174,88	0,97	14,5778	0,0096
22	78	428,84	0,99	39,2524	0,0130
23	79	41,75	0,98	10,4380	0,0041
24	82	76,04	0,96	10,8678	0,0036
25	85	204,45	0,97	19,8184	0,0044
26	86	1572,76	0,97	44,7315	0,0096
27	88	42,38	0,98	9,4205	0,0118
28	89	15,75	0,99	9,5312	0,0056

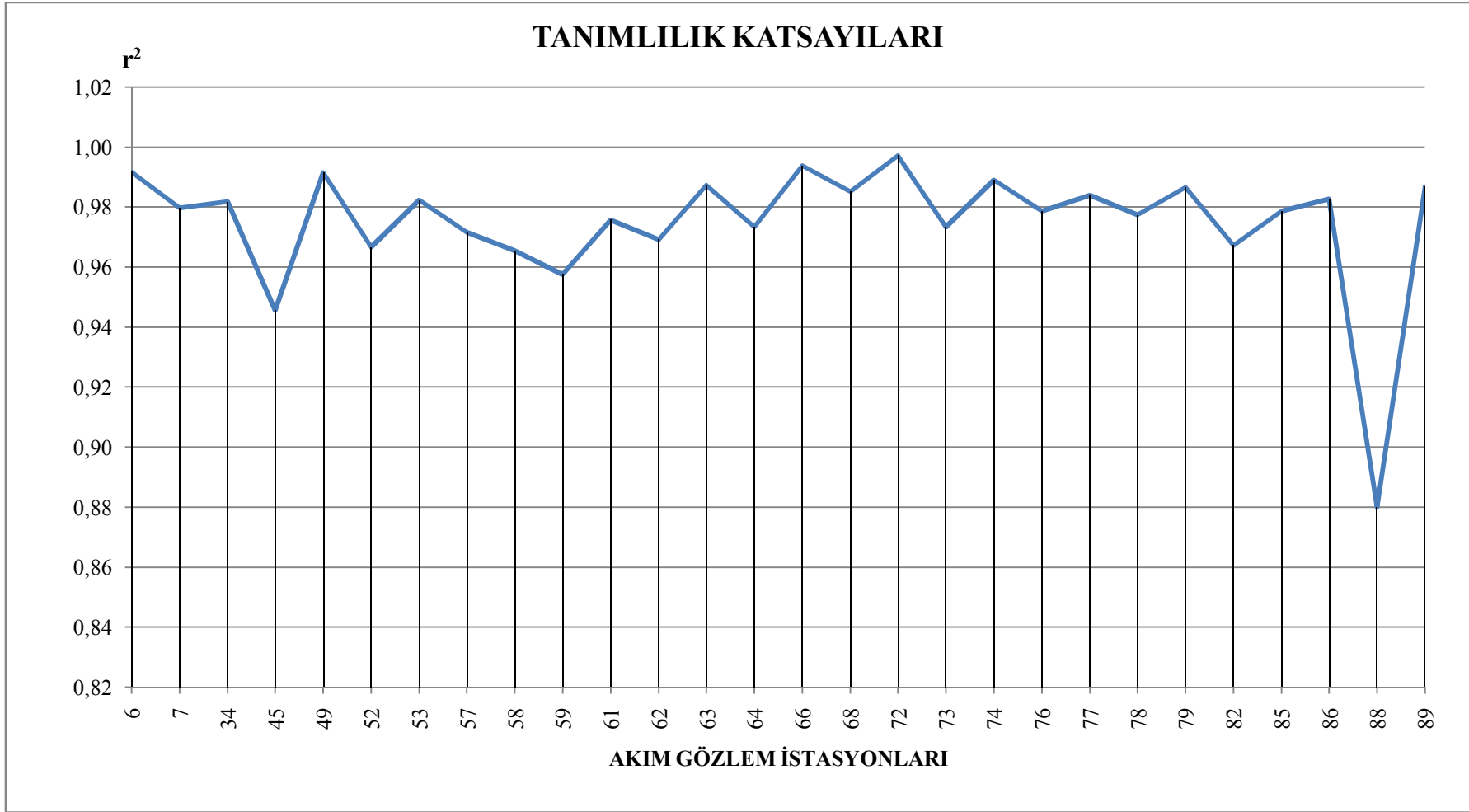


Şekil 5.1: ASE'lerin doğal halleri ile elde edilen α_p ve β_p parametreleri için elde edilen tanımlılık katsayıları

Hesaplar doğal akış verilerinden sonra, akış değerlerinin logaritma ve doğal logaritma değerleri ile de yinelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Çizelge 5.2 ve 5.3).

Çizelge 5.2: Verilerin logaritmaları için elde edilen α_p ve β_p parametreleri

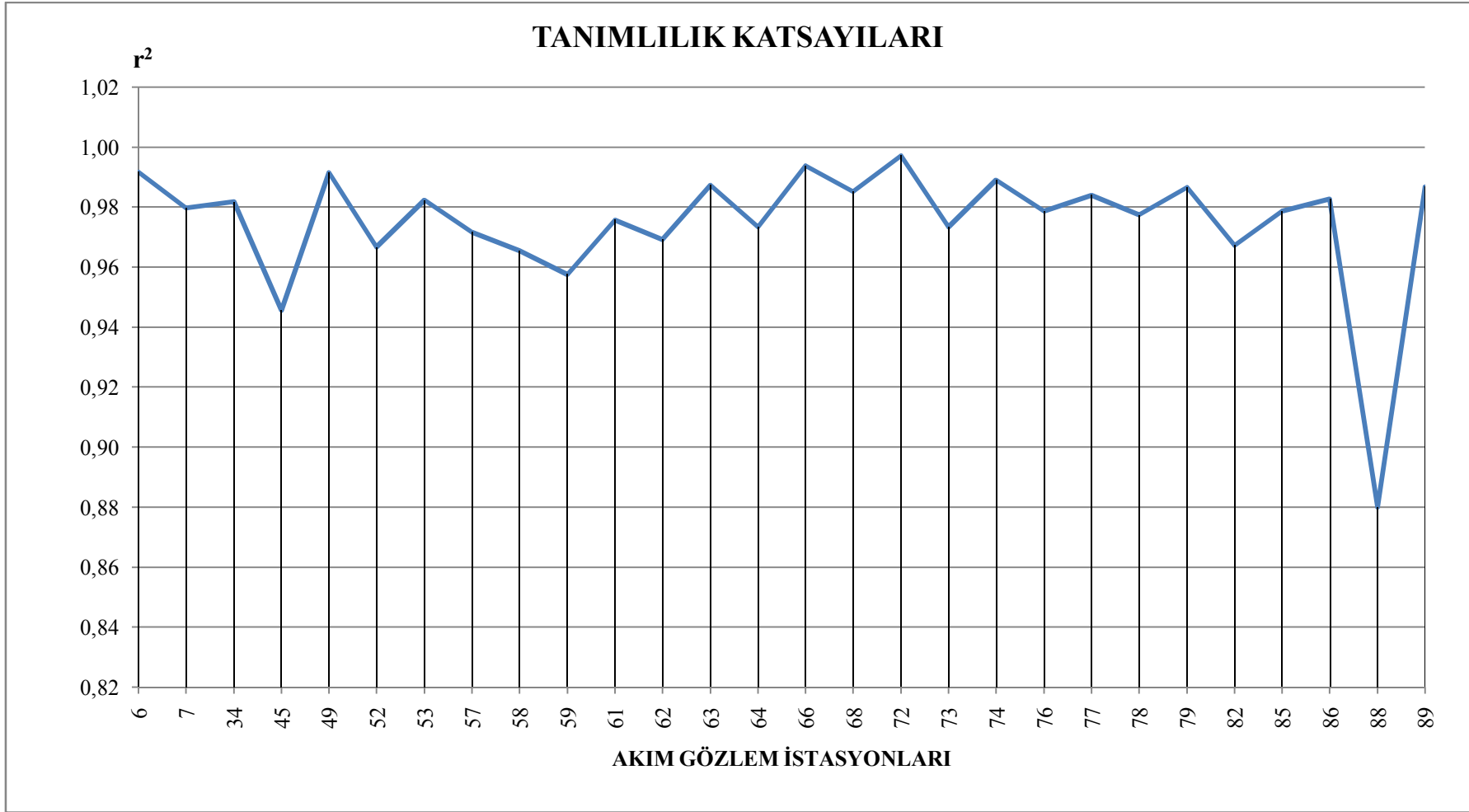
SIRA	İST. NO	HKT	r^2	α	β
1	6	0,12	0,99	1,2995	0,0021
2	7	0,84	0,98	1,3095	0,0066
3	34	0,43	0,98	1,1885	0,0038
4	45	1,01	0,95	0,9452	0,0041
5	49	0,12	0,99	1,3389	0,0019
6	52	1,03	0,97	1,6465	0,0026
7	53	0,21	0,98	1,0501	0,0025
8	57	1,24	0,97	1,3857	0,0062
9	58	0,63	0,97	1,1415	0,0030
10	59	1,11	0,96	0,9848	0,0078
11	61	0,90	0,98	1,2740	0,0059
12	62	0,93	0,97	1,7092	0,0024
13	63	0,29	0,99	1,4622	0,0025
14	64	1,21	0,97	1,6366	0,0039
15	66	0,07	0,99	1,0218	0,0025
16	68	0,33	0,99	1,1595	0,0037
17	72	0,04	1,00	1,1572	0,0024
18	73	0,83	0,97	1,4904	0,0032
19	74	0,52	0,99	1,5814	0,0046
20	76	0,24	0,98	1,4901	0,0014
21	77	0,54	0,98	1,2332	0,0059
22	78	1,47	0,98	1,7084	0,0059
23	79	0,16	0,99	1,0541	0,0024
24	82	0,33	0,97	1,0692	0,0020
25	85	0,27	0,98	1,3102	0,0018
26	86	0,78	0,98	1,6927	0,0035
27	88	10,22	0,88	1,2091	0,0133
28	89	0,28	0,99	1,0509	0,0041



Şekil 5.2: ASE'lerin logaritmaları ile elde edilen α_p ve β_p parametreleri için elde edilen tanımlılık katsayıları

Çizelge 5.3: Verilerin doğal logaritmaları için elde edilen α_p ve β_p parametreleri

SIRA	İST. NO	HKT	r^2	α	β
1	6	0,63	0,99	2,9922	0,0021
2	7	4,45	0,98	3,0153	0,0066
3	34	2,29	0,98	2,7366	0,0038
4	45	5,36	0,95	2,1765	0,0041
5	49	0,62	0,99	3,0829	0,0019
6	52	5,47	0,97	3,7912	0,0026
7	53	1,10	0,98	2,4180	0,0025
8	57	6,55	0,97	3,1906	0,0062
9	58	3,34	0,97	2,6285	0,0030
10	59	5,87	0,96	2,2676	0,0078
11	61	4,78	0,98	2,9335	0,0059
12	62	4,94	0,97	3,9356	0,0024
13	63	1,54	0,99	3,3669	0,0025
14	64	6,41	0,97	3,7683	0,0039
15	66	0,37	0,99	2,3528	0,0025
16	68	1,74	0,99	2,6699	0,0037
17	72	0,21	1,00	2,6646	0,0024
18	73	4,42	0,97	3,4317	0,0032
19	74	2,77	0,99	3,6413	0,0046
20	76	1,25	0,98	3,4311	0,0014
21	77	2,86	0,98	2,8394	0,0059
22	78	7,81	0,98	3,9338	0,0059
23	79	0,86	0,99	2,4272	0,0024
24	82	1,77	0,97	2,4620	0,0020
25	85	1,41	0,98	3,0168	0,0018
26	86	4,14	0,98	3,8976	0,0035
27	88	54,20	0,88	2,7839	0,0133
28	89	1,49	0,99	2,4198	0,0041



Şekil 5.3: ASE'lerin doğal logaritmaları ile elde edilen α_p ve β_p parametreleri için elde edilen tanımlılık katsayıları

5.3 İstasyon Özelliklerinden Akış Sürek Eğrisi Parametrelerinin Elde Edilmesi

Çalışmanın asıl amacı 5.2’de ASE’yi anlamlı şekilde tanımlayan alfa ve beta parametrelerini modellemektir. Çeşitli kombinasyonlarla oluşturulan sekiz farklı model uygulama için seçilmiş ve uygulanmıştır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4: Çözüm için kullanılacak modeller

Model No	Model
1	$f(x) = a_0 + a_1ENL + a_2BYL + a_3DSY + a_4DA + a_5YOY$
2	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8} + a_9YOY^{a_{10}}$
3	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7DA^{a_8}$
4	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DSY^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$
5	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3BYL^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$
6	$f(x) = a_0 + a_1ENL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$
7	$f(x) = a_0 + a_1BYL^{a_2} + a_3DSY^{a_4} + a_5DA^{a_6} + a_7YOY^{a_8}$
8	$f(x) = a_0 + a_1DSY^{a_2} + a_3DA^{a_4} + a_5YOY^{a_6}$

Buna yönelik istasyonlara ait derlenen verilerle farklı modeller kurularak bu kez a_0, a_1, \dots, a_{10} katsayılarını türeterek işlem yapılmıştır. Modelleme sonucunda α ve β parametrelerinin elde edilen sonuçları şu şekildedir:

Çizelge 5.5: Verilerin doğal halleri ile elde edilen model sonuçlarının tanımlılık katsayıları

		HKT	r ²			HKT	r ²
	α_M	Model 1	466,15		0,89	β_M	Model 1
Model 2		317,41	0,93	Model 2	4,9E-05		0,75
Model 3		613,683	0,86	Model 3	6,4E-05		0,67
Model 4		3538,02	0,17	Model 4	7,1E-05		0,63
Model 5		598,466	0,86	Model 5	0,00014		0,27
Model 6		595,868	0,86	Model 6	5E-05		0,74
Model 7		592,013	0,86	Model 7	5E-05		0,74
Model 8		968,971	0,77	Model 8	5E-05		0,74

Çizelge 5.6: Verilerin logaritmaları ile elde edilen model sonuçlarının tanımlılık katsayıları

		HKT	r ²			HKT	r ²
	LOG α_M	Model 1	0,23711		0,83	LOG β_M	Model 1
Model 2		0,1455	0,90	Model 2	5,6E-05		0,66
Model 3		0,3513	0,75	Model 3	0,00012		0,27
Model 4		1,00008	0,28	Model 4	7,1E-05		0,57
Model 5		0,34208	0,75	Model 5	9,3E-05		0,44
Model 6		0,15972	0,88	Model 6	6E-05		0,64
Model 7		0,1598	0,88	Model 7	6E-05		0,64
Model 8		0,34657	0,75	Model 8	6E-05		0,63

Çizelge 5.7: Verilerin doğal logaritmaları ile elde edilen model sonuçlarının tanımlılık katsayıları

		HKT	r ²			HKT	r ²
	LN α_M	Model 1	1,25715		0,83	LN β_M	Model 1
Model 2		0,82848	0,89	Model 2	4,9E-05		0,70
Model 3		1,8654	0,75	Model 3	0,00012		0,27
Model 4		4,83412	0,35	Model 4	7,1E-05		0,57
Model 5		1,84104	0,75	Model 5	9,3E-05		0,44
Model 6		0,94208	0,87	Model 6	6E-05		0,64
Model 7		1,01756	0,86	Model 7	6E-05		0,64
Model 8		1,85112	0,75	Model 8	6E-05		0,63

Sonuçlardan da anlaşıldığı üzere, en iyi ilişki doğal akış değerlerinin kullanılmasıyla elde edilmektedir. “Model 2” şeklinde adlandırılan bağıntı, akış gözlem istasyonunun bulunduğu enlem, boylam, yıllık ortalama yağış, akaçlama alanı, deniz seviyesinden yükseklik değerlerinin tümünü barındırmaktadır.

