İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE YILLIK ORTALAMA AKIMLARININ TREND ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Murat AKYÜREK
(501991297)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05 Mayıs 2003
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2003

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Bihrat ÖNÖZ

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Mehmetçik BAYAZIT (İ.T.Ü.)

Yrd.Doç.Dr. Emel İRTEM (B.Ü.)

MAYIS 2003

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TÜRKİYE YILLIK ORTALAMA AKIMLARININ TREND ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İnş. Müh. Murat AKYÜREK

Anabilim Dalı : İnşaat Mühendisliği
Programı : Su Mühendisliği

MAYIS 2003

ÖNSÖZ

İçinde bulunduğumuz 21. Yüzyılın ilk yıllarında tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de suya olan talep artmakta olup, günümüzde su kaynakları; hızlı nüfus artışı, kirlenme ve küresel ısınmanın etkisindedir. Küresel ısınmanın yol açtığı iklim değişiklikleri hakkında bilgi sahibi olmak, iklime bağlı sistemlerin daha iyi planlanması ve yönetilmesi için zorunlu hale gelmiştir. Bu nedenle iklim parametrelerinden dolayı su miktarlarının zamanla değişimine yönelik çalışmalar önem kazanmıştır. Ülkemizde su kaynakları ile ilgili ciddi ve güvenilir çalışmaların yapılması ve su politikalarının belirlenmesi, gelecekte dünya ülkeleri arasında en başta gelen sorunlardan biri olacak olan su sorunları üzerinde söz sahibi olmamızı sağlayacaktır.

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam süresince yardımlarıyla bana yol gösteren danışmanım Doç. Dr. Sayın Bihrat ÖNÖZ'e teşekkürü borç bilirim.

Başından beri çalışmalarıma katkıda bulunanProf. Dr. Sayın Mehmetçik BAYAZIT, Doç. Dr. Sayın H. Kerem CIĞIZOĞLU ile çalışmalarımı destekleyen herkese ve aileme teşekkür ederim.

Mayıs 2003 Murat AKYÜREK

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR **v**
TABLO LİSTESİ **vi**
ŞEKİL LİSTESİ **vii**
SEMBOL LİSTESİ **viii**
ÖZET **ix**
SUMMARY **x**

1. GİRİŞ **1**
1.1. Hidroloji 3
1.2. Türkiye'deki Akımlar ve Türkiye'nin Su Potansiyeli 4
1.3. Önceki çalışmalar 10

2. VERİLERİN İSTATİSTİK ANALİZİ **13**
2.1. Dağılımların Parametreleri ve Parametrelerin Tahmini 13
2.1.1. Bir Rastgele değişkenin İstatistik Momentleri 13
2.1.1.1. Merkez Parametreleri 14
2.1.1.2. Yayılım Parametreleri 15
2.1.1.3. Çarpıklık Parametreleri 16
2.2. Korelasyon Katsayısı ve Regresyon Analizi 17
2.2.1. Basit Doğrusal Regresyon 18
2.3. Otokorelasyon Katsayısı 20
2.4. Trend Analizi 20
2.4.1. t Testi 22
2.4.1.1. t Testi Uygulama Örnekleri 23
2.4.2. Kendall Testi 24
2.4.2.1 Kendall Testi Uygulama Örnekleri 25
2.5. Bölgesel Trend Analizi 27

3. TÜRKİYE'DEKİ YILLIK ORTALAMA AKIMLARIN TREND ANALİZİ **29**
3.1. Yıllık Ortalama Akım Verileri 29
3.2. Eksik Verilerin Regresyon Yöntemiyle Hesaplanması 33
3.3. t Testi 37
3.4. Kendall Testi 43
3.5. t Testi ile Kendall Testinin Karşılaştırılması 48
3.6. Pre - Whitening Uygulaması 49

4. BÖLGESEL TREND ANALİZİ **52**
4.1. Bölgesel Trend Analizi için Havzaların Belirlenmesi 52
4.2. Bölgesel Trend Analizi Sonuçları 54

