

**KURUYAN AKARSULARDA TABAN AKIŞININ  
AYRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**İnş. Müh. Ali Osman PEKTAŞ**  
**(501031526)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2007**  
**Tezin Savunulduğu Tarih : 13 Haziran 2007**

**Tez Danışmanı : Doç.Dr. Hafzullah AKSOY**  
**Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Necati AĞIRALIOĞLU (İ.T.Ü.)**  
**Doç.Dr. Kasım KOÇAK (İ.TÜ.)**

**HAZİRAN 2007**

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, tüm uğraşım boyunca desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç. Dr. Hafzullah Aksoy'un sayesinde sonuçlanmıştır.

Öncelikle kendisine,

Dünyaya geldiğim günden buyana bana gösterdikleri fedakarlık, emek ve destekleri için değerli anne ve babama,

Çalışmam boyunca büyük bir sabır ve fedakarlıkla desteklerini bir an olsun esirgemeyen ve sürekli moral veren sevgili eşime,

Özellikle çalışmanın yazılım kısmında yardım eden kıymetli arkadaşım Serdar Özkan'a,

Sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2007

Ali Osman PEKTAŞ

## İÇİNDEKİLER

<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>v</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>vi</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>ÖZET</b>	<b>xiii</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
1.1. Çalışmanın konusu	1
1.2. Çalışmanın Önemi	2
1.3. Çalışmanın Amacı	3
1.4. Çalışmanın Yöntemi	4
1.5. Çalışmanın Düzeni	4
<b>2. AKARSU AKIŞI VE TABAN AKIŞININ AYRILMASI</b>	<b>5</b>
2.1 Akarsu Akışı	5
2.2. Taban Akışının Tanımı	7
2.3. Hidrograf İncelemesi ve Hidrograf Elemanları	9
2.4. Çekilme Eğrisi İncelemesi	10
2.5. Taban Akışının Ayrılması	13
2.5.1. Grafik Yöntemler	13
2.5.1.1 Sabit Debi Yöntemi	14
2.5.1.2. Sabit Eğim Yöntemi	14
2.5.1.3. Konkav Yöntemi	15
2.5.1.4. Değişken Eğim Yöntemi	15
2.5.2. Sürekli Taban Akışı Ayırma Yöntemleri	16
2.5.3. Türkiye’de Kullanılan Taban Akışı Ayırma Yöntemleri	16
2.6. Taban Akışı İndeksi (TAİ)	17
<b>3. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEMLER</b>	<b>19</b>
3.1. Dijital Filtre Yöntemi (DFY)	19
3.2. İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (İHEY)	21
3.3. Revize Edilmiş İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (RİHEY)	22
3.4. İHEY ve DFY’nin Karşılaştırılması ve Çalışma Yönteminin Belirlenmesi	22

3.5. Kullanılan Program	23
3.5.1. İHEY Programının Çalışma Mantığı	23
3.5.2. Programın Kurulması ve çalıştırılması	25
3.5.3. Program Çıktılarının Doğruluğunun Kontrolü	26
<b>4. UYGULAMA</b>	<b>27</b>
4.1. Uygulama Alanı	27
4.2. Kullanılan Veri	28
4.3 Veri İncelemesi	29
4.4 DFY Sonuçları	30
4.5. İHEY Sonuçları	34
4.5.1. Blok Aralığının TAİ Üzerinde Etkisi	38
4.5.2. Kurak Dönemlerde İHEY'in İncelenmesi	39
4.6 RİHEY Sonuçları	41
4.7 Yöntemlerin Karşılaştırılması	45
<b>5. SONUÇLAR</b>	<b>50</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>53</b>
<b>EK A ERGENE NEHRİ 105 NOLU UZUNKÖPRÜ AKIM GÖZLEM İSTASYONU BULGULARI</b>	<b>56</b>
A.1 Ergene Nehri 105 nolu Uzunköprü AGİ İstatistik özellikleri	56
A.2. DFY ile Taban Akışını Ayırma	56
A.3. İHEY ile Taban Akışını Ayırma	59
A.4. RİHEY ile Taban Akışını Ayırma	63
A.4. Ergene Nehri 105 Nolu Uzunköprü AGİ'de Yöntemlerin Karşılaştırılması	66
<b>EK B HAYRABOLU DERESİ 106 NOLU HAYRABOLU AKIM GÖZLEM İSTASYONU BULGULARI</b>	<b>69</b>
B.1 Hayrabolu deresi 106 nolu Hayrabolu AGİ İstatistik özellikleri	69
B.2. DFY ile Taban Akışını Ayırma	69
B.3. İHEY ile Taban Akışını Ayırma	72
B.4. RİHEY ile Taban Akışını Ayırma	76
B.5. Hayrabolu Deresi 106 Nolu Hayrabolu AGİ'de Yöntemlerin Karşılaştırılması	79
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>83</b>

## SEMBOL LİSTESİ

$A$	: Havza Alanı
$b_k$	: Filtre edilmiş taban akışı
$f_k$	: k anındaki (günündeki) filtre edilmiş dolaysız akış
$K$	: Çekilme sabiti
$N$	: Gün sayısı
$Q$	: Debi
$Q_t$	: t anındaki debi
$Q_0$	: Başlangıç değer debisi
$V_B$	: Taban akışı hacmi
$V_T$	: Toplam akış hacmi
$y_k$	: Gözlenmiş akım
$\alpha$	: Taban akışı ayırımında kullanılan filtre parametresi
$TAI_{maks}$	: Havza karakteristiklerine bağlı maksimum taban akışı endeksi
$y_i$	: İHEY'de bloklarda bulunan minimum değer

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 4.1:</b> Çalışmada Kullanılan Akım Gözlem İstasyonları	29
<b>Tablo 4.2:</b> Akım Gözlem İstasyonları Hesaplanan İstatistikleri	29
<b>Tablo 4.3:</b> Babaeski AGİ verileri DFY Taban Akışı İstatistikleri	30
<b>Tablo 4.4:</b> Babaeski AGİ DFY TAI İstatistikleri	30
<b>Tablo 4.5:</b> Babaeski AGİ Verilerinde Farklı Blok Aralıkları ile Bulunan TAI	34
<b>Tablo 4.6:</b> Babaeski AGİ’de İHEY ve DFY TAI Değerleri	34
<b>Tablo 4.7:</b> Babaeski AGİ verileri İHEY Taban Akışı İstatistikleri	35
<b>Tablo 4.8:</b> Babaeski AGİ verileri İHEY TAI İstatistikleri	35
<b>Tablo 4.9:</b> Babaeski AGİ verileri RİHEY Taban Akışı İstatistikleri	41
<b>Tablo 4.10:</b> Babaeski AGİ verileri RİHEY TAI İstatistikleri	41
<b>Tablo 4.11:</b> Babaeski AGİ Verileri Taban Akışı İstatistikleri Karşılaştırılması	46
<b>Tablo 4.12:</b> Babaeski AGİ Verileri TAI İstatistikleri Karşılaştırılması	47
<b>Tablo A.1:</b> 105 Nolu Uzunköprü AGİ Özellikleri	56
<b>Tablo A.2:</b> Uzunköprü AGİ Hesaplanan İstatistikler	56
<b>Tablo A.3:</b> Uzunköprü AGİ verileri DFY Taban Akışı İstatistikleri	57
<b>Tablo A.4:</b> Uzunköprü AGİ DFY TAI İstatistikleri	58
<b>Tablo A.5:</b> Uzunköprü AGİ’de İHEY ve DFY TAI Değerleri	59
<b>Tablo A.6:</b> Uzunköprü AGİ Verilerinde Farklı Blok Aralıkları ile Bulunan TAI	59
<b>Tablo A.7:</b> Uzunköprü AGİ verileri İHEY Taban Akışı İstatistikleri	60
<b>Tablo A.8:</b> Uzunköprü AGİ verileri İHEY TAI İstatistikleri	61
<b>Tablo A.9:</b> Uzunköprü AGİ verileri RİHEY Taban Akışı İstatistikleri	63
<b>Tablo A.10:</b> Uzunköprü AGİ verileri RİHEY TAI İstatistikleri	64
<b>Tablo A.11:</b> Uzunköprü AGİ Verileri Taban Akışı İstatistikleri Karşılaştırılması	66
<b>Tablo A.12:</b> Uzunköprü Babaeski AGİ Verileri TAI İstatistikleri Karşılaştırılması	67
<b>Tablo B.1:</b> Hayrabolu Akım Gözlem İstasyonu Özellikleri	69
<b>Tablo B.2:</b> Hayrabolu AGİ Hesaplanan İstatistikler	69

<b>Tablo B.3:</b> Hayrabolu AGİ verileri DFY Taban Akışı İstatistikleri	70
<b>Tablo B.4:</b> Hayrabolu AGİ DFY Taban Akışı indeksi İstatistikleri	71
<b>Tablo B.5:</b> Hayrabolu AGİ’de İHEY ve DFY TAI Değerleri	72
<b>Tablo B.6:</b> Hayrabolu AGİ Verilerinde Farklı Blok Aralıkları ile Bulunan TAI	72
<b>Tablo B.7:</b> Hayrabolu AGİ verileri İHEY Taban Akışı İstatistikleri	73
<b>Tablo B.8:</b> Hayrabolu AGİ verileri İHEY TAI İstatistikleri	74
<b>Tablo B.9:</b> Hayrabolu AGİ verileri RİHEY Taban Akışı İstatistikleri	76
<b>Tablo B.10:</b> Hayrabolu AGİ verileri RİHEY TAI İstatistikleri	77
<b>Tablo B.11:</b> Hayrabolu AGİ Verileri Taban Akışı İstatistikleri Karşılaştırılması	79
<b>Tablo B.12:</b> Hayrabolu AGİ Verileri TAI İstatistikleri Karşılaştırılması	80

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Şekil 2.1:</b> Drenaj havzası boyunca akarsuyun kollara ayrılması (Yolcubal, 2004)	5
<b>Şekil 2.2:</b> Akışın Kısımlara Ayrılması (Bayazıt, 1991)	6
<b>Şekil 2.3:</b> Yerüstü ve Yeraltı Suyu İlişkisi (A)- Yeraltı Suyu Akarsuyu Besler, (B)- Akarsu Yeraltı Suyunu Besler (Yolcubal, 2004)	7
<b>Şekil 2.4:</b> Yamaç Depolaması	8
<b>Şekil 2.5:</b> Bir Yağışa Ait Hidrograf	9
<b>Şekil 2.6:</b> Bir çekilme eğrisinin yarı logaritmik kağıda çizilmiş hali	10
<b>Şekil 2.7:</b> Korelasyon yöntemi	12
<b>Şekil 2.8:</b> Şerit Birleştirme Yöntemi	12
<b>Şekil 2.9:</b> Taban Akışı Hidrografı	14
<b>Şekil 2.10:</b> Taban Akışı Ayrılmasında Kullanılan Grafik Yöntemler	15
<b>Şekil 2.11:</b> Taban akışı indeksi (TAİ)	17
<b>Şekil 3.1:</b> İHEY programı çalıştırılmadan önceki arayüz	23
<b>Şekil 3.2:</b> Programın Akış Diyagramı	24
<b>Şekil 3.3:</b> Program Çıktılarının Doğruluğunun Kontrolü	26
<b>Şekil 4.1:</b> Ergene Nehri ve Belli başlı Kollarının Şematik Yerleşimi	28
<b>Şekil 4.2:</b> Ergene Nehri Havzasındaki Akım Gözlem İstasyonlarının Yerleri	28
<b>Şekil 4.3:</b> Babaeski AGİ DFY TAİ Değerleri	31
<b>Şekil 4.4:</b> Babaeski AGİ Toplam Akış ve DFY Taban Akışı	31
<b>Şekil 4.5:</b> Babaeski AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve DFY Taban Akışı Değerleri	32
<b>Şekil 4.6:</b> Babaeski AGİ'nin DFY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	32
<b>Şekil 4.7:</b> Babaeski AGİ DFY Yıllık TAİ	33
<b>Şekil 4.8:</b> Babaeski AGİ DFY Aylık TAİ	33
<b>Şekil 4.9:</b> Babaeski AGİ İHEY TAİ Değerleri	35

<b>Şekil 4.10:</b> Babaeski AGİ Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı	36
<b>Şekil 4.11:</b> Babaeski AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı Değerleri	36
<b>Şekil 4.12:</b> Babaeski AGİ'nin İHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	37
<b>Şekil 4.13:</b> Babaeski AGİ İHEY Yıllık TAİ	37
<b>Şekil 4.14:</b> Babaeski AGİ DFY Aylık TAİ	38
<b>Şekil 4.15:</b> Blok Aralığı ile TAİ değişimi	38
<b>Şekil 4.16:</b> İHEY'de Blok Uzunluğu Seçimi İle Veri Kaybı İlişkisi	39
<b>Şekil 4.17:</b> Babaeski AGİ Düzenlenmemiş ve Düzenlenmiş Taban Akışı Hidrografları	40
<b>Şekil 4.18:</b> Babaeski AGİ RİHEY TAİ Değerleri	42
<b>Şekil 4.19:</b> Babaeski AGİ Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı	42
<b>Şekil 4.20:</b> Babaeski AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı Değerleri	43
<b>Şekil 4.21:</b> Babaeski AGİ'nin RİHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	43
<b>Şekil 4.22:</b> Babaeski AGİ RİHEY Yıllık TAİ	44
<b>Şekil 4.23:</b> Babaeski AGİ RİHEY Aylık TAİ	44
<b>Şekil 4.24:</b> Babaeski AGİ 1974 Su Yılı Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	45
<b>Şekil 4.25:</b> Babaeski AGİ Yıllık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	46
<b>Şekil 4.26:</b> Babaeski AGİ TAİ Karşılaştırılması	47
<b>Şekil 4.27:</b> Babaeski AGİ Yıllık TAİ Karşılaştırılması	48
<b>Şekil 4.28:</b> Babaeski AGİ Aylık TAİ Karşılaştırılması	49
<b>Şekil 4.29:</b> Babaeski AGİ Aylık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	49
<b>Şekil A.1:</b> Uzunköprü AGİ Toplam Akış ve DFY Taban Akışı	56
<b>Şekil A.2:</b> Uzunköprü AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve DFY Taban Akışı Değerleri	57
<b>Şekil A.3:</b> Uzunköprü AGİ DFY TAİ Değerleri	57
<b>Şekil A.4:</b> Uzunköprü AGİ'nin DFY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	58

<b>Şekil A.5:</b> Uzunköprü AGİ DFY Yıllık TAİ	58
<b>Şekil A.6:</b> Uzunköprü AGİ DFY Aylık TAİ	59
<b>Şekil A.7:</b> Uzunköprü AGİ Verilerinde N (Gün) Sayısına Bağlı TAİ Değişimi	60
<b>Şekil A.8:</b> Uzunköprü AGİ Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı	60
<b>Şekil A.9:</b> Uzunköprü AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı Değerleri	61
<b>Şekil A.10:</b> Uzunköprü AGİ İHEY TAİ Değerleri	61
<b>Şekil A.11:</b> Uzunköprü AGİ'nin İHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	62
<b>Şekil A.12:</b> Uzunköprü AGİ İHEY Yıllık TAİ	62
<b>Şekil A.13:</b> Uzunköprü AGİ İHEY Aylık TAİ	62
<b>Şekil A.14:</b> Uzunköprü AGİ Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı	63
<b>Şekil A.15:</b> Uzunköprü AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı Değerleri	63
<b>Şekil A.16:</b> Uzunköprü AGİ RİHEY TAİ Değerleri	64
<b>Şekil A.17:</b> Uzunköprü AGİ'nin RİHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	64
<b>Şekil A.18:</b> Uzunköprü AGİ RİHEY Yıllık TAİ	65
<b>Şekil A.19:</b> Uzunköprü AGİ RİHEY Aylık TAİ	65
<b>Şekil A.20:</b> Uzunköprü AGİ 1974 Su Yılı Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	66
<b>Şekil A.21:</b> Uzunköprü AGİ TAİ Karşılaştırılması	66
<b>Şekil A.22:</b> Uzunköprü AGİ Yıllık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	67
<b>Şekil A.23:</b> Uzunköprü AGİ Aylık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	67
<b>Şekil A.24:</b> Uzunköprü AGİ Yıllık TAİ Karşılaştırılması	68
<b>Şekil A.25:</b> Uzunköprü AGİ Aylık TAİ Karşılaştırılması	68
<b>Şekil B.1:</b> Hayrabolu AGİ Toplam Akış ve DFY Taban Akışı	69
<b>Şekil B.2:</b> Hayrabolu AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve DFY Taban Akışı Değerleri	70
<b>Şekil B.3:</b> Hayrabolu AGİ DFY TAİ Değerleri	70

<b>Şekil B.4:</b> Hayrabolu AGİ'nin DFY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	71
<b>Şekil B.5:</b> Hayrabolu AGİ DFY Yıllık TAİ	71
<b>Şekil B.6:</b> Hayrabolu AGİ DFY Aylık TAİ	72
<b>Şekil B.7:</b> Hayrabolu AGİ Verilerinde N (Gün) Sayısına Bağlı TAİ Değişimi	73
<b>Şekil B.8:</b> Hayrabolu AGİ Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı	73
<b>Şekil B.9:</b> Hayrabolu AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı Değerleri	74
<b>Şekil B.10:</b> Hayrabolu AGİ İHEY TAİ Değerleri	74
<b>Şekil B.11:</b> Hayrabolu AGİ'nin İHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	75
<b>Şekil B.12:</b> Hayrabolu AGİ İHEY Yıllık TAİ	75
<b>Şekil B.13:</b> Hayrabolu AGİ İHEY Aylık TAİ	75
<b>Şekil B.14:</b> Hayrabolu AGİ Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı	76
<b>Şekil B.15:</b> Hayrabolu AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı Değerleri	76
<b>Şekil B.16:</b> Hayrabolu AGİ RİHEY TAİ Değerleri	77
<b>Şekil B.17:</b> Hayrabolu AGİ'nin RİHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler	77
<b>Şekil B.18:</b> Hayrabolu AGİ RİHEY Yıllık TAİ	78
<b>Şekil B.19:</b> Hayrabolu AGİ RİHEY Aylık TAİ	78
<b>Şekil B.20:</b> Hayrabolu AGİ 1974 Su Yılı Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	79
<b>Şekil B.21:</b> Hayrabolu AGİ Tüm Yöntemlerin TAİ Değerleri	80
<b>Şekil B.22:</b> Hayrabolu AGİ Yıllık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	80
<b>Şekil B.23:</b> Hayrabolu AGİ Aylık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	81
<b>Şekil B.24:</b> Hayrabolu AGİ Aylık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması	81
<b>Şekil B.25:</b> Hayrabolu AGİ Aylık TAİ Karşılaştırılması	82

## ÖZET

Günümüzde, hızla artan Dünya nüfusu, buna paralel olarak artan enerji ihtiyacı, kısıtlı imkanlar, tükenen enerji kaynakları ve alternatif enerji kaynaklarına olan ihtiyaç ve talebin artması bilim insanlarını düşük akımlı nehirler üzerinde çalışmaya itmektedir. Bu çalışmaların merkezinde ülke su kaynaklarının verimli olarak kullanılması, su bütçesi yönetimi, düşük akımlı nehirlerden gerek enerji üretiminde gerekse tarım sulamasında yararlanma düşüncesi yer almaktadır. Bu bağlamda kuruyan nehirlerde taban akışını ayırma çalışmaları ve çekilme analizi büyük önem taşımaktadır.

Akarsu akımı çekilmelerinin modellenmesinde birtakım zorluklarla karşılaşılır. Bunlar; çekilmenin başlamasından sonra meydana gelen yağışlar, kar erimeleri, yüzeyaltı suyu, akifer tip ve özellikleri, buharlaşma ve terleme, havzanın jeolojik yapısı ve üzerindeki bitki örtüsü olarak sıralanabilir. Bununla birlikte, akarsu hidrografını etkileyen taban akışının davranışını belirlemek, su kaynaklarının değerlendirilmesinde önemli bir konu olmuştur.

Bu çalışmada, taban akışının ayrılmasında kullanılan yöntemler hakkında literatür özetlendikten sonra sürekli taban akışı ayırma yöntemlerinden bazıları ele alınmıştır. Dijital filtre yöntemi (DFY), İngiliz Hidroloji Enstitüsü'nün yuvarlatılmış minimumlar yöntemi (İHEY) ve İHEY'in revize şekli (RİHEY) bu çalışmada kullanılmıştır. İHEY kuruyan akarsular için düzenlenmiş ve bu amaçla Delphi yazılım dili tabanlı kullanımı kolay bir program geliştirilmiştir. Program sayesinde İHEY'de geçen katsayı ve blok aralığının değiştirilmesi mümkündür.

Çalışmada bu yöntemler Ergene havzasında bulunan Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne ait 101, 105, 106 no' lu akım gözlem istasyonlarının 1969-1994 yılları arasındaki günlük akım verilerine uygulanmıştır. Sonuçlar çeşitli istatistikler kullanılarak karşılaştırılmıştır.

## **SUMMARY**

Due to increase in the world population and great need to energy, there is an increasing demand on low flow studies. Hydrologists focus on baseflow separation and recession analyses with the intention of water quality management, irrigation, hydropower electric energy from small rivers which mostly are intermittent.

There are many difficulties. in modeling stream flow recession. This is because of rainfall occurring after the start of recession, snowmelt, interflow, properties of the aquifer recharging the stream, evapotranspiration, geological structure, and land use and land cover characteristics of the catchment. However, identification of response of the baseflow affecting stream hydrograph is important for assesment of water resources.

This study begins with literature review about baseflow separation methods. Then baseflow separation methods, which are smoothed minima method of United Kingdom Institute of Hydrology, its revised version and a recursive digital filter. The smoothed minima method is adapted to intermittent streams. A Delphi-based computer program is developed enabling one to change both the parameter and the length of segments used in the smoothed minima method. Daily stream data extending from 1969 to 1994 from gauging stations 101, 105 and 106 are used. These stations are operated by Electrical Power Resources Survey and Development (EIE) Administration. Baseflow separated and baseflow index calculated for each method are given and compared based on a simple statistical analysis

# 1.GİRİŞ

## 1.1. Çalışmanın konusu

Çalışmanın konusu, kuruyan akarsularda taban akışının ayrılmasıdır. Akarsudaki akış yüzeysel akış, yüzey altı akışı ve taban akışı olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır. Literatürde yüzeysel akış, dolaysız akış olarak, yüzey altı akışı ve taban akışı ise dolaylı akış olarak tanımlanır. Akarsudaki akımın önemli bir kısmı taban akışı tarafından sağlanmaktadır. Bu yüzden kuraklık tahminlerinde, su yönetimi ve planlama çalışmalarında, akarsulardan tarım ve enerji üretimi amaçlı su çekilmesi durumunda taban akışının toplam akıştan ayrılması büyük önem taşımaktadır.

Taban akışının ayrılmasında kimyasal izleyiciler ve alan çalışma ve gözlemleri gibi yöntemlerin kullanılması çok masraflı ve geniş havzalarda uygulanamaz olduğundan bilim insanları hidrograf incelemesine dayanan yöntemler geliştirmişlerdir. Boussinesque (1877)'den bu yana hidrograf çekilme incelemesine dayanan birçok yöntem geliştirilmiştir. Bunların bir kısmı grafik yöntemler olup genellikle fırtına hidrografi üzerinde çekilme eğrisinin başladığı yeri belirleyerek taban akışını ayırmaya, böylece çekilme eğrisini incelemeye yarar. Diğer bir kısım ise uzun süreli akım gözlem verilerinden taban akışının ayrıldığı filtreleme yöntemleridir. Bu çalışmada, Brodie ve diğ. (2003) tarafından bu sınıf içinde değerlendirilen, İngiliz Hidroloji Enstitüsü (IH, 1980) tarafından geliştirilen taban akışı ayırma yöntemi, bu yöntemin revize edilmiş şekli (Piggott ve diğ., 2005), sinyal incelemesinde kullanılan bir algoritmanın (Lyne ve Hollick, 1979) günlük akım verilerine uygulanması ile geliştirilmiş dijital filtre yöntemi (Nathan ve McMahon, 1990) kullanılmıştır. Bu çalışmada İHE yönteminde küçük ama önemli bir değişiklik yapılmış, böylece yöntem kuruyan akarsularda uygulanabilir hale getirilmiştir. İHE yöntemini otomatikleştiren Delphi yazılım dili ile kodlanmış basit ama işlevsel bir program geliştirilmiştir. Yöntem değiştirilmiş şekli ile bu program kullanılarak Ergene havzasından üç gözlem istasyonunun 1969–1994 yılları arasındaki günlük akım verilerine uygulanmış, elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

## 1.2. Çalışmanın Önemi

Su kaynakları, nüfus artışı ve kirlenme problemlerinin tehdidi altına girmiş, konu ile ilgili planlamacı ve yöneticiler bu kısıtlar altında karar vermeye yönlendirilmiştir. Dünyada 1850’de kişi başına düşen yıllık su miktarı 43000 m<sup>3</sup> iken, bu miktar artan nüfus sonucunda 9000 m<sup>3</sup> civarına inmiştir. 1990–1995 yılları arasında dünya nüfusu artış oranı iki misline çıkmasına karşılık su kullanımlarının altı kat arttığı gözlenmiştir (Gleick, 1996). Nüfus artışı yanında yaşam standardında kaydedilen gelişmeler de suya olan talebin artmasına neden olmaktadır. Dünya su kullanımındaki artış genel nüfus artışından daha yüksek düzeyde seyretmektedir.

Su kaynakları, hızlı nüfus artışı, kirlenme ve daha birçok problemin yanında olası bir küresel ısınmanın da etkisi altındadır. Son yıllarda bilim insanları “sera etkisi” de denilen, karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), azot oksit (N<sub>2</sub>O) ve kloroflorokarbon (CFC) gibi diğer sera gazları konsantrasyonlarındaki artışa ve bu gazların dünyadan yansıyan ısıyı tutarak muhtemel bir iklim değişikliğine yol açtığına dikkat çekmektedirler (Şeker ve Harmancıoğlu, 1997).

Suya olan talep dünyada olduğu gibi Türkiye’de de düzenli bir şekilde artarken yeryüzünde su kaynakları sınırlı miktarda bulunmakta ve düzensiz bir dağılım göstermektedir. Bu nedenle ekonomik bir değer olan su ile ilgili çalışmalarda yeni teknoloji ve yöntemlerin geliştirilmesine ve kullanılmasına özen gösterilmesi zorunludur.

Bir akarsudaki akım yıl içinde değişimler göstermekte, yazın çok düşük değerler alabilmekte hatta bazen kuruyabilmektedir. Benzer durum soğuk bölgelerde kış aylarında akarsuların donmasında ortaya çıkmaktadır. Düşük akım hidrolojisi, yüzeysel akışların düşük olduğu dönemlerin rejimi ile ilgilendir. Düşük akım dönemlerinde, akarsudan ekolojik dengeyi bozmadan alınacak su miktarının belirlenmesi ve atık suların arıtmasız yüzeysel akışlara verilmesi için gerekli seyrelme oranlarının tahmini düşük akım hidrolojisi yardımıyla yapılır. Düşük akımlar baraj dip savağından akarsuyun mansap tarafına verilecek debi miktarının (mansap su hakkı) belirlenmesi ya da su kalitesi standartlarının korunması konularına da esas teşkil etmektedir.

Düşük akım hidrolojisinin diğer uygulama alanları ise; hidroelektrik santraller, su biriktirme yapıları ve soğutma tesislerinde minimum etek suyu bırakma hesaplarıdır

(Bulu, 1998). Yüzeysel kaynaklardan veya yeraltı suyu ile beslenen akarsularda taban akışının ortalama veya toplam miktarının bulunması özellikle taban akışı inceleme yöntemleri ile hazırlanan yeraltı suyu bilançolarında önem kazanmaktadır. Ülkemizde yeraltı suyu ile beslenen akarsuların çokluğu, taban akışı incelemesi ile toplam veya ortalama akımların tahmini konusuna ağırlık verilmesini zorunlu kılmaktadır. Özellikle hidrojeolojik etütler esnasında geçici akım gözlem noktaları kurulmakta ve ancak belli zaman aralıklarında kaynak veya akarsuların akımları ölçülmektedir (Dumlu ve Bozkurtoğlu, 1998).

Yukarıda bahsedilen etmenler ve daha birçok sebepten dolayı düşük akım çalışmaları önem kazanmış ve araştırmalar taban akışının ayrılması noktasında yoğunlaşmıştır. Taban akışı ayırma yöntemlerinin Türkiye’de ilk defa kuruyan akarsularda uygulanması, bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ayrıca İHE yöntemi kuruyan akarsularda kullanılacak şekilde basit bir değişikliğe tabi tutulmuştur. Bu yöntemin hem orijinal hem de değiştirilmiş şeklini içeren kullanımı kolay bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu çalışma kuruyan akarsularda taban akışının ayrılması için önemli bir ihtiyacı karşılayacaktır.

### **1.3. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışmanın amacı günlük ortalama akım verileri kullanarak literatürde kabul görmüş sürekli taban akışı ayırma yöntemlerinin kuruyan akarsularda uygulanmasıdır. Çalışmada Ergene havzasında yer alan üç akım gözlem istasyonunun 1969–1994 yılları arasındaki günlük akım verileri kullanılmıştır.

### **1.4. Çalışmanın Yöntemi**

Çalışmada günlük akım verileri kullanılarak gözlem süresi boyunca taban akışını ayırmak için üç yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler İHE taban akışı ayırma yöntemi (yuvarlatılmış minimumlar yöntemi), dijital filtre (DF) yöntemi ve revize edilmiş

İHE yöntemidir. İHE yönteminde 5-günlük bloklama önerilmiştir. Bu çalışmada ise blok aralığı, her havza için taban akışı DF yöntemi ile belirlenen taban akışına en yakın olacak şekilde değiştirilmiştir. Bu işlemin hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için Delphi tabanlı bir program yazılmıştır.

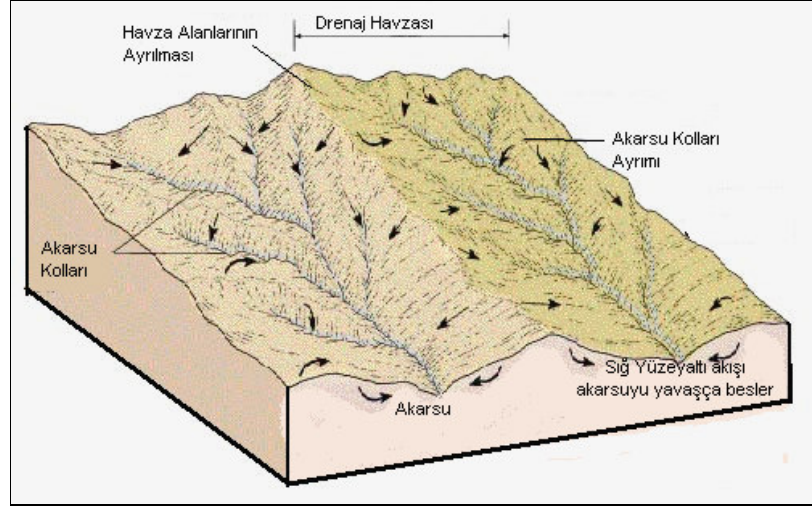
### **1.5. Çalışmanın Düzeni**

Çalışmada Bölüm 2’de akarsudaki toplam akış, akışın kısımlara ayrılması, taban akışı ve hidrografın çekilme eğrisi üzerinde durulmuştur. Ardından Bölüm 3’te taban akışı ayırma yöntemleri ile ilgili literatür anlatılmış, bu yöntemlerden sürekli taban akışı ayırma yöntemleri daha detaylı ve birbirleri ile kıyaslanarak irdelenmiş, bu çalışma kapsamında İHE yönteminde yapılan değişiklik ve hazırlanan bilgisayar programı tanıtılmıştır. Bölüm 4’te uygulama için verisi kullanılan Ergene havzası hakkında bilgi verilmiş, kullanılan akım gözlem istasyonlarının istatistikleri özetlenmiş, elde edilen bulgular tablo ve grafikler yardımıyla sunulmuştur. Son olarak Bölüm 5’te ulaşılan sonuçlar sıralanmıştır.