Bu sonuçları ortaya çıkaran katsayıları modeldeki ilgili yerlere yazıldığında, çalışmaya ait en iyi ilişkiyi veren denklemler ortaya çıkmaktadır (5.2 ve 5.3) .

$$f(x) = a_0 + a_1 * ENL^{a_2} + a_3 * BYL^{a_4} + a_5 * DSY^{a_6} + a_7 * AA^{a_8} + a_9 * YOY^{a_{10}} \quad (5.1)$$

$$\alpha = -666,52 + 346,167 * ENL^{0,15153} + 384,05 * BYL^{-2,3857} + 5,55302 * DSY^{0,2199} + 3,9718 * AA^{0,45952} + 0,00606 * YOY^{1,06274} \quad (5.2)$$

$$\beta = 0,07354 - 0,09899 * ENL^{-0,10098} - 0,03578 * BYL^{-0,09461} + 0,000074 * DSY^{0,64485} + 0,00243 * AA^{0,2128} + 0,03669 * YOY^{-0,11904} \quad (5.3)$$

5.4 Sonuçların İyileştirilmesine Yönelik Çalışmalar

Akış sürekliliği kavramının temelinde gelen akışın görülme yüzdesi vardır. Bununla da “güvenli debi” denen gelecek garanti akışın yüzdesi elde edilir. Kısacası akış sürekliliğinin tamamı ile su kuvveti tesisi boyutlandırılmaz. Bu yüzden akış sürekliliğinin güvenli debiyi kapsayan bölümünün doğru modellenmesi yeterli kabul edilebilir. Bundan yola çıkılarak akış sürekliliğinin bir bölümünün

modellenmesinin daha iyi sonuçlar verebileceği konusu geçmişte farklı çalışmalarda da ele alınmıştır.

Uygulamada bunu denemek için öncelikle akış süre eğrisinin başından ve sonundan %5'lik kısmı çıkarılarak kalan %90'lık bölümü için işlemler yapılmıştır. Sonrasında da %10'luk kısımlar çıkarılarak kalan %80 için işlemler tekrar edilmiştir. Sonuçlar 22-06 istasyonu örnek seçilerek yorumlanmıştır.

Çizelge 5.8: ASE'nin bir bölümü ile çalışılması sonucu elde edilen α_p ve β_p parametreleri

ASE'nin yüzdesi	ASE			LOG ASE			LN ASE		
	r^2	α_p	β_p	r^2	α_p	β_p	r^2	α_p	β_p
100%	0,98	19,0717	0,0047	0,99	1,2995	0,0021	0,99	2,9922	0,0021
90%	0,98	17,2446	0,0046	0,99	1,2478	0,0020	0,99	2,8731	0,0020
80%	0,97	15,5616	0,0045	0,99	1,1977	0,0020	0,99	2,7578	0,0020

Çizelge 5.8'den de anlaşıldığı üzere, akış süre eğrisinin tümü(%100), %90'ı ya da %80 i kullandığında elde edilen α ve β parametrelerinde bir iyileşme görülmemektedir. Bölüm 5.3'de elde edilen en yüksek ilişkiyi veren "Model 2" ile işlemlerin ikinci basamağına devam edilmiştir.

Çizelge 5.9: ASE'nin bir bölümü ile çalışılması sonucu elde edilen α_M parametrelerinin tanımlılık katsayıları

	ASE	LOG ASE	LN ASE
100%	0,93	0,90	0,89
90%	0,93	0,89	0,88
80%	0,93	0,89	0,88

Çizelge 5.10: ASE'nin bir bölümü ile çalışılması sonucu elde edilen β_M parametrelerinin tanımlılık katsayıları

	ASE	LOG ASE	LN ASE
100%	0,75	0,66	0,70
90%	0,72	0,61	0,61
80%	0,74	0,65	0,70

Her iki parametre için de geçerli olmak üzere, ASE'nin %90 ve %80'i için elde edilen tanımlılık katsayılarında ASE'nin tümünün kullanılması ile elde edilenlere kıyasla bir iyileşme gözlenmemiştir. Bu yüzden uygulamalar neticesinde söz konusu ASE'nin başından ve sonundan veri çıkartılması ile daha anlamlı sonuçlara ulaşılmadığı görülmüştür.

5.5 Sonuçların Sınama İstasyonuna Uygulanması

Uygulama sonunda sınama istasyonu olarak seçilen 22-06 için ASE modellemesi yapılmış ve ilgili parametreler elde edilmiştir (Çizelge 5.11).

Çizelge 5.11: 22-06 istasyonu için ASE'nin doğal hali ile elde edilen α_P ve β_P parametreleri

	HKT	r²	α_P	β_P
22-06	116,9601	0,983677	19,07172	0,004726

Buradaki α ve β parametreleri ana bağıntıda yerine yazıldığında "Parametrik ASE" şeklinde adlandırılan denklem elde edilir.

En iyi sonucu veren "Model 2" şeklinde adlandırılan bağıntı ile bu iki parametre havzaya ait özelliklerle elde edilmiştir.

Çizelge 5.12: 22-06 istasyonuna ait kullanılan fiziko-coğrafi veriler

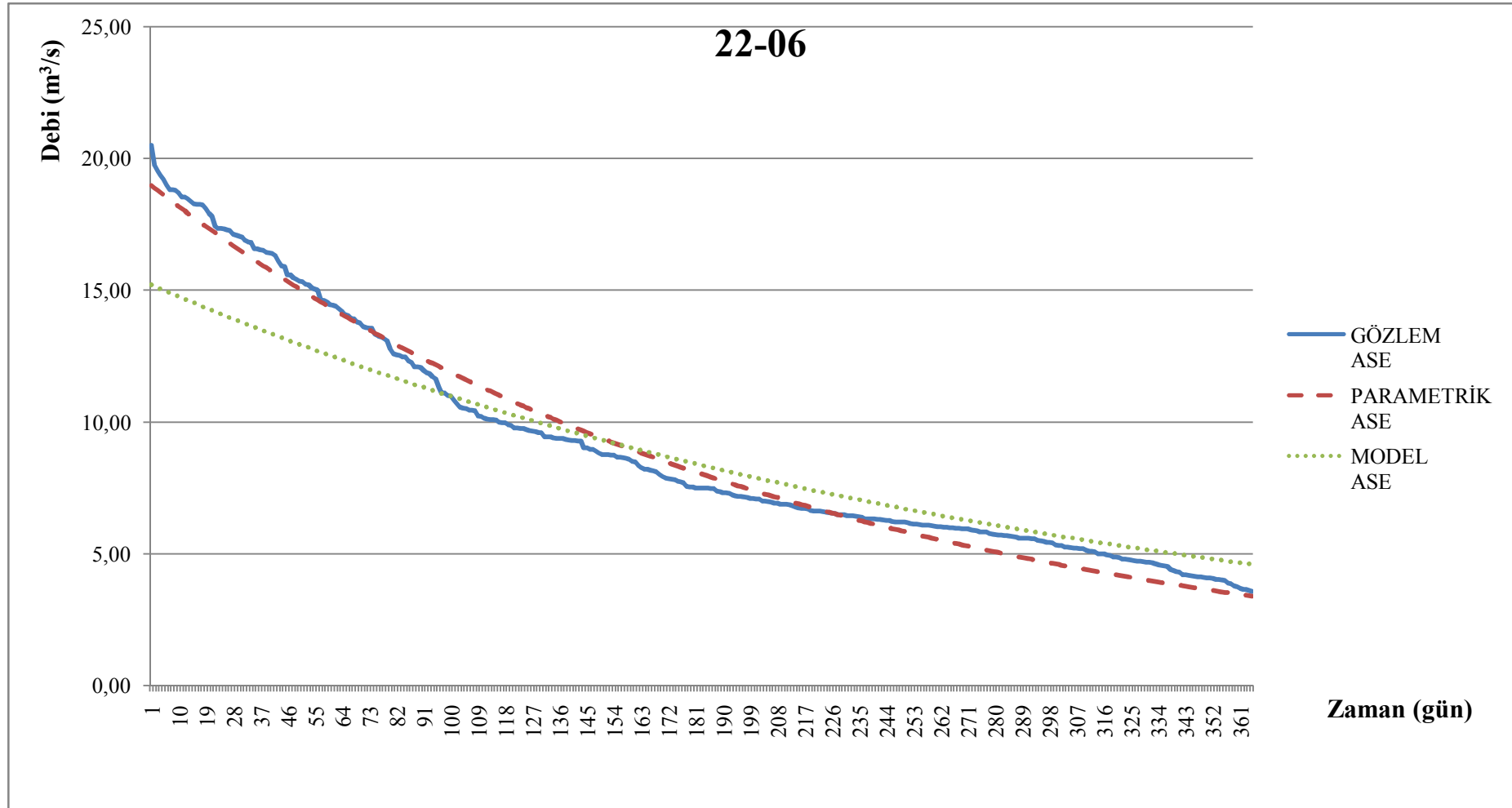
İST. NO	İSTASYON ÖZELLİKLERİ				
	ENLEM (derece)	BOYLAM (derece)	D.S.Y. (m)	A.A. (km ²)	Y.O.Y. (mm)
6	41,2500	41,2333	60	151,5	2039

Çizelge 5.13: 22-06 istasyonu için elde edilen α_M ve β_M parametreleri

α_M	15,251752
β_M	0,0032885

Esas bağıntıya dönüldüğünde $y = \alpha * e^{-\beta * t}$ ifadesindeki " α " ve " β " parametreleri yerine yazıldığında "Model ASE" diye adlandırılan denkleme ulaşılır. Akış ölçümleri ile elde edilen "Gözlem ASE", temel bağıntıya ait " α_P " ve " β_P " parametreleriyle elde edilen "Parametrik ASE" ve istasyon özellikleriyle hesaplanan " α_M " ve " β_M " parametreleriyle elde edilen "Model ASE" nin karşılaştırılması çalışmanın son adımıdır.

İlgili istasyon için yapılan işlemlerle "Gözlem ASE", "Parametrik ASE", "Model ASE" arasındaki ilişki "Şekil 5.4" de verilmiştir. Buna ek olarak "Gözlem ASE ile "Parametrik ASE" arasında 0,98; "Gözlem ASE" ile "Model ASE" arasında 0,97 mertebesinde korelasyon katsayıları elde edilmiştir.



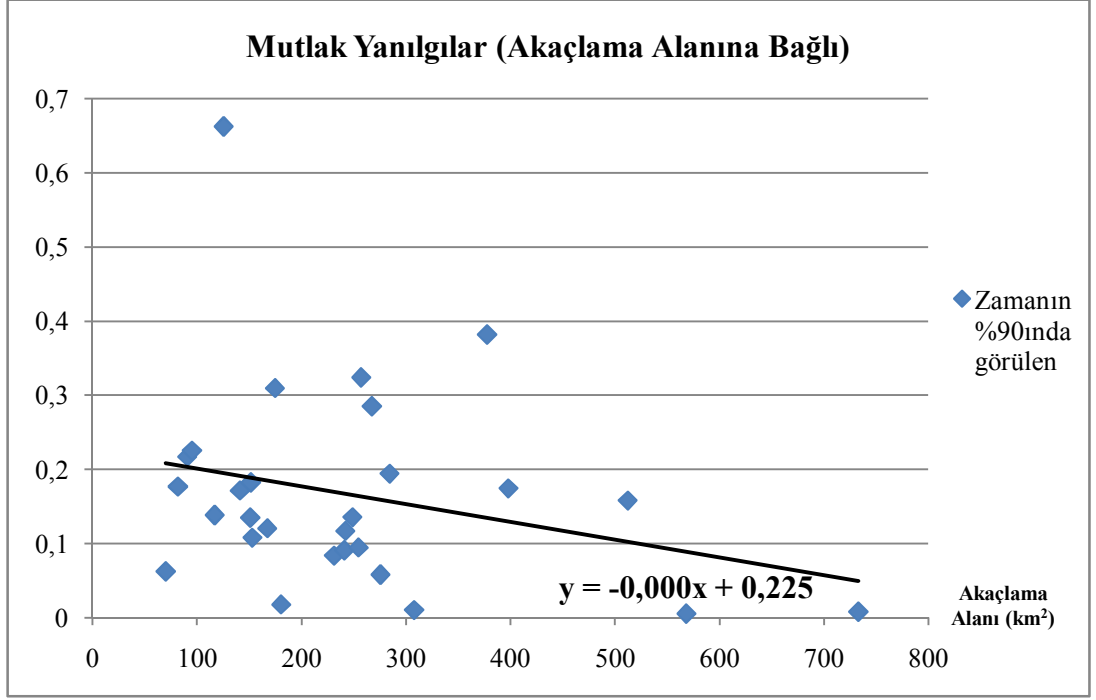
Şekil 5.4: 22-06 için elde edilen Gözlem-Parametrik-Model ASE grafikleri