5.SONUÇLAR **60**

KAYNAKLAR **63**

EKLER **66**

ÖZGEÇMİŞ **105**

KISALTMALAR

EİEİ	: Elektrik İşleri Etüd İdaresi
DSİ	: Devlet Su İşleri
AGİ	: Akım Gözlem İstasyonu
s.d.	: Serbestlik Derecesi
max	: Maksimum

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1. Türkiye'nin su potansiyeli tespiti çalışmalarının sonuçları..... 5
Tablo 1.2. Türkiye'nin akarsu havzalarında ortalama su potansiyeli..... 5
Tablo 1.3. Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonları..... 7
Tablo 1.4. Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarının isimleri ve analizde kullanılan veri gözlem aralıkları 8
Tablo 3.1. Çalışma kapsamındaki tüm istasyonlarda hesaplanan istatistik değerler 31
Tablo 3.2. Regresyon analizi ile tamamlanan eksik veriler..... 35
Tablo 3.3. Regresyon özeti..... 36
Tablo 3.4. t testi sonuçları 38
Tablo 3.5. Kendall testi sonuçları..... 43
Tablo 3.6. Trend görülen istasyonlarda otokorelasyon katsayıları..... 49
Tablo 3.7. Kalıntı terimleri üzerinde tekrarlanan t ve Kendall testlerinin sonuçları 50
Tablo 4.1. 1. Bölge 52
Tablo 4.2. 2. Bölge 52
Tablo 4.3. Ortak yıllara göre oluşturulan 1. Bölge..... 53
Tablo 4.4. Ortak yıllara göre oluşturulan 2. Bölge..... 53
Tablo 4.5. 1. Bölgedeki çapraz korelasyon katsayıları..... 54
Tablo 4.6. 2. Bölgedeki çapraz korelasyon katsayıları..... 55
Tablo 4.7. 1. Bölge istasyonları S değerleri ve Kendall katsayıları 57
Tablo 4.8. 2. Bölge istasyonları S değerleri ve Kendall katsayıları 58
Tablo 4.9. Bölgesel trend analizi sonuçları 59
Tablo B.1. t dağılım tablosu..... 102
Tablo B.2. Standart normal dağılım tablosu 103
Tablo B.3. Kendall korelasyon katsayısı için p değerleri 104

ŞEKİL LİSTESİ

		Sayfa No
Şekil 2.1.	İstatistik momentlerin tanımında kullanılan büyüklükler	14
Şekil 2.2.	x ve y değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki	19
Şekil 2.3.	İstatistik hipotezlerin kontrolü	23
Şekil 3.1.	Akarsu havzalarını ve çalışmada kullanılan istasyonları gösteren anahtar harita	30
Şekil 3.2.	2123 numaralı istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1968-1994)	37
Şekil 3.3.	t testine göre trend bulunan istasyonlar.....	42
Şekil 3.4.	Kendall testine göre trend bulunan istasyonlar	47

SEMBOL LİSTESİ

$\mathbf{r}$	: Korelasyon katsayısı
$\mathbf{r_1}$	: 1-aralıklı otokorelasyon katsayısı
$\rho_{k,l}$	: Çapraz korelasyon katsayısı
$\mathbf{C_s}$	: Çarpıklık katsayısı
α	: Anlamlılık düzeyi
$\mathbf{Z}$	: Önem seviyesinde standart normal değişken
$\mathbf{S}$	: Mann Kendall testi özel değeri
$\mathbf{n}$	: Toplam gözlem adedi
$\mathbf{m}$	: İstasyon sayısı (bölgesel analiz)
$\mathbf{H_0}$	: Sıfır hipotezi
$\mathbf{H_1}$	: Karşıt hipotez
$\mathbf{E}$	: Değişkenin beklenen değeri
σ_x	: Standart sapma
$\mathbf{S_x}$	: Eldeki örnekten hesaplanan standart sapma değeri
μ_x	: x rastgele değişkeninin ortalaması
$\mathbf{P}$	: Kendall testi özel tanımlı sembol
$\mathbf{M}$	: Kendall testi özel tanımlı sembol
ρ	: Korelasyon katsayısı
$\mathbf{C_v}$	: Değişim katsayısı
τ	: Kendall korelasyon katsayısı