## 2. AKARSU AKIŞI VE TABAN AKIŞININ AYRILMASI

### 2.1 Akarsu Akışı

Akarsu havzası, akışını akarsu üzerindeki bir çıkış noktasına gönderen yüzey olarak tanımlanır. Literatürde akarsu havzası; drenaj havzası veya su toplama havzası olarak da bilinir. Şekil 2.1’de yan yana bulunan iki akarsuyun drenaj havzaları, bu havzaların su ayırım çizgisi, akarsu ve onu besleyen yan kollar açıkça görülmektedir.



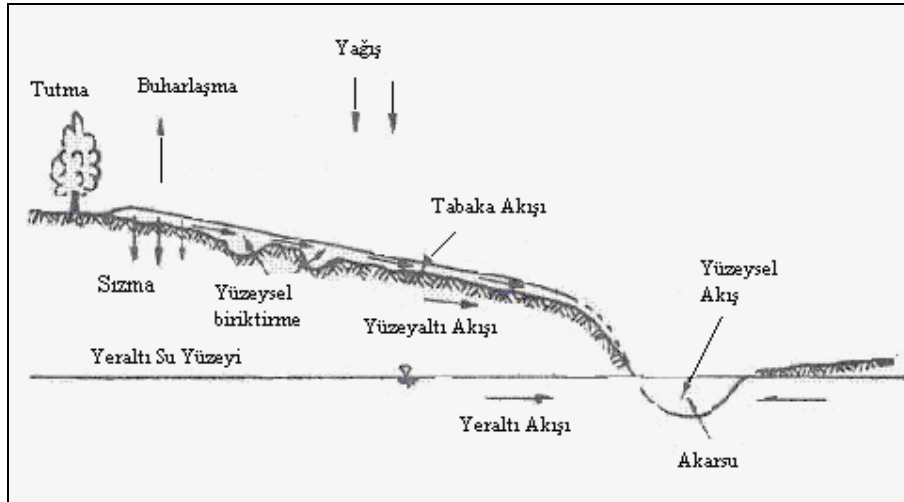
**Şekil 2.1:** Drenaj havzası boyunca akarsuyun kollara ayrılması (Yolcubal, 2004)

Bir su toplama havzasından toplanarak havzanın çıkışındaki bir akarsu kesitinden geçen toplam akış çeşitli kısımlardan meydana gelir. Yağışla birlikte zemin üst tabakalarının sızma etkisi ile doyuma başladığı ilk anlardan itibaren, zeminin yüzeyinde su biriktiği görülür. Yağışın devamı ile bu süreç yüzeysel akışa sebep olur. Zeminin tamamıyla geçirimsiz olduğu durumlarda, yüzeysel akış yağışın zemin gözeneklerini doldurmasının hemen ardından gözlenmektedir.

Yüzeysel akışı birçok etmen denetlemekle birlikte en önemlileri şunlardır:

a- Coğrafi konum, b- Topoğrafik durum (yükseklik, eğim), c- Jeolojik durum, d- Meteorolojik durum (yağış şiddeti, süresi, sıcaklık, nem), e- Akarsu ağı, f- Bitki örtüsü ve g- İnsan yapılarıdır (Yolcubal, 2004).

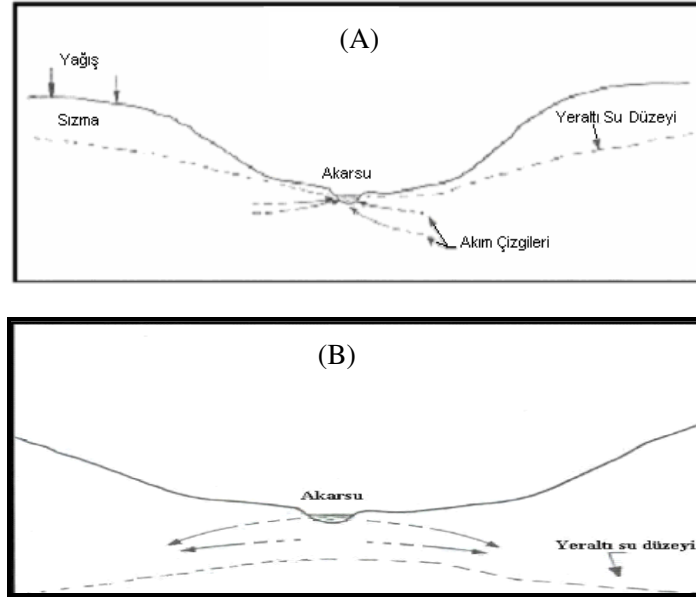
Havzaya düşen yağıştan tutma, sızma, buharlaşma gibi kayıplar çıktıktan sonra geriye kalan kısım yüzeysel akış halinde, yerçekimi etkisinde arazi eğimine uyarak havzanın yüksek noktalarından alçak noktalarına doğru hareket eder. Diğer taraftan zemine sızan suyun bir kısmı zeminin üst tabakalarında (doymamış bölgede) ilerleyerek geçirimsiz bir tabakaya rastlayınca yüzeye çıkabilir, buna yüzeyaltı akışı denir. Zemine sızan suyun bir kısmı ise daha derinlere ilerleyerek yeraltı suyuna karışır ve sonunda yeraltı akışı şeklinde akarsuyu besleyebilir. Yüzeyaltı akışını diğerlerinden ayırmak güç olduğundan bir akarsudaki toplam akış akarsuya varış süresine göre dolaylı ve dolaysız akış olarak iki parçaya ayrılabilir (Bayazıt, 1991). Dolaylı akış doymamış bölgede ilerleyen yüzeyaltı akışını ve yeraltı akışını ifade ederken, dolaysız akış ise yüzeysel akışı ifade eder. Şekil 2.2’de akışın kısımlara ayrılması ve bu akışların arazi eğimi boyunca hareketi görülebilir.



**Şekil 2.2:** Akışın Kısımlara Ayrılması (Bayazıt, 1991)

Yağışsız dönemde akarsu akışı yeraltından gelen akış (taban akışı) ile sağlanır (Şekil 2.3a). Yeraltı suları yağış olmadığı için beslenemez ve yeraltı su seviyesi giderek alçalır, böylelikle akarsuda akış tamamen kesilir. Buharlaşma ve terleme yeraltı su seviyesinin yüzeye yakın olduğu yerlerde devam eder. Yağışsız dönemin sonunda yeni bir yağışlı dönem başladığında, yağışın bir kısmı bitkiler tarafından, bir kısmı

zemin tarafından zemin doygun olana kadar tutulur. Yağışın fazlası yüzeysel akış olarak görülür, bunun bir kısmı da yeraltına sızarak yeraltı sularını besler (Şekil 2.3b).



**Şekil 2.3:** Yerüstü ve Yeraltı Suyu İlişkisi (A)- Yeraltı Suyu Akarsuyu Besler, (B)- Akarsu Yeraltı Suyunu Besler (Yolcubal, 2004)

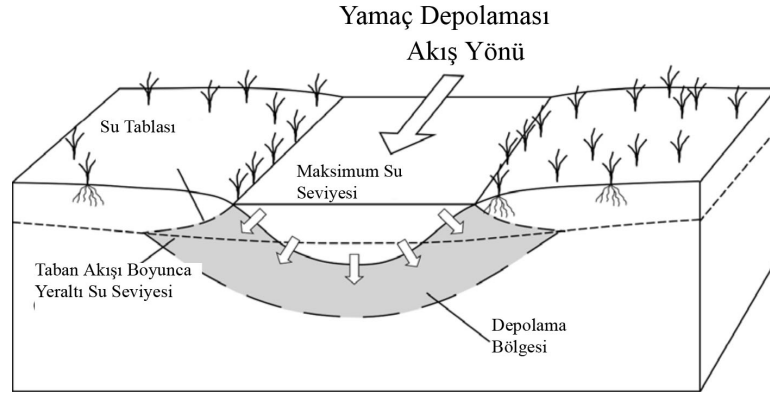
## 2.2. Taban Akışının Tanımı

Taban akışı Hall (1968) tarafından akışın yeraltı sularından gelen kısmı, Chow ve diğ. (1988) tarafından yağışsız dönemdeki akış olarak tanımlanmıştır. Sadece kurak mevsimlerde değil belki fırtına yağışlarından sonra bile birçok akarsuda debiyi oluşturan ana su kaynağı, sığ akiferlerden akarsuya ulaşan yeraltı sularıdır. Yeraltına, açık bir akifere sızma ve su depolaması, zemin özellikleri, yağış süresi ve şiddeti, sıcaklık, nem, rüzgar hızı, zemin kalınlığı ve karakteri, yüzey topolojisi, bitki örtüsü ve arazinin kullanım şekline bağlı karmaşık bir olaydır (Memon, 1995).

Klasik hidrograf incelemesi akarsu akışının üç temel kaynaktan oluştuğunu ve bunların yüzeysel akış, yüzeyaltı akışı, taban akışı olduğunu varsaymaktadır. Kaba bir değerlendirme yapıldığında yüzeyaltı akışı ve taban akışının birbirinden tam anlamı ile ayrılmış bileşenler olmadığı, bu bileşenler arasında bir girişim olduğu hemen göze çarpmaktadır. Yeraltı suyuna sızma ve depolama mevsim şartları, arazi kullanımı ve sulama, hidrolojik heterojenliğe bağlı olarak değişir (Sharma, 1989). Aslında toplam akışı bileşenlerine ayırma işlemi sadece kavramsal bir anlam

taşımaktadır ve sübjektiftir. Yalnızca taban akışı bile mevsimsel olarak değişebilen birçok bileşenden oluşur. Her bir bileşenin farklı bir çekilme sabiti olduğu da unutulmamalıdır (Nathan ve McMahon, 1990). Yukarıda kısaca karakteri hakkında bilgi verilen süreç son derece karmaşık olup belirsizliklerle doludur. Bu da bize en basit bir akiferin davranışının bile doğrusal olmayan bir karakterde olduğunu göstermektedir (Wittenberg, 1999).

Yağış sonrasında akarsu debisindeki artış, zemine olan sızmanın etkisi ile yeraltı su seviyesinin ve hidrolik yükün artması ve akarsuya yakın bölgelerde önceki yağışlardan kalma su kütlelerinin akarsuya hızlıca katılmasıyla olur. Akarsuya yakın bölgeler literatürde yamaç deposu olarak adlandırılır. Yamaç deposu akarsuyu besleyen ana su kaynağıdır. Şekil 2.4'te görülen yamaç depolaması taban akışı çekilmesinde doğrusallığı bozan bir karakterdedir (Wittenberg ve Sivapalan, 1999).

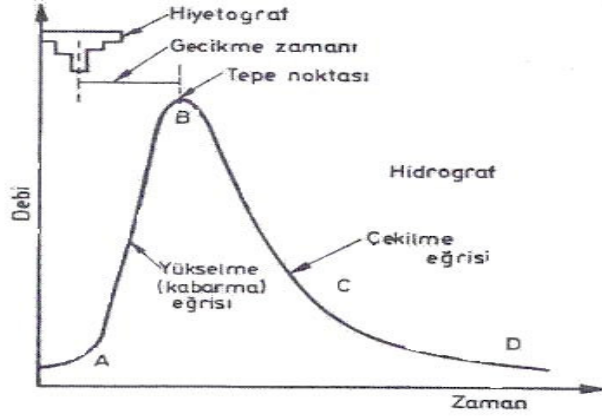


**Şekil 2.4:** Yamaç Depolaması

Taban akışı birçok etmenin fonksiyonudur. Topoğrafik ve drenaj alanı ile ilgili etmenler; drenaj alanı, akarsu ağının toplam uzunluğu, rölyef farkı (en yüksek nokta ile en alçak nokta arasındaki fark), drenaj alanı merkezinin kotu ve akarsu ana kolunun uzunluğudur. Diğer etmenler jeoloji, zemin cinsi, bitki örtüsü, arazi kullanımı ve iklimdir. Lacey ve Grayson (1998)'e göre taban akışında en etkili etmenler jeoloji ve bitki örtüsüdür. Ayrıca iklimsel faktörlerin (yağış/potansiyel buharlaşma gibi) az etkili olduğu, eğim ve drenaj alanı gibi topoğrafik etmenlerin ise hiç etkin olmadığı görülmüştür.

### 2.3. Hidrograf İncelemesi ve Hidrograf Elemanları

Hidrograf bir akarsu kesitindeki akış miktarının zamanla değişimini gösteren grafikdir. Akış miktarı (debi)  $m^3/s$  cinsinden ifade edilir, düşey eksende gösterilir. Şekil 2.5'te bir yağışa ait tipik bir hidrograf ve elemanları görülmektedir. Taşkınların ve kurak devrelerin incelenmesinde akışın zaman içindeki değişimini gösteren hidrografı bilmek gerekir (Bayazıt, 1991).



Şekil 2.5: Bir Yağışa Ait Hidrograf

Yükselme eğrisi, AB boyunca görülen eğridir. Bu eğri boyunca debi zamanla artmaktadır. Bu eğrinin dikliği yağış özelliklerine, yağış öncesi şartlara ve havza özelliklerine göre değişir. Bu eğri genellikle yukarı konkavdır. Bunun sebebi yağışın başlangıcından itibaren zaman ilerledikçe havzanın yukarı kısımlarından gelen suların katkısının artmasıdır. Tepe noktası, debinin maksimum değerini verir. Pik noktası olarak da bilinir. Şekil 2.5'te B noktası olarak gösterilen bu nokta ile hiyetografin ağırlık merkezi arasındaki zaman uzunluğuna gecikme zamanı denir. Çekilme eğrisi, havzada biriken suyun yağış sonrası boşalmasına karşı gelir. Şekil 2.5'te BD eğrisi çekilme eğrisini göstermektedir. Eğri boyunca debi zamanla azalır. Yükselme eğrisine oranla yatık olan bu eğrinin şekli özellikle havzanın karakteristiklerine bağlıdır. Eğrinin üst kısmı yüzey kanallarından toplanan suyun boşalmasını ve yüzeyaltı akışını gösterir. Eğrinin taban akışını gösteren alt kısmı Şekil 2.5'te CD eğrisi ile gösterilmiştir. CD eğrisinin davranışı yağıştan yağışa çok az değişir (Bayazıt, 1991).

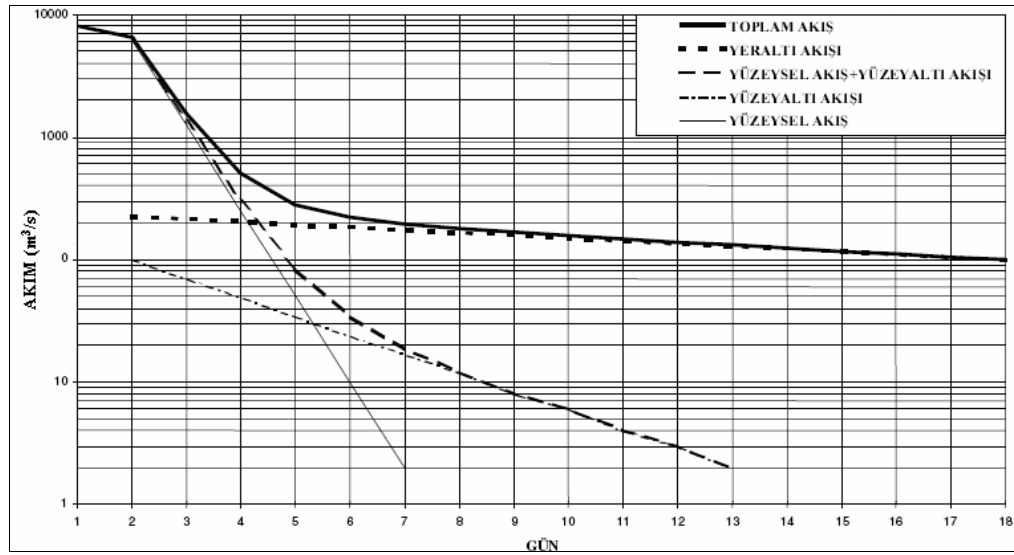
## 2.4. Çekilme Eğrisi İncelemesi

Teorik araştırmalar ve deneye dayalı çalışmalar çekilme eğrisinin,

$$Q_t = Q_0 \cdot \exp(-\alpha t) \quad (2.1)$$

denklemiyle ifade edilebileceğini göstermiştir. Bu denklemde;  $Q_0$ , başlangıç değer debisi,  $Q_t$ ,  $t$  anındaki debi ve  $\alpha$  bir sabit olup,  $e^{-\alpha t}$ , K çekilme sabiti ile simgelenebilecek bir terimi ifade etmektedir.

Barnes (1939) akışın üç ana bileşenin (yüzeysel akış, yüzeyaltı akışı, yeraltı akışı), zaman eksenine karşı logaritmik olarak işaretlenerek ayrılabilceğini söylemiştir. Bu bağlamda (2.1) denkleminin uyan çekilmelerin yarı logaritmik kağıda bir doğru şeklinde çizilebileceğini, bu doğrunun eğiminin ise çekilme sabiti (K) olacağını söylemiştir. Böylece üç ana bileşenin farklı eğimli doğrular olarak ayırt edilebileceğini vurgulamıştır. şekil 2.6'da bir çekilme eğrisinin yarı logaritmik kağıda çizilmiş hali görölmektedir.



**şekil 2.6:** Bir çekilme eğrisinin yarı logaritmik kağıda çizilmiş hali

Werner ve Sundquist (1951) (2.1) denkleminin artezyen akiferlerinde geçerli 1-boyutlu diferansiyel denklemin doğrusal çözümlü olduğunu ispatlamıştır. Cooper ve Rorabough (1963) hazne kapasitesine bağlı olan çekilmenin (2.1) denkleminin basit bir eksponansiyel hali olduğunu göstermiştir. Klaassen ve Pilgrim (1973) çekilme sabitinin belli aralıklarda değiştiğini fark etmiş ve bu değerlerin yüzeysel akış için (0.2–0.8), yüzey altı akışı için (0.7–0.94) ve taban akışı için (0.93–0.995) aralığında

olduğunu ispatlamıştır. Buradaki aralıkların iç içe geçmesi akışları birbirinden ayırma işleminin ne kadar zor olduğunun basit bir göstergesidir.

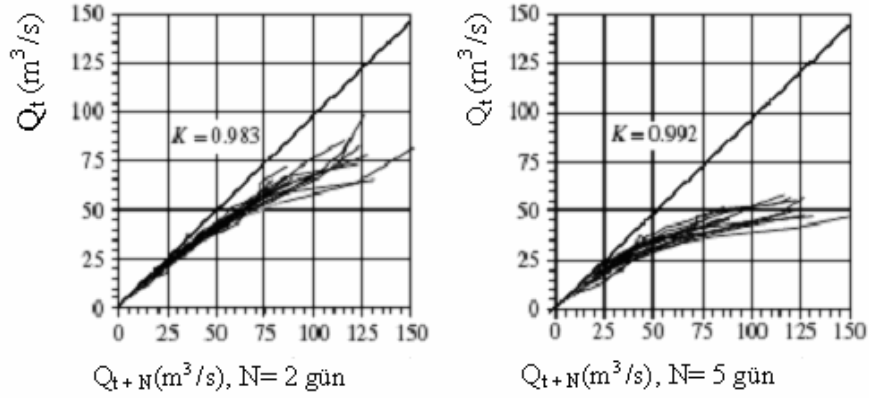
Yapılan başka çalışmalarda (Ineson ve Downing, 1964, Nutbrown ve Downing, 1976) tek bir doğrusal denklemin taban akışını ifade edemeyeceğini, çekilme öncesinde haznenin dolma-boşalma sürecinin, suyun hazneye ulaşırken takip ettiği yolun bitki örtüsü, buharlaşma, akifer kalınlığı gibi birçok parametrenin doğrusallığı bozduğunu göstermiştir. Bütün bunlara rağmen doğrusallık kabulü hem işlem kolaylığı, pratiklik gibi artıları dolayısı ile hem de ana çekilme eğrisini (AÇE) elde ederken yaygın olarak kullanılan korelasyon yöntemi gibi yöntemlerde kabul görmüş olmasından dolayı yapılmaktadır (Nathan ve McMahan, 1990).

Bölgesel düşük akım çalışmaları kapsamında havzanın taban akışı ile akarsuyun beslenmesi arasında bir karakteristik parametre bulunması amaçlanır. Bu karışık süreçte doğrusal olmayan karmaşık bir havza modelinin seçilmesi ise sonuçları gerçeğe, umulandan az yaklaştırmaktadır (Nathan ve McMahan, 1990).

Toplam akış her ne kadar birçok bileşenden oluşsa ve bu bileşenlerin her birinin ayrı çekilme sabitleri olsa da, bu bileşenler taban akışına kısa süreli ve kısmi etki yaparlar. Taban akışı çekilme sürecinde, süreci temsil eden çekilme sabitlerinin belli bir değer etrafında kümelenme eğilimi gösterdikleri belirlenmiştir. Nathan ve McMahan (1990) burada sayılan nedenlerden dolayı basit tek kaynaklı bir ekspanansiyel çekilme kabulü ile çalışmayı yeğlemiştir.

Hidrografın çekilmesi sürekli değişen birçok etmen altında sürekli tekrarlayan çekilmelerin birbirini takip ederek ardı ardına gerçekleşmesidir. Bu yüzden, ardarda gerçekleşen çekilme olaylarını, taban akışı davranışını karakterize edecek şekilde belli parametrelerle ifade edebilmek için Ana Çekilme Eğrisi (AÇE) tanımlanmıştır. Ana çekilme eğrisinin elde edilmesinde iki yöntem yaygın olarak kullanılmaktadır.

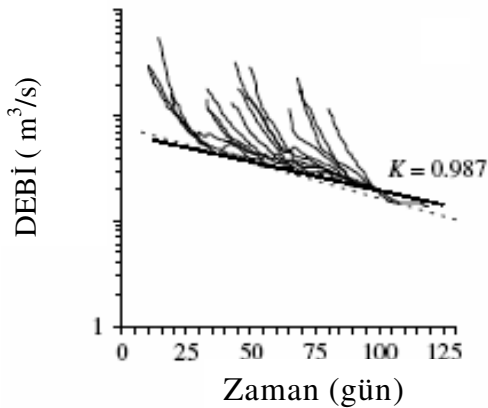
Korelasyon yönteminde hidrografın yeraltı suyu çekilme eğrisindeki  $Q_t$  değerleri  $Q_{t+N}$  (N gün sonraki akım) değerlerine karşı çift logaritmik grafik kağıdına işaretlenir. Bu noktalardan bir doğru veya eğri uygun bir şekilde geçirilir. Eğer bir doğru elde edilmişse bu doğrunun eğimi havzanın çekilme katsayısını verir. Şekil 2.7'de korelasyon yöntemi ile çekilme katsayısının bulunması görülebilir.



**Şekil 2.7:** Korelasyon yöntemi

Hall (1968) korelasyon yönteminin daha kullanışlı olduğunu çalışmaları ile ortaya koymuştur. Ayrıca IH (1980) korelasyon yöntemini kullanmış, bu yöntemin daha kolay programlanabildiğini ve aşağıda açıklanan şerit birleştirme yöntemine göre daha az sübjektif olduğunu vurgulamıştır.

Şerit birleştirme yönteminde incelenen hidrografların çekilme eğrisi kısımları şeffaf bir kağıda büyüklük sırasına göre peş peşe gelecek şekilde çizilir. Birbirini izler şekilde olan eğrilere alt taraftan çizilen zarf eğrisi havzanın ortak çekilme eğrisini verir. Bu eğri yarı logaritmik kâğıtta bir doğru şeklindedir ve eğimi çekilme katsayısına karşılık gelir. Özellikle birden fazla havza üzerinde çalışırken yöntemin uygulanması son derece zor ve sıkıcıdır. Şekil 2.8'de şerit birleştirme yöntemi ile çekilme katsayısının bulunması görülmektedir.



**Şekil 2.8:** Şerit Birleştirme Yöntemi

## 2.5. Taban Akışının Ayrılması

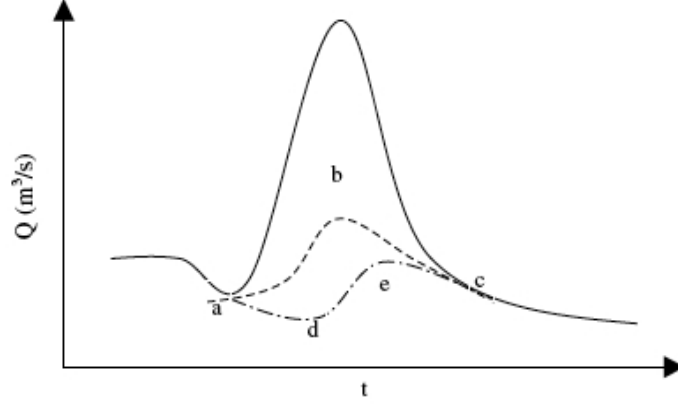
Akarsudaki akımı bileşenlerine ayırmak için kullanılan yöntemler farklı kriterlere göre sınıflandırılabilir. Bu konuda kapsamlı bir çalışma Dickinson ve diğ. (1967) ve Hall (1971) tarafından yapılmıştır. Nathan ve McMahon (1990)'da taban akışını ayırmada kullanılan yöntemleri sürekli ve olay tabanlı (kesikli) taban akışı ayırma yöntemleri olarak kabaca iki gruba ayırmıştır. Bunlara ek olarak son yıllarda taban akışını ayırmada kimyasal maddeler ve radyoaktif izleyiciler kullanılmaya başlanmıştır. Bu şekilde yeraltı suyu, yüzey altı suyu ve yağışın etkileşimi incelenmiştir. Kurak bölgelerde gerçekçi sonuçlar almak için kullanılan akım izleme yöntemleri çok pahalıya mal olduklarından özellikle büyük havzalarda farklı yöntemlerle çalışılmaktadır. Taban akışını bir zaman serisi boyunca ayırma çalışmalarında grafik yöntemlerin yeri büyüktür. Aşağıda bu yöntemler özetlenecektir.

### 2.5.1. Grafik Yöntemler

Grafik yöntemler basit hidrograf incelemelerine dayanır. Bu başlık altında literatürde geçen olay tabanlı hidrograf ayırma yöntemleri verilecektir.

Nathan ve McMahon (1990)'a göre bir taban akışı hidrografi hidrolojik ve jeomorfolojik şartlara bağlıdır ve aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 1) Taban akışı çekilmesi toplam akış hidrografi yükselmeye başladıktan sonra da devam eder. Şekil 2.9'da a noktası bu olayı göstermektedir.
- 2) Taban akışı toplam akış hidrografi pik yaptıktan sonra pik yapar. Bu gecikmenin nedeni yeraltı depolama sistemlerinin (hazneler) depolama-boşalma etkisidir. Bu durum Şekil 2.9'da b ve e harfleri ile gösterilmiştir.
- 3) Taban akışı çekilmesi çoğunlukla eksponansiyel azalan fonksiyon şeklindedir.
- 4) Taban akışı hidrografi toplam akış hidrografına dolaysız akışın bittiği noktada bağlanır (Şekil 2.9'da c noktası).



**Şekil 2.9:** Taban Akışı Hidrografı

En karmaşık hidrograf ayırma teknikleri bile yüzeysel akışın bittiği varsayılan c noktasının tanımlanması ve bulunması noktasında büyük sorunlar yaşamaktadır. Bu yüzden ana çekilme eğrisinin (AÇE) kullanılması bu sorunu çözmeye yardımcı olabilir. Bazı grafik yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

#### 2.5.1.1 Sabit Debi Yöntemi

Düz çizgi yöntemi olarak da bilinir. Grafik yöntemler içinde en basiti ve en yaygın kullanılanıdır. Taban akışının akarsu debisinden bağımsız olarak sabit bir değerde kaldığı varsayımı üzerine kurulmuş bir yöntemdir (Linsley ve diğ., 1949). Yükselme eğrisinin başladığı noktadan çekilme eğrisine doğru çizilen yatay çizginin altında kalan kısmın, taban akışını karakterize ettiği kabul edilir. Şekil 2.10 'da AE doğrusu düz çizgi yöntemi ile ayrılan taban akışını gösterir.

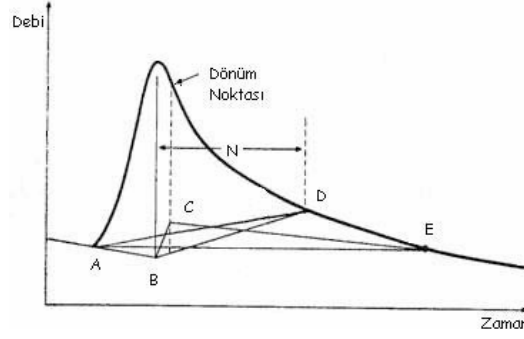
#### 2.5.1.2. Sabit Eğim Yöntemi

Sabit eğim yöntemi taban akışının bir önceki fırtına yağışının hemen ardından başladığı varsayımına dayanır. Şekil 2.10'da AD doğrusu ile karakterize edilen bu yöntemde, kırılma noktasından (D noktası) çizilen düz bir çizgi ile taban akışının başladığı varsayılan A noktası birleştirilir. AD doğrusunun eğimi sabittir ve bu doğru sabit eğim yöntemine göre taban akışının sabit bir oranda değiştiğini ifade eder. Kırılma noktası, akım hidrografında çekilme eğrisinin ikinci türevinin sıfır olduğu nokta olarak tanımlanır. Linsley ve diğ. (1949), bu noktayı debinin maksimum

olduğu andan itibaren N gün sonra dolaysız akışın sona erdiği nokta olarak tanımlanmış ve ampirik

$$N = 0,9.A^{0,2} \quad (2.2)$$

bağıntısı ile belirlenebileceğini söylemiştir. Burada N hidrograf pik noktasından sonra dolaysız akışın bittiği ana kadar gün sayısını, A ise km<sup>2</sup> cinsinden havza alanını göstermektedir.



**Şekil 2.10:** Taban Akışı Ayrılmasında Kullanılan Grafik Yöntemler

### 2.5.1.3. Konkav Yöntemi

Konkav yönteminde taban akışının akım hidrografı pik değerini aldığı ana kadar azaldığı, pik değerinden sonra taban akışı hidrografının kırılma noktasına (D noktası) kadar sabit oranda arttığı kabulü yapılır (Linsley ve diğ., 1949). Bu yöntem Şekil 2.10'da AB-BD doğruları ile karakterize edilmiştir.

### 2.5.1.4. Değişken Eğim Yöntemi

Değişken eğim yöntemi akım hidrografı yükselme eğrisinden önceki kısmın pik debinin görüldüğü güne kadar ileri, çekilme eğrisinin yeraltı akışına ait kısmının da pikten sonraki dönüm noktasına kadar geriye doğru uzatılması ile elde edilen noktaların birleştirilmesi esasına dayanır. Burada eğrinin altında kalan alan yine taban akışını, üstünde kalan alan dolaysız akışı verir. Şekil 2.10'da AB-BC-CE doğruları bu yöntem ile taban akışını ayırmayı göstermektedir (Chow ve diğ., 1988).