5.6 Model Sonuçlarının İrdelenmesi

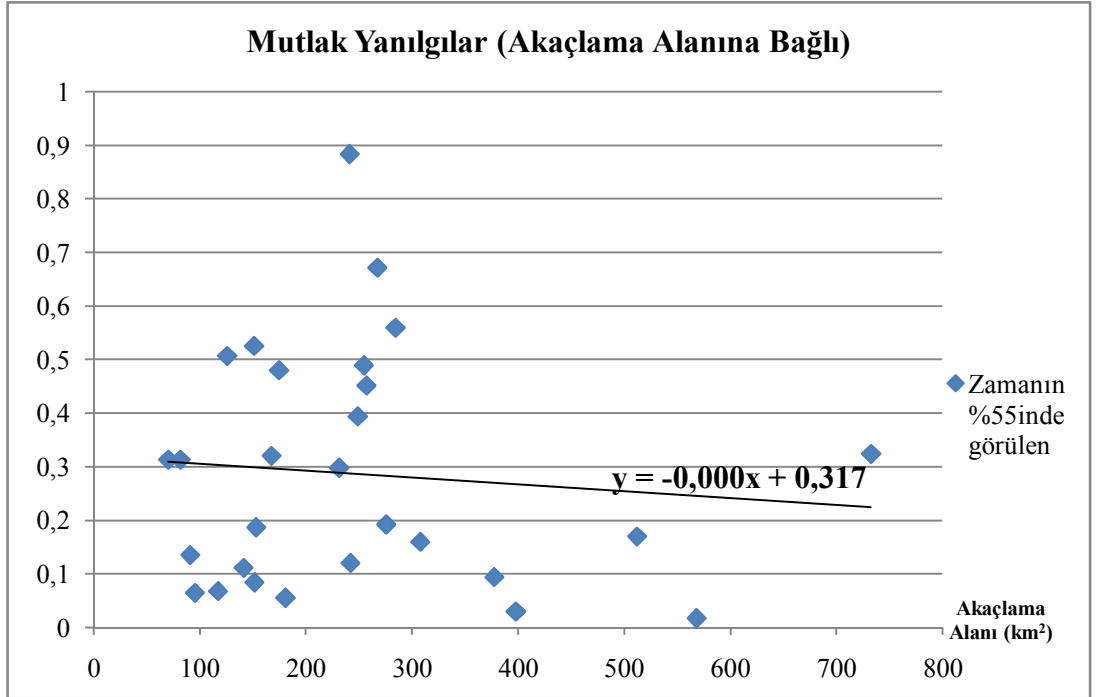
Model sonuçlarının belli bir güven düzeyine sahip olup olmadığını anlamak amacıyla Şu Şekilde basit bir lt kullanılmıŐ ve mutlak yanılėı olarak adlandırılmıŐtır:

$$\text{Mutlak Yanılėı} = \frac{|y_{gözlem} - y_{model}|}{y_{gözlem}} \quad (5.4)$$

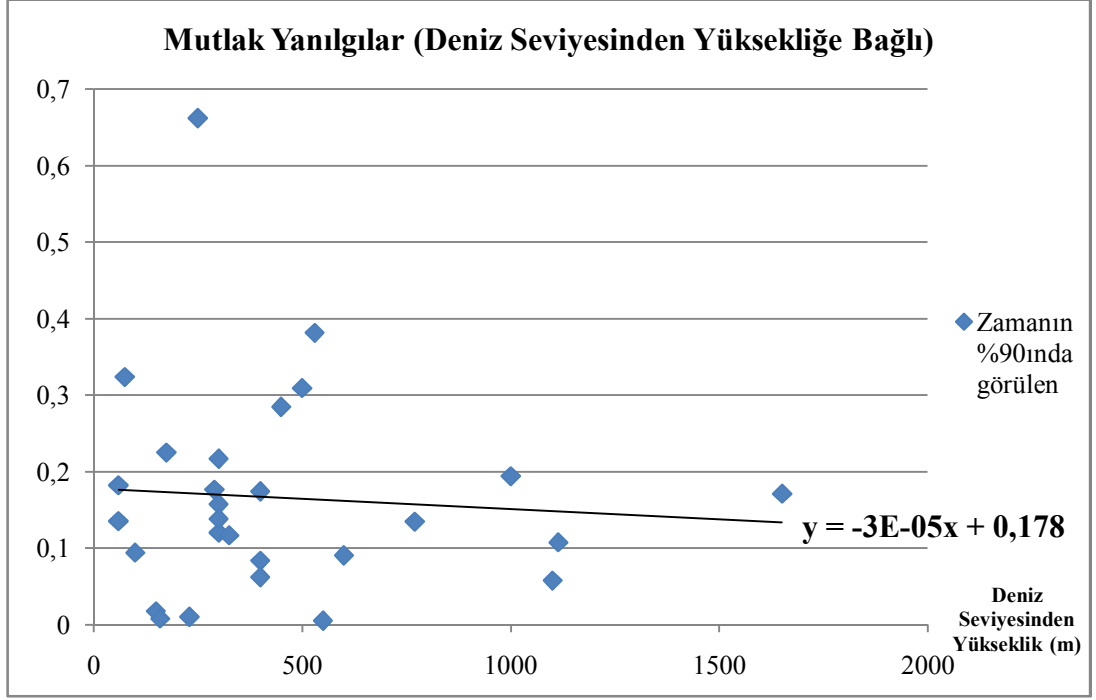
Bu mutlak yanılėıların eğilimlerini incelemek için istasyonlara ait fiziko-meteorolojik verilerle (AA, DSY, YOY) değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme yapılan debi değerleri %10 ve %45 aşılma olasılığına karŐılık gelen değerler olarak seçilmiştir. Bu aşılma olasılıkları literatürde yer alan ve ülkemizde su kuvveti tesisleri yapımının finanse edilebilmesi için uygun Őartları sağlayan tasarım debileridir. Elde edilen mutlak yanılėıların her bir seçenek için doğrusal eğilim çizgisi çizdirilerek, eğilimlerin denklemleri saptanmıŐtır (Şekil 5.4-5.9).



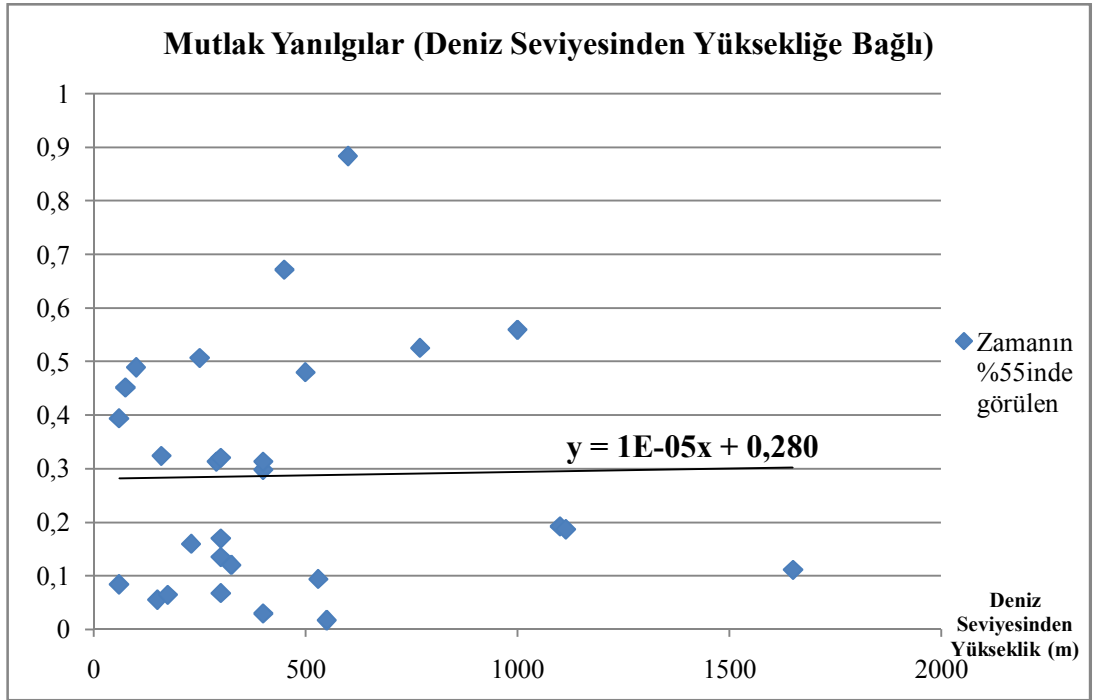
Şekil 5.5: Zamanın %90'ında görülen debi için akaçlama alanına bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılgılar ve eğilim çizgisi



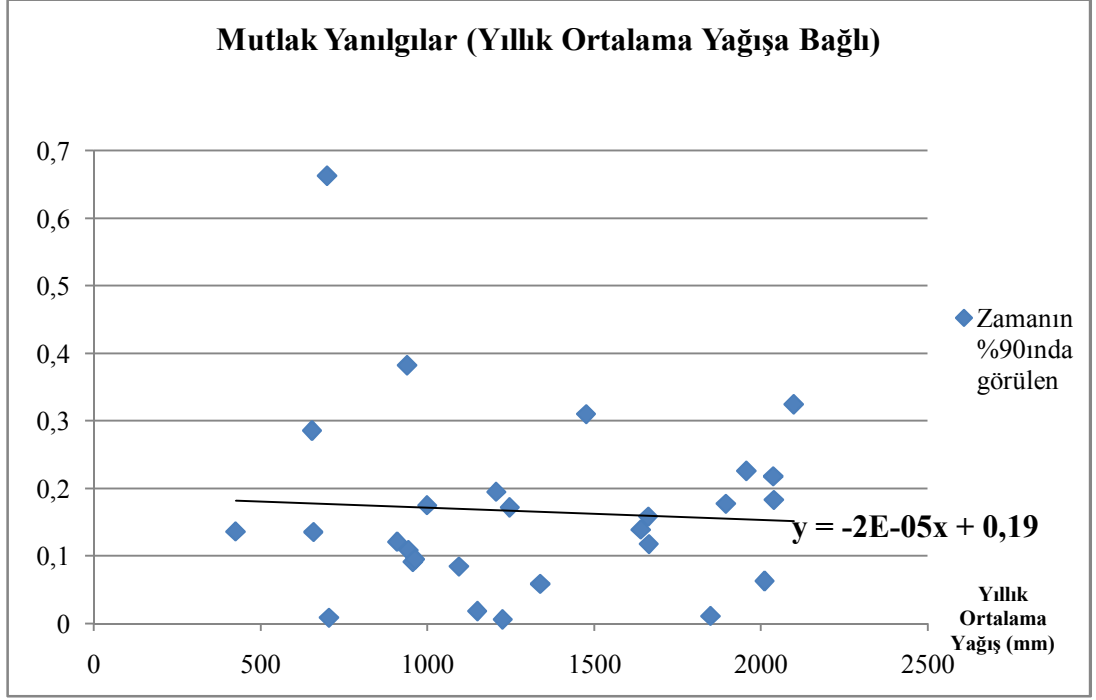
Şekil 5.6: Zamanın %55'inde görülen debi için akaçlama alanına bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılgılar ve eğilim çizgisi



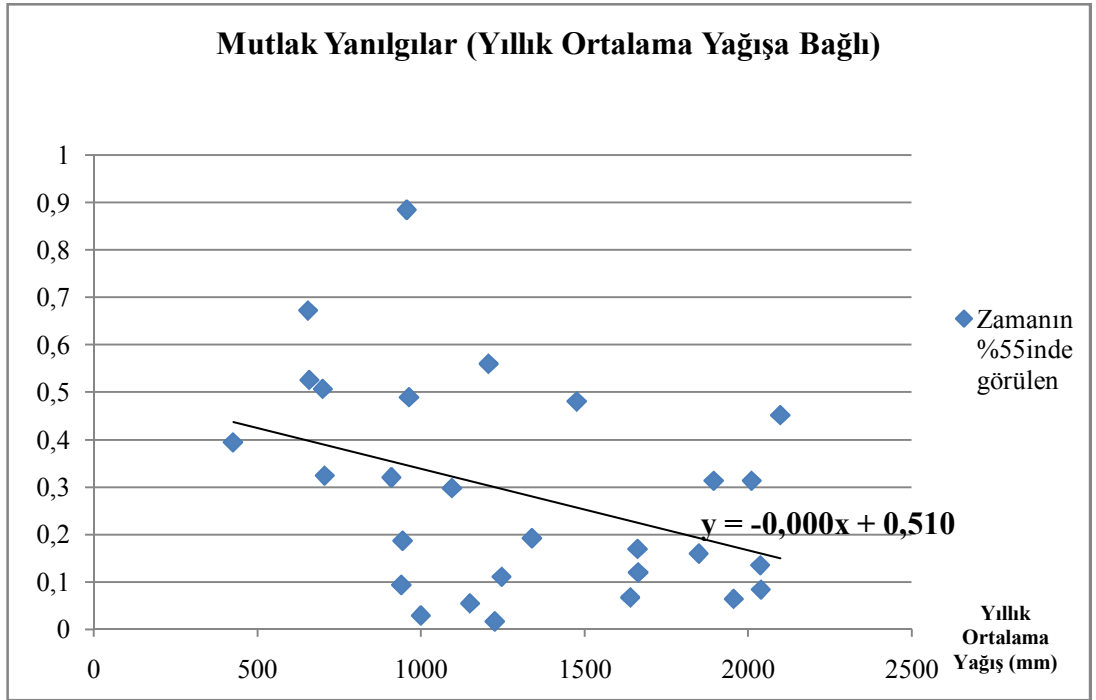
Şekil 5.7: Zamanın %90'ında görülen debi için deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılgılar ve eğilim çizgisi



Şekil 5.8: Zamanın %55'inde görülen debi için deniz seviyesinden yüksekliğe bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılgılar ve eğilim çizgisi



Şekil 5.9: Zamanın %90'ında görülen debi için yıllık ortalama yağışa bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılgılar ve eğilim çizgisi