TÜRKİYE'DE YILLIK ORTALAMA AKIMLARIN TREND ANALİZİ

ÖZET

Su miktarlarının zamanla değişiminin belirlenmesi; hızlı nüfus artışı, kirlenme ve küresel ısınma tehdidinde bulunan su kaynaklarının sağlıklı biçimde planlanması açısından önemlidir. Bu nedenle özellikle son yıllarda çeşitli ülkelerde konuyla ilgili araştırmalar yapılarak önemli trendler gözlenmiştir.

Genel olarak akım trendlerini belirlemek için parametrik ve parametrik olmayan testler kullanılmaktadır. Parametrik testler verilerin normal dağılıma uygun olması halinde iyi sonuçlar verir. Dağılımların genellikle normal olmaması nedeniyle parametrik olmayan testlerle çalışmak daha iyidir.

Bu çalışmada Türkiye genelinde 24 havzada 107 akım gözlem istasyonundaki yıllık ortalama akımlarda trend analizi parametrik bir test olan t testi ve parametrik olmayan Kendall testi ile yapılmıştır. Trend ayrıca bölgesel bazda incelenmiştir.

Yıllık ortalama akım verilerinde trendin her iki test için de Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki istasyonlarda azalma yönünde olduğu görülmüştür. Yapılan bölgesel analizde de oluşturulan bölgelerde trend gözlenmiştir.

TREND ANALYSES OF ANNUAL MEAN STREAMFLOWS IN TURKEY

SUMMARY

Since the water resources are under the threat of pollution, global warming and rapid growing population it is very important to determine the amount of water in different periods of time for good planning and management of the water resources.

For this reason, especially in the recent years, researches about this subject are performed in different countries and important trends are found. Generally, for the determination of streamflow trends, parametric and nonparametric tests have been used. If the normal distribution fits to the data parametric tests give good results whereas nonparametric tests must be used for nonnormal distributions.

In this study, t test which is a parametric test and Kendall test which is a nonparametric test are applied to the mean annual flow data of 107 stations in 24 basins in Turkey.

Both of the tests show that the annual mean flow data of Turkey in the west, middle and south regions show a trend in the decreasing direction. Also a regional trend analysis in two regions has been performed which showed a decreasing trend.

1. GİRİŞ

Suya olan talep Dünya'da olduğu gibi Türkiye'de de düzenli bir şekilde artarken su kaynakları yeryüzünde 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 zorunlu hale gelmiştir. Dünya su kullanımındaki artış genel nüfus artışından daha yüksek düzeyde seyretmektedir. 1990-1995 periyodunda dünya nüfusunun iki misli büyümesine karşılık su kullanımlarının altı kat arttığı gözlemlenmiştir. Nüfus artışı yanında yaşam standardında kaydedilen gelişmeler de suya olan taleplerin artmasına neden olmaktadır.

İçinde bulunduğumuz 21.yüzyılın ilk yıllarında su kaynaklarının yönetimi, tatlı su kaynaklarının kıtlığı, artan nüfus artışı ve kirlenme problemlerinin tehdidi altına girmiş, planlamacı ve yöneticileri bu kısıtlar altında karar vermeye yönlendirmiştir. 1850'de küresel bazda kişi başına düşen yıllık su miktarı 43 000 m^3 iken, bu miktar artan nüfus sonucunda 9 000 m^3 civarına inmiştir.

Su kaynakları; hızlı nüfus artışı, kirlenme ve daha birçok problemin yanında olası bir küresel ısınmanın da etkisi altındadır. Son yıllarda bilim adamları, "sera etkisi" de denilen, karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), azot oksitleri (N_2O) ve koloroflorokarbon (CFC) gibi diğer sera gazları konsantrasyonlarındaki artışa ve bu gazların da dünyadan yansıyan ısıyı tutarak muhtemel bir iklim değişikliğine yol açtığına dikkat çekmektedirler.