### **2.5.2. Sürekli Taban Akışı Ayırma Yöntemleri**

Yukarıda özetlenen taban akışı ayırma yöntemleri sürekli olmayan genellikle taban akışının bir yağış sonrası oluşan akımdan ayrılmasında kullanılmakta havzanın sürekli davranışını ise modelleyememektedir. Bu yüzden sürekli taban akışı ayırma yöntemleri geliştirilmiştir.

İngiliz Hidroloji Enstitüsü (IH, 1980) yaptığı bir düşük akım çalışmasında sürekli taban akışı hidrografını elde etmiştir. Bu yöntem Kurt (2007)'de olduğu gibi bu çalışmada da kısaca İHEY (İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi) olarak ifade edilecektir. Bölüm 3'te bu yöntem detaylı incelenecektir.

Nathan ve McMahon (1990) çok sayıda taban akışı ayırma yöntemini kıyaslamış, özellikle kurak akım tahminlerinde kullanılabilirliği yüksek ve güvenilir iki yöntemin İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (İHEY) ve Dijital Filtre Yöntemi (DFY) olduğunu belirtmişlerdir.

Piggott ve diğ. (2005) İHEY'i revize etmiştir. Bu çalışmada yöntem Revize edilmiş İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (RİHEY) adıyla verilecektir. Bu çalışmada bu üç yöntemin uygulamalarına yer verildiğinden bu üç yöntem Bölüm 3'te detaylı olarak açıklanmıştır. Üç yöntemin de gerçek taban akışı şartlarını benzeştirdiği konusunda kesin bir yargı olmamakla birlikte Nathan ve McMahon (1990) ellerinde bulunan sınırlı arazi verisine dayanarak DFY'nin gözlemlere daha yakın taban akışı değerleri verdiğini vurgulamıştır. Bu yöntemler Taban Akışı İndeksinin (TAİ) mertebesini belirlemede kullanışlıdır.

### **2.5.3. Türkiye'de Kullanılan Taban Akışı Ayırma Yöntemleri**

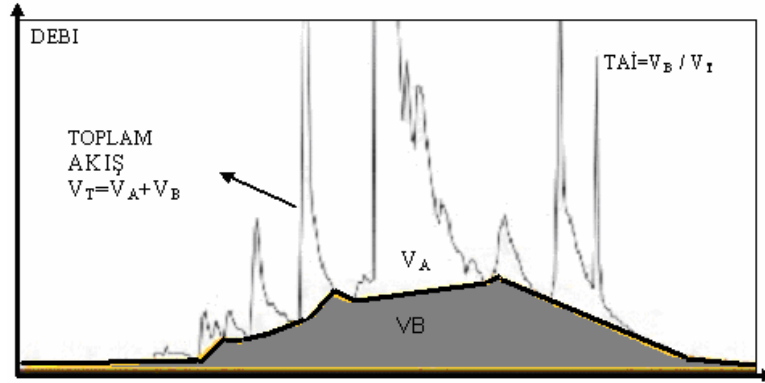
Türkiye'de taban akışı grafik yöntemlerle ayrılmakta ancak kabul görmüş bir yöntem bulunmamaktadır. Bununla birlikte taban akışının basit olması itibarıyla sabit debi yöntemine göre ayrıldığı söylenebilir.

Ayrıca Mart- Nisan- Mayıs aylarını kapsayan taşkın döneminde gözlenen akımlara dayanan bir tablo yönteminin de var olduğu bilinmektedir (Kurt, 2007).

## 2.6. Taban Akışı İndeksi (TAİ)

Taban akışı hacminin ( $V_B$ ), toplam akış hacmine ( $V_T$ ) bölünmesi ile elde edilen taban akışı indeksi havza hakkında fikir verebilecek niteliktedir. Şekil 2.11’de hidrografın altında kalan alan toplam akış miktarını verirken ayrılmış hidrografın altında kalan alan taban akışı miktarını verir. Taban akışı miktarının toplam akış miktarına bölünmesi ile boyutsuz bir büyüklük olan taban akışı indeksi (TAİ) bulunmuş olur.

TAİ değerlerinin değişkenliğini sınavan ayrıntılı bir çalışma İskoçya’dan 135 gözlem istasyonunun en az 9 yıllık verileri ile yapılmıştır. TAİ değerlerinin akışın yüksek olduğu yıllarda ortalama TAİ değerlerinden büyük veya küçük olduğunu gösteren herhangi bir bulguya rastlanmadığı görülmüştür. Bu da TAİ değerlerinin kararlı olduğunu ve kurak akım tahminlerinde kullanabileceğini göstermiştir. Böyle bir indeks özellikle havza karakteristikleri hakkında önemli bir bulgudur ve düşük akım tahminlerinde kullanılır (IH, 1980).



Şekil 2.11: Taban akışı indeksi (TAİ)

Toplam akış içindeki taban akışı oranı kurak mevsimlerde havzada depolanan su ve bu suyun akarsu tarafından kullanılma şeklini yansıtan bir parametre olarak görülebilir. Bir havzada yüksek bir TAİ değeri bulunmuşsa havzanın özellikle kurak mevsimlerde akış rejimini devam ettirebildiği ve karalı bir akış rejimine sahip olduğu yorumları yapılabilir (Arnold ve Allen, 1999).

Yıllık TAI'nin bulunmasında iki ayrı yol izlenebilir. Birinci yol, gözlem yapılan bütün yıllar için ayrı ayrı TAI hesaplamak, diğeri ise gözlem süresini bir bütün olarak bir TAI belirlemektir. Her iki yol ile bulunan TAI'ler karşılaştırılmış, birbirlerine yakın sonuçlar verdikleri tespit edilmiştir. IH (1980) ikinci yolun kullanılmasını tavsiye etmiştir. Bu yüzden bu çalışmada aylık ve yıllık TAI hesaplamaları ikinci yol izlenerek yapılmıştır.

### 3. ÇALIŞMADA KULLANILAN YÖNTEMLER

#### 3.1. Dijital Filtre Yöntemi (DFY)

Nathan ve McMahon (1990), sinyal incelemelerinde, sinyal demeti içinden yüksek frekanslı sinyallerin ayrılmasında kullanılan, tekrarlanan dijital filtre algoritmasını (Lyne ve Hollick, 1979) akım verilerine uygulayarak taban akışını ayırmıştır. Filtre denklemi

$$f_k = \alpha \cdot f_{k-1} + \frac{(1 + \alpha)}{2} (y_k - y_{k-1}) \quad (3.1)$$

şeklinde olup burada

$f_k$  : k anındaki (günündeki) filtre edilmiş dolaysız akış,

$y_k$  : Gözlenmiş akım

$\alpha$  : Filtre parametresidir. Filtre edilmiş taban akışı ( $b_k$ )

$$b_k = y_k - f_k \quad (3.2)$$

ile elde edilir.

DFY temel olarak yüksek frekanslı sinyallerin ayrılması ile düşük akım değerlerinin ayrılmasının fiziksel olarak benzerlik taşıyacağı kabulüne dayanmaktadır. Nathan ve McMahon (1990), taban akışını ayırmada en uygun filtre parametresini ( $\alpha$ ) bulmak için pek çok deney yapmış, kabul edilebilir filtre parametresinin 0.9-0.95 arasında olması gerektiğini belirlemiş, sonuçta en uygun filtre parametresinin 0.925 olduğunda karar kılmıştır. Dijital filtre, gözlem verisi üzerinde ileri – geri – tekrar ileri olmak üzere üç defa geçirilmiştir. Bununla  $\alpha$  parametresinden kaynaklanabilecek odaklanma etkisinin azaltılması, ileri yönde geçişten kaynaklanabilecek çarpıklık etkisinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada dijital filtrenin bir defa ileri yönde uygulanması DF 1, ileri- geri- tekrar ileri yönde uygulanması DF 3 ile gösterilmiştir.

Literatürde birçok farklı filtre parametresi ile yapılan dijital filtre uygulamaları mevcuttur (Lyne ve Hollick, 1979; Chapman, 1991; Chapman ve Maxwell, 1996; Eckhardt, 2005). Chapman (1991) DFY’de kullanılan parametrede, dolaysız akışın olmadığı ( $f=0$ ) hallerde taban akışının sabit bir değere eşit olacağını ve bunun çekilme eğrisi kabullerine ters düştüğünü belirtmiştir. Bu yüzden,

$$b_k = \frac{3\alpha - 1}{3 - \alpha} b_{k-1} + \frac{1 - \alpha}{3 - \alpha} (y_k - y_{k-1}) \quad (3.3)$$

denklemini önermiş ve  $b_k \leq y_k$  halinde ise denklemin

$$b_k = \alpha b_{k-1} + \frac{1 - \alpha}{2} (f_k + f_{k-1}) \quad (3.4)$$

halini alacağını söylemiştir. Bu denklemlerdeki  $\alpha$  parametreleri, çekilme incelemesi sonucunda bulunan çekilme katsayılarıdır. Chapman (1991) (3.3) ve (3.4) denklemlerini  $\alpha$  parametresinin DFY’deki gibi sabit alınmaması ve çekilme analizi yapılmasını gerektirmesi yüzünden uygulamada kullanımı zor bir yöntem olarak göstermiştir. Chapman ve Maxwell (1996), denklem (3.3)’ü sadeleştirmiş ve

$$b_k = \frac{\alpha}{2 - \alpha} b_{k-1} + \frac{1 - \alpha}{2 - \alpha} y_k \quad (3.5)$$

denklemini önermişlerdir. Bu denklemde de  $\alpha$  parametresi, çekilme incelemesi sonucunda bulunan çekilme katsayısıdır. Yenilerde ise Eckhardt (2005)

$$b_k = \frac{(1 - TA_{maks})\alpha b_{k-1} + (1 - \alpha)y_k TA_{maks}}{1 - \alpha TA_{maks}} \quad (3.6)$$

şeklinde bir denklem vermiştir. Bu yöntemde  $\alpha$  parametreleri, çekilme incelemesi sonucunda bulunan çekilme katsayılarını gösterirken,  $TA_{maks}$  havza karakteristiklerine bağlı bir değerdir. Eğer  $TA_{maks} = 0.5$  alınırsa (3.5) denklemini elde edilir. Seçilen  $TA_{maks}$  değerine göre farklı filtre algoritmaları elde edilebilir.

### 3.2. İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (İHEY)

Akarsu akım gözlem istasyonu (AGİ) günlük ortalama akım verileri üst üste binmeyen beş günlük parçalara ayrılır ve her parçadaki değerlerin minimumları belirlenir. Bu minimum değerler serisini,  $y_i$ ,  $i=1,2,\dots$  şeklinde gösterecek olursak, bunlardan

$$0,9 y_i < \min ( y_{i-1}, y_{i+1} ) \quad (3.7)$$

koşulunu sağlayan noktalar bulunur. Bu noktalara dönüm noktaları veya kırılma noktaları denir. Dönüm noktaları; akarsu akışının tamamen taban akışı tarafından beslendiği günleri ifade etmektedir (Piggott ve diğ., 2005). Ardışık dönüm noktaları bir doğru ile birleştirilerek dönüm noktaları arasında kalan günlere ait taban akışı değerleri hesaplanır. Birleştirme işlemi yapılırken, taban akışının akarsu akışını geçtiği durumlarla karşılaşılabilmektedir. Bu durum, fiziksel hiçbir anlam taşımayan sadece tekniğin uygulanması esnasında dönüm noktalarının birleştirilmesinden kaynaklanan bir anormalliktir. Bu durum daha çok peş peşe gelen dönüm noktaları arasında büyük farkların olduğu vahşi dere akımlarında, akarsuyun kurumaya başladığı ve kurak dönemin bittiği dönemlerde görülür. Bu anormallik, dönüm noktaları birleştirilirken toplam akışı geçen taban akışı değerleri, toplam akışa eşit alınarak düzeltilir.

İHEY sürekli akım sağlayan (kurumayan) akarsu verileri kullanılarak geliştirilmiştir. Kuruyan akarsularda bu yöntemin aynen kullanılması durumunda özellikle kuruma olan dönemlerde, dönüm noktalarının belirlenmesinde sorun yaşanabilmektedir. Bu yüzden (3.7) denklemini Tallaksen (1987) ve daha sonraları Hisdal ve diğ. (2003)'ün de belirttiği gibi aslında

$$0,9 y_i \leq \min ( y_{i-1}, y_{i+1} ) \quad (3.8)$$

şeklinde kullanılmalıdır.

Sloto ve Crause (1996) İHEY'de alınan blok aralığının TAI üzerinde etkisini incelemiş, aynı havzada 3, 5 ve 7 günlük blok aralıkları ile hesaplanan TAI değerlerini sırası ile 0.35, 0.29 ve 0.24 olarak elde etmiştir. Sonuç olarak İHEY'de 5 günlük blok aralığı ile çalışıldığında diğer yöntemler kullanılarak bulunan TAI değerlerine en yakın TAI değerlerine ulaşıldığı görülmüştür.

### 3.3. Revize Edilmiş İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (RİHEY)

Piggott ve diğ.(2005), İHEY’de kullanılan 5 günlük bloklandırma işleminin birer gün atlayarak 5 defa tekrarlanmasını ve bulunan düzenlenmiş taban akışı verilerinin ortalamasının alınmasını önermiştir. Bu yeni yaklaşım ile bulunan taban akışı böylece ilk bloğun başlangıç tarihi ile ilgili sübjektiflikten kurtulmuştur. Bu çalışmada bu yaklaşım ayrı bir yöntem olarak sunulmuş ve Revize Edilmiş İngiliz Hidroloji Enstitüsü Yöntemi (RİHEY) olarak adlandırılmıştır.

Literatürde kullanılan taban akışı ayırma tekniklerinde havza alanı girdi olarak kullanılır. RİHEY’de havza alanı kullanılarak akım verilerinin kaç günlük bloklara ayrılacağı kararlaştırılır. Havza alanı büyüdükçe verilerin ayrıldığı blokların uzunlukları artmaktadır. Blok uzunluğuna

$$N = 1,6 A^{0,2} \quad (3.9)$$

ile karar verilir. Burada A km<sup>2</sup> cinsinden havza alanıdır. Havza alanına göre değişen havza hidrolojisindeki değişimler İHEY’de yansıtılmamaktadır. Bu yöntem blok uzunluğunu 5 gün olarak sabitlemiştir. Bu durum da yöntem adına bir eksiklik olarak yorumlanabilir, bununla birlikte alanları belirlenemeyen havzalarda çalışırken bu yöntemin kullanılması yani blok aralığının 5 gün olarak alınması kolaylık sağlamaktadır.

### 3.4. İHEY ve DFY’nin Karşılaştırılması ve Çalışma Yönteminin Belirlenmesi

Çalışmalarında 186 havza verisini kullanarak İHEY ile DFY’i karşılaştıran Nathan ve McMahon (1990), geniş havzalarda, İHEY ve DFY’nin birbirine yakın değerler verdiğini, vahşi derelerde, küçük havzalarda ve hidrografları keskin pikler yapan akımlarda ise bu iki yöntemin farklılıklar gösterdiğini fark etmiştir. Keskin piklerin yoğun olduğu hidrograflarda DFY’nin gözlenmiş taban akışı değerlerine daha yakın değerler verdiği tespit edilmiştir. Karşılaştırma olarak iki yöntemin TAİ değerleri arasındaki korelasyon incelenmiş, iki yöntemin düşük TAİ değerlerinde farklılık gösterse de orta ve yüksek TAİ değerlerinde dikkat çekici oranda benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır. Ayrıca karşılaştırma çalışması kapsamında, düşük akım çalışmalarında kullanılan %90 ve %50 aşılma olasılıklarına karşı gelen debilerin oranı ve çekilme sabitleri karşılaştırılmış, DFY’nin gözlenmiş taban akışı değerlerine daha yakın sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Son olarak iki yöntem AÇE’yi bulmada

yaygın olarak kullanılan elle hidrograf ayırma teknikleri ile karşılaştırılmış, bu karşılaştırmada da DFY'nin elle yapılan uygulamalara daha yakın sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Bu nedenle bu çalışmada (3.1) ve (3.2) denklemleri ile hesaplanan taban akışı değerlerinin gözlenmiş taban akışı değerleri olduğu kabul edilmiştir. DFY sonuçlarına göre İHEY ile hesaplanan TAI değerlerini DFY ile belirlenen değerlere yaklaştıran blok aralığını bulmak amacıyla her havza için kalibrasyon yapılmıştır.

### 3.5. Kullanılan Program

Çalışmada İHEY'de işlem kolaylığı sağlamak için toplam akıştan taban akışını ayıran bir program yazılmıştır. İHEY diye adlandırılan bu program Delphi yazılımı tabanlıdır. Kullanımının kolay olması için bir arayüz kullanılmıştır. Şekil 3.1'de bu arayüz görülmektedir.

The screenshot shows the 'Debi Değerleri' (Discharge Values) window of the İHEY program. It features a dropdown menu for 'seyhan dereesi' (stage) with a 'Geliş' (Go) button. Below this is a 'Hesapla' (Calculate) button. There are input fields for 'Parametre' (Parameter) set to 0.9 and 'Blok Aralığı' (Block Interval) set to 4. A 'Hesaplama Mantığı' (Calculation Logic) section contains radio buttons for 'C <' and 'C <=' with the latter selected. At the bottom, a table displays calculated values for three columns (F1, F2, F3) across dates from 01.10.1968 to 11.10.1968.

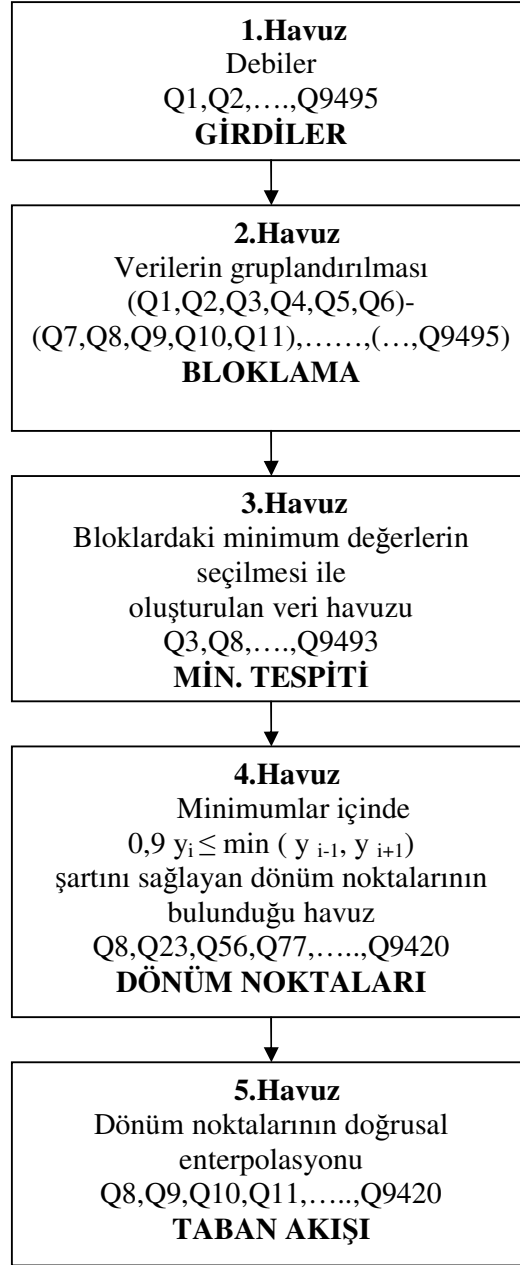
F1	F2	F3
01.10.1968		0,3
02.10.1968		0,25
03.10.1968		0,25
04.10.1968		0,25
05.10.1968		0,25
06.10.1968		0,25
07.10.1968		0,25
08.10.1968		0,25
09.10.1968		0,25
10.10.1968		0,25
11.10.1968		0,25

Şekil 3.1: İHEY programı çalıştırılmadan önceki arayüz

#### 3.5.1. İHEY Programının Çalışma Mantığı

Program öncelikle tarih sırasına göre girilen debi değerlerini bir veri havuzunda toplamakta, seçilen blok aralığına göre veriler gruplandırılmaktadır (Şekil 3.2). Her bir bloktaki minimumların belirlenmesinin ardından bunlardan dönüm noktası olma koşulunu sağlayanların doğrusal olarak birleştirilmesi ile taban akışı hidrografi elde edilir. Şekil 3.2'de blok aralığının 6 gün alındığına ve toplam 9495 günlük veri

bulduğuna dikkat edilmelidir. İlk dönüm noktasının 8. gün, son dönüm noktasının da 9420. güne denk geldiği de 4. ve 5. havuzlardan görülmektedir.



**Şekil 3.2:** Programın Akış Diyagramı

### 3.5.2. Programın Kurulması ve çalıştırılması

Program 12 MB büyüklüğünde bir bilgisayar belleğine gereksinim duymaktadır. Bu yüzden rahatlıkla taşıyıp Windows XP işletim sistemi ve Microsoft Office yazılımı kurulu olan herhangi bir kişisel bilgisayarda basit bir kaç ayar yapılarak çalıştırılabilir. Program şu şekilde kurulmaktadır.

- 1) İHEY klasörü bilgisayara kopyalanır.
- 2) Bu klasör altındaki Project dosyası açılır, İHEY isimli ikon bilgisayara taşınır.
- 3) Bilgisayarda c: klasörü altında “veri” adında bir klasör oluşturulur ve bu klasörün içinde “data.xls” adında bir Excel çalışma sayfası oluşturulur.
- 4) “Data.xls” dosyasının içinde A1 ve B1 nolu hücrelere sırası ile “Tarih” ve “Debi” yazılır. Ardından A sütununa A2 hücresinden başlamak üzere tarihler girilir. B sütununa ise A sütunundaki tarihlere karşı gelen gözlenmiş debiler girilir. “data.xls” dosyasında çalışılan sayfanın adı isteğe göre değiştirilebilir. Çalışma sayfaları bu çalışmada Şeytan Deresi, Hayrabolu Deresi ve Uzunköprü Deresi olarak adlandırılmıştır.
- 5) Denetim masasına girilir, yönetsel araçlar açılır. Burada veri kaynakları (ODBC) tıklanır. “Ekle” tuşu ile Microsoft Excel Driver seçeneği eklenir ve veri kaynağı adına “data” yazılır. Ardından “çalışma kitabı seç” komutu ile c: klasörü içindeki veri/ data.xls dosyası eşleştirilir.
- 6) Salt okunur seçeneği kaldırılır.
- 7) Program şu anda kullanıma açık hale getirilmiştir. Masaüstündeki İHEY ikonuna tıklanır. “Getir” menüsünden istenilen veri getirilir. İHEY’de dönüm noktaları tespitinde kullanılması istenilen parametre elle yazılır, blok uzunluğu yine elle girilir ve “≤” ya da “<” seçenekleri tercih edilerek, hesaplar yapılır.
- 8) İHEY programı seçilen parametreler doğrultusunda taban akışını ayıracak ve çıktıları kendi oluşturacağı boş bir Excel dosyasına “Delphi verileri” adıyla atacaktır. Bu işlem biraz zaman alabilir. Burada dikkat edilecek önemli bir nokta, işlem sürerken beliren kum saati ekrandan kaybolmadan

çıktıların atılmakta olduğu Excel dosyasına müdahale etmemektir. Aksi halde program hata vermektedir.

### 3.5.3. Program Çıktılarının Doğruluğunun Kontrolü

Program çıktılarının doğruluğuna, Excel programında elle işlem yaparak bulunan sonuçlarla karşılaştırma yapılarak karar verilmiştir. Şekil 3.3 yapılan bu işlemde bir kesit sunmaktadır. Taban akışı serisi bulunduktan sonraki süreç DFY, İHEY, RİHEY'in hepsinde trapezoid kabulü ile alan hesabı yapmak ve taban akışı alanını toplam akış alanına oranlayarak TAİ değerini bulmaktır. Çalışmada aynı blok içinde birden fazla minimum nokta olması halinde, ilk minimum nokta dönüm noktası olarak seçilmiştir.

	B	C	D	E	F	G	H	I
1								
2	<b>ELLE BULUNAN KIRILMA NOKTALARI</b>							
3	<b>TARİH</b>	<b>DEBİ</b>	<b>MİN DEBİ</b>	<b>KIRILMA NOKTA</b>	<b>KIRILMA NOKTALARININ DOLDURULMASI</b>		<b>PROGRAM ÇIKTILARI</b>	
4	01.10.1968	0,3000						
5	02.10.1968	0,2500	0,2500	#BAŞVI				
6	03.10.1968	0,2500						
7	04.10.1968	0,2500						
8	05.10.1968	0,2500						
9	06.10.1968	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500	ilk kırılma noktası	06.10.1968	0,25
10	07.10.1968	0,2500			0,2500		07.10.1968	0,25
11	08.10.1968	0,2500			0,2500		08.10.1968	0,25
12	09.10.1968	0,2500			0,2500		09.10.1968	0,25
13	10.10.1968	0,2500			0,2500		10.10.1968	0,25
14	11.10.1968	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500		11.10.1968	0,25
15	12.10.1968	0,2500			0,2500		12.10.1968	0,25
16	13.10.1968	0,2500			0,2500		13.10.1968	0,25
17	14.10.1968	0,2500			0,2500		14.10.1968	0,25
18	15.10.1968	0,2500			0,2500		15.10.1968	0,25
19	16.10.1968	0,2500	0,2500	0,2500	0,2500		16.10.1968	0,25
20	17.10.1968	0,2500			0,2464		17.10.1968	0,2464
21	18.10.1968	0,2500			0,2429		18.10.1968	0,2429
22	19.10.1968	0,2500			0,2393		19.10.1968	0,2393
23	20.10.1968	0,2500			0,2357		20.10.1968	0,2357
24	21.10.1968	0,2500	0,2500	YANLIŞ	0,2321		21.10.1968	0,2321
25	22.10.1968	0,2500			0,2286		22.10.1968	0,2286
26	23.10.1968	0,2500			0,2250		23.10.1968	0,225
27	24.10.1968	0,2500			0,2214		24.10.1968	0,2214
28	25.10.1968	0,2500			0,2179		25.10.1968	0,2179
29	26.10.1968	0,2500			0,2143		26.10.1968	0,2143
30	27.10.1968	0,2500			0,2107		27.10.1968	0,2107
31	28.10.1968	0,2500			0,2071		28.10.1968	0,2071
32	29.10.1968	0,2500			0,2036		29.10.1968	0,2036
33	30.10.1968	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000		30.10.1968	0,2
34	31.10.1968	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000		31.10.1968	0,2
35	01.11.1968	0,2000			0,2075		01.11.1968	0,21
36	02.11.1968	0,2500			0,2150		02.11.1968	0,22
37	03.11.1968	0,2500			0,2225		03.11.1968	0,23
38	04.11.1968	0,3000			0,2300		04.11.1968	0,24
39	05.11.1968	0,3000	0,3000	YANLIŞ	0,2375		05.11.1968	0,25
40	06.11.1968	0,3000			0,2450		06.11.1968	0,26
41	07.11.1968	0,3000			0,2525		07.11.1968	0,27
42	08.11.1968	0,3000			0,2600		08.11.1968	0,28
43	09.11.1968	0,3000			0,2675		09.11.1968	0,29
44	10.11.1968	0,3000	0,3000	0,3000	0,2750		10.11.1968	0,3
45	11.11.1968	0,3000			0,2825		11.11.1968	0,305
46	12.11.1968	0,4000			0,2900		12.11.1968	0,31
47	13.11.1968	0,3000			0,2975		13.11.1968	0,315
48	14.11.1968	0,3500			0,3050		14.11.1968	0,32
49	15.11.1968	0,3500	0,3500		0,3125		15.11.1968	0,325
50	16.11.1968	0,3500			0,3200		16.11.1968	0,33
51	17.11.1968	0,3500			0,3275		17.11.1968	0,335
52	18.11.1968	0,3500			0,3350		18.11.1968	0,34
53	19.11.1968	0,3500			0,3425		19.11.1968	0,345
54	20.11.1968	0,3500	0,3500	0,3500	0,3500		20.11.1968	0,35
55	21.11.1968	0,3500			0,3529		21.11.1968	0,3529
56	22.11.1968	0,4000			0,3559		22.11.1968	0,3559
57	23.11.1968	0,7760			0,3588		23.11.1968	0,3588
58	24.11.1968	0,7760			0,3618		24.11.1968	0,3618
59	25.11.1968	0,7760			0,3647		25.11.1968	0,3647
60	26.11.1968	0,6520	0,6520	YANLIŞ	0,3676		26.11.1968	0,3676
61	27.11.1968	1,0300			0,3706		27.11.1968	0,3706

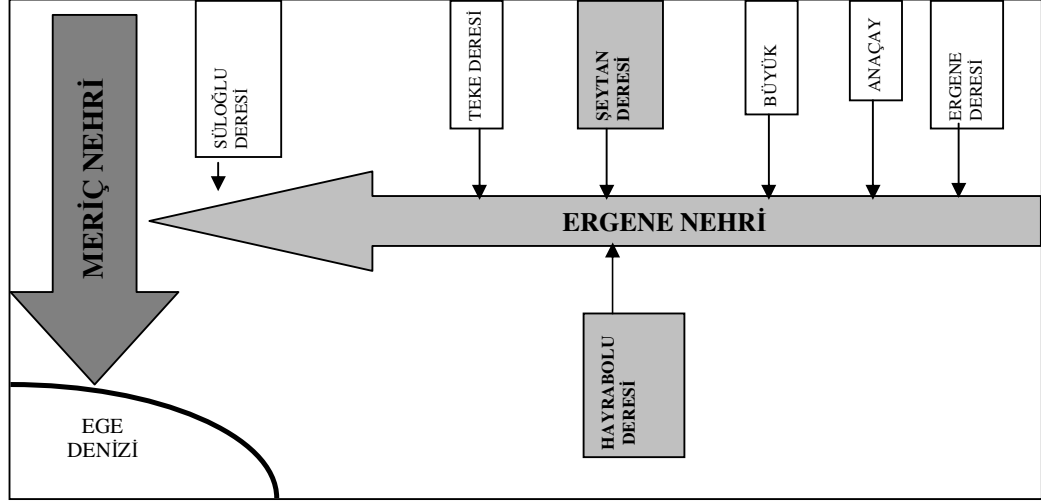
Şekil 3.3: Program Çıktılarının Doğruluğunun Kontrolü

## 4. UYGULAMA

### 4.1. Uygulama Alanı

Ergene Nehri, Tekirdağ'da Saray İlçesinin kuzeyinde yer alan Yıldız Dağları'ndan doğup İpsala İlçesi civarında Meriç Nehri ile birleşerek Ege Denizi'ne dökülmektedir. Meriç Nehri'nin denize döküldüğü yerdeki drenaj alanı 53000 km<sup>2</sup> olup bunun yaklaşık 11000 km<sup>2</sup>'sini Ergene Havzası teşkil etmektedir. Trakya Bölgesi'nde Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ illerinin toplam alanının 18789 km<sup>2</sup> olduğu düşünülürse, 11000 km<sup>2</sup>'lik Ergene Nehri drenaj alanının bu üç ilin büyük bir kısmını teşkil ettiği anlaşılmaktadır. Ergene Nehri, 283 km uzunluğunda olup, 2002 yılı DSİ verilerine göre ortalama debisi 24 m<sup>3</sup>/s, maksimum debisi 2190 m<sup>3</sup>/s ve yıllık su potansiyeli 1.330 milyar m<sup>3</sup>'tür. Ergene Havzası'nın 17323 ha'lık bölümünde tarım yapılmakta, bu da Türkiye'nin önemli bir tarım bölgesi olan Trakya'da önemli bir potansiyel oluşturmaktadır. Son yıllarda Ergene Ovası sanayi, evsel ve tarımsal kirlilik kaynakları sebebiyle önemli ölçüde kirlenmiştir. Dokuz yüze yakın sanayi kuruluşunun arıtma tesislerini düzgün çalıştırmaması, yakın yerleşim birimlerinden kanalizasyon atıklarının arıtılmadan Ergene Nehri'ne verilmesi, katı atıkların gelişi güzel atılması ve tarımsal ilaçlama bu kirliliği ciddi boyutlara ulaştırmıştır.