Şekil 5.10: Zamanın %55'inde görülen debi için yıllık ortalama yağışa bağlı olarak sıralanmış mutlak yanılgılar ve eğilim çizgisi

Eğilim çizgileri değerlendirildiğinde çizginin tümünü ifade edebilecek bir okuma yapıldığında şu sonuçlara ulaşılabilir:

Çizelge 5.14: Eğilim çizgisini ifade edebilecek yaklaşık mutlak hata değerleri

Aşılma Olasılığı	İstasyon Özelliği	Eğilim Çizgisini İfade Edebilecek Yaklaşık Değer
10%	AA	0,15
	DSY	0,15
	YOY	0,17
45%	AA	0,27
	DSY	0,30
	YOY	0,30

Eğilim çizgilerinin denklemleri bir araya toplandığında ise şu sonuçlar elde edilir:

Çizelge 5.15: Eğilim çizgilerinin denklemleri

Aşılma Olasılığı	İstasyon Özelliği	Eğilim Çizgisinin Denklemi
10%	AA	$y = -0,000x + 0,225$
	DSY	$y = -3E-05x + 0,178$
	YOY	$y = -2E-05x + 0,19$
45%	AA	$y = -0,000x + 0,317$
	DSY	$y = 1E-05x + 0,280$
	YOY	$y = -0,000x + 0,510$

Denklemler incelendiğinde mutlak yanlışları ifade eden denklem sabitlerinin, eğilim çizgilerini yaklaşık olarak ifade edebilen değerlere çok yakın olduğu sonucuna varılmaktadır. Buna ek olarak mutlak hataların eğilimleri denklemlerinin x değerleri olan, fiziko-meteorolojik veriler bu sonuçlara büyük katkılar yapmamaktadır. Kısacası akaçlama alanı, deniz seviyesinden yükseklik ve yıllık ortalama yağış değişkenlerinin mutlak yanlışlara etkisi olmadığı sonucuna varılabilir.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Türetilmiş, ancak doğallığı yitirilmiş bir eğri olan akış-sürek eğrisi, akış gözlemlerinin büyükte küçüğe (yada tersi) sıralanmasıyla, akışların oluşum sırası bozularak elde edilmiş ve su kuvveti tesislerinin kurulu gücünü belirlemede önemli bir yeri olan bir eğridir. Bu eğrinin elde edilebilmesi için yeteri nicelikte akış gözlemlerinin elde olması gerekir. Ancak görece olarak daha küçük debili akarsularda akış ölçümleri bulunmamaktadır. Bu düşünceden yola çıkılarak ve akış-sürek eğrisini doğrudan doğruya elde edecek bir yöntem daha önce geliştirilmiştir (Yaşar, 2009). Bu çalışmada, DSİ tarafından işletilen akış gözlem istasyonları (AGİ) verileri girdi olarak kullanılmak ve $y = \alpha * e^{-\beta t}$ biçimindeki bir model yaklaşımıyla sınanan model parametrelerinin (α ve β), istasyonun hidro-fiziksel (yağış, akaçlama alanı, ...) bilgileriyle simgelenebileceği daha önceki bir çalışmada gösterilmiş ve yukarıda da belirtilmişti.

Çalışmada Doğu Karadeniz Bölgesi'nde DSİ'ye ait çeşitli farklı uzunluktaki verileri olan 28 adet AGİ ile çalışılmış (en az veri sayısı 7 yıl olarak saptanmıştı) ve toplam olarak 132.000 adet veri ile çalışılmıştır. Akış verisi olarak uzun yıllar ortalama günlük değerler kullanılmıştır. Her istasyon için gözlenen akış değeri, gözlenen akış değerinin logaritması ve doğal logaritması ile işlemler yinelenmiştir. Microsoft Excel programı içindeki "çözücü" eklentisi ile gerçekleştirilen işlemler "quasi-newton" algoritması ile yapılmıştır. Parametrik akış sürek eğrisi ve model akış sürek eğrisi olarak adlandırılan eğriler gözlem değerlerle karşılaştırılarak akış sürek eğrisi grafikleri çizdirilmiştir.

Tüm Türkiye çapında gerçekleştirilen ve karstik/karstik ayrımı yapılmayan araştırma (Yaşar, 2009), bir ölçüde karstik bir bölge olmayan Batı Karadeniz'i içine alacak biçimde yinelenmiş, farklılık gösteren yanları, model isabetliliğinin artıp artmadığı sınanmaya çalışılmıştır. Buna göre;

Gözlenen akış değerleri, gözlenen akış değerlerinin logaritmaları ve doğal logaritmaları ile α ve β değerleri elde edilirken ulaşılan tanımlılık katsayıları her veri grubu için aynı değişimi göstermiş ve 0,88 ile 1,00 arasında bir değer almıştır.

Akış sürekliliği eğrisini oluşturan parametrelerin istasyona ait verilerle modellenmesi aşamasında enlem, boylam, deniz seviyesinden yükseklik, akaçlama alanı ve yıllık ortalama yağış yüksekliği ile modeller kurulmuş ve bu aşamada da işlemler logaritma ile doğal logaritmalar için yinelenmiştir.

Elde edilen sonuçlarda istasyonlara ait fiziko-coğrafi veriler ile yağış verilerinin tamamıyla kurulan ve "Model 2" olarak adlandırılan bağıntının en yüksek tanımlılık verdiği görülmüştür.

Doğal akış değerleri ile bunların logaritması ve doğal logaritması değerleri için karşılaştırma yapıldığında en iyi sonucun doğal akış değerleri ile elde edildiği sonucuna varılmıştır. Özellikle Türkiye genelinde benzer konuda yapılmış geçmiş çalışma(lar)da (Yaşar, 2009) elde edilen tanımlılık katsayılarından (r^2) daha yüksek tanımlılık katsayıları elde edilmiştir. Bunun sebeplerinden biri, yapılan çalışmanın karstik özellik göstermeyen bir bölgede gerçekleştirilmiş olmasıdır.

Modellenen α ve β parametreleri kendi aralarında değerlendirildiğinde α parametresinin daha yüksek tanımlılıkla elde edildiği görülmüştür.

Sonuçların iyileştirilmesine yönelik üretilen çözümlerden biri olan akış sürekliliği eğrisinin bir bölümünün modellenmesi düşüncesi başarılı sonuçlar vermemiştir. Akış sürekliliği eğrisinin %90 ve %80'inin modellenmesi denenmiş ancak elde edilen tanımlılık katsayıları neredeyse akış sürekliliği eğrisinin %100'ünün modellenmesi ile elde edilen değerlerin aynısı olmuştur. Bu yüzden işlemler eğrinin tümünün modellenmesi için yapılmıştır. Yine akış değerlerinin logaritması ve doğal logaritması ile de benzer ilişki yakalanmış bir iyileşme görülmemiştir.

Çalışmanın sonucunda elde edilen Model-ASE değerlerinin, gözlenen akış değerlerinden ne kadar uzaklaştığının ve bunun istasyona ait özelliklere bağlı olup olmadığının incelenmesi adına mutlak yanılğı yorumu yapılmıştır. Kurulmaya çalışılan ilişkilerde mutlak yanılğının sifıra yaklaşmasında, akaçlama alanı, deniz

seviyesinden yükseklik ve yıllık ortalama yağış değerlerinin tek başlarına doğrudan etkisi olmadığı görülmüştür.

6.2 Öneriler

Çalışmanın eksik ve/veya kapsam dışında kalan kısımlarıyla ileriye dönük çalışmalara ilişkin öneriler aşağıda sunulmuştur:

Bu çalışmanın karstik olmayan diğer bölge/alt bölgelerde yinelenmesi yerinde bir karar olacaktır.

DSİ'nin işlettiği istasyonlara ek olarak EİEI'nin işlettiği akım gözlem istasyonlarından elde edilen akış değerleri ile çalışılabilir.

Bölgesel akış-sürek eğrilerinin ortaya konulabilmesi için yeni yaklaşımların geliştirilmesi daha isabetli sonuçların alınmasını sağlayacaktır. Geçmişte de akış-sürek eğrisinin bölgesel özellikler ile elde edilmesi girişimleri olmuştur. Çalışma, bölgenin tümü, havzalar hatta alt havzalar bazında çıkan sonuçlar değerlendirilerek havzaya ilişkin katsayıların belirlenmesi ve buna dayanarak bölgesel akış-sürek eğrileri elde edilmesi için çalışmalar yapılmalıdır.

Çalışma, kullanılan fiziko-coğrafi ve yağış değerlerinin yan ısıra gözlenen ve/veya ölçülen sıcaklık, geçirimsizlik, buharlaşma, boyuna havza eğimi gibi değerler ile kurulan model aracılığıyla çeşitlendirilebilir. Daha etkili özellikler bulunabilir.

Çalışılacak bölgenin başlangıçta karstik/karstik olup olmama durumu bilinmiyorsa, bölgedeki akışların yağış dışı beslenmesi olup olmaması sınınanarak belli bir karara varılabilir.

Gözlenen ve model sonucu elde edilen akış değerleriyle yapılan işletme çalışması planlamaları karşılaştırılarak yapay akış sürek eğrilerinin üretim değerlerini ne kadar hata ile verdiği bulunarak ta belli düzeyde sınama yoluna gidilebilir.

Mutlak yanılgıların nasıl değiştiğini bulmak adına uygulama bölümünde doğrusal eğilim çizgisi ile yorum yapılması denenmiştir. Benzer çalışmalarda farklı

türde eğilim çizgileri (üstel, logaritmik,...) kullanılabilir. Ayrıca elde edilen mutlak yanılgıların farklı havza fiziko-meteorolojik özellikleri ile yorumlanması yüksek ilişkiler ortaya koyabilir.

7. KAYNAKLAR

Alkan, A., “Karst pınar katkılı akarsularda, serbest yüzeyle akışlı çevirme santralleri için akım süre eğrilerinin modellenmesi”, *III. Ulusal Hidroloji Kongresi*, İzmir, 247-254, 2001.

Baykan, N. O., Baykan, N., Yaşar, M., *Mühendislikte İstatistik Uygulamalar*, Denizli, (2002).

Baykan, N. O., *Su Yapıları*, Denizli, (2008).

DSİ, “Akım Gözlem Yıllığı”, Ankara: Devlet Su İşleri, (1966-2001).

Fennese, N. and Vogel, R., “Regional Flow-Duration Curves for Ungauged Sites in Massachusetts”, *Journal of Water Resources Planning and Management*, 116 (4), 530-549, (1990).

Gözlem İstasyonları Yönetim Sistemi [online], (12 Mart 2015), <http://rasatlar.dsi.gov.tr/>, (2012).

Mimikou, M., Kaemaki, S., “Regionalization of flow duration characteristics”, *Journal of Hydrology*, 82 (1-2), 77-91 (1985).

Öziş, Ü., *Su Yapıları*, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayınları, (1991).

Singh, R., Mishra, S. and Chowdhary, H., “Regional Flow-Duration Models for Large Number of Ungauged Himalayan Catchments for Planning Microhydro Projects”, *Journal of Hydrological Engineering*, 6 (4), 310-316, (2001).

Şentürk, K., “Akım Gözlem İstasyonu Olmayan Havzalarda Su Potansiyelinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisans, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2008.

Tübitak Mühendislik Araştırma Grubu, “Akım Ölçümleri Olmayan Akarsu Havzalarında Teknik Hidroelektrik Potansiyelin Belirlenmesi”, *Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projelerini Destekleme Programı Sonuç Raporu*, İstanbul, 2009.

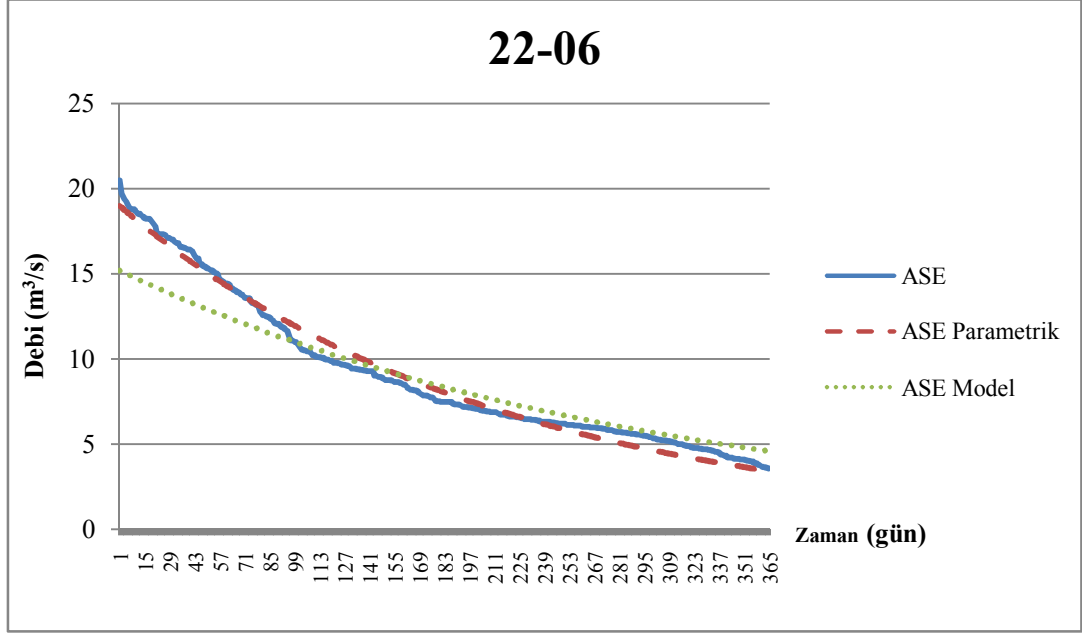
Yaşar, M., “Akım Sürek Eğrilerinin Yağış ve Havza Parametreleri Kullanılarak Elde Edilmesi”, Doktora, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 2009.

WWF-Kafkasya Ekolojik Koridoru [online], (12 Mayıs 2016), http://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/doga_koruma/doal_alanlar/kafkasyaekolojikkoridoru/, (2015).