İklim değişikliği, sosyal ve ekonomik hayata olan etkileri nedeniyle üzerinde sık çalışılan konulardan birisi olmuştur. İklim, hidrolojik çevrimi kontrol eden başlıca etkendir. Bu durum iklimdeki değişikliklerin en önemli etkisinin hidrolojik çevrimde kendini göstermesine sebep olmaktadır. Bu etkilerden bazıları, büyük miktardaki yağışların neden olduğu taşkınlar ile düşük yağış ve yüksek sıcaklıklara bağlı olarak gelişen kuraklıklardır. Küresel iklim değişikliğinin hidrolojik değişkenler üzerindeki en önemli etkisi, bu değişkenlerde stasyonerlik (kararlılık) özelliğini bozmasıdır.

İklim değişikliği ve buna bağlı olarak gelişen hidrolojik değişkenlik hakkında doğru ve yeterli bir bilgiye sahip olmak, doğrudan veya dolaylı olarak iklime bağlı sistemlerin daha iyi planlanmasının ve yönetilmesinin ilk aşamasını oluşturur. Bu hüküm özellikle su temini, taşkın kontrolü ve hidroelektrik enerji üretimi amaçlarına hizmet eden su kaynağı sistemleri için geçerlidir. Ülkemizdeki su kaynakları ve bunlara bağlı insan aktiviteleri, yeterli ve düzenli suyun sağlanması hususundaki zorluklar sebebiyle risk altındadır. Bu zorlukların en önemli sebebi, yıldan yıla büyük oranda değişen yağış miktarlarıdır. Dolayısıyla akım değişkenliklerinin anlaşılması, su kaynağı sistemlerinin güvenilirliğinin sağlanmasında önemli bir rol üstlenmektedir.

Verilen bu ön bilgilerden sonra konuyla ilgili olarak şunları söylemek mümkündür; çoğu su kaynakları gelişim projeleri, 50-100 yıl veya daha uzun süre verimli kullanılabilecek şekilde tasarlanır. Su kaynakları projelerinin geliştirilmesi ve tasarlanmasında genel olarak, iklim trendleri veya salınımları dikkate alınmadan mevcut meteorolojik ve hidrolojik kayıtların gelecek 50 veya 100 yıl içerisinde olabilecek taşkınlar, kuraklıklar ve su teminlerinin tahminlerine imkan vereceği kabul edilir.

Eğer mevcut olan gözlemler yağış ve su temininin tedrici olarak azaldığı bir periyot boyunca alınsa ve bu azalış projenin ekonomik ömrü boyunca devam etse projenin fiziksel ve finansal başarısı ciddi bir tehlikeye maruz kalabilir. Benzer şekilde, eğer kısa bir hidrolojik kayıt varsa ve bu kayıtlar kurak bir döneme aitse, yapının taşkın dizaynı için dikkate alınan değerler çok küçük alınacağından hesaplanan yapı boyutları sulak dönemlerde meydana gelecek daha büyük taşkınlarda yetersiz kalacağı için yapının yıkılmasına yol açabilecektir. Bu nedenler dolayısıyla su kaynaklarından daha etkin bir şekilde yararlanmak için akış serilerinin uzun dönem seyrini ve salınımlarını dikkate almak gerekir. Değişen iklim parametrelerinden dolayı su miktarlarının zamanla seyrinde nasıl bir trendin olduğunu bilmek, su miktarına dayalı olarak yapılacak yatırımlarda göz önüne alınması gereken en önemli belirleyici olmalıdır. Örneğin, artan nüfus ve su kullanma ihtiyacına göre 50 yıl veya daha uzun süreli olup işletme amacıyla inşa edilecek bir su yapısı, su miktarındaki azalışa bağlı olarak ekonomik çalışamayacak ve maddi kayıplara neden olacaktır. Bu nedenlerden dolayı yapılan bu çalışma, inşa edilecek her türlü su yapıları ve su

kaynaklarının kullanımına yönelik bazı belirleyici özelliklerin ortaya konulması açısından yararlı olacaktır.