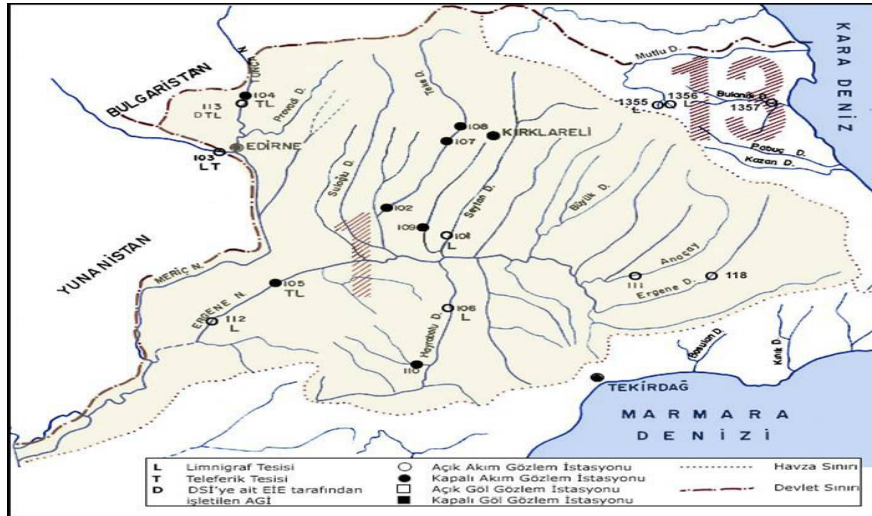
Ergene Nehri'ne bağlanan derelerden başlıcaları Ergene Deresi, Anaçay, Büyük Dere, Teke Deresi, Hayrabolu Deresi, Şeytan Deresi, Süloğlu Deresi'dir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Ergene Nehri ve Belli başlı Kollarının Şematik Yerleşimi

#### 4.2. Kullanılan Veri

Türkiye’de su yılı bir önceki yılın 1 Ekim gününden başlar, aynı yılın 30 Eylül günü biter. Bu çalışmada Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından her su yılı için yapılan ölçümlerle oluşturulan akım yıllıklarından yararlanılmıştır. Bu amaçla Marmara Bölgesindeki Ergene havzasında bulunan EİEİ’ye ait üç akım gözlem istasyonu (AGİ) seçilmiştir. Bu istasyonlar Şeytan Deresi üzerindeki 101 nolu Babaeski, Hayrabolu Deresi üzerindeki 106 nolu Hayrabolu ve Ergene Nehri üzerindeki 105 nolu Uzunköprü AGİ’leridir. İstasyonların harita üzerindeki yerleşimleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Ergene Nehri Havzasındaki Akım Gözlem İstasyonlarının Yerleri

Çalışmada bu istasyonlara ait 1.10.1968 - 30.9.1994 tarihleri arasındaki günlük akım verileri kullanılmıştır. 101 ve 106 nolu istasyonlar akarsuyun memba, 105 nolu istasyon ise mansap tarafında kalmaktadır. İstasyonların özellikleri Tablo 4.1’de verilmiştir. Bu AGİ’ler daha önce Aksoy (1998), Aksoy ve Bayazıt (2000), Aksoy ve Wittenberg (2001) ve Aksoy ve diğ. (2001) tarafından kullanılmıştır.

**Tablo 4.1:** Çalışmada Kullanılan Akım Gözlem İstasyonları

AGİ No	Akarsu-İstasyon	Coğ. Koordinat		Kot (m)	Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> )
		Doğu	Kuzey		
101	Şeytan Deresi - Babaeski	26° 06' 00"	41° 25' 39"	50	478.4
105	Ergene Nehri - Uzunköprü	26° 40' 15"	41° 15' 50"	10	10194.8
106	Hayrabolu Deresi - Hayrabolu	27° 07' 05"	41° 12' 36"	45	1381.2

### 4.3 Veri İncelemesi

Seçilen akım gözlem istasyonlarından elde edilen günlük ortalama akım verilerinin istatistik incelemeleri yapılmış, akım verilerinin, ortalama, standart sapma, değişim katsayısı, çarpıklık katsayısı ve otokorelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Şeytan Deresi (Babaeski AGİ), Ergene Nehri (Uzunköprü AGİ) ve Hayrabolu Deresi (Hayrabolu AGİ) verileri için hesaplanan bu istatistikler Tablo 4.2’de verilmiştir.

**Tablo 4.2:** Akım Gözlem İstasyonları Hesaplanan İstatistikleri

AGİ No	Ort. Debi (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Otokor. Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	En Büyük Değer (m <sup>3</sup> /s)	En Küçük Değer (m <sup>3</sup> /s)
101	2.12	4.80	2.26	0.75	8.82	119	0
105	4.03	13.47	3.34	0.55	16.84	614	0
106	23.25	58.38	2.51	0.84	11.46	1690	0

Ayrıca veriler üzerinde yapılan incelemede 01.10.1968- 30.09.1994 tarihleri arasında Ergene Nehrinin 474, Hayrabolu Deresinin 537 ve Şeytan Deresinin ise 1088 gün kurduğu tespit edilmiştir. Buna göre bu AGİ’lerin kuruma oranları sırası ile %5, %5.7 ve %11.5 olmuştur.

#### 4.4 DFY Sonuçları

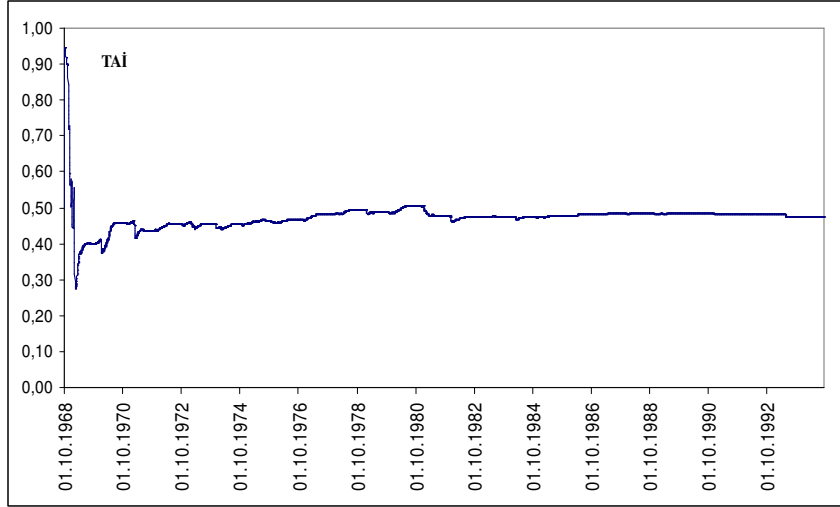
Şeytan Deresi üzerindeki 101 nolu AGİ verileri üzerinde DFY uygulaması, (3.1) ve (3.2) filtre denklemleri, denklem parametresi  $\alpha = 0.925$  alınarak yapılmıştır. Dijital filtrenin ileri yönde geçirilmesi ile  $TAİ=0.68$ , geri yönde geçirilmesi ile  $TAİ=0.52$ , tekrar ileri yönde geçirilmesi ile  $TAİ=0.44$  bulunmuştur. DFY ile elde edilen sonuçlara göre taban akışının ortalaması  $0,93 \text{ m}^3/\text{s}$  bulunmuştur (Tablo 4.3). Maksimum akarsu debisi  $119 \text{ m}^3/\text{s}$  (Tablo 4.2) iken maksimum taban akışı değeri  $8.18 \text{ m}^3/\text{s}$  bulunmuştur. Babaeski AGİ’de DFY ile bulunan taban akışı ve  $TAİ$ ’ye ait istatistikler sırası ile Tablo 4.3 ve Tablo 4.4’te görülmektedir. Çarpıklığın pozitif olduğu ve iç korelasyon değerinin yüksek olduğu görülmektedir.  $TAİ$ ’nin günlük akım verilerinden hesaplanan değerlerinin gözlem süresi boyunca değişimi Şekil 4.3’te verilmiştir. Buna göre  $TAİ$  değerleri 0.4-0.5 arasında salınımlar yapmış ve gözlem süresi sonunda 0.4 gibi bir değer bulunmuştur. Bu da hesaplanan ortalama değer ile hemen hemen aynıdır.

**Tablo 4.3:** Babaeski AGİ verileri DFY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Standart Sapma ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
0.932	1.21	1.30	1.84	0.999

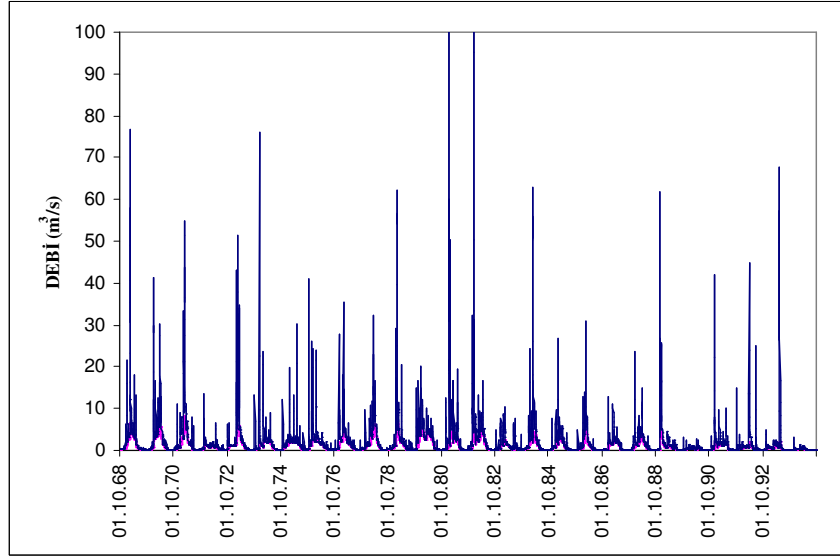
**Tablo 4.4:** Babaeski AGİ DFY  $TAİ$  İstatistikleri

Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.45	0.024	0.447	0.744	0.273

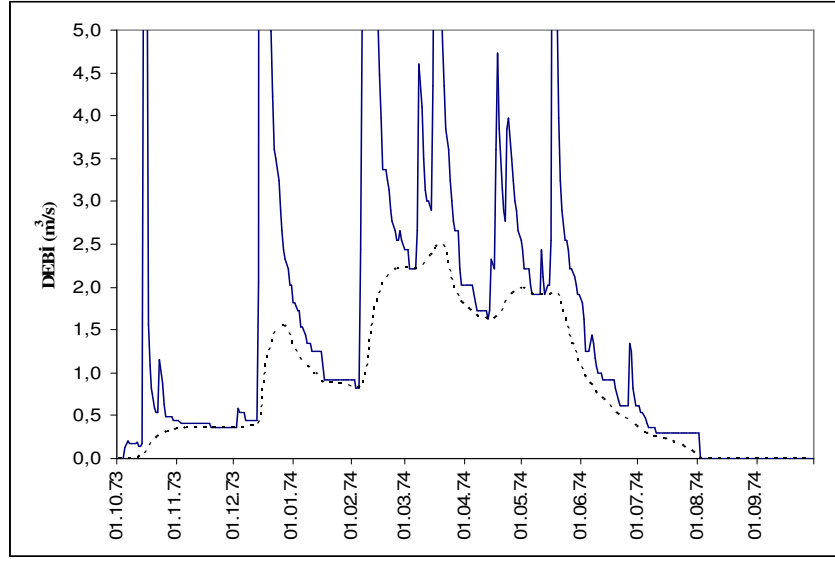


**Şekil 4.3:** Babaeski AGİ DFY TAİ Değerleri

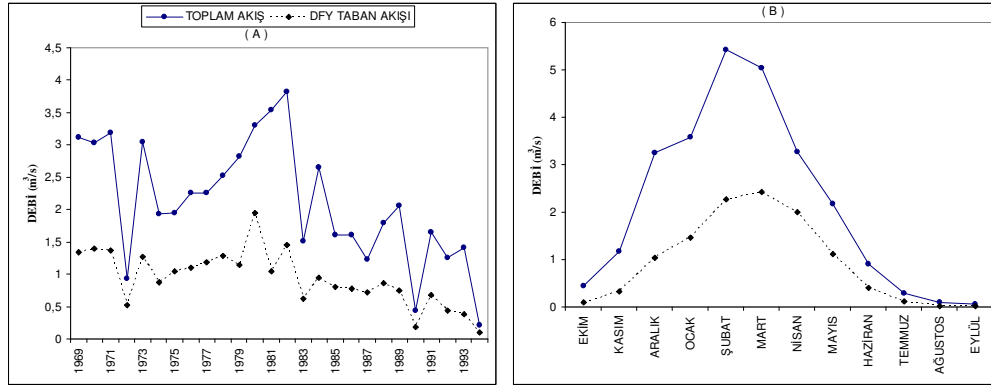
Şekil 4.4'te taban akışı ayrılmış hidrograf görülmekte, daha detaylı bir inceleme için 1974 su yılına ait toplam akış hidrografı ile taban akışı hidrografı verilmiştir. 1974 yılı Ağustos ve Eylül aylarında Şeytan Deresi'nin kuruduğu görülebilir (Şekil 4.5).



**Şekil 4.4:** Babaeski AGİ Toplam Akış ve DFY Taban Akışı



**Şekil 4.5:** Babaeski AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve DFY Taban Akışı Değerleri  
Şeytan Deresi'nin taban akışına ait davranışını incelemek ve taban akışı ile ilgili bir fikir edinebilmek için taban akışı ortalamalarının yıllar ve yıl içinde aylar boyunca değişimleri Şekil 4.6'da verilmiştir.



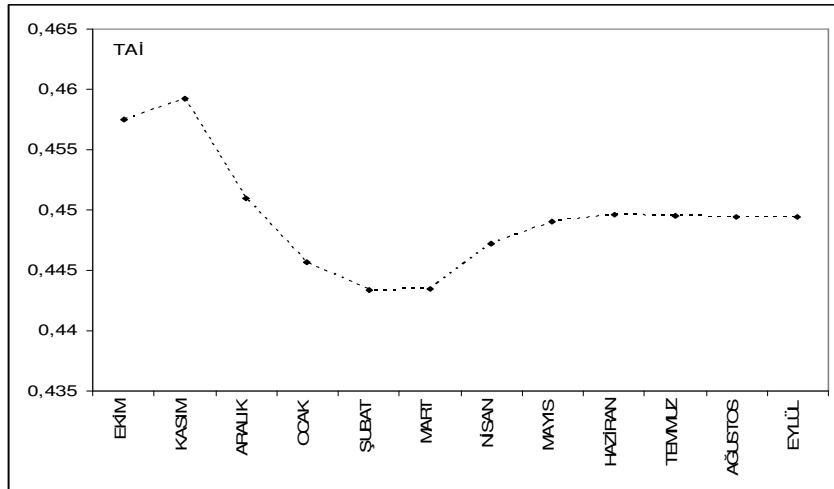
**Şekil 4.6:** Babaeski AGİ'nin DFY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık (B) Ortalama Değerler

Şekil 4.6 incelendiğinde yıllık taban akışı ortalama değerlerinde 1980 yılından sonra bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Buna paralel olarak azalan toplam akış değerlerinin ise 1982 yılından itibaren azalmaya başladığı belirlenmiştir. Aylık ortalamalar incelendiğinde akarsudaki akıma paralel sonbahar ve kış aylarında artan, ilkbahar ve yaz aylarında da azalan taban akışları görülmektedir. Yaz aylarında taban akışının azalması ile akarsuyun kuruma eğilimi gösterdiği de görülebilir. Şekil 4.7

incelendiğinde yıllık TAI değerlerinin 1981 yılından itibaren azalma eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. TAI değerlerinin gözlem süresi boyunca aylara göre davranışının irdelendiği Şekil 4.8'e göre ise Kasım TAI'nin maksimum, Mart minimum olduğu aylar olmuştur. Yaz aylarında TAI'nin hemen hemen sabit bir değerde kaldığı yapılan başka bir gözlemdir.



Şekil 4.7: Babaeski AGİ DFY Yıllık TAI



Şekil 4.8: Babaeski AGİ DFY Aylık TAI

#### 4.5. İHEY Sonuçları

İHEY’de AGİ verileri 5 günlük bloklara ayrılarak taban akışı ayrılmaktadır. Bölüm 3’te belirtildiği üzere çalışmada İHEY dönüm noktası tespitinde kullanılan (3.7) denklemi (3.8) denklemindeki şekli ile kurayan akarsularda kullanılabilir hale getirilmiştir. Yine Bölüm 3’te anlatılan İHEY programı yardımıyla N=3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 20, 30 alınarak İHEY ile bulunan TAI değerleri farklı blok aralıklarında incelenmiştir. Sonuçlar Tablo 4.5’te görülmektedir. DFY ile bulunan TAI değeri doğru kabul edilip karşılaştırma amaçlı kullanılacak olursa, N=8 gün alınarak bulunan TAI değerinin DFY’ye en yakın sonucu verdiği görülmektedir. Bu TAI değerine Optimum TAI değeri denilebilir. Fakat literatürde blok uzunluğunu tespit etmek için havza alanına bağlı (3.8) denklemi kullanılmıştır. Denklem (3.8)’e göre ise Şeytan Deresi havzasında N= 6 günlük blok aralığı kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. N=6 gün alınarak bulunan TAI değeri 0.48’dir. Bu çalışmanın sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir. Ayrıca karşılaştırma için klasik İHEY (N= 5 gün) TAI değeride gösterilmiştir.

**Tablo 4.5:** Babaeski AGİ Verilerinde Farklı Blok Aralıkları ile Bulunan TAI

N (gün)																
DFY	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	30	
	0.44	0.59	0.54	0.50	0.48	0.45	0.45	0.40	0.41	0.38	0.38	0.37	0.35	0.34	0.28	0.22

**Tablo 4.6:** Babaeski AGİ’de İHEY ve DFY TAI Değerleri

Drenaj Alanı (km <sup>2</sup> )	$N=1,6*A^{0,2}$	N (gün)	N=6 TAI	DFY TAI	N=5 TAI	Optimum N (gün)	Optimum TAI
478.4	5.50	6	0.48	0.44	0.50	8	0.45

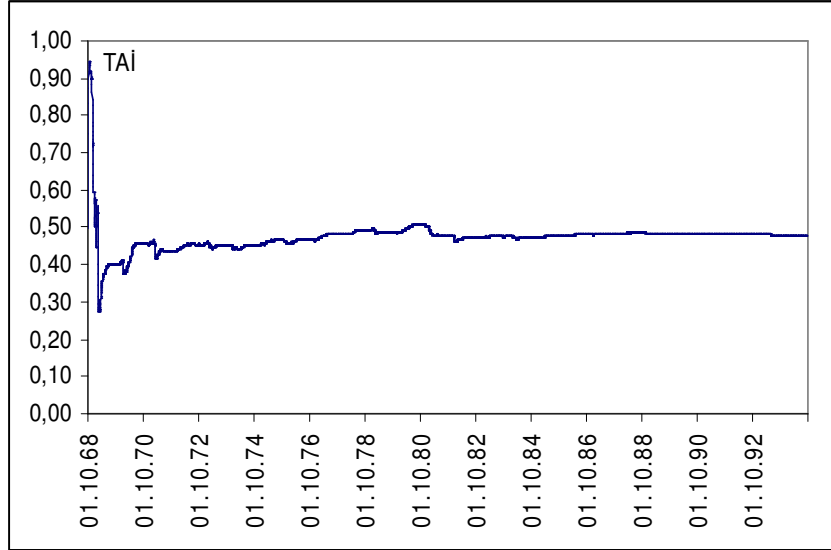
Babaeski AGİ’de İHEY (N= 6 gün) ile bulunan taban akışı ve TAI’ye ait istatistikler sırası ile Tablo 4.7 ve Tablo 4.8’de görülmektedir. Çarpıklığın pozitif olduğu ve iç korelasyon değerinin yüksek olduğu görülmektedir. TAI’nin günlük akım verilerinden hesaplanan değerlerinin gözlem süresi boyunca değişimi Şekil 4.9’da verilmiştir. Buna göre TAI değerleri 0.4-0.5 arasında salınımlar yapmış ve gözlem süresi sonunda 0.48 gibi bir değer bulunmuştur.

**Tablo 4.7:** Babaeski AGİ verileri İHEY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
1.01	1.25	1.24	1.70	0.999

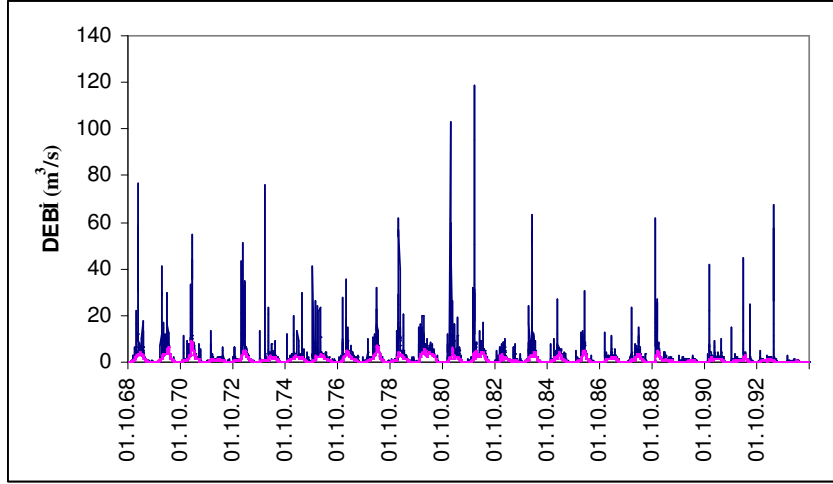
**Tablo 4.8:** Babaeski AGİ verileri İHEY TAİ İstatistikleri

Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.473	0.042	0.476	0.946	0.276

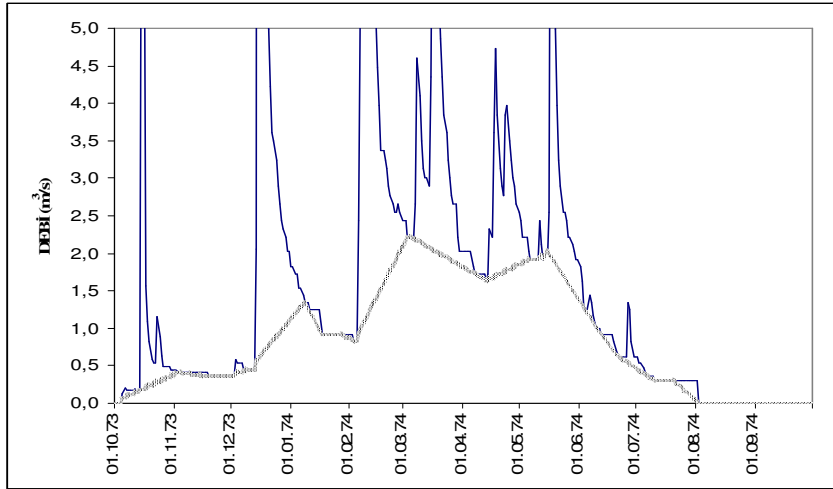


**Şekil 4.9:** Babaeski AGİ İHEY TAİ Değerleri

Şekil 4.10'da taban akışı ayrılmış hidrograf görülmekte, daha detaylı bir inceleme için Şekil 4.11'de 1974 su yılına ait toplam akış hidrografı ile taban akışı hidrografı verilmektedir.

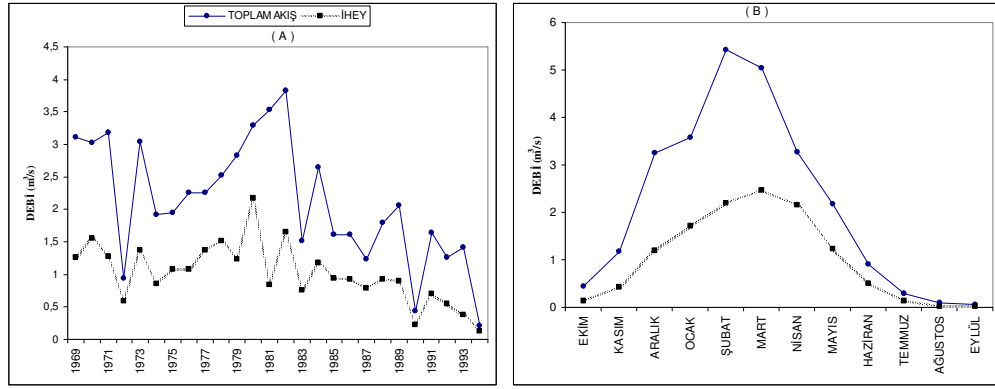


**Şekil 4.10:** Babaeski AGİ Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı



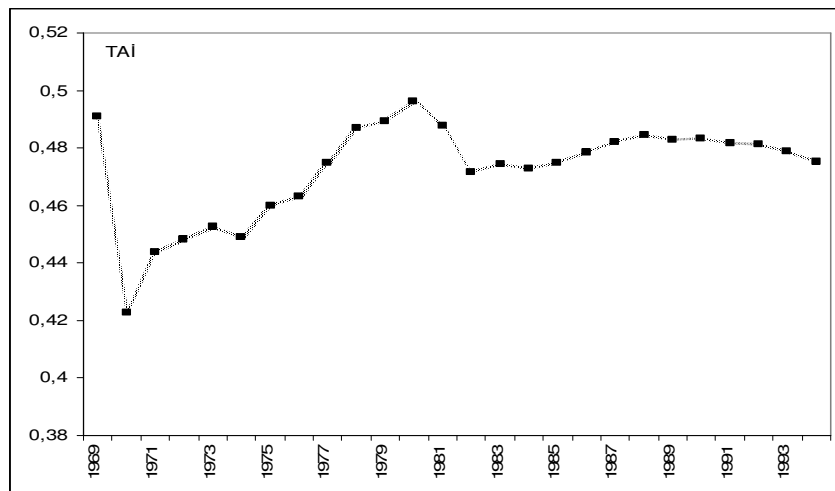
**Şekil 4.11:** Babaeski AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı Değerleri

Bir önceki yöntemde olduğu gibi bu yöntemde de Şeytan Deresi'nin taban akışına ait davranışını incelemek ve taban akışı ile ilgili bir fikir edinebilmek için taban akışı ortalamalarının yıllar ve yıl içinde aylar boyunca değişimleri Şekil 4.12'de verilmiştir.

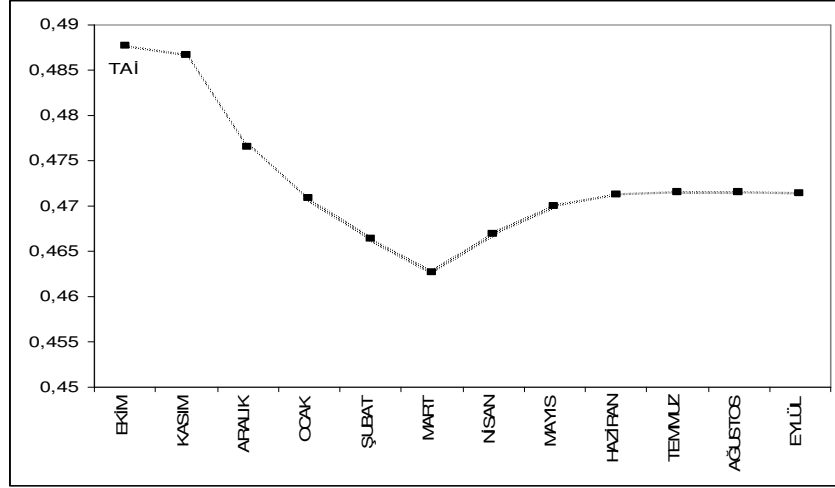


**Şekil 4.12:** Babaeski AGİ'nin İHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler

Şekil 4.12 incelendiğinde yıllık taban akışı ortalama değerlerinde 1980 yılından sonra bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Buna paralel olarak azalan toplam akış değerlerinin ise 1982 yılından itibaren azalmaya başladığı belirlenmiştir. Aylık ortalamalar incelendiğinde akarsudaki akıma paralel sonbahar ve kış aylarında artan, ilkbahar ve yaz aylarında da azalan taban akışları görülmektedir. Yaz aylarında taban akışının azalması ile akarsuyun kuruma eğilimi gösterdiği de görülebilir. Şekil 4.13 incelendiğinde yıllık ortalama TAI değerlerinin 1981 yılından itibaren azalma eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. TAI değerlerinin gözlem süresi boyunca aylara göre davranışının irdelendiği Şekil 4.14'e göre ise Ekim TAI'nin maksimum, Mart minimum olduğu aylar olmuştur. Yaz aylarında TAI'nin sabit bir değerde kaldığı yapılan başka bir gözlemdir.



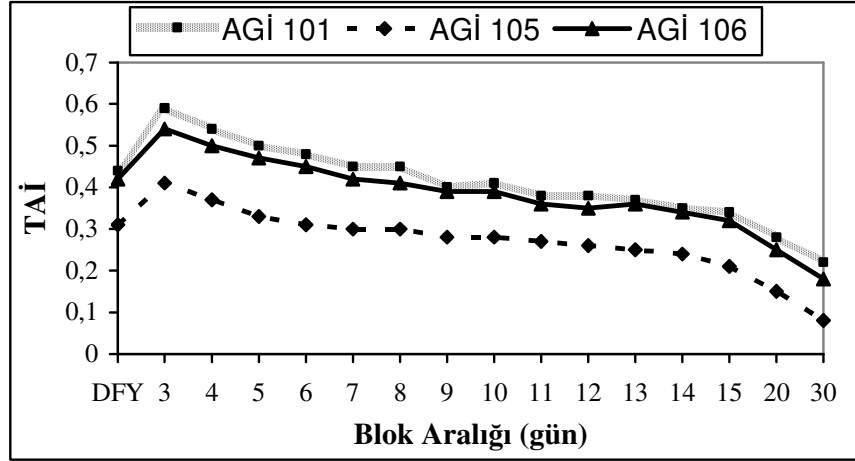
**Şekil 4.13:** Babaeski AGİ İHEY Yıllık TAI



Şekil 4.14: Babaeski AGİ DFY Aylık TAI

#### 4.5.1. Blok Aralığının TAI Üzerinde Etkisi

TAI değerinin blok aralığı arttıkça düştüğü tespit edilmiştir (Tablo 4.5). Şekil 4.15'te blok aralığı ile bulunan TAI değerleri ilişkisi üç AGİ için gösterilmiştir.