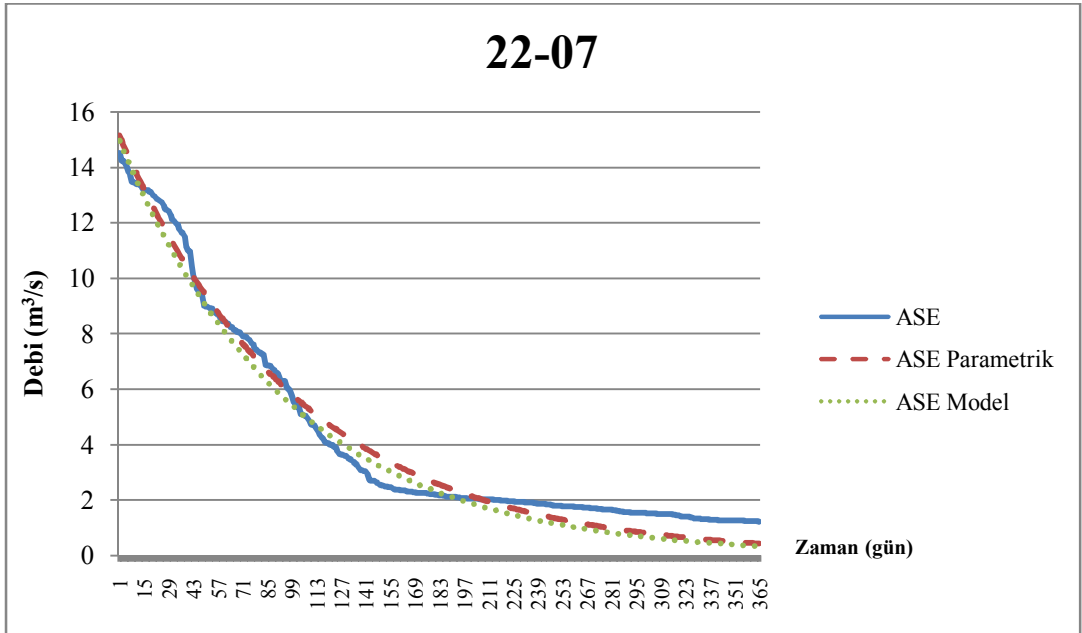
EKLER

8. EKLER

EK A Kullanılan AGİ' lere Ait Gözlem-Parametrik-Model Akış Sürek Eğrileri

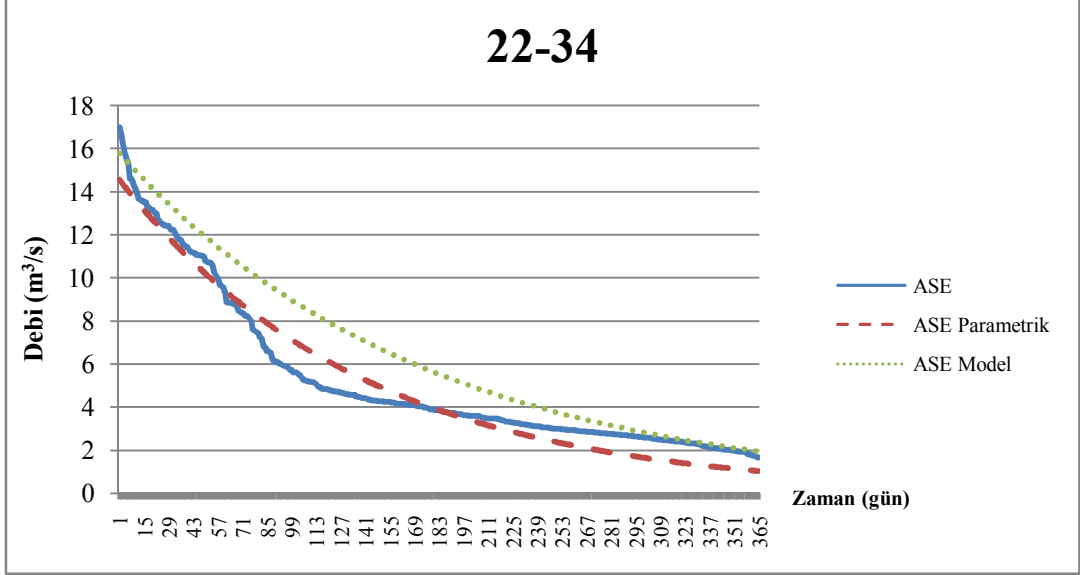


Şekil 8.1: 22-06 için elde edilen akış sürek eğrileri

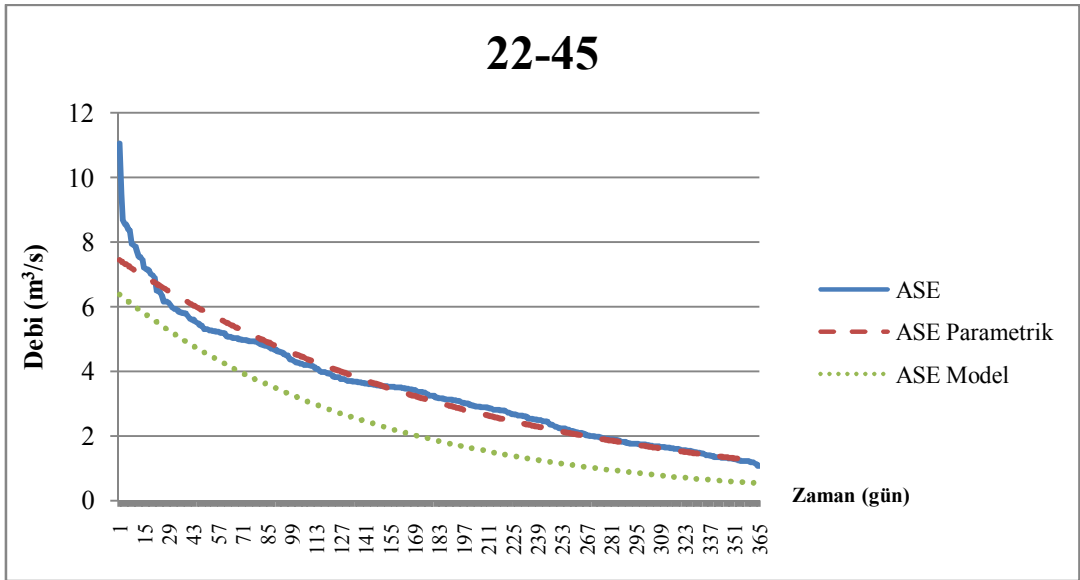


Şekil 8.2: 22-07 için elde edilen akış sürek eğrileri

EK A

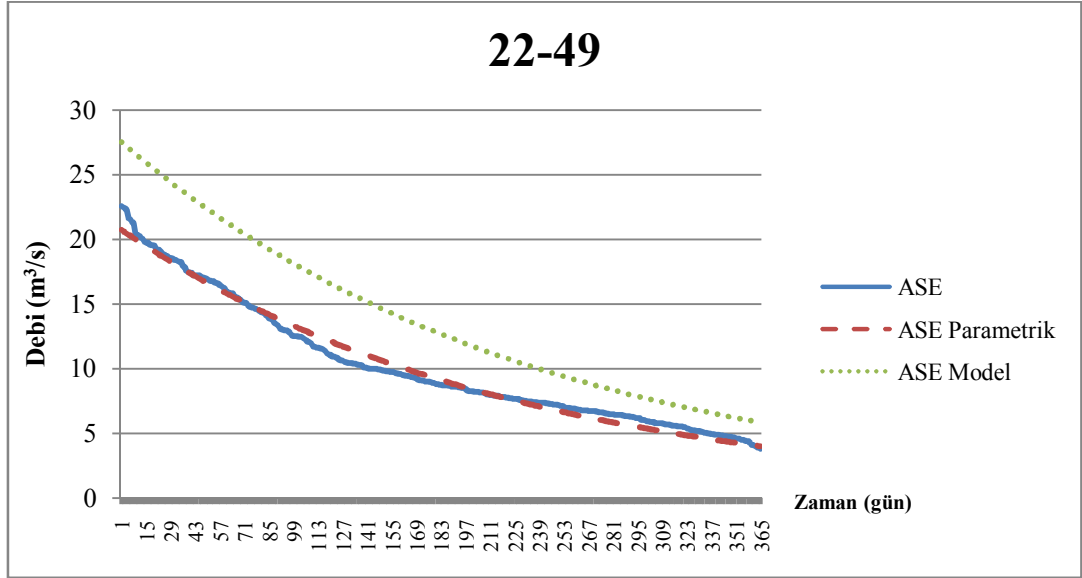


Şekil 8.3: 22-34 için elde edilen akış süreklilik eğrileri

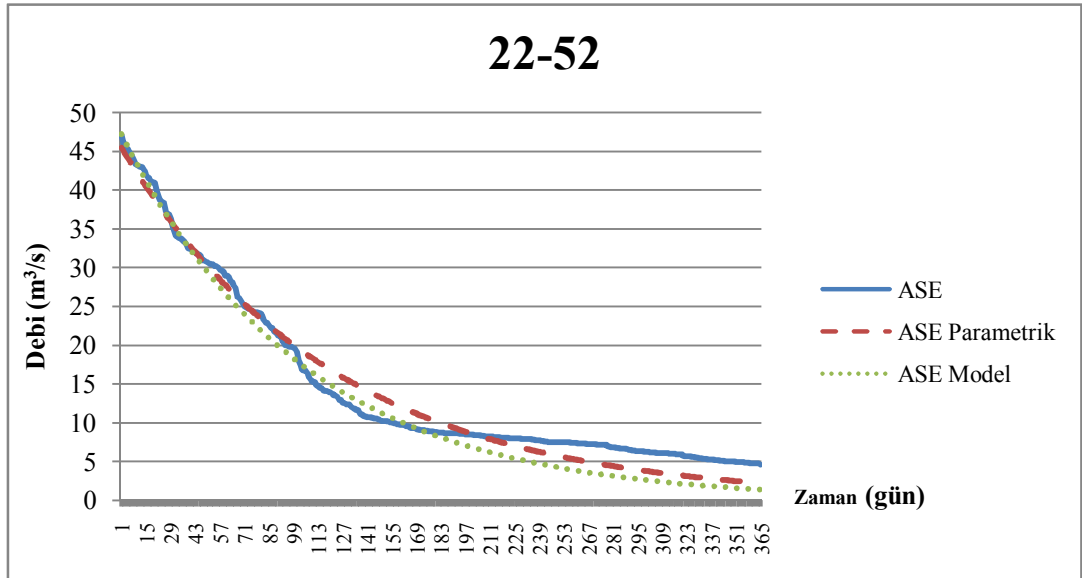


Şekil 8.4: 22-45 için elde edilen akış süreklilik eğrileri

EK A

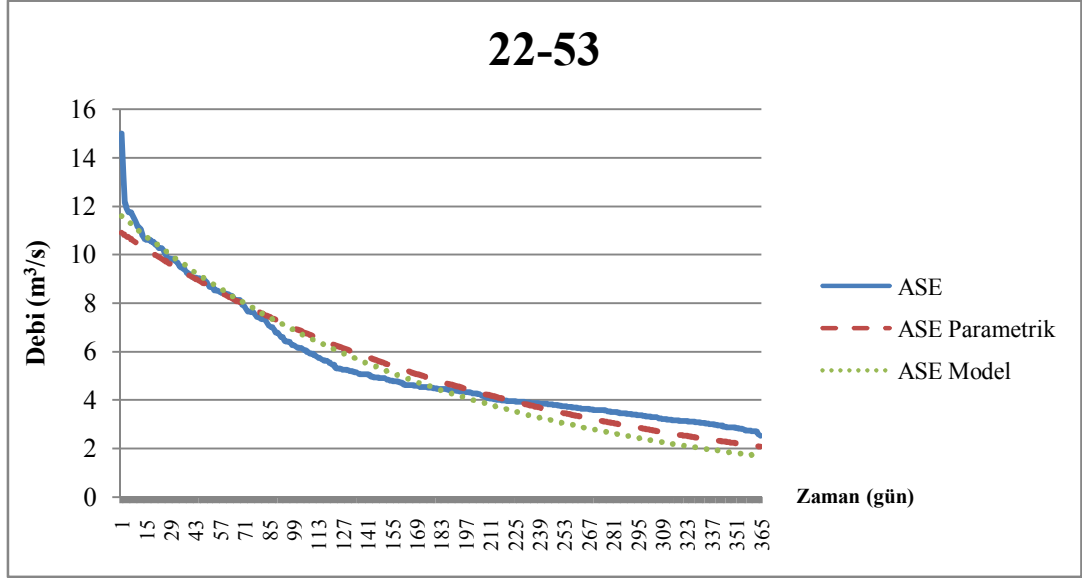


Şekil 8.5: 22-49 için elde edilen akış süre eğrileri

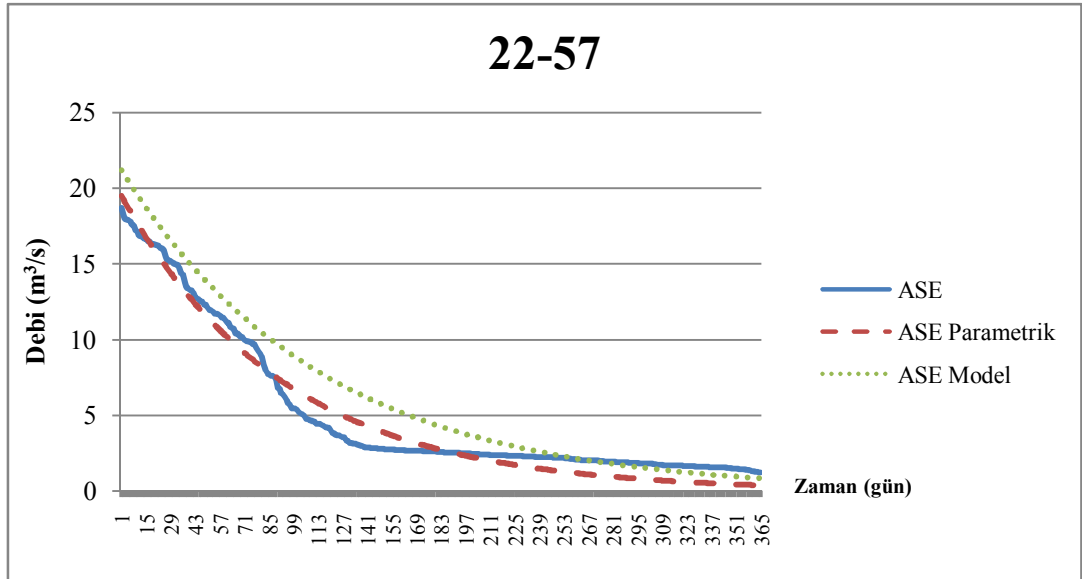


Şekil 8.6: 22-52 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A

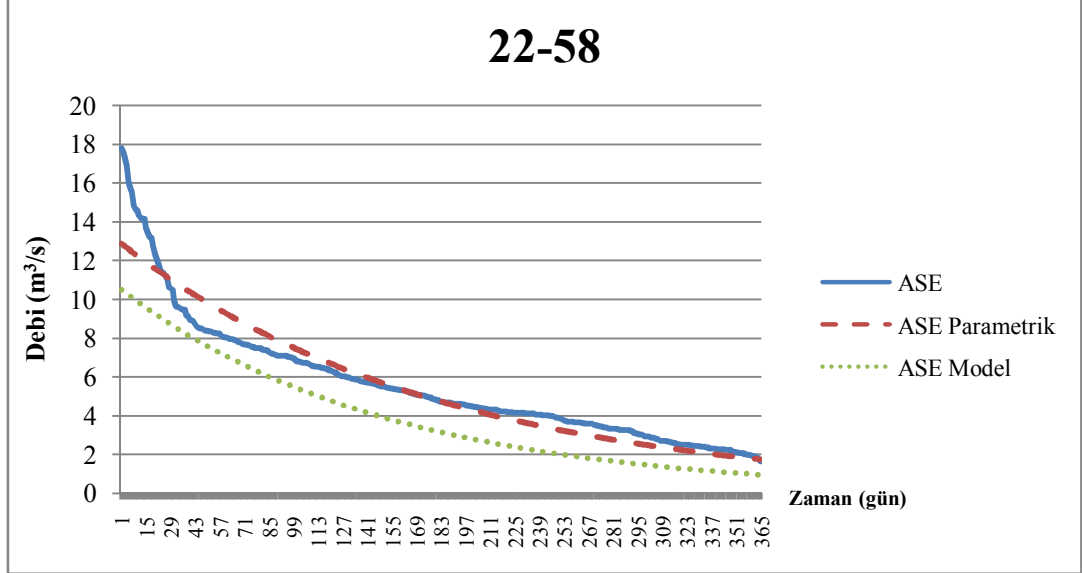


Şekil 8.7: 22-53 için elde edilen akış süreğ eğrileri