Taşkın, ortalama ve düşük akımlarda trend (eğilim) bileşeninin olup olmadığının incelenmesi su kaynakları mühendisliği açısından farklı önem taşımaktadır. Taşkın ve ortalama akım değerleri; baraj haznelerinin biriktirme kapasitesinin hesabı ya da taşkın yapılarının projelendirilmesi, düşük akımlar ise baraj dip savağından nehrin mansap tarafına verilecek debi miktarının belirlenmesi ya da su kalitesi standartlarının muhafazası konularına esas teşkil etmektedir.

Trend üzerine yapılacak çalışmaların sonuçları ileride kurulabilecek iklim değişikliği modelleri açısından ışık tutacak nitelik taşır. Taşkın akımlarındaki bir değişim trendi taşkın yapılarının projelendirilmesi, ortalama akımlardaki değişim trendi ise baraj rezervuar hacmine yönelik tahminleri ve hesapları etkiler. Düşük akımlardaki bir trend ise su kalitesi standartlarının korunması açısından önem taşımaktadır.

Bu çalışmada Türkiye'deki yıllık ortalama akımlara trend analizi uygulanmış ve sonuçlar İTÜ Araştırma Fonu Projesi kapsamında yürütülen ortalama akımların dışında kalan düşük akımlar ile maksimum akımlara uygulanan trend analizi neticeleri ile karşılaştırılmıştır. Buna ilaveten çalışmada yıllık ortalama akımlar bölgesel trend analizine tabi tutulmuş olup bulunan sonuçlar yorumlanmıştır. Ayrıca bu çalışmada akımlar üzerine uygulanan trend analizi sonuçları Partal (2002) tarafından yapılan yağış verilerinin trend analizi sonuçlarıyla da kıyaslanmıştır. Kahya ve Kalaycı (2002) 1964-1994 arası aylık akımlara tüm havzalarda parametrik olmayan testlerle trend analizi uygulamıştır. Aylık akım trend analiz sonuçlarıyla, bu çalışmada yapılan yıllık akımların sonuçları son bölümde karşılaştırılmıştır.

1.1 Hidroloji

Hidroloji bilim dalı, su ile ilgili doğal olayları inceler. Bu bilim dalında, istatistik yöntemler kullanılmak suretiyle geçmişteki olaylar baz alınarak güncel veya geleceğe yönelik olayların değerlendirilmesi ve belirli bir güvenilirlik derecesinde ihtiyaç duyulan verilerin temini sağlanır.

Gözlemlere ve istatistik yöntemlere dayalı verilerin temini, değerlendirilmesi ve boyutlandırılması amacıyla su yapılarının kullanımına kadar sürdürülen faaliyetler "hidroloji çalışmaları" olarak isimlendirilmekte ve su yapıları projelerinin ana

girdisini oluşturmaktadır. Dolayısıyla bu aşamada hatalı ve eksik bilgilerle yapılacak projelendirmeler beklenen faydayı sağlayamamakta, bunun sonucunda da kısmen veya tamamen atıl yatırımlara yol açabilmektedir. Genel olarak bu sebeplerden ötürü su kaynaklarının geliştirilerek yaşamın hizmetine sunulmasını sağlayan süreçte Hidroloji biliminin önemi giderek artmaktadır.

İnsanoğlu Hidroloji bilimiyle milattan önce uğraşmaya başlamıştır; Mısır kitabelerinde Nil nehrinin taşması ile ilgili bilgilere rastlanmaktadır. Homeros, Platon ve Aristo gibi filozoflar da Hidrolojik çevrim üzerine yorumlarda bulunmuşlardır.