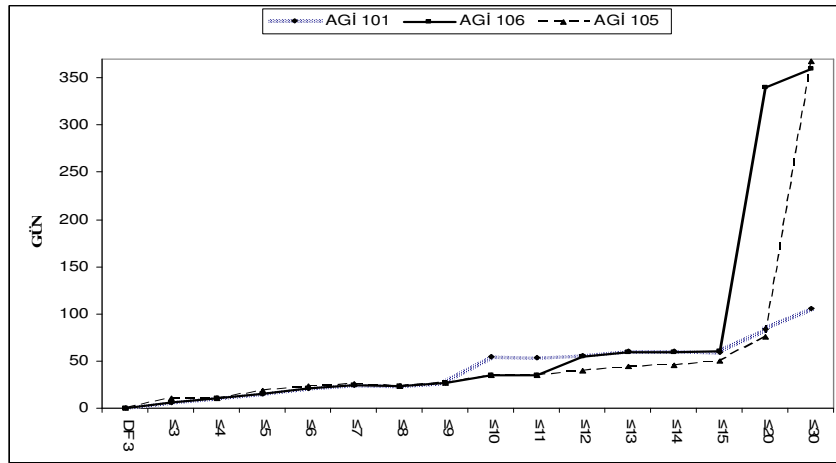


Şekil 4.15: Blok Aralığı ile TAI değişimi

İHEY blok uzunluğuna bağlı olarak TAI belirlemektedir. Blok uzunluğunun TAI üzerindeki etkisi incelenirken zaman serisinin başında ve sonunda meydana gelen veri kaybının da etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla üç gözlem istasyonunda yapılan 45 ayrı İHEY uygulaması incelenmiştir. Şekil 4.16'da İHEY'de seçilen blok uzunluğu ile veri kaybı ilişkisi gösterilmiştir. Üç havza üzerindeki bu inceleme blok uzunluğu ile veri kaybının doğru orantılı olarak artma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Şekil

4.16’da blok uzunluğu 15 günü geçtiğinde veri kaybının ani arttığı gözlenmiş ise de, pratikte böyle bir durumla karşılaşılması çok büyük havzalarda mümkündür. Çünkü blok uzunluğunun 15 gün olabilmesi için havza alanının 70000 km<sup>2</sup>’yi aşması gerekmektedir.

Ayrıca veri kaybının özellikle kırılma noktasını belirleyen denklem (3.7)’deki gibi seçildiğinde ve blok aralığı büyüdüğünde hallerde sonuçları etkileyecek kadar çok olabildiği gözlenmiştir. Bu durum çok büyük havzalarda çalışılırken göz önünde bulundurulmalıdır. Bir örnek verecek olursak 101 nolu AGİ’de İHEY “≤30” uygulamasında 105 günlük veri kaybı olurken aynı havzada İHEY “<30” uygulamasında 1419 günlük veri kaybı olmaktadır. Bu 9496 günlük gözlem verilerinde, sonuçları önemli ölçüde etkileyebilecek bir kayıp miktarıdır. Şekil 4.16’da görüldüğü gibi DFY’de ise veri kaybı olmamaktadır. Bu DFY’nin üstün yanlarından biridir.



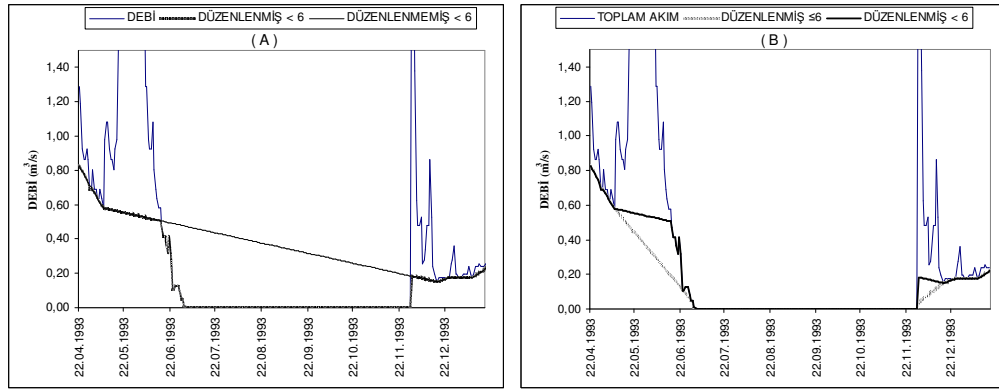
**Şekil 4.16:** İHEY’de Blok Uzunluğu Seçimi İle Veri Kaybı İlişkisi

#### 4.5.2. Kurak Dönemlerde İHEY’in İncelenmesi

Babaeski AGİ verileri incelendiğinde Şeytan Deresinin 1969-1994 yılları boyunca 19 defa kurduğu görülmektedir. Şekil 4.17A’da gözlem yılları boyunca pek çok defa rastlanan bir kurak dönem görülmektedir.

Dönüm noktası tespitinde (3.7) denklemi kullanıldığı zaman akarsuyun kurumamasından önceki son dönüm noktası ile akarsuda kurak dönem bittikten sonraki ilk dönüm noktası arasında dönüm noktası oluşmamıştır. Klasik İHEY’de bu durumda bu iki dönüm noktası birleştirilir. Bu ise taban akışı değerlerinin akarsu

akımını geçmesine neden olmaktadır. Fiziksel olarak anlamsız bu durum, taban akışının toplam akışı geçmesi durumunda toplam akışa eşit alınarak düzenlenmesi ile ortadan kaldırılır. Şekil 4.17B’de düzenlenmiş taban akışı değerleri görülmektedir. Dönüm noktası tespitinde (3.8) denklemi kullanıldığı zaman, kurak dönemlerde (bloklardaki minimum değerler aynı ve sıfır olduğu halde) dönüm noktaları oluşmaktadır. Yani sonuçlar denklem (3.7)’dekine göre daha anlamlı çıkmakta ve taban akışının toplam akımı geçtiği anlamsız durumlarla daha az karşılaşılmaktadır. Şekil 4.17B’de bu karşılaştırma yapılmaktadır. Düzenlenmiş taban akışı değerleri ile çizilen hidrografta, düzenleme etkisinin aradaki farkı azalttığı görülmektedir. Ayrıca (3.7) denklemi ile ayrılan kurak dönem taban akışı hidrografında ani çıkış ve inişler gözlenirken, (3.8) denklemi kullanıldığında kurak devreye girerken taban akışı değerlerinin aniden sıfıra inmediği yavaş yavaş sıfır değerine ulaştığı görülmektedir. Bu durum ilkinde göre daha fazla fiziksel anlam taşımaktadır.



**Şekil 4.17:** Babaeski AGİ Düzenlenmemiş ve Düzenlenmiş Taban Akışı Hidrografları

#### 4.6 RİHEY Sonuçları

İHEY’de akım serisini 5 günlük bloklara ayırma işleminde, bloklandırma işleminin başladığı tarihin değişmesi sonuçlar üzerinde değişikliklere sebep olabilmektedir. Piggott ve diğ. (2005), bu olumsuzluğun önüne geçmek için İHEY’de kullanılan 5 günlük bloklandırma işleminin birer gün atlayarak 5 defa tekrarlanmasını ve bulunan düzenlenmiş taban akışı verilerinin ortalamasının alınmasını önermiştir. Bu yeni yaklaşım (RİHEY) ile taban akışı değerleri öznellikten kurtulmuş, böylece bloklamaya başlanan tarihten bağımsız hale gelmiştir. Tabii ki Piggott ve diğ. (2005), İHEY’de bloklandırma uzunluğu 5 gün olduğu için, işlemi 5 defa tekrarlamıştır. Bu çalışmada RİHEY Babaeski AGİ verileri için 6, Uzunköprü AGİ için 10, Hayrabolu AGİ için 7 defa gün atlanarak işletilmiştir.

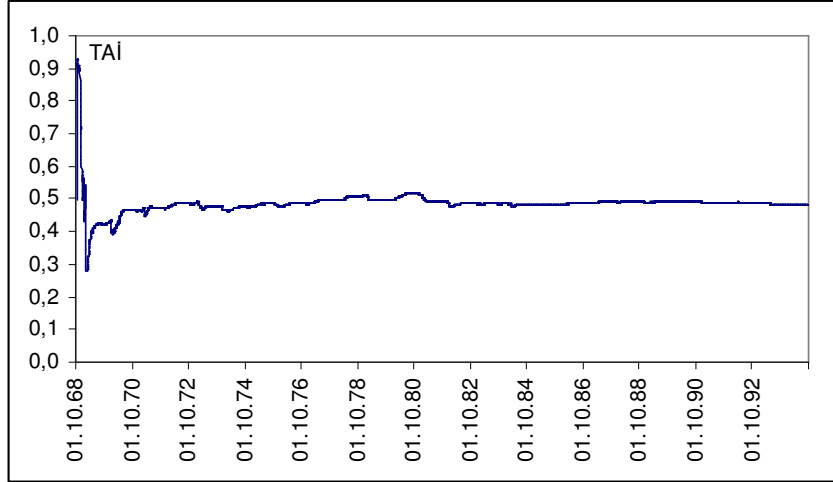
Babaeski AGİ’de RİHEY (N= 6 gün) ile bulunan taban akışı ve TAİ’ye ait istatistikler sırası ile Tablo 4.9 ve Tablo 4.10’da görülmektedir. Çarpıklığın pozitif ve otokorelasyon değerinin yüksek olduğu görülmektedir. TAİ’nin günlük akım verilerinden hesaplanan değerlerinin gözlem süresi boyunca değişimi şekil 4.18’de verilmiştir. Buna göre TAİ değerleri diğer yöntemlerde olduğu gibi 0.4-0.5 arasında salınımlar yapmış ve gözlem süresi sonunda 0.48 gibi bir değer bulunmuştur. Bu sonuç İHEY ile bulunan TAİ değerinin aynıdır. Uygulamada İHEY ve RİHEY ile bulunan TAİ değerleri aradaki fark ihmal edilecek kadar yakın çıkmaktadır. RİHEY’i farklı kılan İHEY’de başlangıç tarihinin keyfi seçilmesinden kaynaklanabilecek öznelğin giderilmesidir.

**Tablo 4.9:** Babaeski AGİ verileri RİHEY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
1.02	1.26	1.24	1.79	0.999

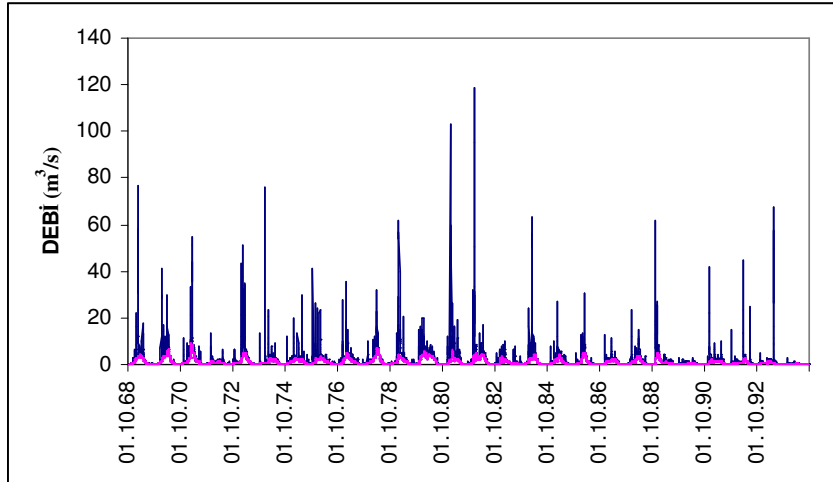
**Tablo 4.10:** Babaeski AGİ verileri RİHEY TAİ İstatistikleri

Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.49	0.037	0.487	0.928	0.281

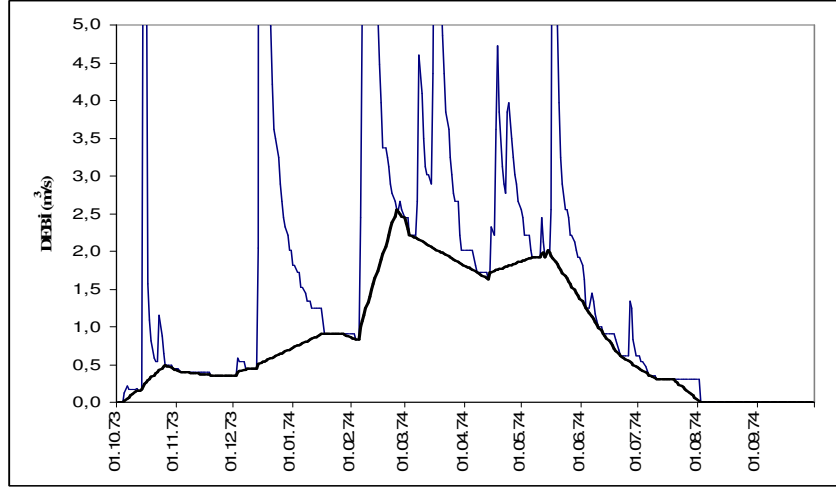


**Şekil 4.18:** Babaeski AGİ RİHEY TAI Değerleri

Şekil 4.19’da taban akışı ayrılmış hidrograf görülmekte, daha detaylı bir inceleme için Şekil 4.20’de 1974 su yılına ait toplam akış hidrografı ile taban akışı hidrografı verilmektedir.

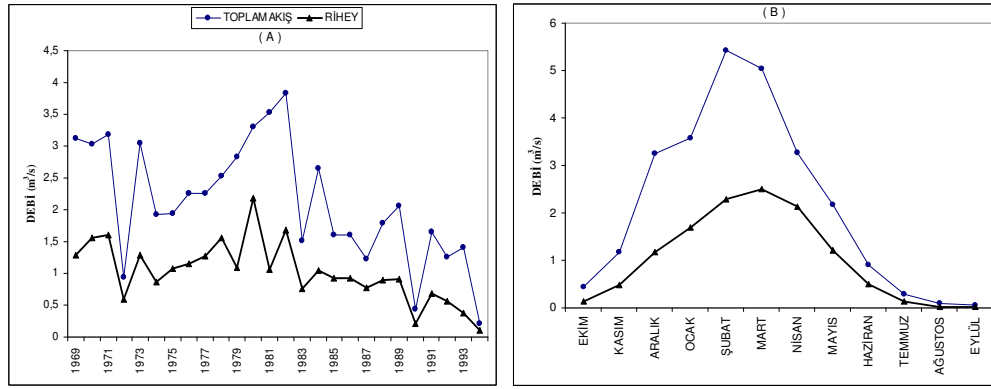


**Şekil 4.19:** Babaeski AGİ Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı



**Şekil 4.20:** Babaeski AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı Değerleri

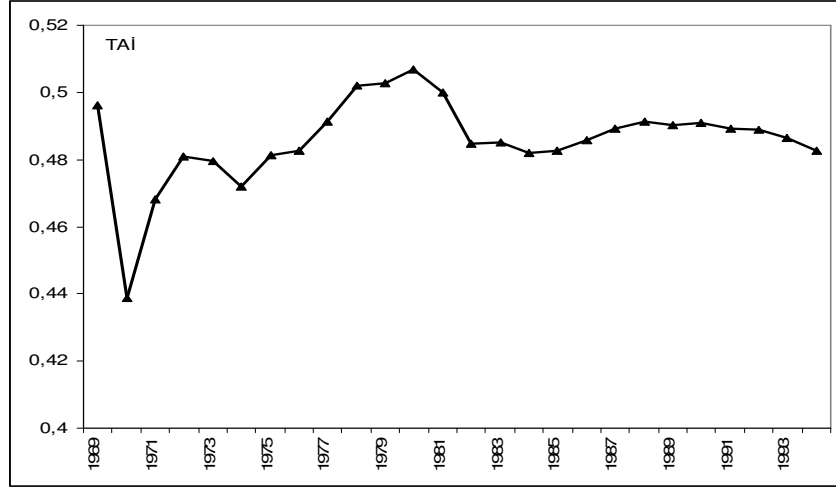
Şeytan Deresi'nin bu yöntemle ayrılan taban akışına ait davranışını incelemek ve taban akışı ile ilgili bir fikir edinebilmek için taban akışı ortalamalarının yıllar ve yıl içinde aylar boyunca değişimleri Şekil 4.21'de verilmiştir



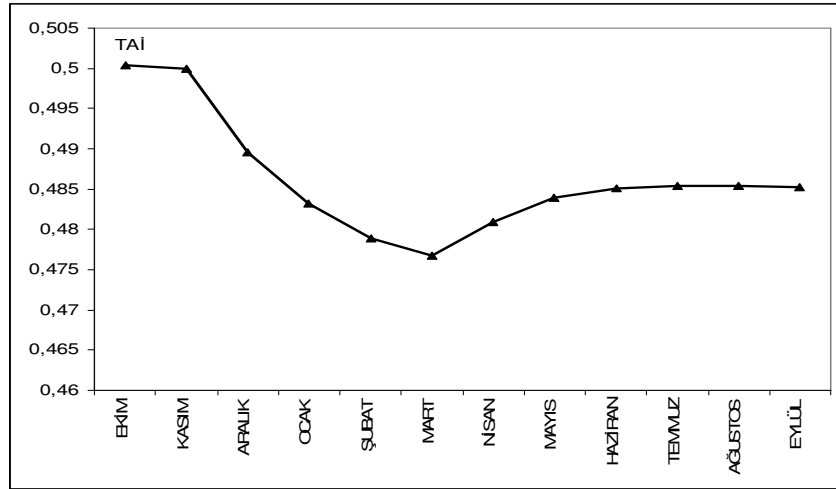
**Şekil 4.21:** Babaeski AGİ'nin RİHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık (B) Ortalama Değerler

Şekil 4.21 incelendiğinde yıllık taban akışı ortalama değerlerinde yine diğer yöntemlerde olduğu gibi 1980 yılından sonra bir azalma eğilimi olduğu görülmektedir. Buna karşın toplam akış değerlerinin ise 1982 yılından itibaren azalmaya başladığı belirlenmiştir. Aylık ortalamalar incelendiğinde akarsudaki akıma paralel sonbahar ve kış aylarında artan, ilkbahar ve yaz aylarında da azalan taban akışları görülmektedir. Yaz aylarında taban akışının azalması ile akarsuyun kuruma eğilimi gösterdiği de görülebilir. Şekil 4.22 incelendiğinde yıllık ortalama

TAİ değerlerinin 1981 yılından itibaren azalma eğilimi gösterdiği anlaşılmaktadır. TAİ değerlerinin gözlem süresi boyunca aylara göre değişiminin irdelendiği Şekil 4.23'e göre ise Ekim ayında TAİ maksimum, Mart ayında ise minimum olmuştur. Yaz aylarında TAİ'nin sabit bir değerde kalması diğer yöntemlerde olduğu gibi bu yöntemde de gözlenmiştir.



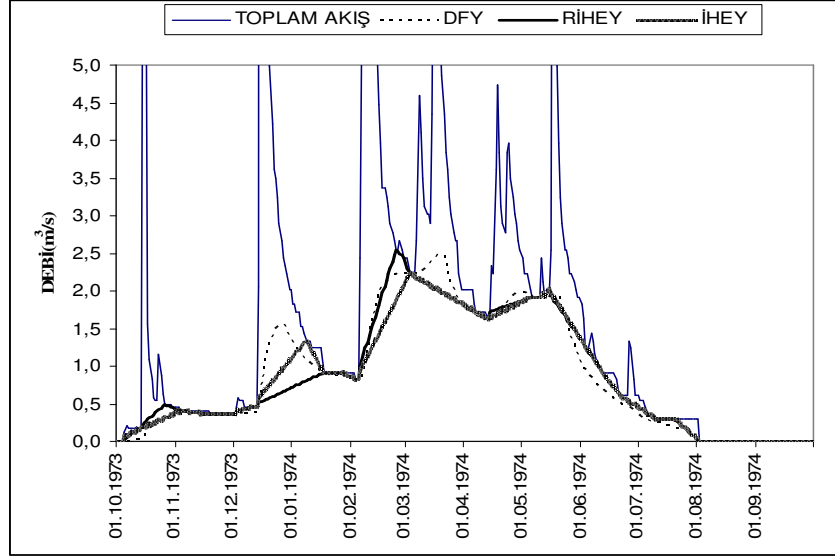
Şekil 4.22: Babaeski AGİ RİHEY Yıllık TAİ



Şekil 4.23: Babaeski AGİ RİHEY Aylık TAİ

#### 4.7 Yöntemlerin Karşılaştırılması

Bu bölümde çalışmada kullanılan üç yöntemin sonuçları karşılaştırılacaktır. Şekil 4.24 1974 yılı verileri üzerinde taban akışının ayrılmasını göstermektedir. Daha önce söylendiği üzere 1974 yılında Ağustos-Eylül aylarında iki aylık bir kurak dönem oluşmuştur. İHEY ve RİHEY’de yapılan doğrusal enterpolasyonun taban akışı hidrografında keskin hatlar meydana getirdiği, DFY kullanıldığında ise diğerlerine göre daha yumuşak taban akışı hidrografı olduğu Şekil 4.24’te görülebilir. Ayrıca İHEY ve RİHEY taban akışı hidrograflarının zaman serisinin büyük kısmında örtüşükleri görülebilmektedir.



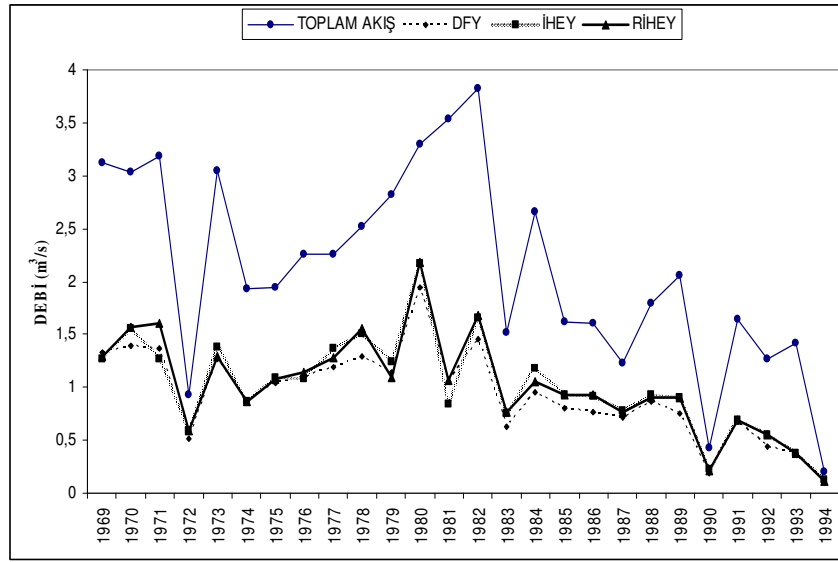
**Şekil 4.24:** Babaeski AGİ 1974 Su Yılı Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması

Gözlem süresi boyunca yapılan uygulamalarda, İHEY ve RİHEY ile bulunan taban akışının DFY taban akışı değerlerine göre büyük çıkma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Tablo 4.3, 4.7 ve 4.9'dan oluşturulan Tablo 4.11 üç yöntemle bulunan taban akışı verilerine ait istatistikleri vermektedir. Buna göre üç yöntemin de belirlediği taban akışı değerleri pozitif yönde çarpık ve otokorelasyon katsayıları yüksektir. Yukarıda anlatıldığı gibi DFY ile hesaplanan taban akışı ortalama değeri diğer iki yöntem ile belirlenen taban akışından küçüktür.

**Tablo 4.11:** Babaeski AGİ Verileri Taban Akışı İstatistikleri Karşılaştırılması

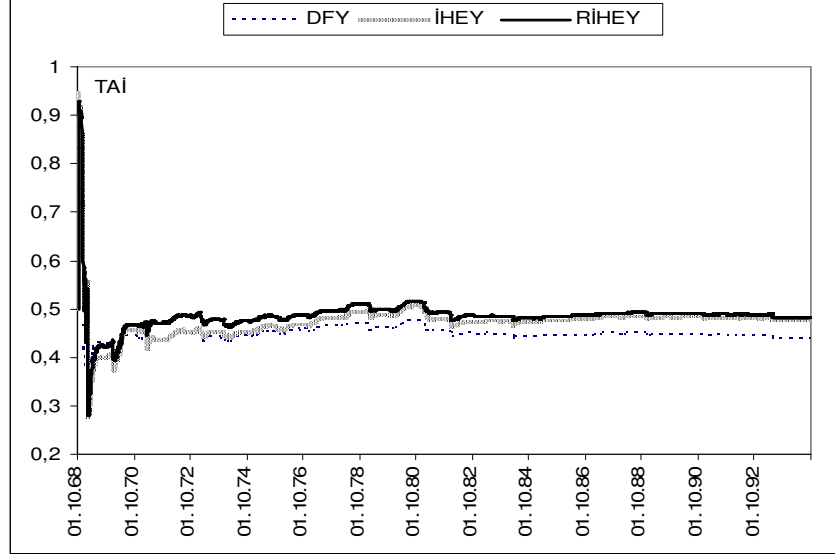
101	Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
DFY	0.93	1.21	1.30	1.84	0.999
İHEY	1.01	1.25	1.24	1.70	0.999
RİHEY	1.02	1.26	1.24	1.79	0.999

Şekil 4.25'te gözlem süresi boyunca Şeytan Deresi toplam akış hidrografından taban akışının ayrılmasında bulunan yıllık taban akışı ortalamalarına göre üç yöntemin karşılaştırılması yapılmıştır. İHEY ve RİHEY'de havza alanına uygun altı günlük blok uzunluğu seçilmiştir. Yıllık taban akışı ortalamalarında üç yöntem de birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Taban akışı ortalamasında 1980'den itibaren bir azalmanın olduğu, buna paralel olarak Şeytan Deresi'nin 1983 yılından itibaren kuruma eğilimine girdiği tespit edilmiştir.



**Şekil 4.25:** Babaeski AGİ Yıllık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması

Şekil 4.26’da DFY, İHEY ve RİHEY ile elde edilen TAİ değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir. Gözlem süresi boyunca İHEY ve RİHEY, DFY’ye göre daha düşük TAİ değerleri vermiştir.



**Şekil 4.26:** Babaeski AGİ TAİ Karşılaştırılması

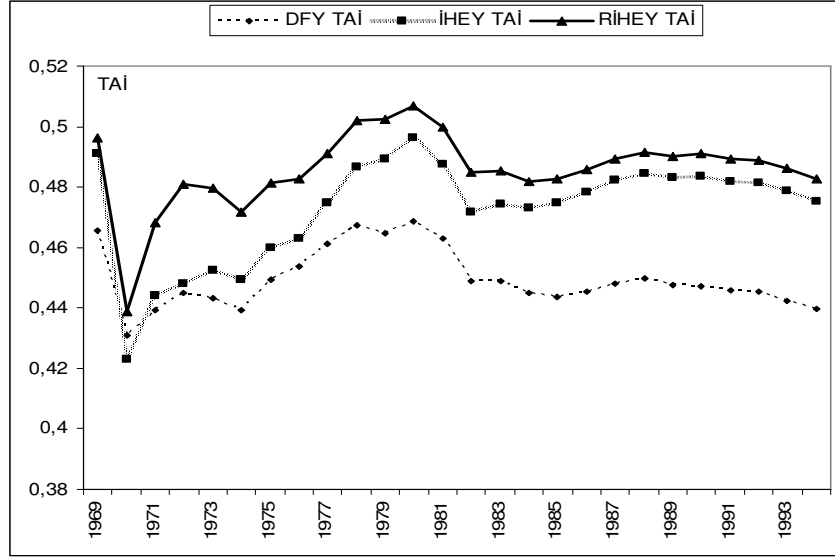
Gözlem süresi boyunca hesaplanan TAİ değerlerinin incelenmesi sonucunda elde edilen ve önceden Tablo 4.4, 4.8 ve 4.10’da ayrı ayrı verilen istatistikler Tablo 4.12’de topluca verilmiştir.

**Tablo 4.12:** Babaeski AGİ Verileri TAİ İstatistikleri Karşılaştırılması

	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
101					
DFY	0.450	0.024	0.447	0.744	0.273
İHEY	0.473	0.042	0.476	0.946	0.276
RİHEY	0.486	0.037	0.486	0.928	0.281

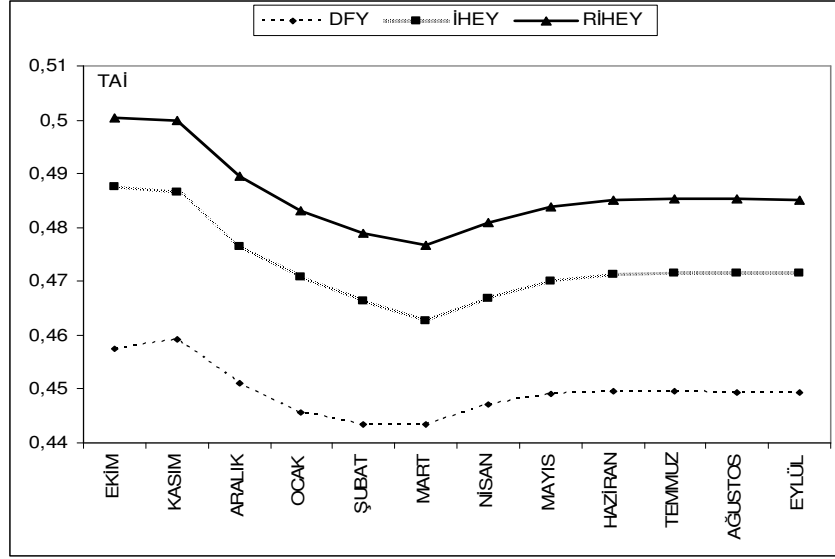
Tablo 4.12 incelendiğinde gözlem süresi boyunca taban akışı ortalama değerinin üç yöntemde birbirine yakın çıktığı ve havzada toplam akımın yarıya yakınının taban akışından sağlandığı görülebilmektedir. Şekil 4.27 bu yöntemlerle bulunan TAİ’nin yıllık ortalamalarının karşılaştırmaktadır. Görüldüğü gibi 1990 yılı dışında en düşük TAİ ortalaması DFY tarafından belirlenmiştir. RİHEY TAİ ortalamalarının çok farklı değilse bile İHEY’den büyük çıktığı görülmektedir. Gözlem süresi boyunca üç yöntemle bulunan TAİ ortalama değerlerinin 0.42-0.5 aralığında olduğu göz önünde

bulundurulacak olursa, TAI ortalamalarında görülen fark aslında önemsenmeyecek kadar küçüktür. Yıllar boyunca ortalama akım miktarının azaldığı 1980 yılından itibaren TAI ortalama değerinin İHEY ve RİHEY’de biraz artarak kararlı hale geldiği, buna karşın DFY’de bir azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.