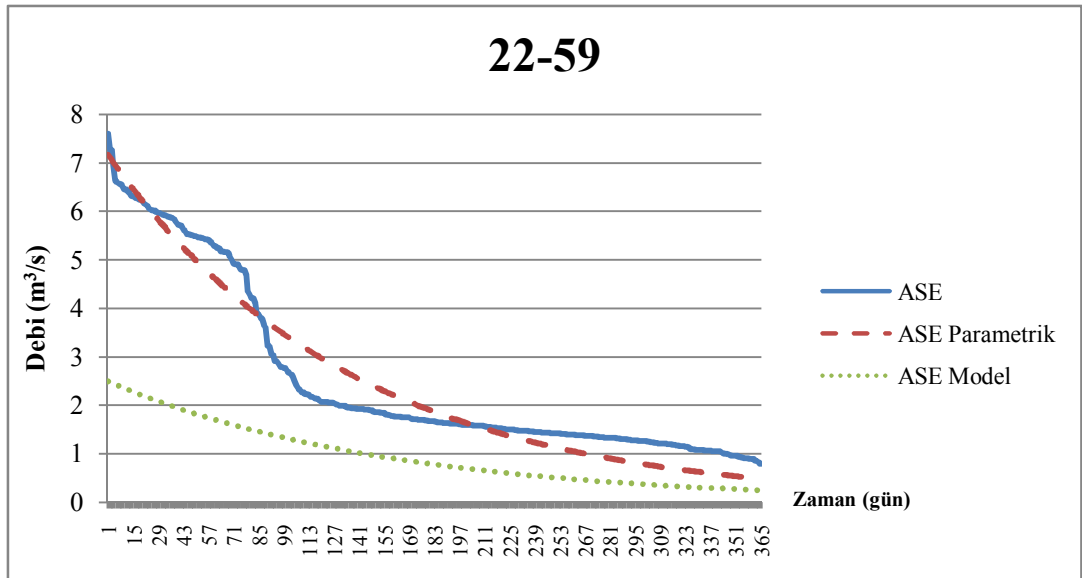


Şekil 8.8: 22-57 için elde edilen akış süreğ eğrileri

EK A

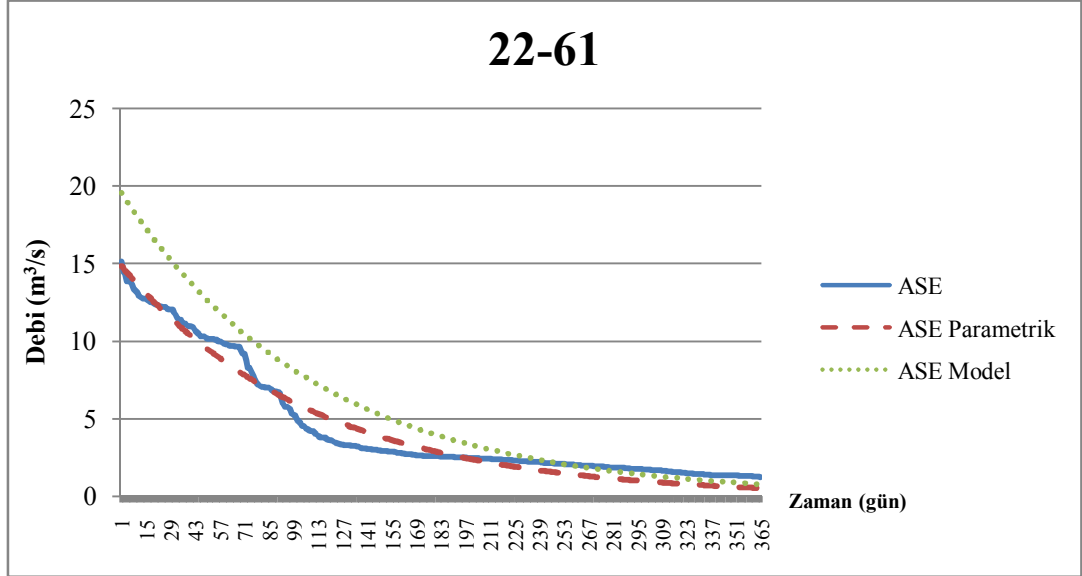


Şekil 8.9: 22-58 için elde edilen akış süreklilik eğrileri

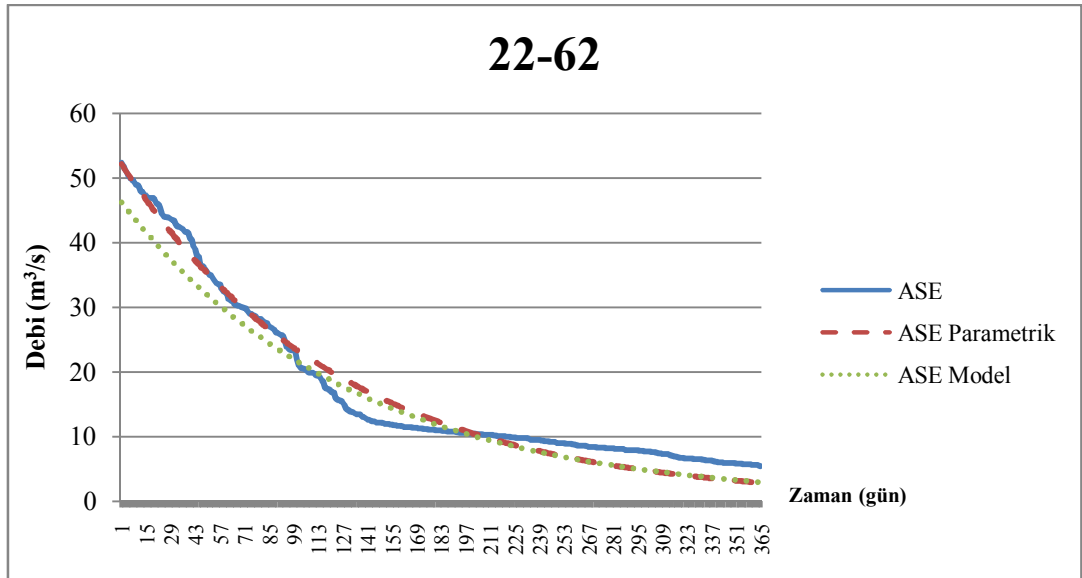


Şekil 8.10: 22-59 için elde edilen akış süreklilik eğrileri

EK A

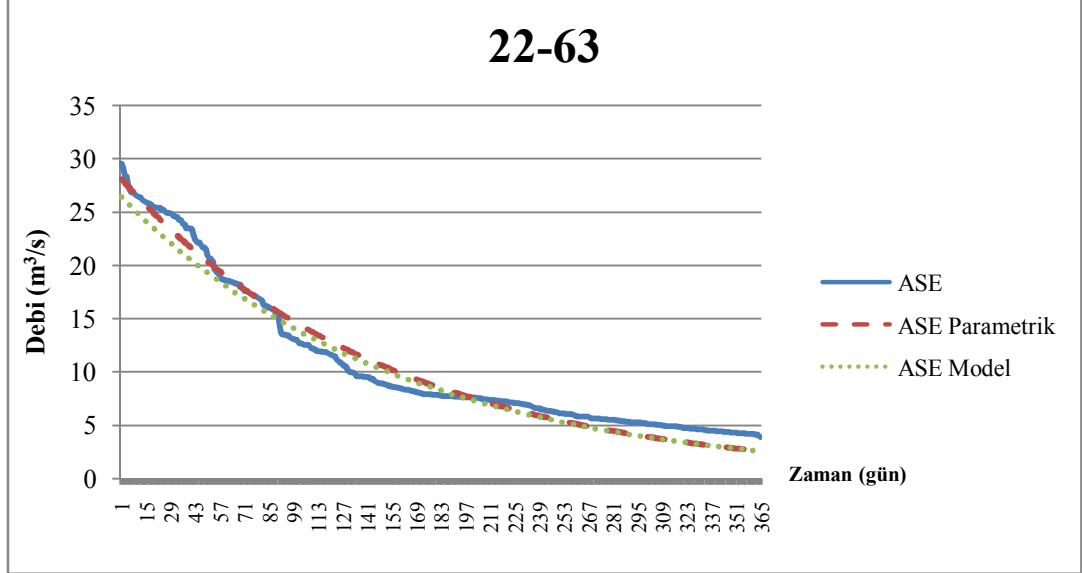


Şekil 8.11: 22-61 için elde edilen akış süre eğrileri

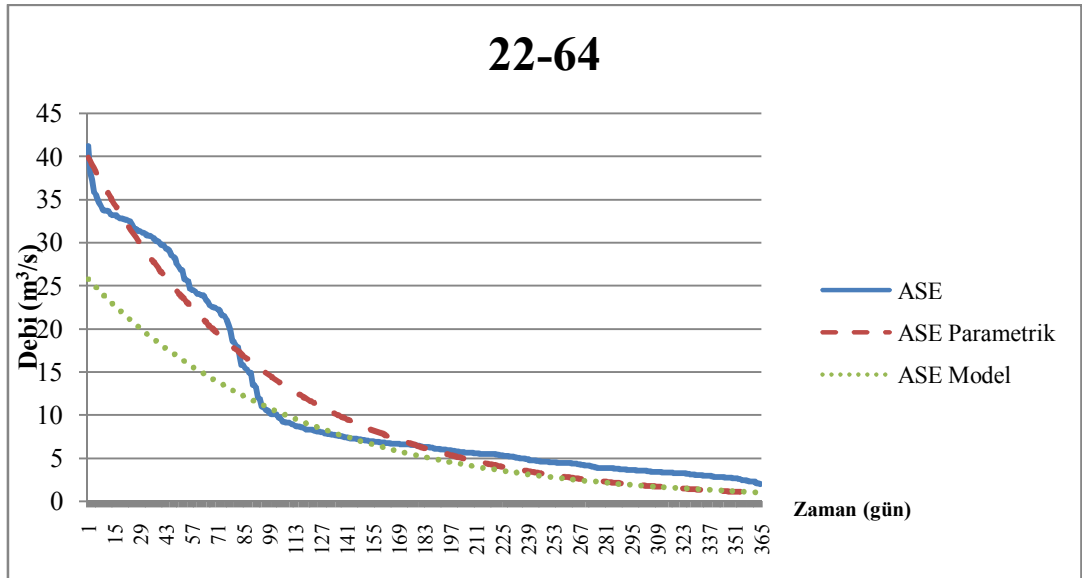


Şekil 8.12: 22-62 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A

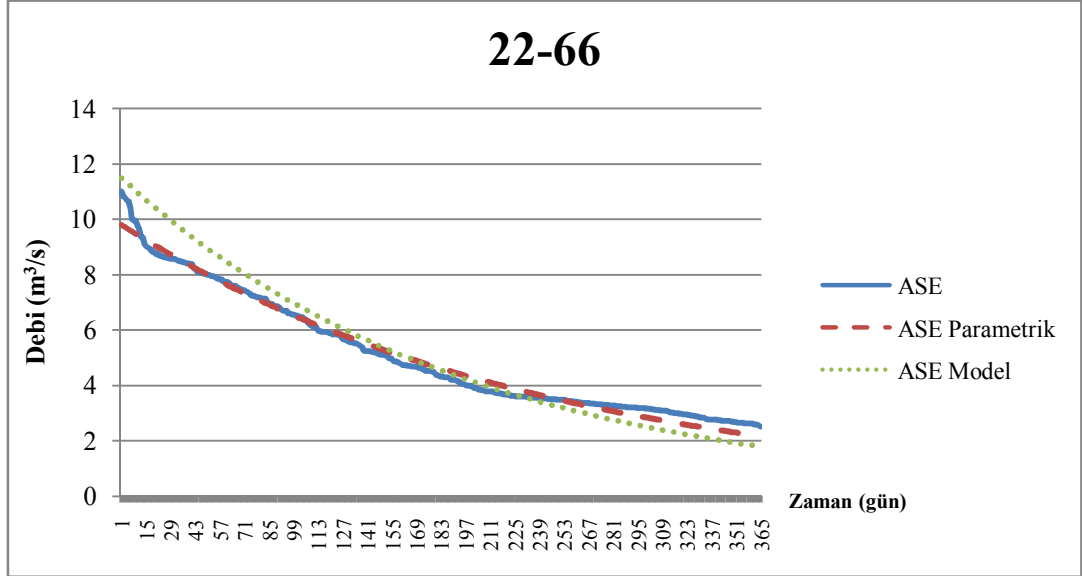


Şekil 8.13: 22-63 için elde edilen akış süre eğrileri

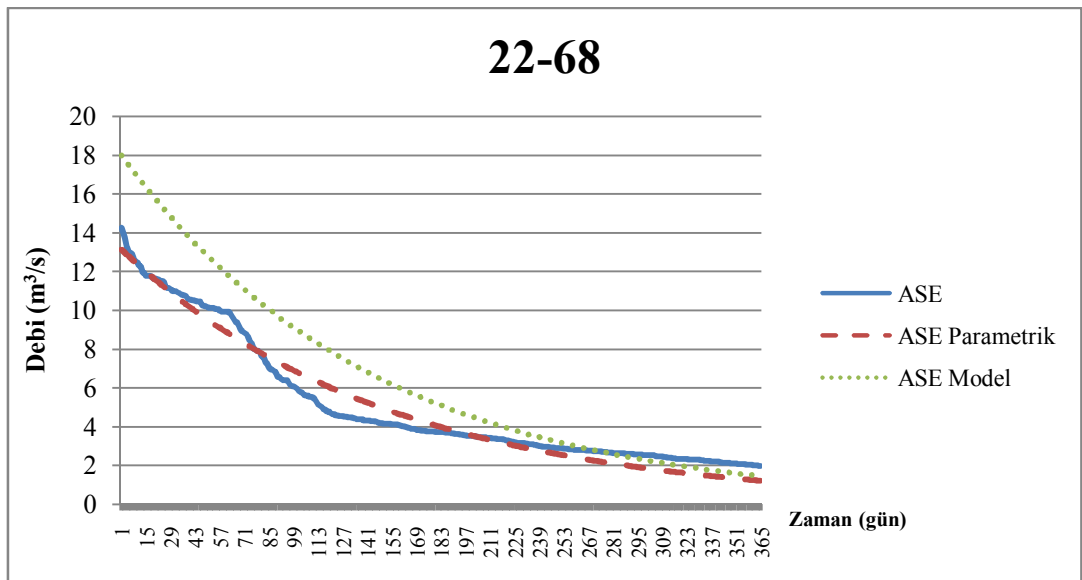


Şekil 8.14: 22-64 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A

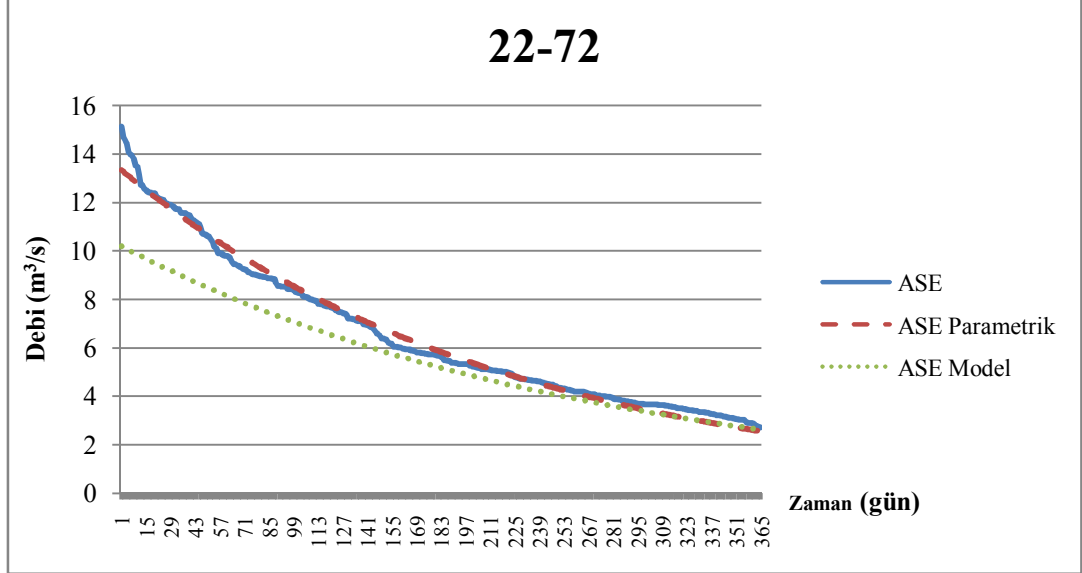


Şekil 8.15: 22-66 için elde edilen akış süre eğrileri