Ancak onbeşinci yüzyıl ile birlikte günümüzde kullandığımız su bilimlerinin temelleri atılmaya başlanmıştır. Gelişen çalışmalar beraberinde baraj, köprü ve benzeri su yapılarının tasarlanmasını getirmiştir. Ancak bu yapıların inşası ve sonraki aşamalarında oluşan ekonomik kayıplar nedeniyle tasarımların ihtiyaca ve kapasiteye göre yapılması gereği ortaya çıkmıştır.

Hidroloji bilimi limniloji, jeohidroloji, hidrometeoroloji gibi alanlara yakın olup matematik, fizik, kimya, meteoroloji, oşinografi, istatistik, ekoloji, jeoloji gibi kendi içerisinde sürekli gelişen bilim dalları ile etkileşim halinde olarak çok geniş bir yelpazeye sahip olan disiplinlerarası bir bilim dalı haline gelmiştir.

1.2 Türkiye'deki Akımlar ve Türkiye'nin Su Potansiyeli

Ülkemiz sınırları içinde 26 adet akarsu havzası yer almaktadır. Bu havzalardan Meriç, Asi, Fırat, Çoruh, Aras ve Dicle havzaları komşu ülke havzaları ile ilintili olup diğer havzaların tamamı sınırlarımız içinde yer almaktadır. Bu havzalardan Burdur Gölü Havzası, Afyon Suları Havzası, Orta Anadolu Havzası ve Van Gölü Havzası kapalı havza şeklinde olup bu havzaların akışları denizlere ulaşmayıp göllere bağlantıları bulunmaktadır.

Türkiye'deki akarsu havzalarının yıllık ortalama su potansiyelinin tespiti üzerine yapılan çalışmalar değişik sonuçlar vermiş olup, 100 km^3/yıl (milyar m^3) ile 250 km^3/yıl arasında değişen bu değerler genellikle 150-200 km^3/yıl mertebesinde yoğunlaşmaktadır. (Öziş ve diğ., 1997)

Tablo 1.1'de konuyla ilgili olarak yapılan çalışmalar sonuçlarıyla birlikte özetlenmiştir.

Tablo 1.1 Türkiye'nin su potansiyelinin tespiti çalışmalarının sonuçları.

Çalışma	Yararlanılan son su yılı	Yararlanılan istasyon adedi	Toplam gözlem süresi	Türkiye'nin su potansiyeli (km^3/yıl)
Öziş (1985)	1980	-	-	175
Erke (1985)	-	-	-	186
Durnabaş (1987)	1980	1467	13368	182
D.S.İ (1994)	-	-	-	186

Buradan da görüleceği üzere Türkiye'nin su kaynakları potansiyeli 180 km^3/yıl mertebesindedir.

Bazı havzalarda küçük ölçülerde farklar görülmekte birlikte, bu değerler Devlet Su İşleri tarafından verilen (D.S.İ. 1992) genel ortalama olarak hesaplanan 185 km^3/yıl değeriyle uyumludur.

Yine Öziş ve diğ. (1987) Türkiye'nin Akarsu Havzalarında Ortalama Su Potansiyeli Payları Tablo 1.2 ile ortaya koymuşlardır.

Tablo 1.2 Türkiye'nin akarsu havzalarında ortalama su potansiyeli payları

Havza No	**Havza Adı**	**Su Potansiyeli Payı (%)**
1	Ergene	0.8
2	Marmara	3.6
3	Susurluk	3.0
4	Kuzey Ege	1.2
5	Gediz	1.3
6	Küçükmenderes	0.5
7	Büyükmenderes	1.9
8	Batı Akdeniz	4.1
9	Orta Akdeniz	7.8
10	Burdur Gölü	0.4
11	Afyon Suları	0.2
12	Sakarya	3.0
13	Batı Akdeniz	5.6
14	Yeşilırmak	3.2
15	Kızılırmak	3.4
16	Orta Anadolu	0.8
17	Doğu Akdeniz	4.7
18	Seyhan	3.7
19	Asi	1.3
20	Ceyhan	4.1
21	Fırat	17.3
22	Doğu Karadeniz	9.2
23	Çoruh	3.4
24	Aras	2.4
25	Van Gölü	1.1
26	Dicle	12.0
TOPLAM		100.0

Akım gözlem ağının gelişmesi ve gözlem sürelerinin uzamasıyla su potansiyelinin daha duyarlı hesabı mümkün olacaktır.