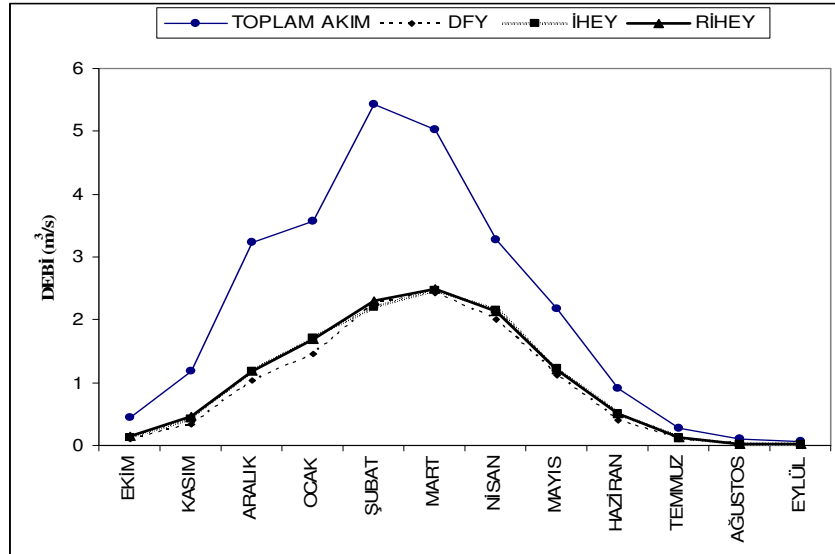
**Şekil 4.27:** Babaeski AGİ Yıllık TAI Karşılaştırılması

Şeytan Deresi’nde akımın hangi aylarda, hangi oranlarda taban akışıyla karşılandığı hakkında bir fikir edinebilmek için havzadaki taban akışı indeksinin aylara göre değişimi Şekil 4.28’de verilmiştir. Üç yöntemle bulunan aylık taban akışı indeksi ortalamaları benzer davranış sergilemiştir. Şekil 4.28’de Kasım-Mart döneminde TAI’de azalma olması, kurak geçen yaz aylarından sonra zeminin doyumluğa ulaşana kadar yeraltı suyunu tutması ile kısmen açıklanabilir. Zemin doyumluğa ulaşana kadar akarsudaki akımın çoğunluğu dolaysız akıştan sağlanmaktadır. Mart ayından sonra ise doyumluğa ulaşan zemine sızan su taban akışı olarak doğrudan akarsuyu beslemeye başladığı için akarsuyun beslenmesinde taban akışının etkisi artmaktadır. Yaz aylarında ise taban akışı indeksi ortalamalarının sabit olması, akarsuyun doğrudan taban akışı ile beslendiğinin bir göstergesi olarak sunulabilir.



Şekil 4.28: Babaeski AGİ Aylık TAI Karşılaştırılması

Şekil 4.28 ve Şekil 4.29 beraber incelenecek olursa, taban akışının dolayısı ile akarsu debisinin yüksek olduğu sonbahar-kış dönemlerinde (Ekim-Mart arası) TAI'nin azaldığı görülmektedir. Bu durum kuruyan havzalarda düşük akım şartlarının geçerli olduğu yaz aylarında akışın önemli ölçüde taban akışından kaynaklandığı anlamına gelir.



Şekil 4.29: Babaeski AGİ Aylık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması

## 5. SONUÇLAR

Kuruyan akarsuların bulunduğu Ergene Nehri Havzası'nda taban akışının ayrılmasına yönelik yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir. Sonuçlar, seçilen taban akışı ayırma yöntemleri ve çalışma yapılan uygulama alanı ile ilgilidir.

Küresel ısınmanın hızla arttığı bir dünyada düşük akım çalışmaları ve kurak havzalarda akarsuyu besleyen en önemli su kaynağı olan taban akışının tespiti önem kazanmaktadır. Taban akışının toplam akıştan ayrılması Bölüm-2'de değinildiği gibi Türkiye'de hemen hemen hiç üzerinde durulmamış bir konudur. Türkiye'de taban akışını ayırmak için hali hazırda kullanılan genel geçer ve kesin sonuçlar veren bir yöntem bulunmamaktadır. Konunun önemi itibariyle araştırmacıların bu konuya eğilmeleri beklenmektedir.

Bu çalışmada, literatürde kabul görmüş üç yöntem kullanılarak taban akışı ayırma çalışması yapılmıştır. Bu yöntemler DFY, İHEY ve RİHEY'dir. İHEY ve RİHEY literatürde tavsiye edildiği üzere kuruyan akarsularda kullanılacak şekilde değiştirilmiştir. Ayrıca İHEY ve RİHEY'de havza alanına bağlı olarak hesaplanan farklı blok uzunlukları ile çalışılmıştır. DFY ile hesaplanan taban akışı değerleri gerçek kabul edilerek kullanılan taban akışı ayırma yöntemleri ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Üç istasyonda kullanılan yöntemlerle ayrılan taban akışının ardından Taban Akışı indeksleri elde edilmiştir. Çalışmada İHEY'i otomatikleştirmeye yarayan Delphi tabanlı bir program geliştirilmiştir.

Yöntemlere özgü aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- 1) İHEY, RİHEY ve DFY birbirine yakın sonuçlar vermiştir. İHEY’de havza alanına bağlı olarak seçilen blok uzunluğu kullanıldığında DFY’ye daha yakın taban akışı elde edilmiştir.
- 2) Yöntemler birbirlerine yakın taban akışı sonuçları verse de, İHEY ve RİHEY ile bulunan taban akışının DFY taban akışı değerlerine göre büyük çıkma eğiliminde olduğu belirlenmiştir.
- 3) İHEY ile elde edilen taban akışı değerleri RİHEY ile elde edilen taban akışı değerlerine çok yakın bulunmuştur. İki yöntemin hem TAI hem de istatistik özellikleri, birbirine çok yakındır. RİHEY, İHEY revize edilerek sunulan bir yöntem olmakla birlikte İHEY’den çok farklı sonuçlar vermemektedir.
- 4) RİHEY ve İHEY’le karşılaştırıldığında DFY’deki, debi gidiş çizgilerinin yükselme eğrileri, çekilme eğrileri ve pik noktalardaki keskin olmayan hatlar taban akışının doğadaki yavaş hareketine benzer karakterler çizmektedir.
- 5) İHEY ve RİHEY’de blok uzunluğu arttıkça kullanılamayan veri miktarı artmaktadır.
- 6) İHEY kuruyan akarsularda kullanıldığında değiştirilerek kullanılması gerektiği ortaya konmuştur. Böylelikle İHEY’de sık karşılaşılan taban akışının toplam akıştan büyük çıkması ile ilgili sorun önemli ölçüde azalmıştır.

Uygulama alanı ile ilgili elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

- 1) Taban akışı ortalamasında 1980’den itibaren bir azalmanın olduğu, buna paralel olarak havzanın 1983 yılından itibaren kuruma eğilimine girdiği tespit edilmiştir.
- 2) Akarsu akımının arttığı sonbahar-kış döneminde TAI değerlerinin azaldığı, akımın azalmaya başladığı dönemde TAI’nin arttığı ve nihayet akarsuyun

kuruduğu yaz aylarında TAI'nin hemen hemen sabit kaldığı anlaşılmıştır. Buradan kuruyan havzalarda akarsuyu besleyen kaynaklar arasında taban akışının daha fazla önem kazandığı sonucuna varılmıştır.

- 3) Havzada sonbahar ve kış mevsimlerinde TAI'nin azalması, kurak geçen yaz aylarından sonra zeminin doyunluğa ulaşana kadar yeraltı suyunu tuttuğunu göstermektedir. Zemin doyunluğa ulaşana kadar akarsudaki akımın çoğu dolaysız akıştan sağlanmaktadır. Kış mevsiminden sonra doyunluğa ulaşan zemindeki su taban akışı olarak akarsuyu beslemeye başladığı için akarsuyun beslenmesinde taban akışı oranı artmaktadır. Yaz aylarında ise taban akışı indeksi ortalamalarının hemen hemen sabit olması, akarsuyun düzenli bir şekilde taban akışı ile beslendiğini ifade etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy, H.**, 1998. Kuruyan Akarsuların Günlük Akımlarının Modellenmesi, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Aksoy, H., Bayazit M.**, 2000. A model for daily flows of intermittent streams, *Hydrological Processes*,14, 1725-1744.
- Aksoy, H., Wittenberg H.**, 2001. Jahreszeitliche Veränderung der Trockenwetterganglinie -Fallstudie für einen Fluss im europäischen Teil der Türkei, *Wasserwirtschaft*, 91(1), 38-41.
- Aksoy, H., Bayazit, M., Wittenberg, H.**, 2001. Probabilistic approach to modeling of recession curves, *Hydrological Sciences Journal*, 46(2), 269-285.
- Arnold, J.G., Allen, P.M.**, 1999. Automated Methods for Estimating Baseflow and Ground Water Recharge from Streamflow Records, *Journal of the American Water Resources Association*, 35 (2), 411-424.
- Barnes, B. S.**, 1939. The structure of discharge-recession curves, *Eos Trans. AGU*, 20, 721-725.
- Bayazit, M.**, 1991. Hidroloji, Genişletilmiş Beşinci Baskı, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Boussinesque, J.**, 1877. Essai sur la theories des eaux courantes, Memoires presents par divers savants a l'Academic des Sciencede l'Institut National de France. Tome XXIII, No. 1.
- Brodie, R.S., Hostetler, S. and Bleys, E.**, 2003. Inventory of water data standards, protocols and Infrastructure. Report to the Executive Steering Committee for Australia's Water Resource Information (ESCAWRI).Bureau of Rural Sciences, Canberra
- Bulu, A.**, 1998. Düşük akım hidrolojisi, II. Ulusal Hidroloji Kongresi, İ.T.Ü, İstanbul, s. 61-62.
- Chapman, T.G.**, 1991. Comment on evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses, by RJ Nathan and TA McMahon. *Water Resources Research*, 27(7), 1783-1784

- Chapman, T.G. and Maxwell, A.I., 1996.** Baseflow separation – comparison of numerical methods with tracer experiments. Institute Engineers Australia National Conference. Publ. 96/05, 539-545.
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W., 1988.** Applied Hydrology, McGraw Hill Book Company, New York.
- Cooper, H.H., Rorabaugh, M.J., 1963.** Groundwater movements and bank storage due to flood stages in surface stream. US Geological Survey Water Supply Paper 1536-J, pp. 343–366.
- Dickinson, W.T., Holland, M.E. and Smith, G.L., 1967.** An Experimental rainfall-runoff facility, *Hydrol. Pap.* 25,81 pp., Colo. State Univ., Fort Collins.
- Dumlu, O. ve Bozkurtoğlu, E., 1998.** Baz akımı analizlerinde toplam ve ortalama değerin tahmini, II. Ulusal Hidroloji Kongresi, İTÜ, İstanbul, s. 90-96.
- Eckhardt, K., 2005.** How to construct recursive digital filters for baseflow separation. *Hydrological Processes* 19, 507-515.
- Gleick, P.H., 1996.,** State of the World's Water and the Implications for the Western United States. Global Change Electronic Edition.
- Hall, A.J., 1971.** Baseflow recessions and baseflow hydrograph separation problem. Proceedings of the Hydrology Symposium, Institution of Engineers, Australia, Canberra, pp. 159–170.
- Hall, F.R., 1968.** Base Flow Recessions -A Review, *Water Resour. Res.*, 4 (5), 973-983
- Hisdal, H., Clausen, B., Gustard, A., Peters, E., Tallaksen, L. M., 2003.** Event definitions and indices, *Chapter 5 in Hydrological Drought*, 2nd Draft Elsevier.
- Ineson, J. and Downing, R.A., 1964.** The ground-water component of river discharge and its relationship to hydrogeology: *Journal of the Institution of Water Engineers*, v. 18, no. 7, p. 519-541.
- Institute of Hydrology, 1980.** Low flow studies research report, *Report No=1*.
- Klaassen, B., Pilgrim, D.H., 1975.** Hydrograph recession constants for New South Wales streams. *Inst. Engng Civil Engng Trans.* CE17, 43–49.
- Kurt, İ., 2007.** Filtre Edilmiş Yuvarlatılmış Minimumlar Taban Akışı ayırma Yöntemi. İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi.
- Lacey, G.C. and Grayson, R.B., 1998.** Relating baseflow to catchment properties in south-eastern Australia. *J. Hydrol.* 204, 231–250.

- Linsley, R. K., Jr., Kohler, M. A., and Paulhus, J. L. H.,** 1949. Applied Hydrology, McGraw-Hill, pp 399-400.
- Lyne, V. and Hollick, M.,** 1979. Stochastic time-variable rainfall-runoff modelling. Institute of Engineers Australia National Conference. Publ. 79/10, 89-93.
- Memon, B. A.,** 1995. Quantitative Analysis of Springs. Environmental Geology, 26, 111-120.
- Nathan, R.J., McMahon, T.A.,** 1990. Evaluation of Automated Techniques for Base Flow and Recession Analyses, *Water Resour. Res.*, 26 (7), 1465-1786.
- Nutbrown, D.A., and Downing, R.A.,** 1976. Normal-mode analysis of the structure of baseflow-recession curves: Journal of Hydrology, v. 30, p. 327-340.
- Piggott A.R., Moin S., Southam, C.,** 2005. A revised approach to the UKIH method for the calculation of baseflow, *Hydrol. Sci. J.*, 50 (5), 911-920.
- Sharma, M. L.,** 1989. Groundwater Recharge. A. A. Balkema, Brookfield, Vermont, 323 pp.
- Sloto, R.A. and Crouse, M.Y.,** 1996. HYSEP: A computer program for streamflow hydrograph separation and analysis. US Geological Survey, Water Resources Investigations Report 96-4040
- Şeker, S. ve Harmacıoğlu, N.,** 1997. Küresel iklim değişikliklerinin akarsu havza ölçeğinde irdelenmesi, Meteorolojik karakterli Doğal Afetler Sempozyumu Bildiriler kitabı, s.312-323
- Tallaksen, L. M.,** 1987. An evaluation of the baseflow index (BFI), Rapportserie: HYDROLOGI, Rapport nr. 16, Universitetet i Oslo.
- Werner, P.W., Sundquist, K.J.,** 1951. On the groundwater recession curve for large watersheds. IAHS General Assembly, Brussels, IAHS Publ. 33, pp. 202-212
- Wittenberg H.,** 1999. Baseflow recession and recharge as nonlinear storage processes, *Hydrological Processes*, 13, 715-726.
- Wittenberg H., Sivapalan M.,** 1999. Watershed groundwater balance estimation using streamflow recession analysis and baseflow separation, *Journal of Hydrology*, 219, 20-33.
- Yolcubal, İ.,** 2004. Güz Yarıyılı Hidrojeoloji Ders Notları

## EK A

### ERGENE NEHRİ 105 NOLU UZUNKÖPRÜ AKIM GÖZLEM İSTASYONU BULGULARI

#### A.1 Ergene Nehri 105 nolu Uzunköprü AGİ İstatistik özellikleri

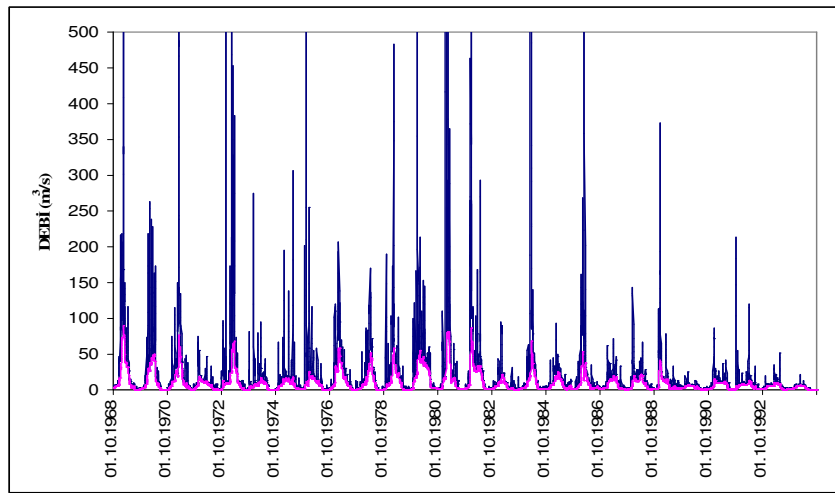
**Tablo A.1:** 105 Nolu Uzunköprü AGİ Özellikleri

Akarsu-İstasyon	Coğ. Koordinat		Kot (m)	Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> )
	Doğu	Kuzey		
Ergene Nehri - Uzunköprü	26° 40' 15"	41° 15' 50"	10	10594.8

**Tablo A.2:** Uzunköprü AGİ Hesaplanan İstatistikler

Ort. Debi (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma	Değişim Katsayısı	Otokor. Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	En Büyük Değer (m <sup>3</sup> /s)	En Küçük Değer (m <sup>3</sup> /s)
4.03	13.47	3.34	0.55	16.84	614	0

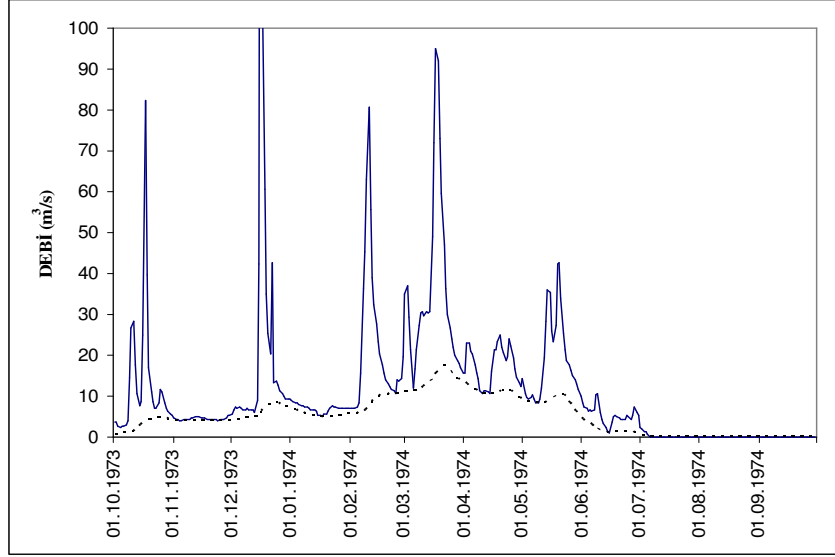
#### A.2. DFY ile Taban Akışını Ayırma



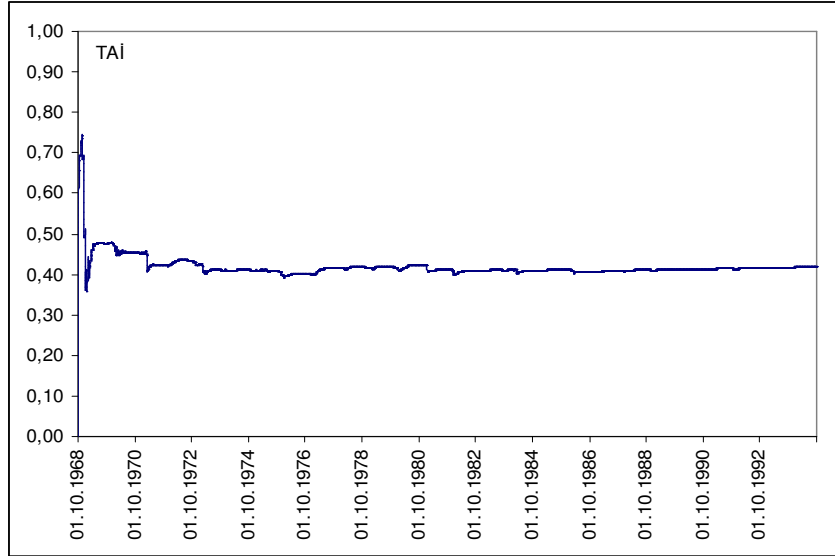
**Şekil A.1:** Uzunköprü AGİ Toplam Akış ve DFY Taban Akışı

**Tablo A.3:** Uzunköprü AGİ verileri DFY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
9.74	13.43	0.05	2.59	0.999



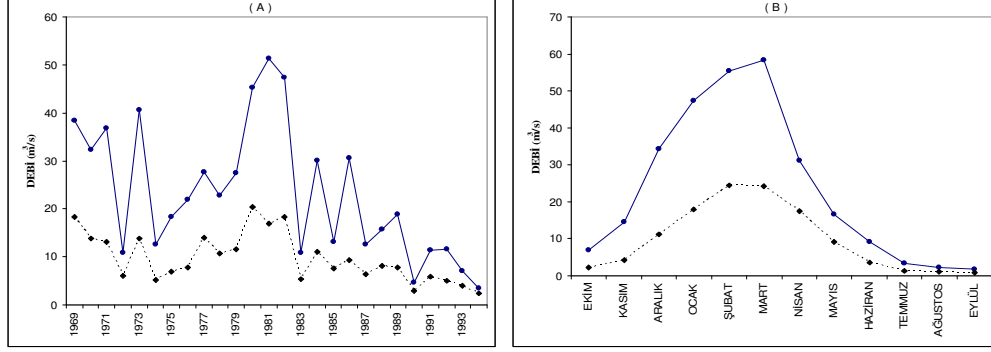
**Şekil A.2:** Uzunköprü AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve DFY Taban Akışı Değerleri



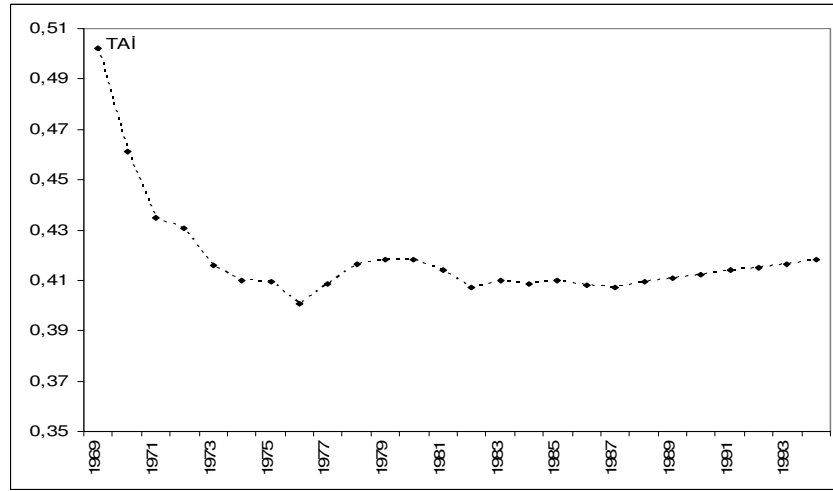
**Şekil A.3:** Uzunköprü AGİ DFY TAI Değerleri

**Tablo A.4:** Uzunköprü AGİ DFY TAI İstatistikleri

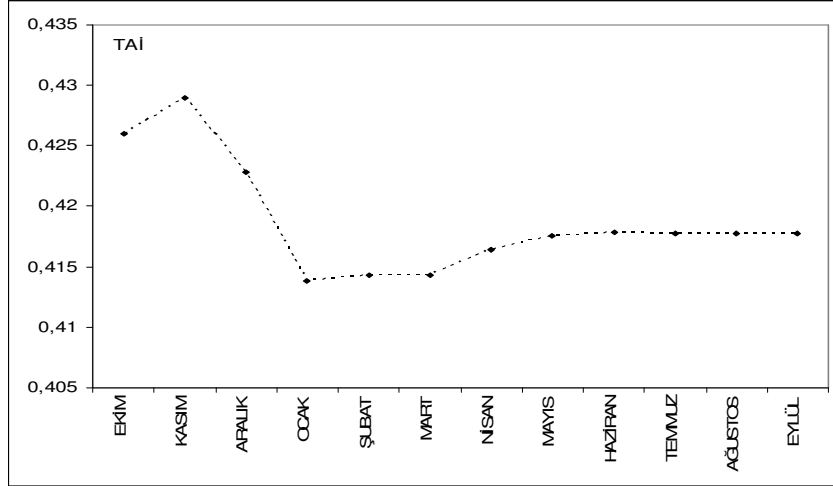
Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.42	0.029	0.412	0.744	0.358



**Şekil A.4:** Uzunköprü AGİ'nin DFY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler



**Şekil A.5:** Uzunköprü AGİ DFY Yıllık TAI



Şekil A.6: Uzunköprü AGİ DFY Aylık TAI

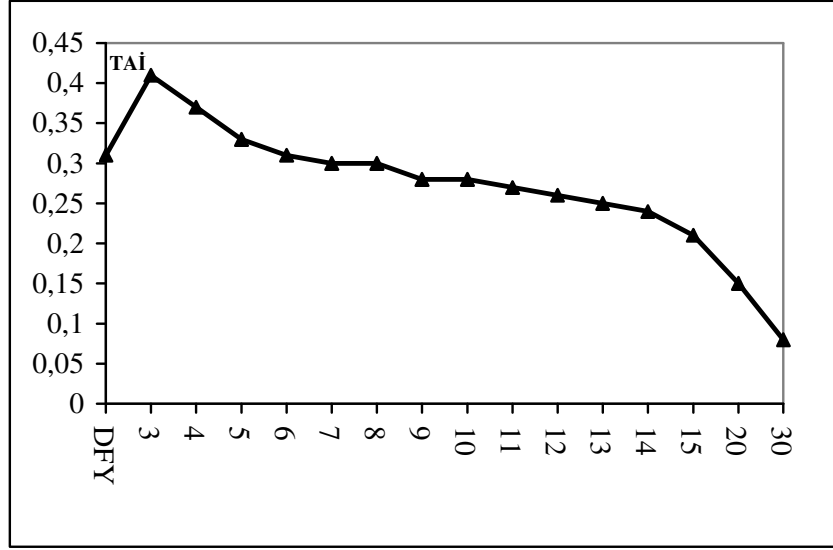
### A.3. İHEY ile Taban Akışım Ayırma

Tablo A.5: Uzunköprü AGİ'de İHEY ve DFY TAI Değerleri

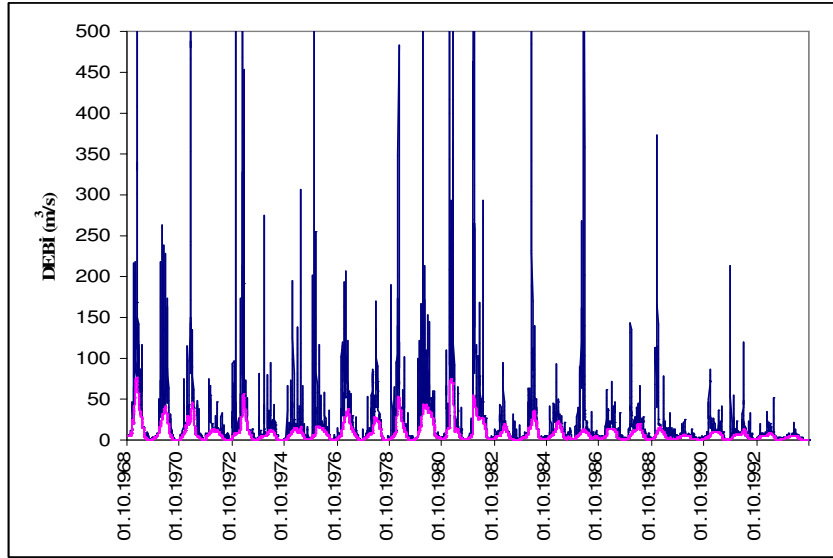
Drenaj Alanı (km <sup>2</sup> )	$N=1,6*A^{0,2}$	N (gün)	N=6 TAI	DFY TAI	N=5 TAI	Optimum N (gün)	Optimum TAI
10594.8	10.13	10	0.39	0.42	0.47	0.42	7

Tablo A.6: Uzunköprü AGİ Verilerinde Farklı Blok Aralıkları ile Bulunan TAI

DFY	N (gün)														
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	30
0.31	0.41	0.37	0.33	0.31	0.30	0.30	0.28	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24	0.21	0.15	0.08



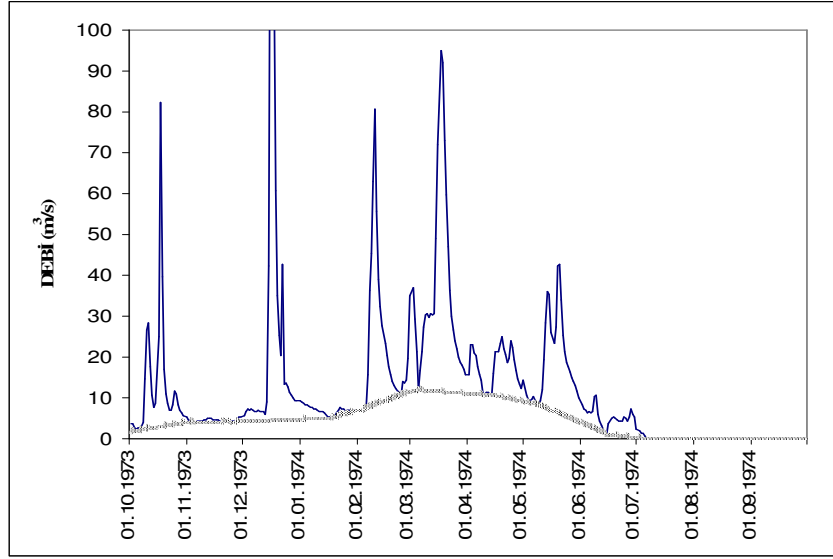
Şekil A.7: Uzunköprü AGİ Verilerinde N (Gün) Sayısına Bağlı TAİ Değişimi



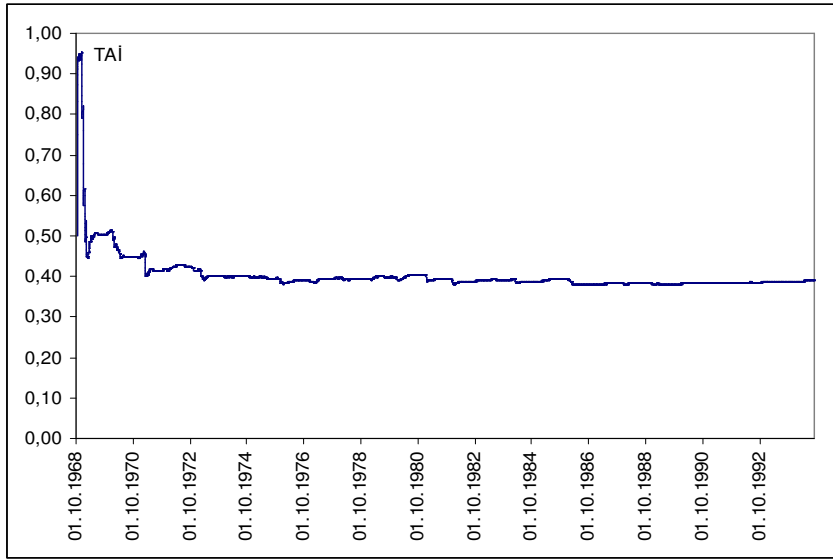
Şekil A.8: Uzunköprü AGİ Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı

Tablo A.7: Uzunköprü AGİ verileri İHEY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
9.07	11.62	0.07	2.41	0.999



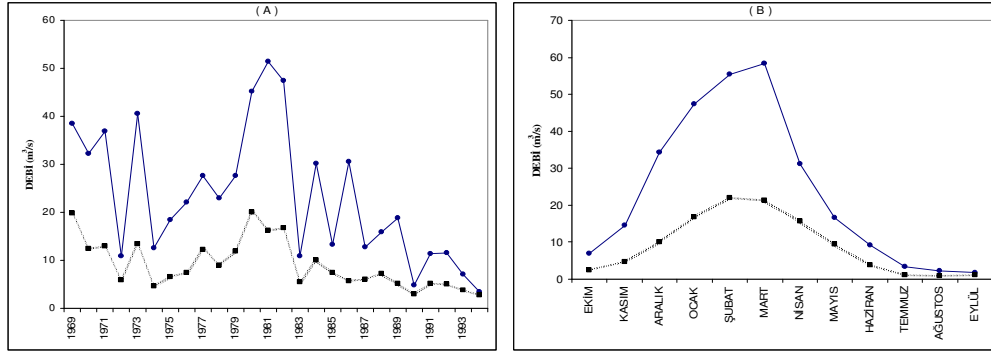
**Şekil A.9:** Uzunköprü AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı Değerleri