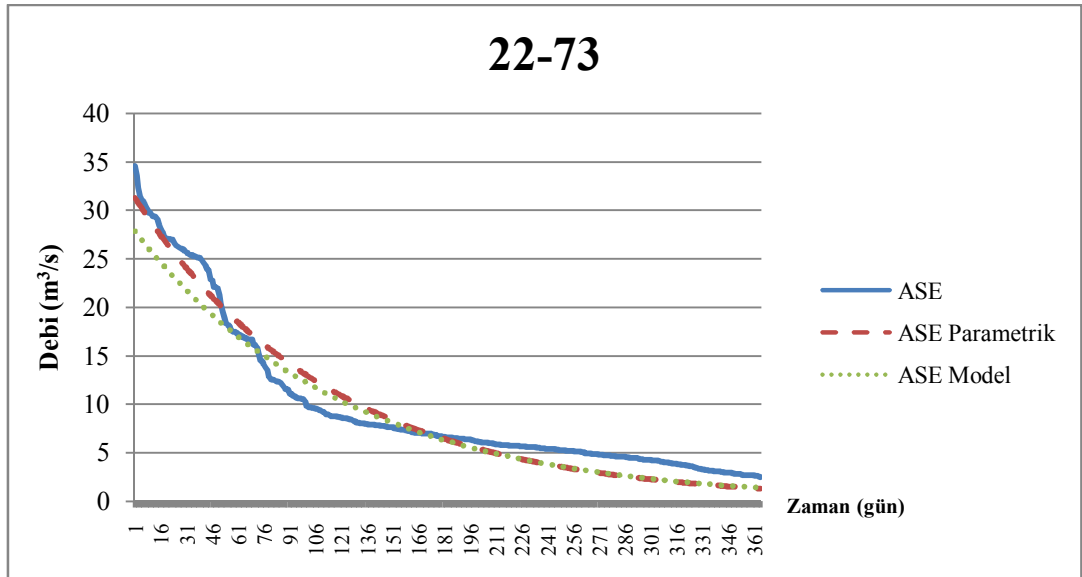


Şekil 8.16: 22-68 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A

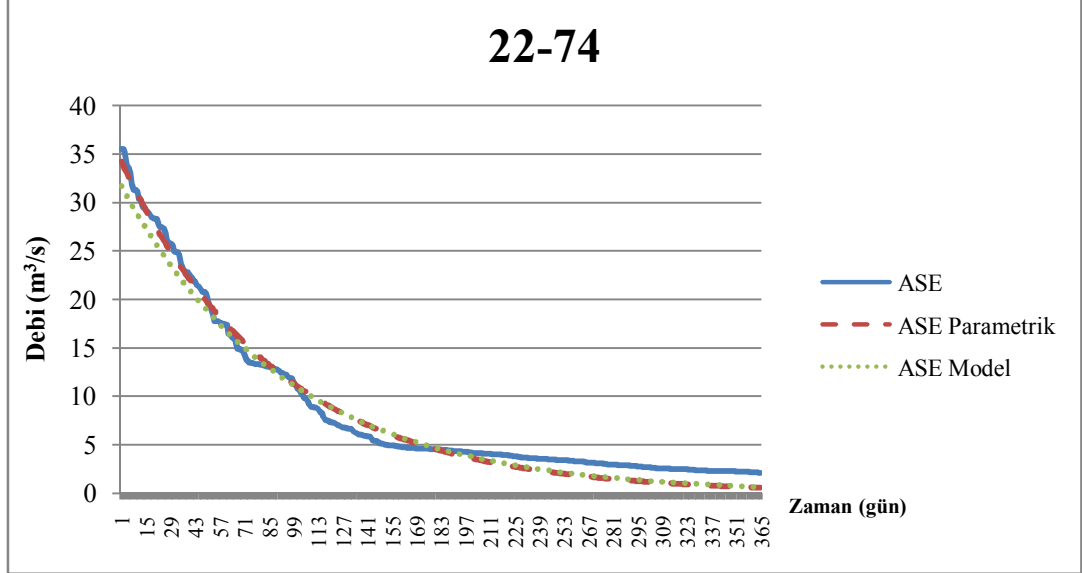


Şekil 8.17: 22-72 için elde edilen akış süre eğrileri

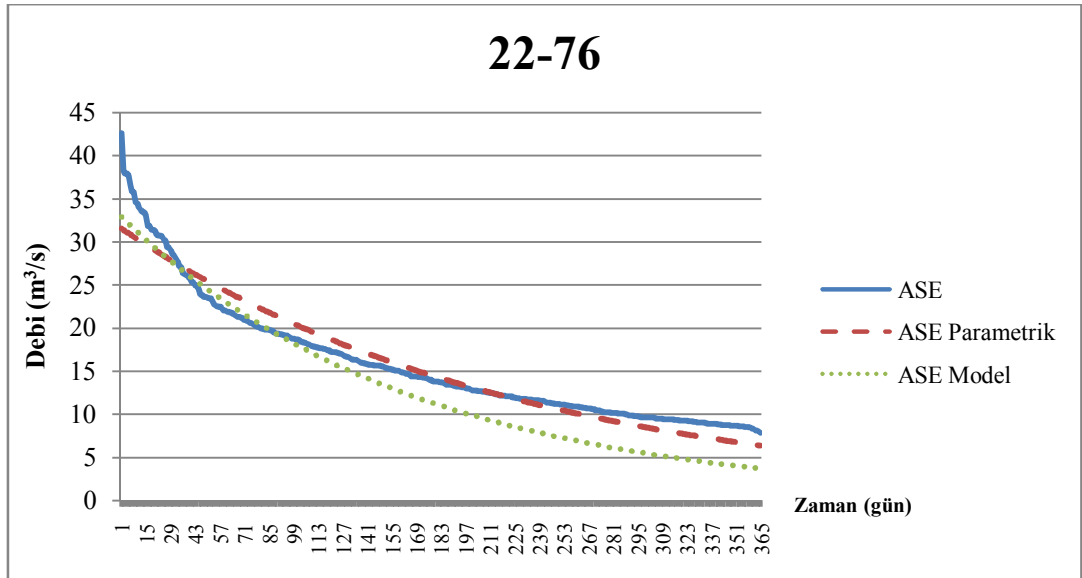


Şekil 8.18: 22-73 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A

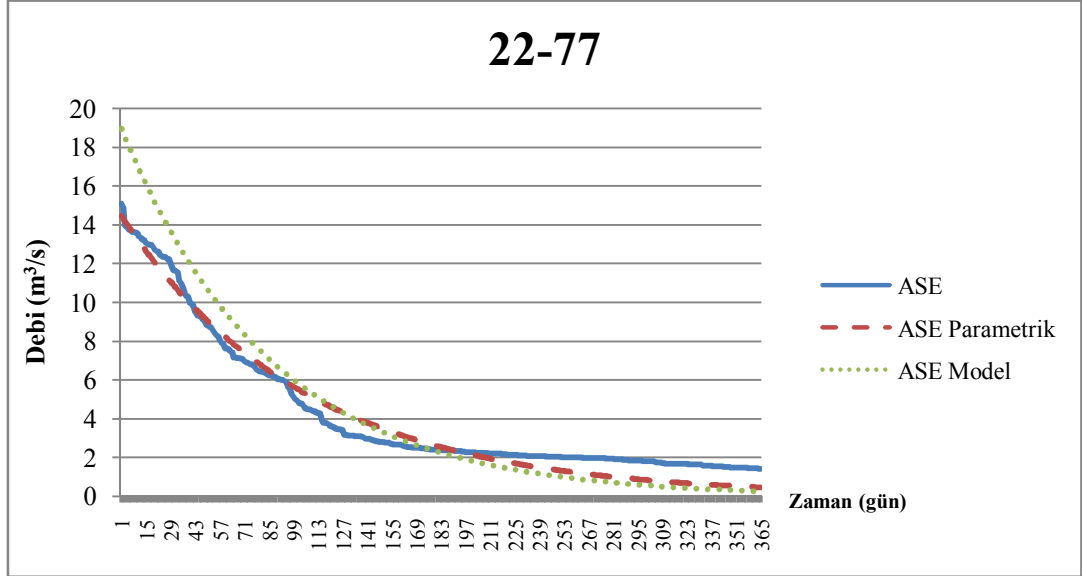


Şekil 8.19: 22-74 için elde edilen akış süre eğrileri

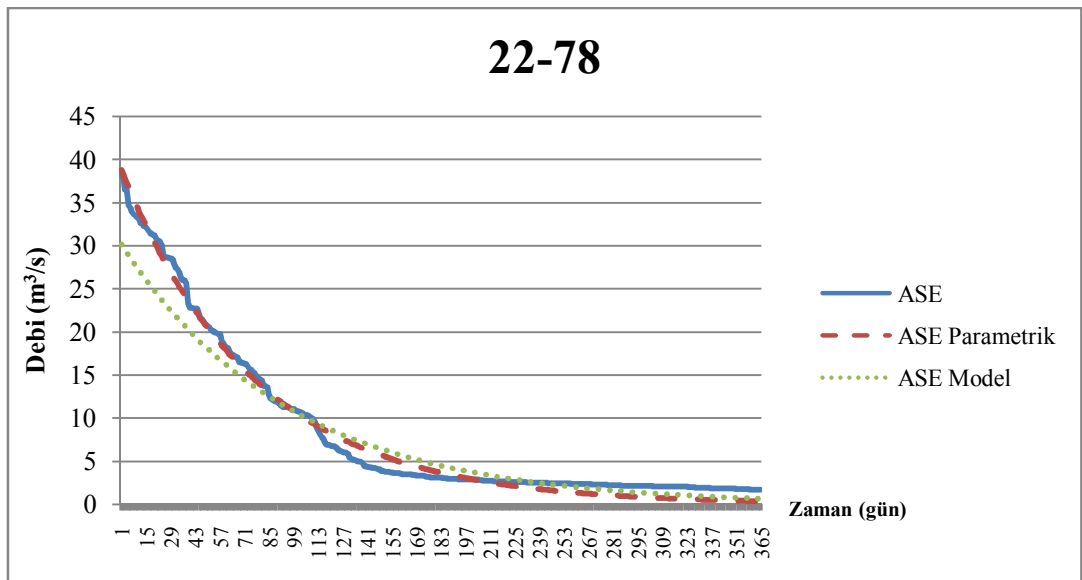


Şekil 8.20: 22-76 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A

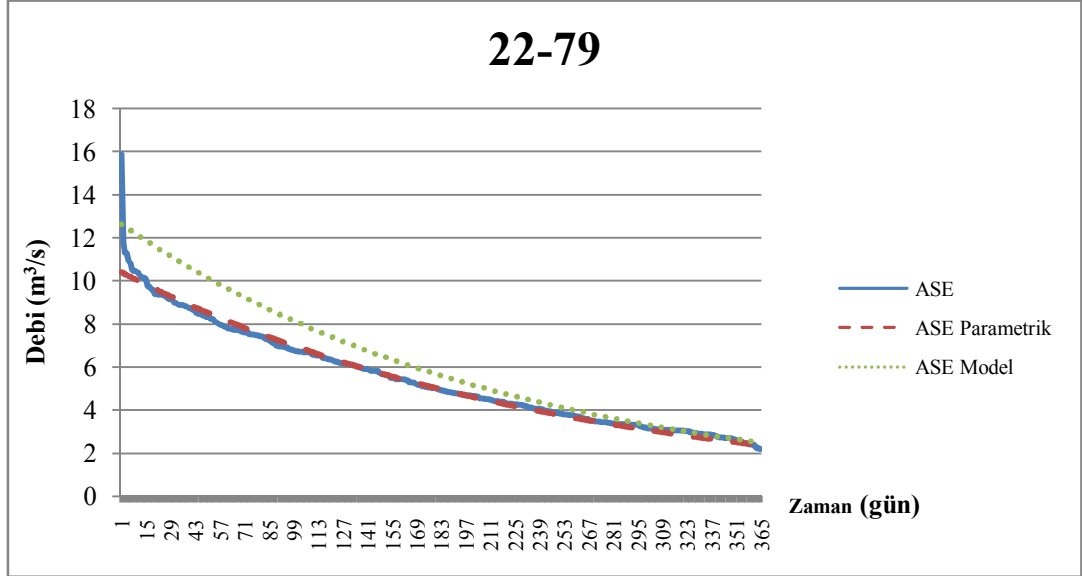


Şekil 8.21: 22-77 için elde edilen akış süre eğrileri

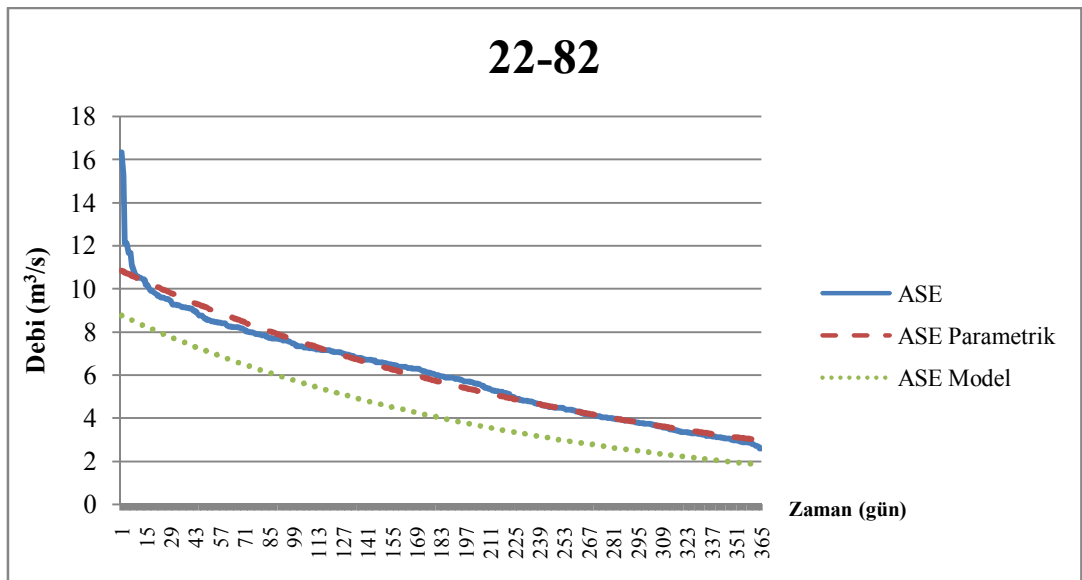


Şekil 8.22: 22-78 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A

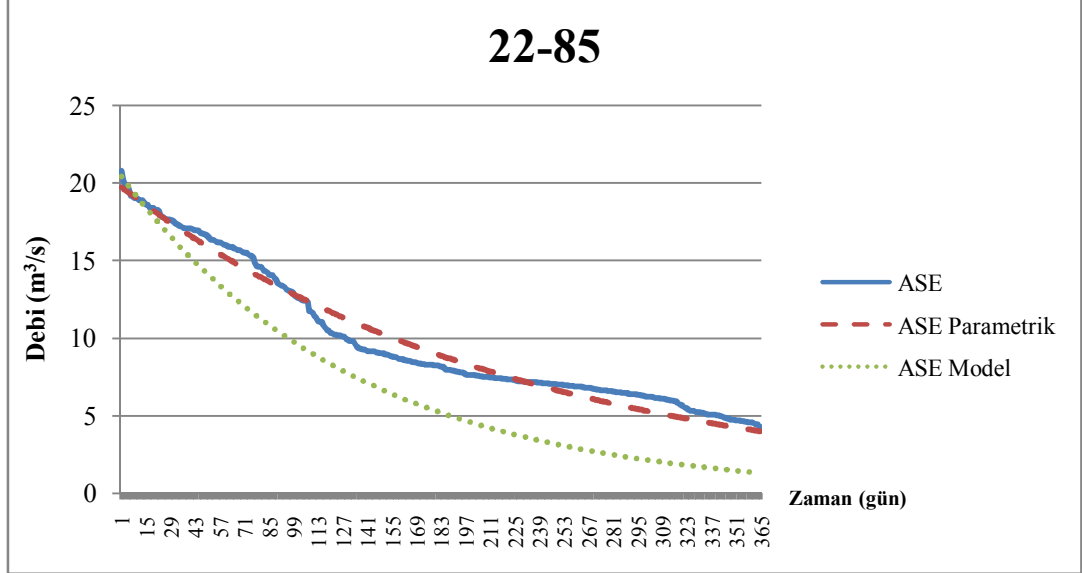


Şekil 8.23: 22-79 için elde edilen akış süre eğrileri

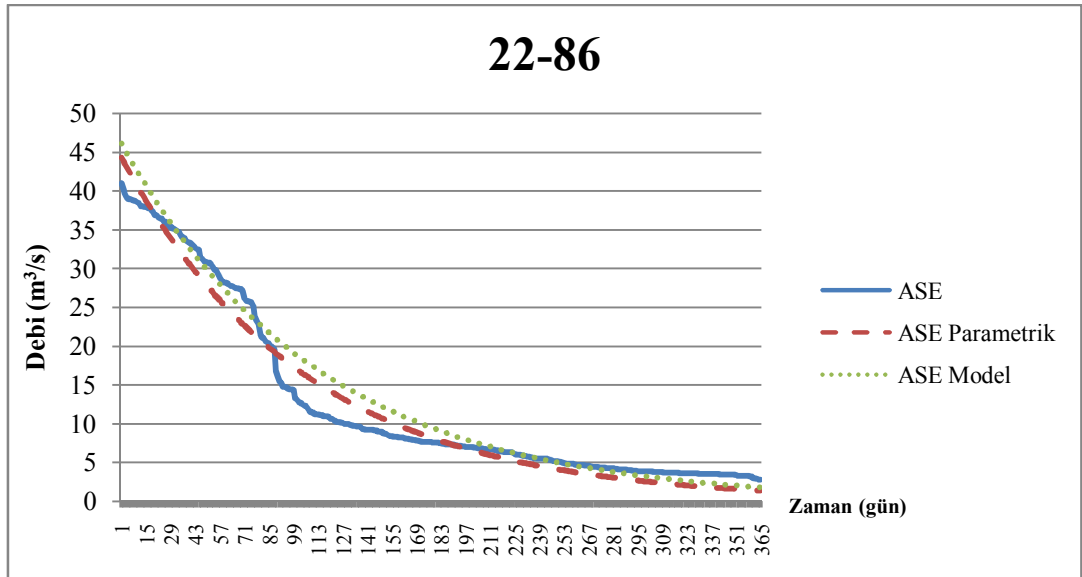