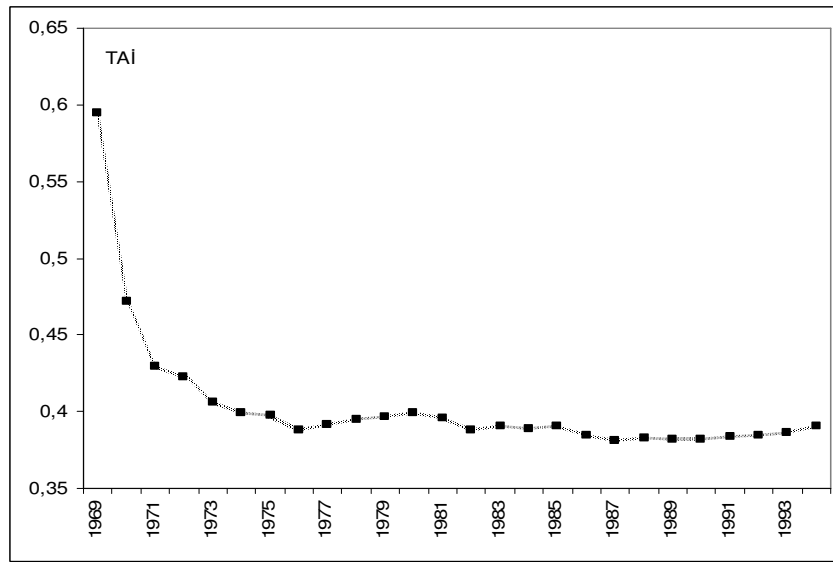
**Şekil A.10:** Uzunköprü AGİ İHEY TAİ Değerleri

**Tablo A.8:** Uzunköprü AGİ verileri İHEY TAİ İstatistikleri

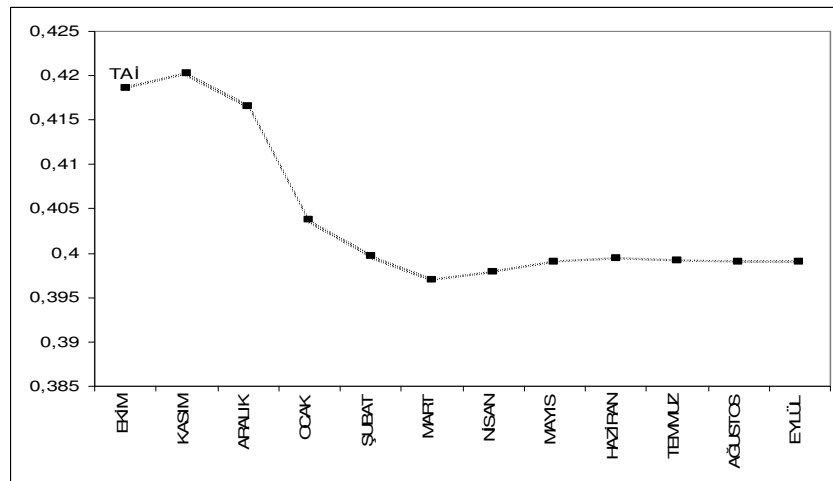
Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.404	0.055	0.392	0.955	0.379



**Şekil A.11:** Uzunköprü AGİ'nin İHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler

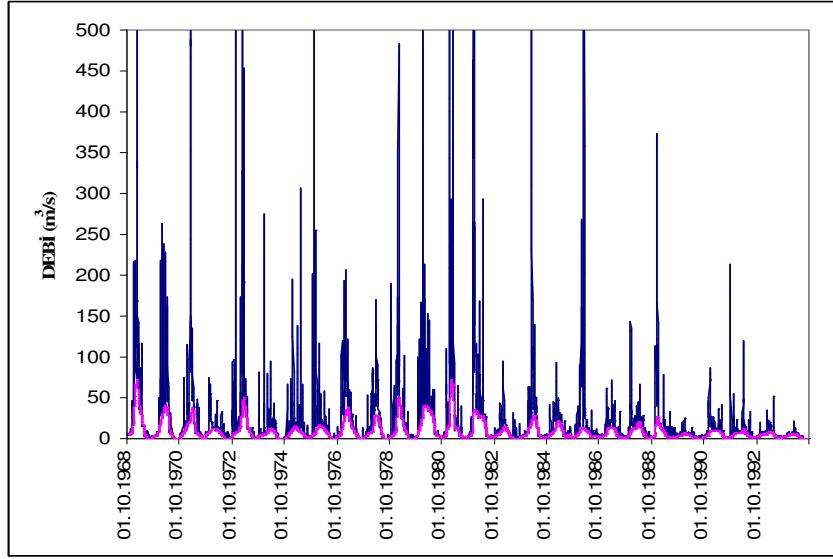


**Şekil A.12:** Uzunköprü AGİ İHEY Yıllık TAI



**Şekil A.13:** Uzunköprü AGİ İHEY Aylık TAI

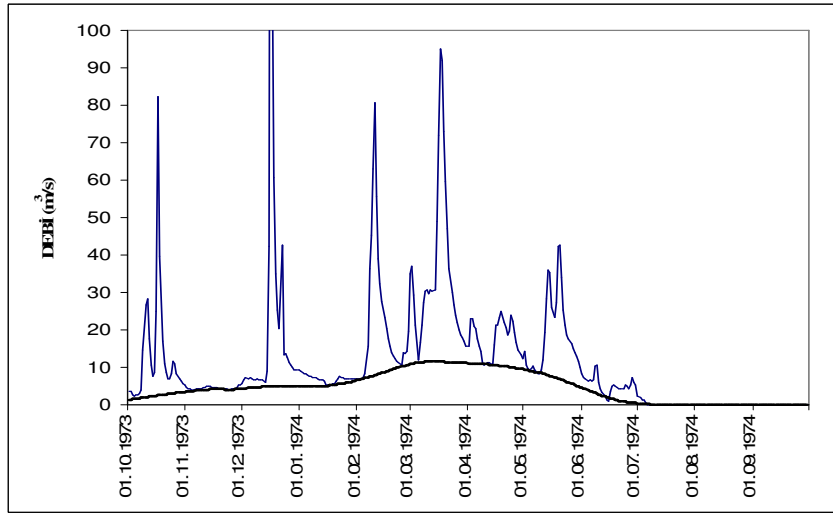
#### A.4. RİHEY ile Taban Akışını Ayırma



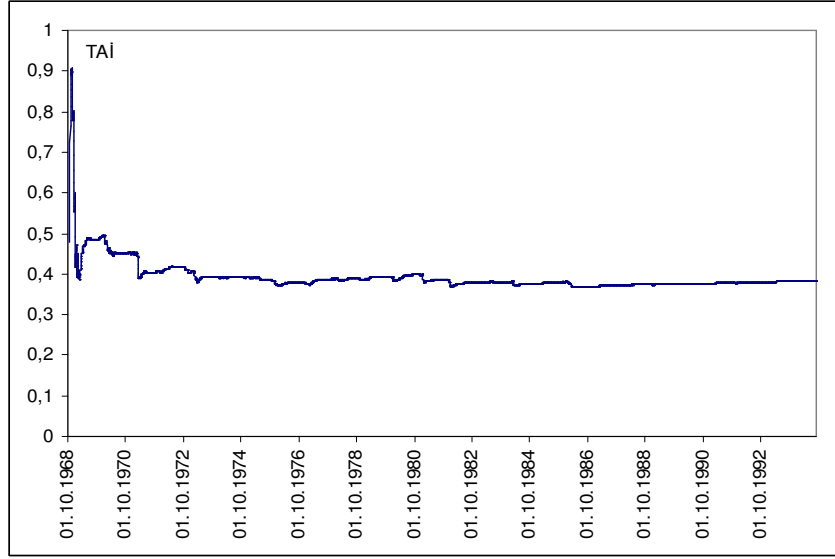
Şekil A.14: Uzunköprü AGİ Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı

Tablo A.9: Uzunköprü AGİ verileri RİHEY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
8.95	11.08	0.07	2.29	0.999



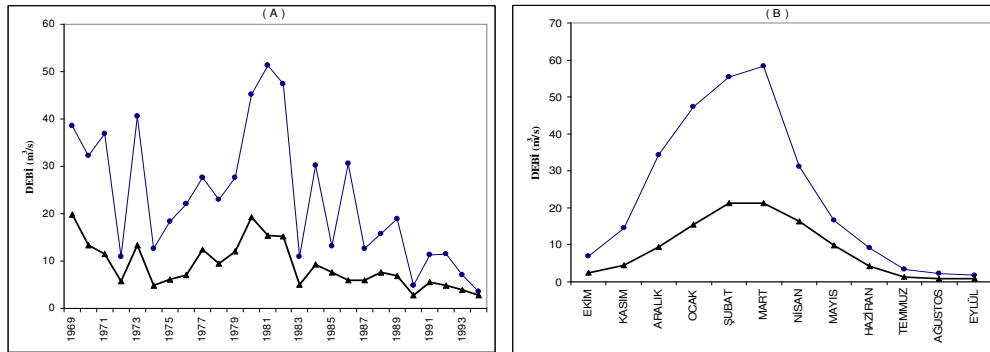
Şekil A.15: Uzunköprü AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı Değerleri



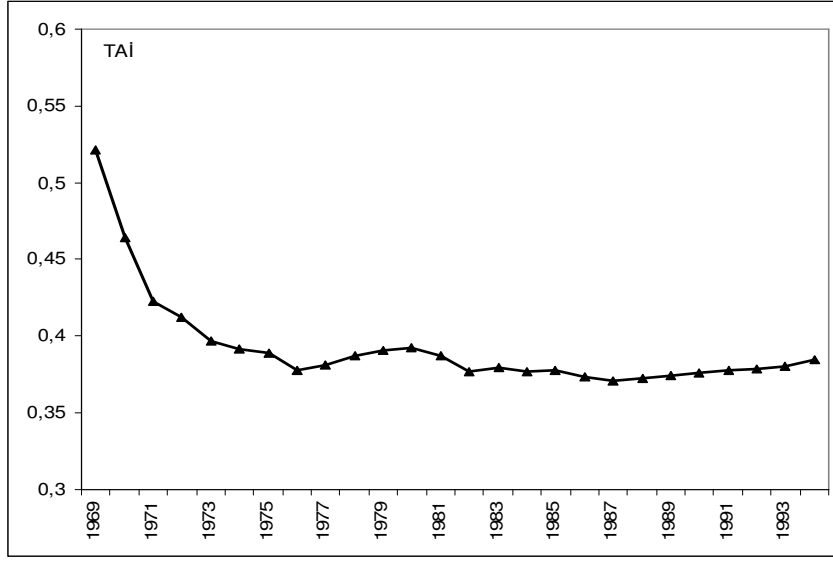
**Şekil A.16:** Uzunköprü AGİ RIHEY TAI Değerleri

**Tablo A.10:** Uzunköprü AGİ verileri RIHEY TAI İstatistikleri

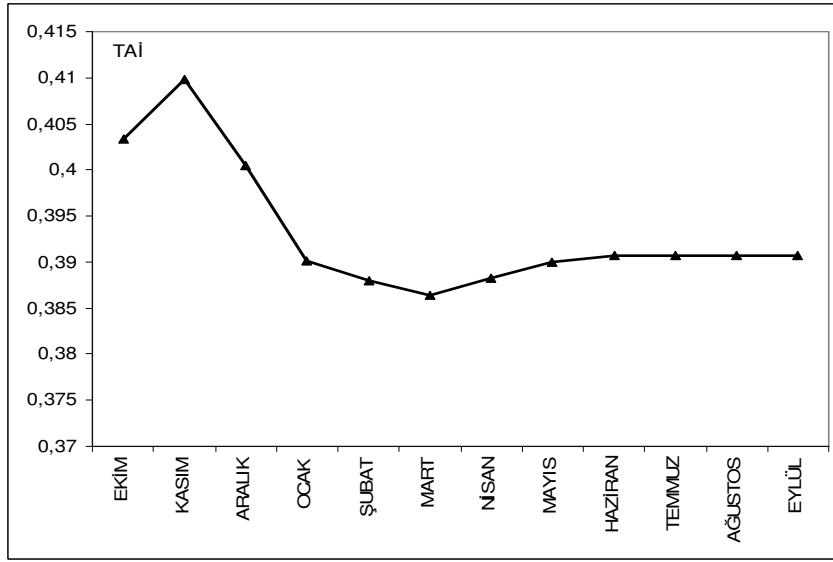
Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.39	0.042	0.381	0.906	0.368



**Şekil A.17:** Uzunköprü AGİ'nin RIHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler

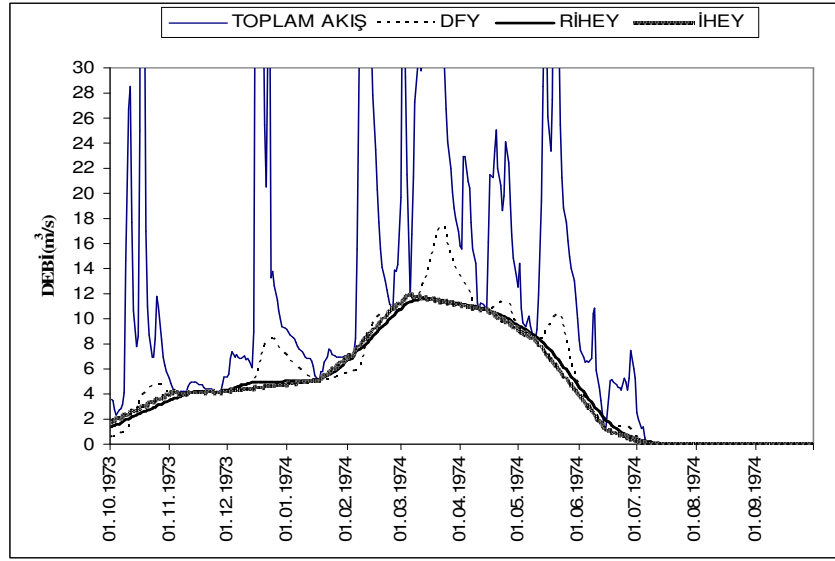


**Şekil A.18:** Uzunköprü AGİ RİHEY Yıllık TAI



**Şekil A.19:** Uzunköprü AGİ RİHEY Aylık TAI

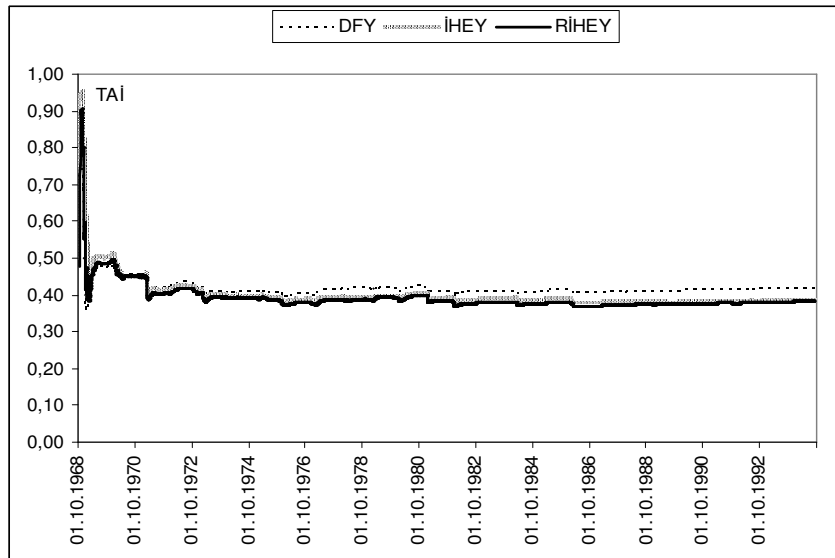
## A.5. Ergene Nehri 105 Nolu Uzunköprü AGİ'de Yöntemlerin Karşılaştırılması



Şekil A.20: Uzunköprü AGİ 1974 Su Yılı Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması

Tablo A.11: Uzunköprü AGİ Verileri Taban Akışı İstatistikleri Karşılaştırılması

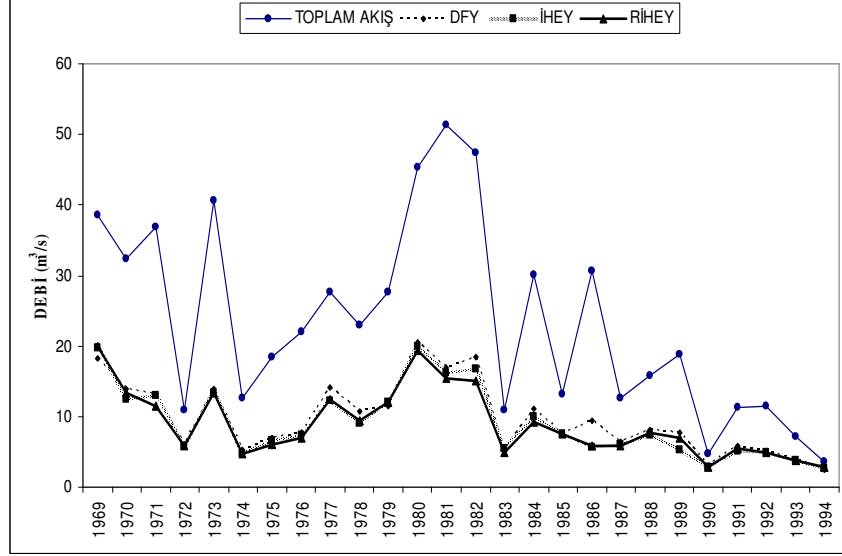
105	Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
DFY	9.74	13.43	0.054	2.588	0.999
İHEY	9.07	11.615	0.067	2.412	0.999
RİHEY	8.95	11.08	0.073	2.286	0.999



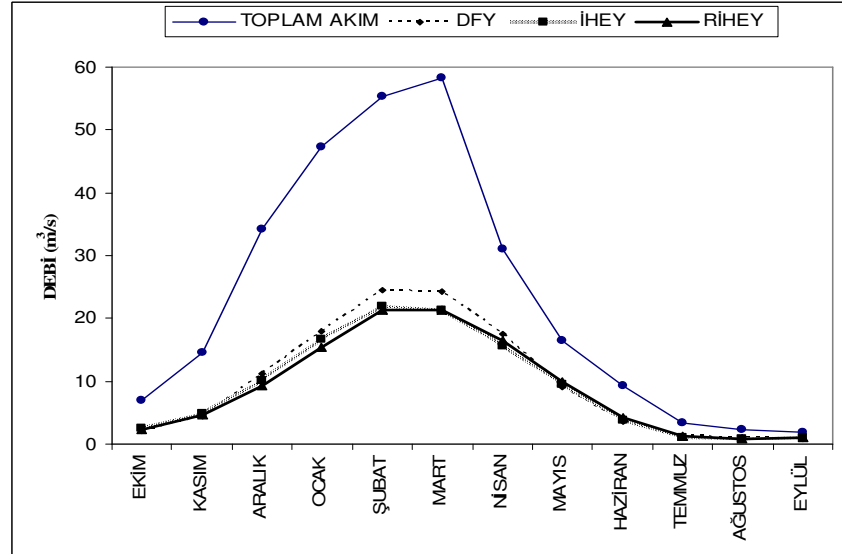
Şekil A.21: Uzunköprü AGİ TAİ Karşılaştırılması

**Tablo A.12:** Uzunköprü Babaeski AGİ Verileri TAI İstatistikleri Karşılaştırılması

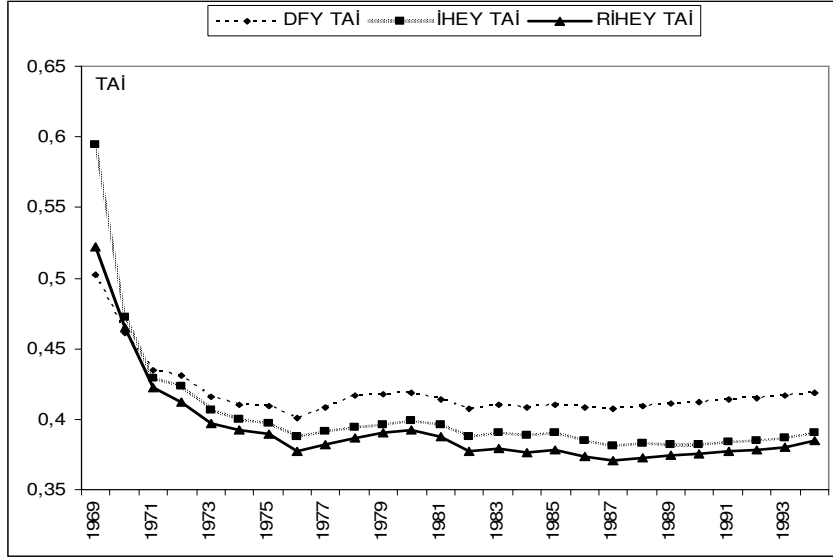
105	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
DFY	0.419	0.029	0.412	0.744	0.358
İHEY	0.404	0.055	0.392	0.955	0.379
RIHEY	0.39	0.042	0.381	0.906	0.368



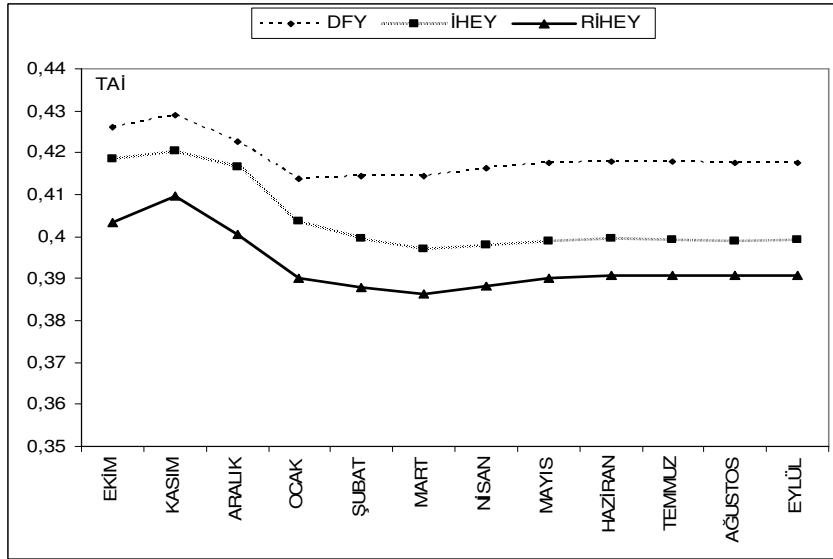
**Şekil A.22:** Uzunköprü AGİ Yıllık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması



**Şekil A.23:** Uzunköprü AGİ Aylık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması



Şekil A.24: Uzunköprü AGİ Yıllık TAİ Karşılaştırılması



Şekil A.25: Uzunköprü AGİ Aylık TAİ Karşılaştırılması

## EK B

### HAYRABOLU DERESİ 106 NOLU HAYRABOLU AKIM GÖZLEM İSTASYONU BULGULARI

#### B.1 Hayrabolu deresi 106 nolu Hayrabolu AGİ İstatistik özellikleri

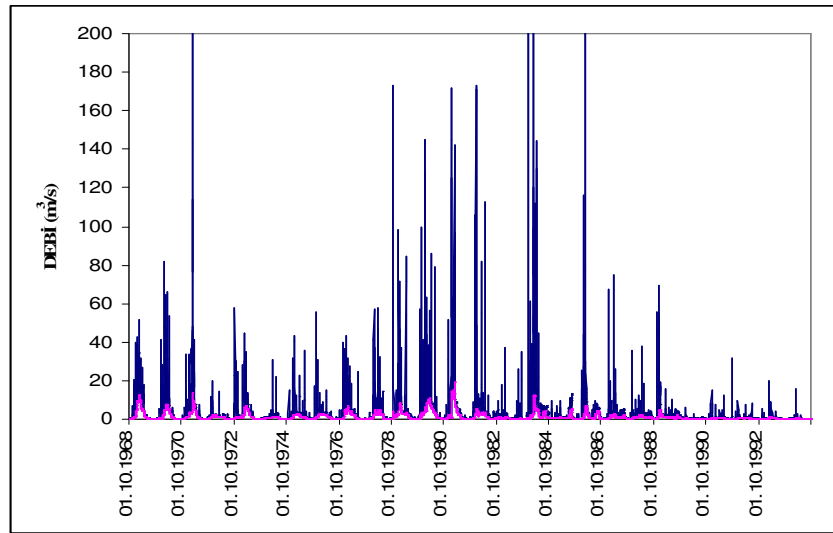
**Tablo B.1:** Hayrabolu Akım Gözlem İstasyonu Özellikleri

Akarsu-İstasyon	Coğ. Koordinat		Kot (m)	Yüzey Alanı (km <sup>2</sup> )
	Doğu	Kuzey		
Ergene Nehri - Hayrabolu	26° 40' 15"	41° 15' 50"	10	10594.8

**Tablo B.2:** Hayrabolu AGİ Hesaplanan İstatistikler

Ort. Debi (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma	Değişim Katsayısı	Otokor. Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	En Büyük Değer (m <sup>3</sup> /s)	En Küçük Değer (m <sup>3</sup> /s)
4.03	13.47	3.34	0.55	16.84	614	0

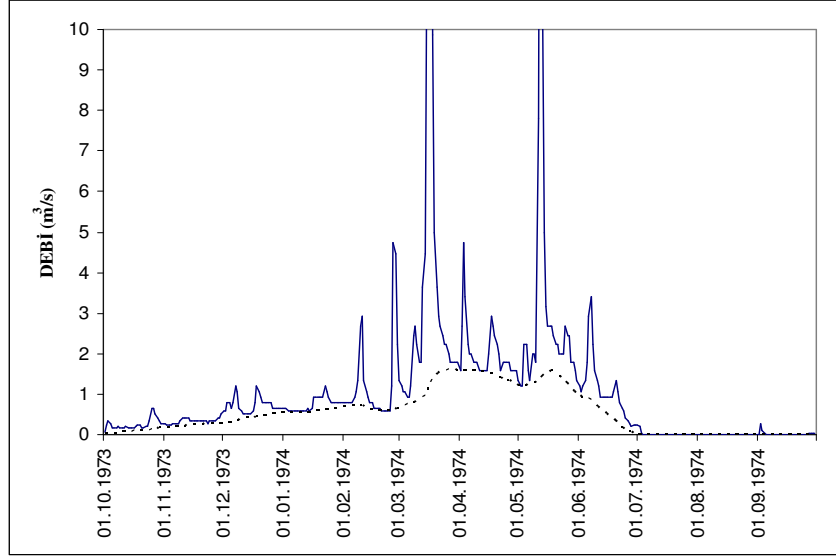
#### B.2. DFY ile Taban Akışını Ayırma



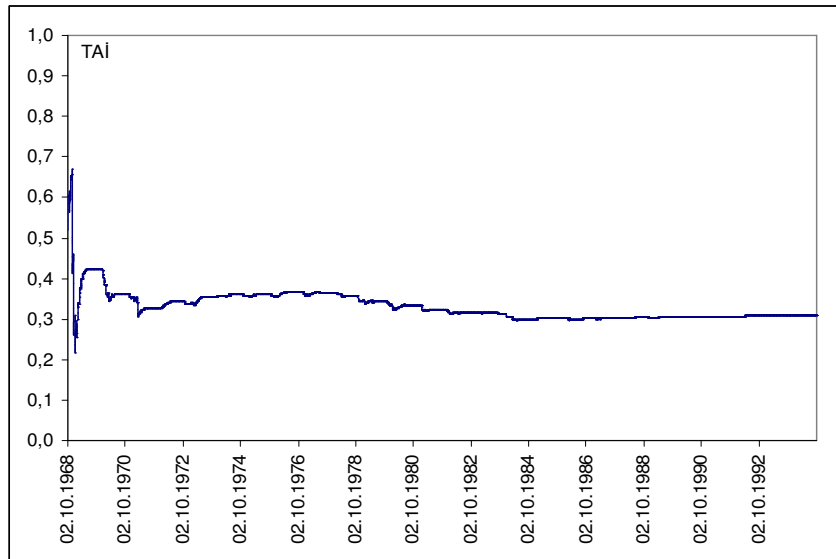
**Şekil B.1:** Hayrabolu AGİ Toplam Akış ve DFY Taban Akışı

**Tablo B.3:** Hayrabolu AGİ verileri DFY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
1.244	1.953	0.326	3.302	0.998



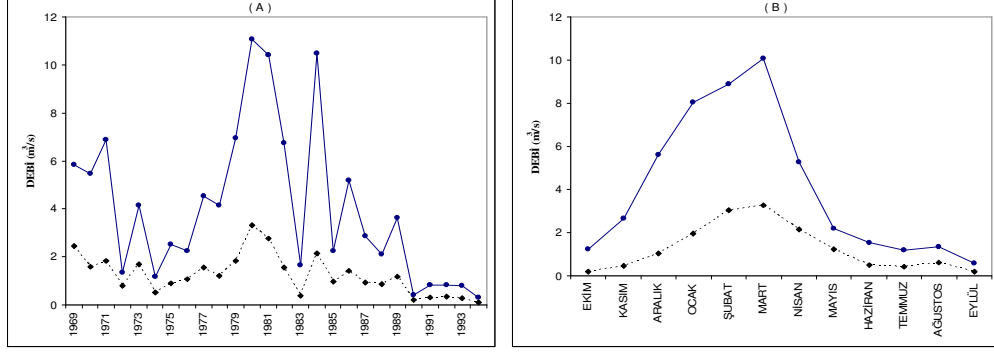
**Şekil B.2:** Hayrabolu AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve DFY Taban Akışı Değerleri



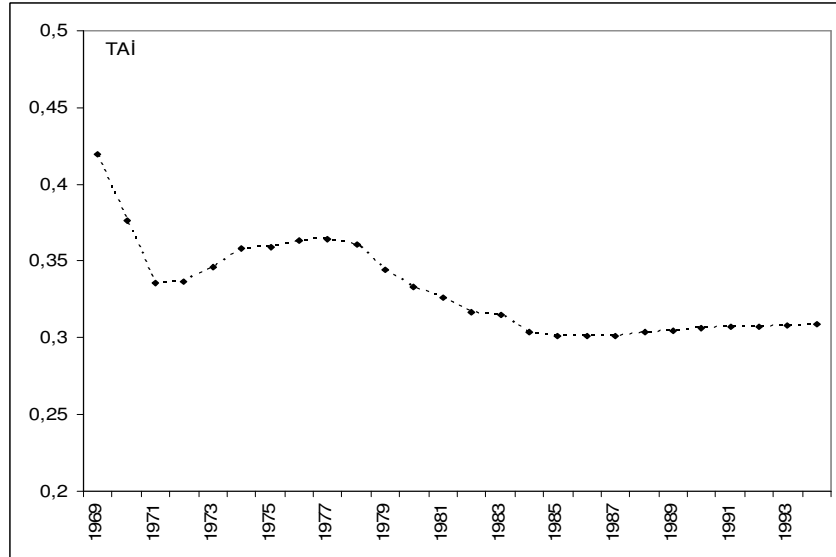
**Şekil B.3:** Hayrabolu AGİ DFY TAI Değerleri

**Tablo B.4:** Hayrabolu AGİ DFY Taban Akışı İstatistikleri

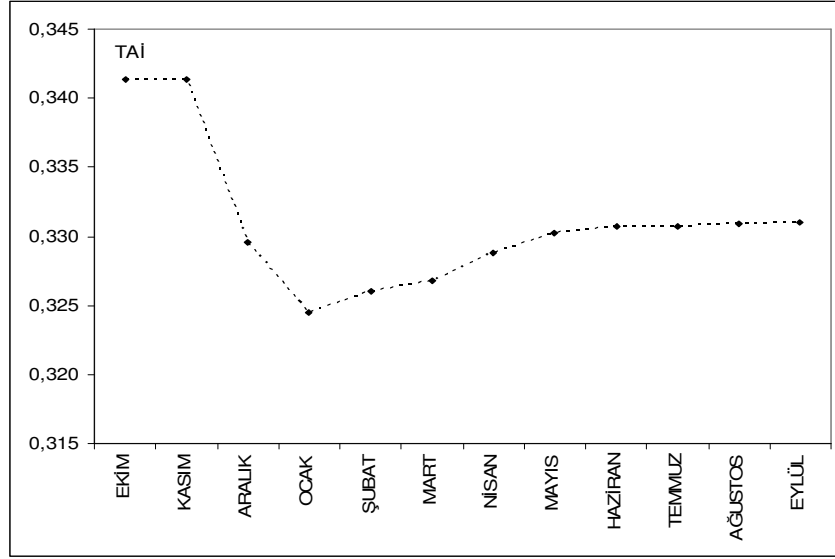
Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.331	0.036	0.317	0.672	0.215



**Şekil B.4:** Hayrabolu AGİ'nin DFY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler



**Şekil B.5:** Hayrabolu AGİ DFY Yıllık TAI



Şekil B.6: Hayrabolu AGİ DFY Aylık TAI

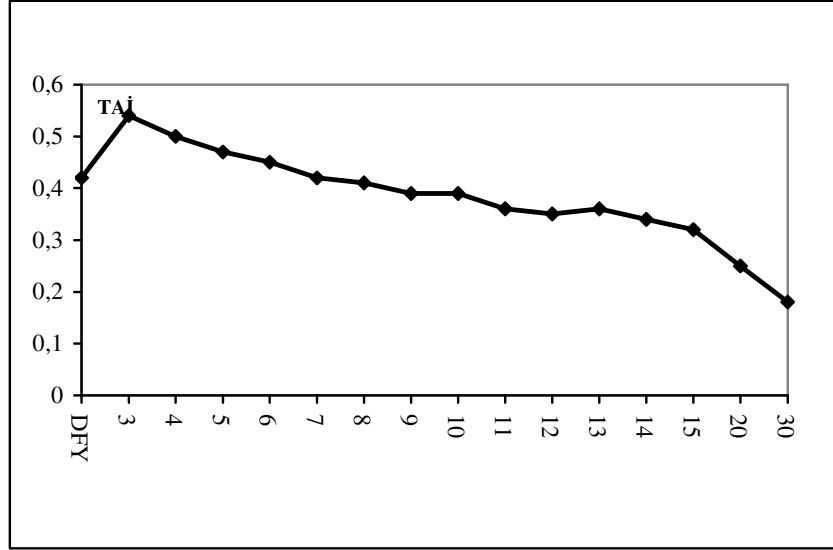
### B.3. İHEY ile Taban Akışını Ayırma

Tablo B.5: Hayrabolu AGİ’de İHEY ve DFY TAI Değerleri

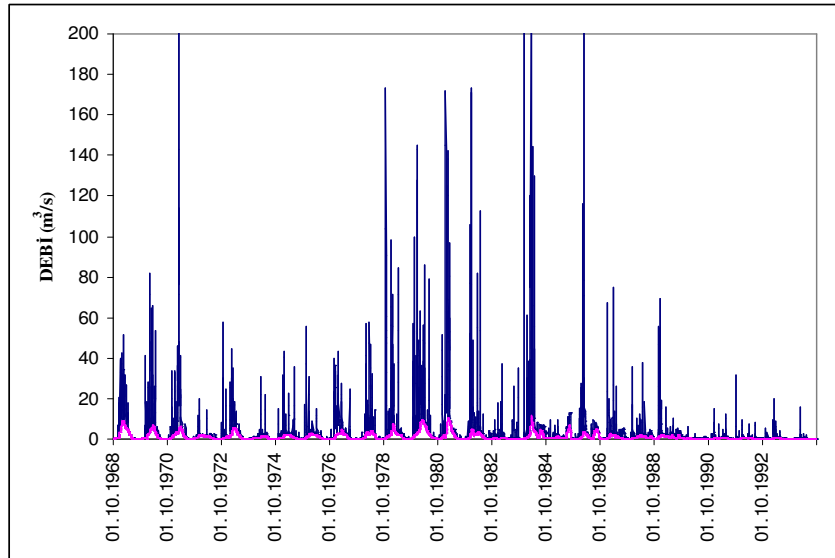
Drenaj Alanı (km <sup>2</sup> )	$N=1,6*A^{0,2}$	N (gün)	N=6 TAI	DFY TAI	N=5 TAI	Optimum N (gün)	Optimum TAI
1381.2	6.80	7	0.30	0.31	0.33	0.31	6

Tablo B.6: Hayrabolu AGİ Verilerinde Farklı Blok Aralıkları İle Bulunan TAI

DFY	N (gün)														
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	30
0.42	0.54	0.50	0.47	0.45	0.42	0.41	0.39	0.39	0.36	0.35	0.36	0.34	0.32	0.25	0.18



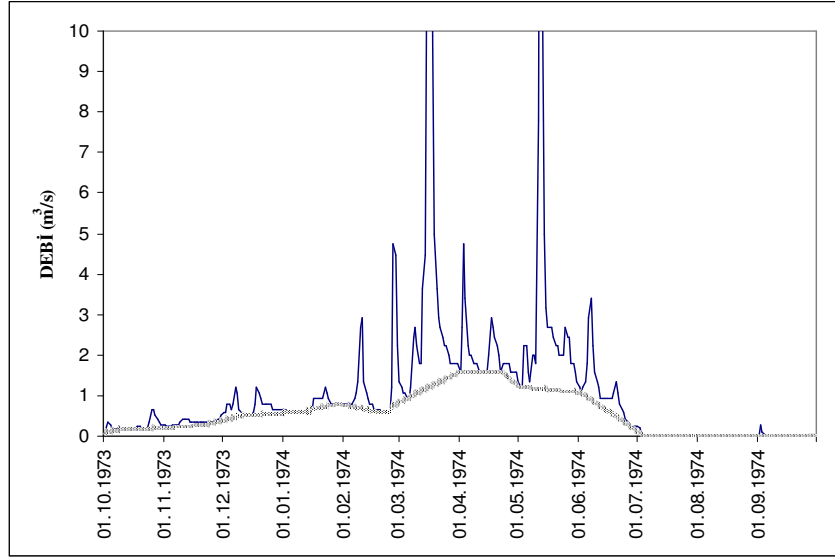
**Şekil B.7:** Hayrabolu AGİ Verilerinde N (Gün) Sayısına Bağlı TAİ Değişimi



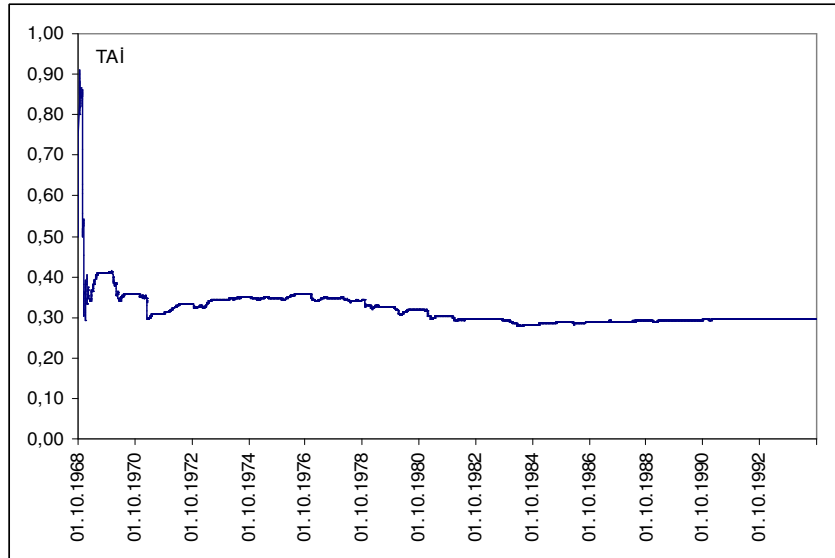
**Şekil B.8:** Hayrabolu AGİ Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı

**Tablo B.7:** Hayrabolu AGİ verileri İHEY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
1.197	1.663	0.433	2.451	0.999



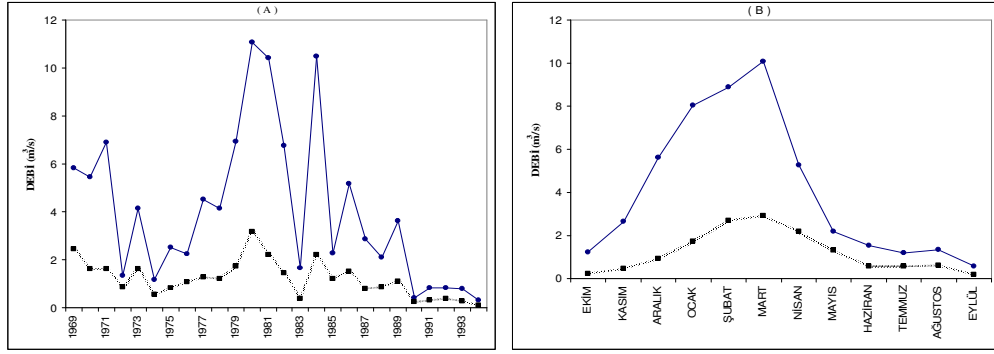
**Şekil B.9:** Hayrabolu AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve İHEY Taban Akışı Değerleri



**Şekil B.10:** Hayrabolu AGİ İHEY TAI Değerleri

**Tablo B.8:** Hayrabolu AGİ verileri İHEY TAI İstatistikleri

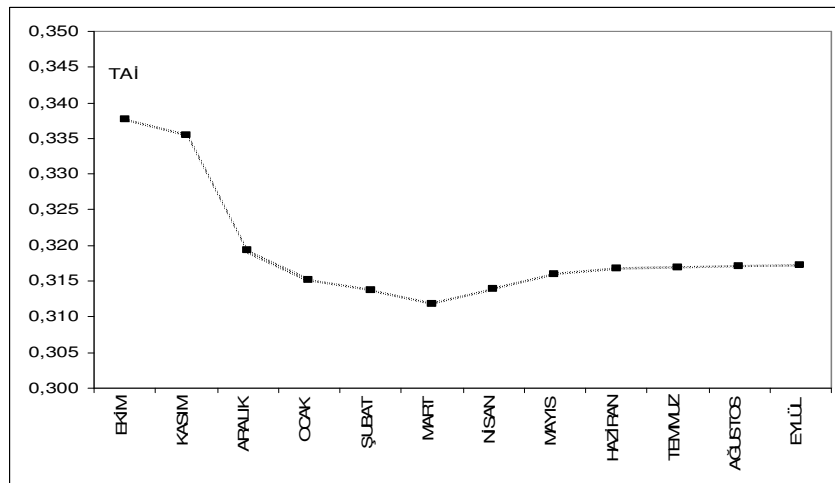
Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.319	0.048	0.299	0.909	0.279



**Şekil B.11:** Hayrabolu AGİ'nin İHEY ile Ayrılan Taban Akışına Ait Yıllık (A) ve Aylık (B) Ortalama Değerler

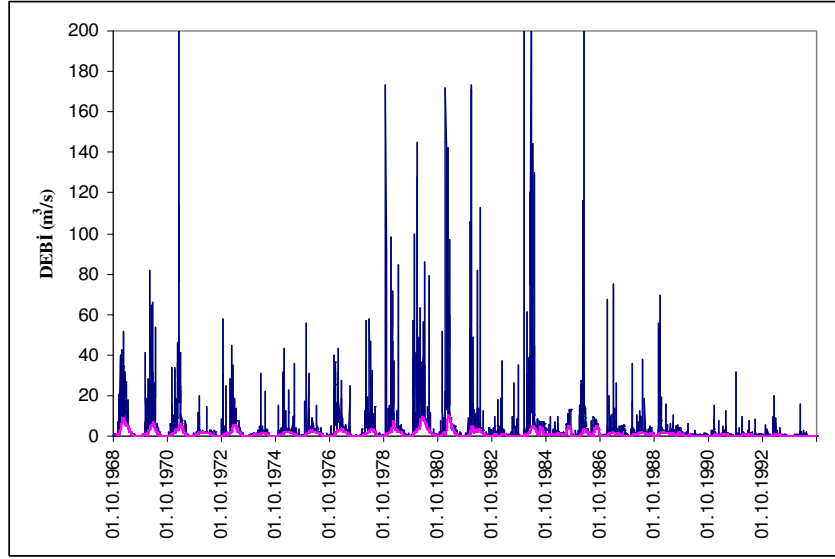


**Şekil B.12:** Hayrabolu AGİ İHEY Yıllık TAI



**Şekil B.13:** Hayrabolu AGİ İHEY Aylık TAI

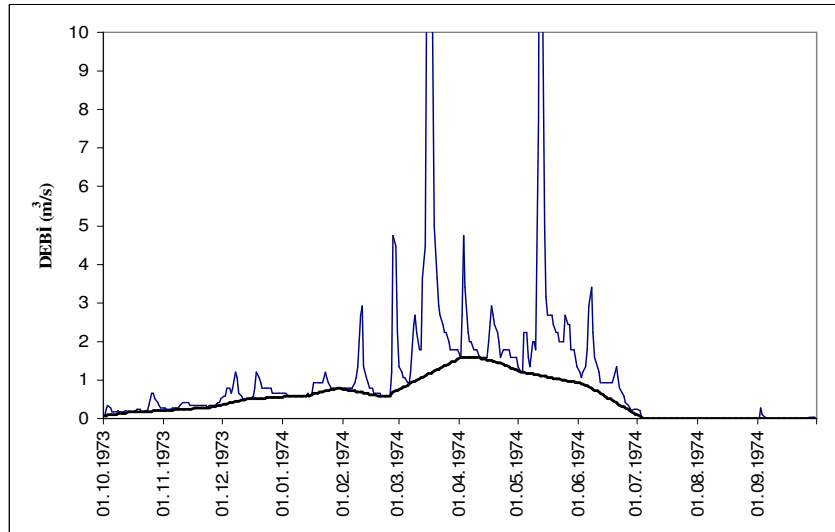
#### B.4. RİHEY ile Taban Akışını Ayırma



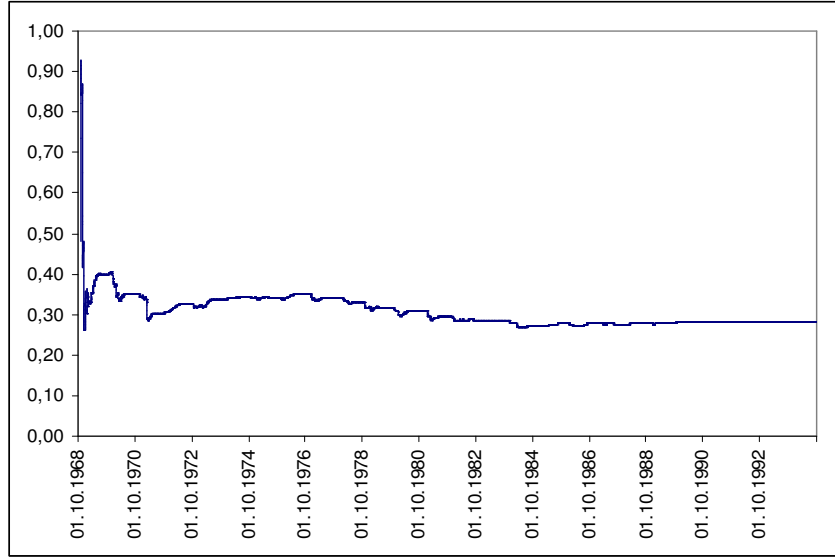
Şekil B.14: Hayrabolu AGİ Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı

Tablo B.9: Hayrabolu AGİ verileri RİHEY Taban Akışı İstatistikleri

Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
1.147	1.589	0.454	2.438	0.999



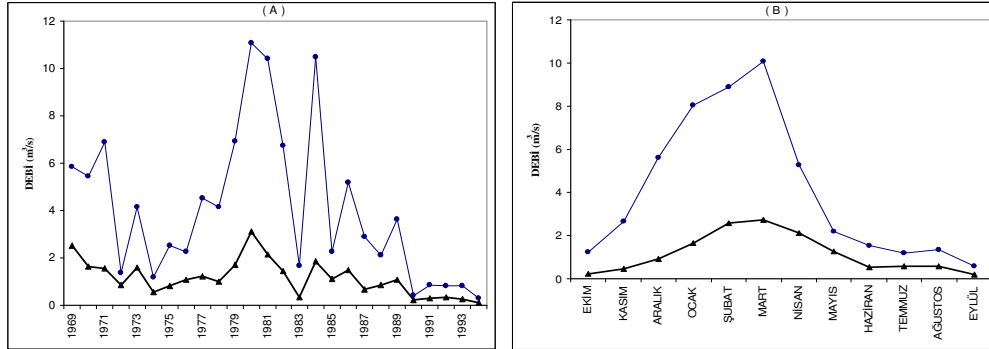
Şekil B.15: Hayrabolu AGİ 1974 Su Yılı Toplam Akış ve RİHEY Taban Akışı Değerleri



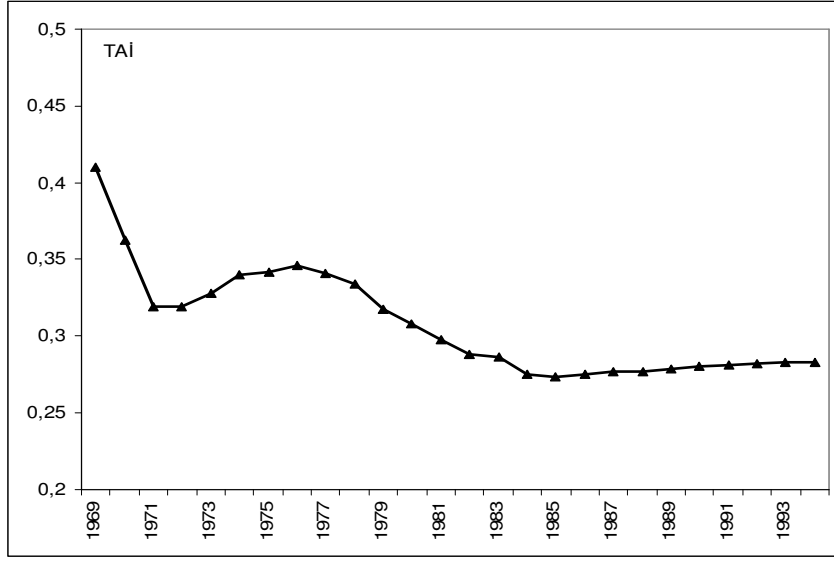
**Şekil B.16:** Hayrabolu AGİ RİHEY TAİ Değerleri

**Tablo B.10:** Hayrabolu AGİ verileri RİHEY TAİ İstatistikleri

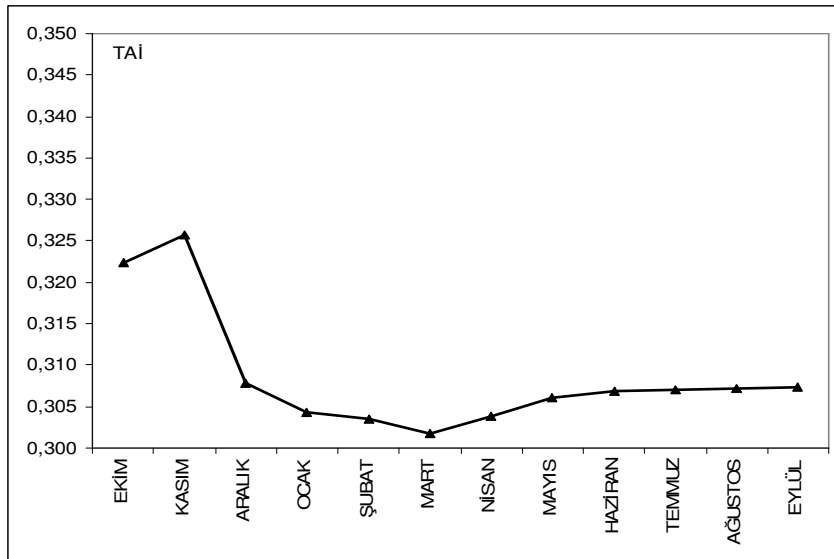
Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
0.308	0.043	0.290	0.926	0.260



**Şekil B.17:** Hayrabolu AGİ'nin RİHEY ile Ayrılan Taban Akışma Ait Yıllık (A) ve Aylık(B) Ortalama Değerler

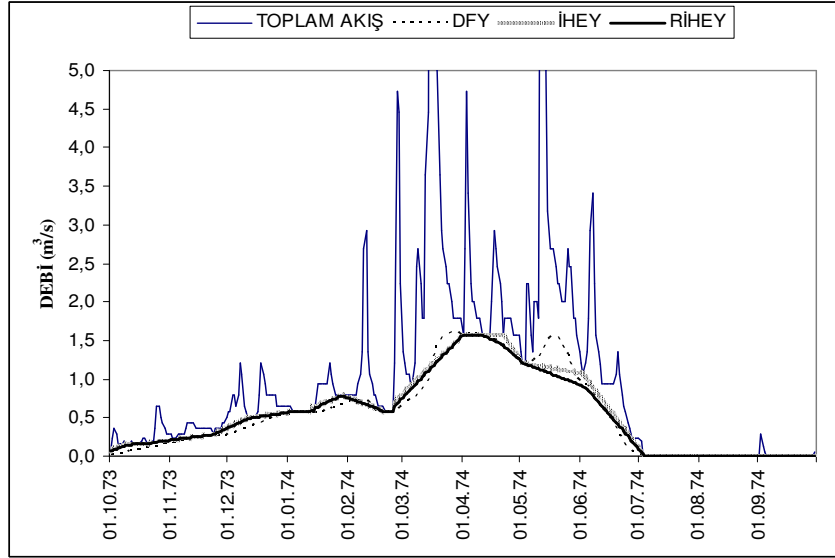


Şekil B.18: Hayrabolu AGİ RİHEY Yıllık TAI



Şekil B.19: Hayrabolu AGİ RİHEY Aylık TAI

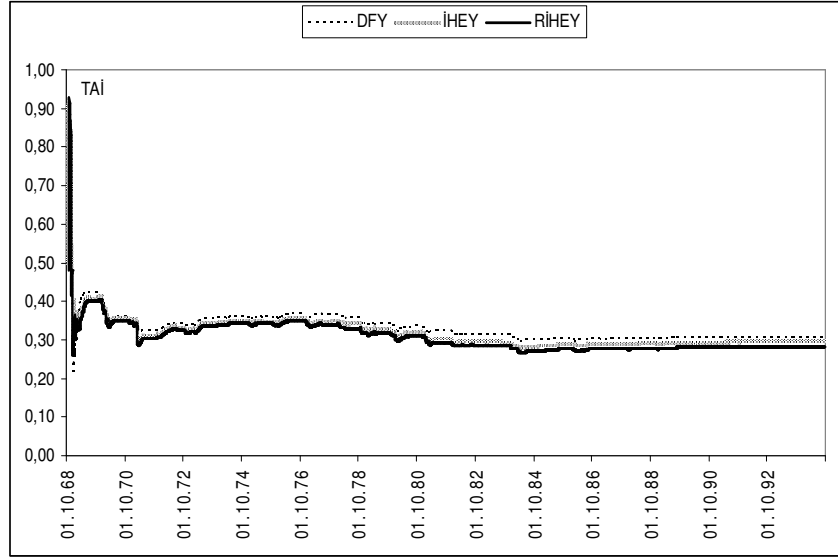
### B.5. Hayrabolu Deresi 106 Nolu Hayrabolu AGİ'de Yöntemlerin Karşılaştırılması



Şekil B.20: Hayrabolu AGİ 1974 Su Yılı Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması

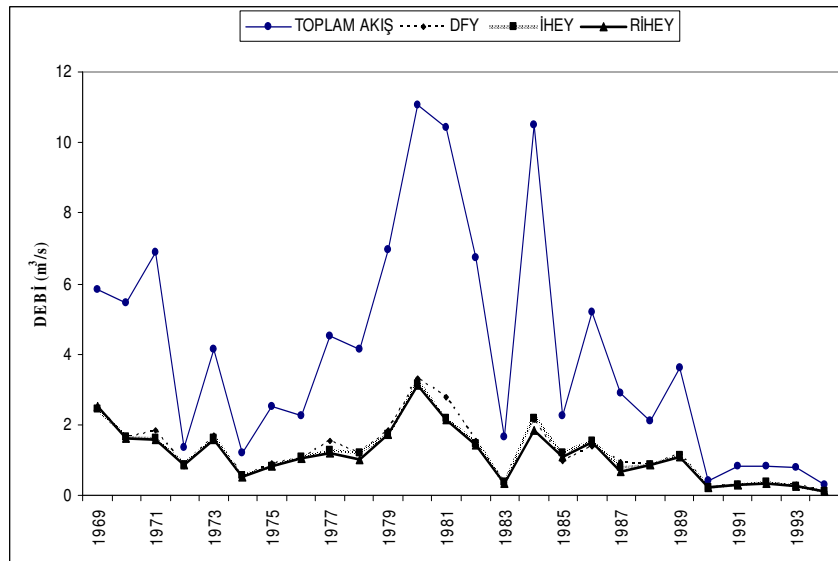
Tablo B.11: Hayrabolu AGİ Verileri Taban Akışı İstatistikleri Karşılaştırılması

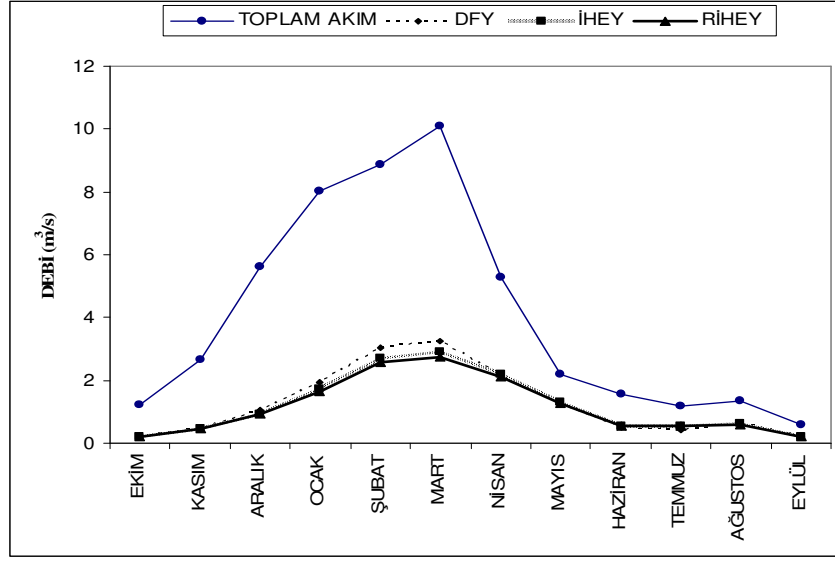
	Ortalama (m <sup>3</sup> /s)	Standart Sapma (m <sup>3</sup> /s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı	Birinci Mertebe Otokorelasyon Katsayısı.
106					
DFY	1.244	1.953	0.326	3.302	0.998
İHEY	1.197	1.663	0.433	2.451	0.999
RİHEY	1.147	1.589	0.454	2.438	0.999



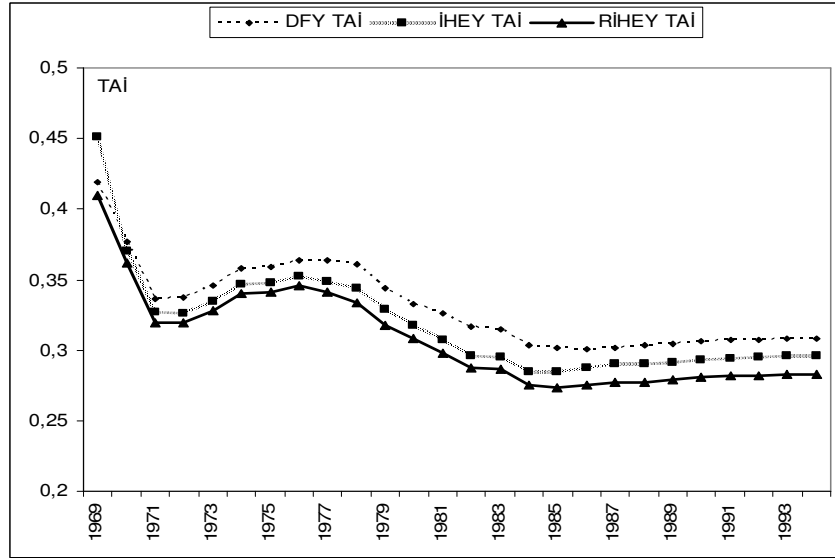
**Tablo B.12:** Hayrabolu AGİ Verileri TAI İstatistikleri Karşılaştırılması

106	Ortalama	Standart Sapma	Medyan	En Büyük	En Küçük
DFY	0.331	0.036	0.317	0.672	0.215
İHEY	0.319	0.048	0.299	0.909	0.279
RİHEY	0.308	0.043	0.290	0.926	0.260

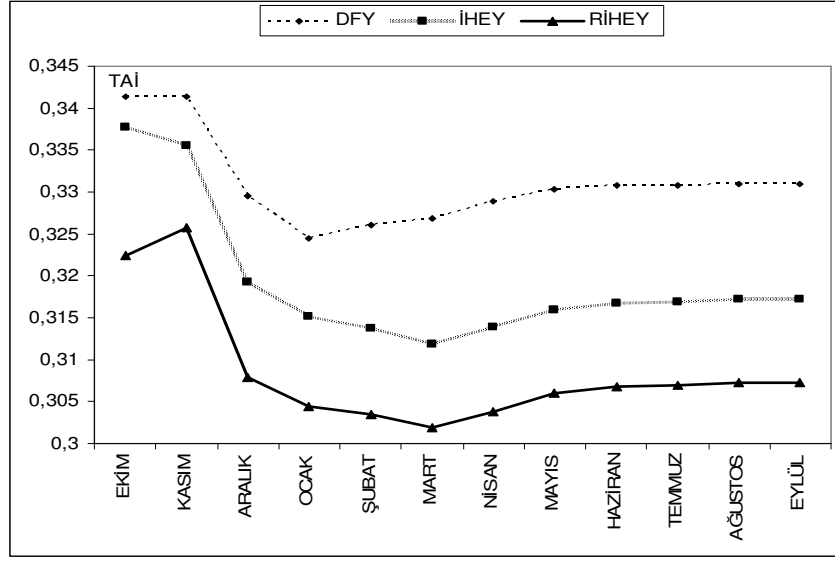




Şekil B.23: Hayrabolu AGİ Aylık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması



Şekil B.24: Hayrabolu AGİ Aylık Ortalama akım ve Taban Akışı Değerleri Karşılaştırılması



Şekil B.25: Hayrabolu AGİ Aylık TAI Karşılaştırılması

## ÖZGEÇMİŞ

1 Ocak 1980'de Afyonkarahisar ili Bolvadin ilçesinde doğan Ali Osman PEKTAŞ ilkokul eğitimini Akşehir Nasreddin Hoca İlkokulu'nda, ortaokulu Akşehir Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 1994 yılında Kırıkkale Fen Lisesi'nde başladığı lise eğitimini 1997 yılında Akşehir Selçuklu Lisesi'nde tamamlamıştır. Aynı yıl İTÜ İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği bölümünde lisans eğitime başlayıp, 2003 yılında mezun olmuştur. Mezuniyetinden hemen sonra İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilimdalı, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği programında yüksek lisans çalışmasına başlamış olan yazar, bu süreçte evlenmiştir ve halen özel bir şirkette yönetici olarak çalışmaktadır.