Şekil 8.24: 22-82 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A

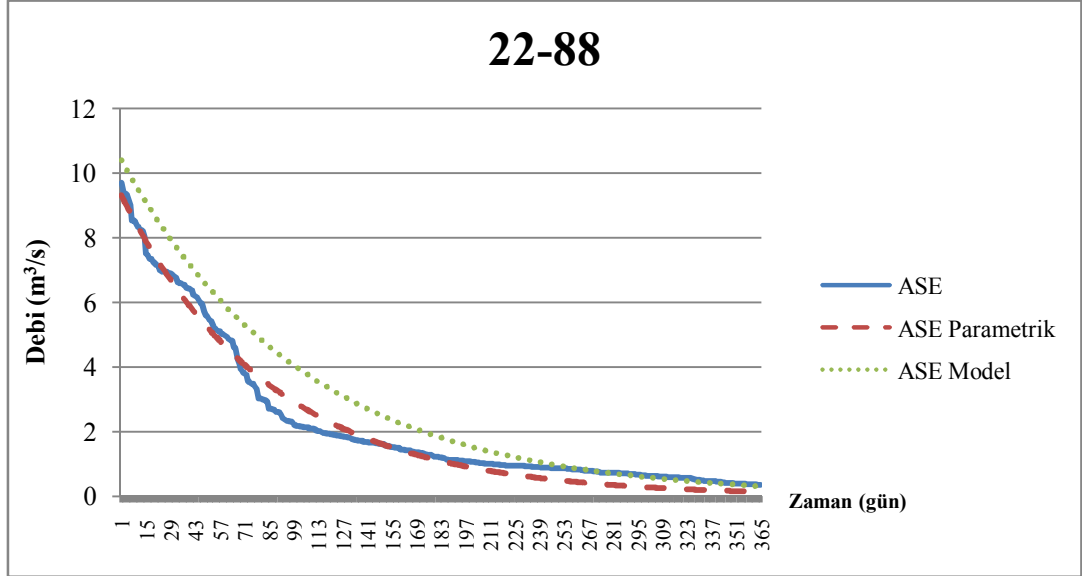


Şekil 8.25: 22-85 için elde edilen akış süre eğrileri

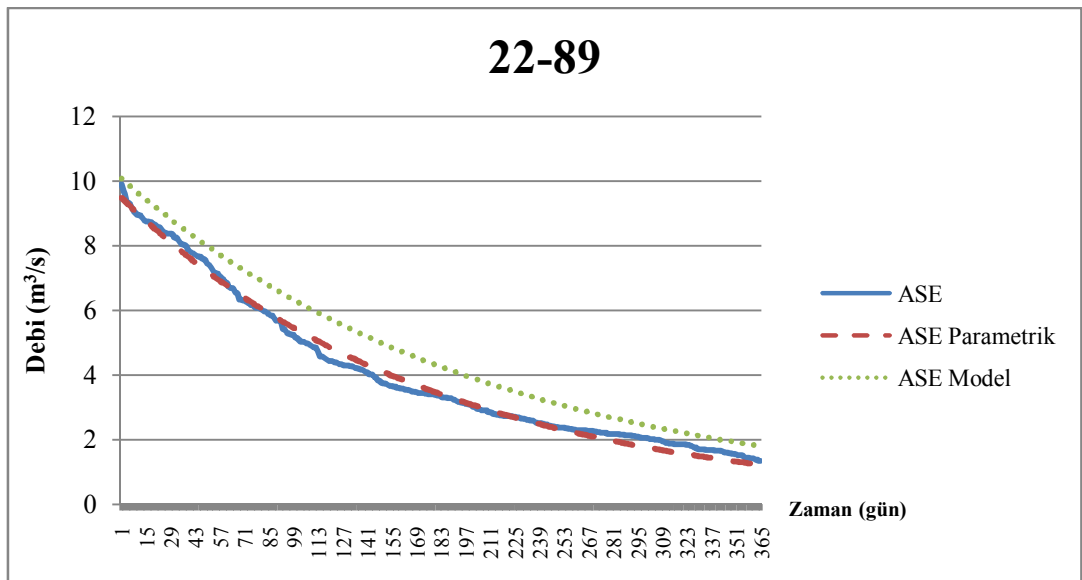


Şekil 8.26: 22-86 için elde edilen akış süre eğrileri

EK A



Şekil 8.27: 22-88 için elde edilen akış süre eğrileri



Şekil 8.28: 22-89 için elde edilen akış süre eğrileri

9. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sedef GENÇ

Doğum Yeri ve Tarihi : İzmir – 23.06.1986

Lisans Üniversite : Pamukkale Üniversitesi

Elektronik posta :sedefgenc@yandex.com

İletişim Adresi : Muratbey Mh. 3585Sk. No:17/2 Torbalı-İzmir

Yayın Listesi :

- Genç S., Baykan N.O., Baykan N., Bacanlı Ü.G. “Bezirgan (Eskil Pirha Kenti) Kapalı Havzası Eskil Tüneli Akaçlaması” VI. Ulusal Hidroloji Kongresi, 2010, Pamukkale Üniversitesi.