Çalışmada ayrıca yüzeysel su potansiyeline ek olarak, Türkiye'nin yararlanılabilir yeraltı suyu potansiyelinin de 8 km^3/yıl civarında olduğu belirtilmektedir.

Tablo 1.2 den görüleceği üzere havzalardan; Fırat % 17.3, Dicle % 12, Doğu Karadeniz % 9.2, Orta Akdeniz % 7.8'lik yüzdelerle yaklaşık olarak ülke geneli su potansiyelinin yarısına sahiptir.

Yıllık ortalama akımlarda trend analizi çalışması, İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalında Araştırma Fonu projesi kapsamında teşkil edilen çalışma grubu tarafından yürütülen taşkın, ortalama ve düşük akımlarda trend analizi çalışmalarının bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında incelenen nehir akım verilerinin tamamı EİE İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmıştır. İncelenecek olan istasyonların seçimi sırasında nehire müdahale edilerek ölçülen akımların regüle edilmiş (düzenlenmiş) olmamasına, yani homojenliğinin bozulmamış olması hususuna dikkat edilmiştir. EİE tarafından 26 havzaya ait akım ölçümü yapılan nehirlerde zaman içinde müdahale olup olmadığı ile ilgili verilen bilgiler incelendiğinde, 2 numaralı havza (Müteferrik Marmara Suları) ile 19 numaralı havza (Hatay Suları) içindeki nehirlerde bütün istasyonlarda verilerin analizlerini etkileyecek müdahalelerin bulunduğu görülmüş ve bu havzalar çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır. Çalışmada kullanılan Akım Gözlem İstasyonları (AGİ) ve bağlı oldukları havzaların isimleri Tablo 1.3'te gösterilmiştir.

Tablo 1.3 Çalışmada kullanılan Akım Gözlem İstasyonları

Havza No	Havza Adı	Akım Gözlem İstasyonlarının Numaraları
1	Meriç	105,106
3	Susurluk	302,311,314,328
4	Müt. Ege	407,408
5	Gediz	509,515,523
6	Küçükmenderes	601
7	Büyükmenderes	701,725
8	Müt. Batı Akdeniz Suları	809,812,815
9	Müt. Orta Akdeniz Suları	902,912,917
10	Burdur Gölü	1003
11	Afyon Suları	1102
12	Sakarya	1203,1222,1223,1224,1233,1237,1239,1244
13	Müt. Batı Karadeniz Suları	1314,1319,1327,1331,1333,1334,1335
14	Yeşilırmak	1401,1412,1418,1422,1424
15	Kızılırmak	1501,1517,1424,1532,1535,1536
16	Orta Anadolu	1611,1612,1621,1622
17	Müt. Doğu Akdeniz Suları	1714,1717,1719,1720,1721
18	Seyhan	1801,1805,1820,1822
20	Ceyhan	2004,2006,2008,2015
21	Fırat	2102,2122,2123,2124,2131,2133,2135,2145 2147,2149,2154,2156,2157,2158,2164,2166
22	Müt. Doğu Karadeniz Suları	2202,2213,2215,2218,2228,2232,2233,2238 2239,2245,2247
23	Çoruh	2304,2305,2315,2316,2323
24	Aras	2402,2409,2415,2418
25	Van Gölü	2505
26	Dicle	2603,2610,2612,2618,2620

Tablo 1.4‘te de çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarının hangi havzaya bağlı oldukları, isimleri ve gözlem sürelerini içeren daha ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Tablo 1.4 Çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarının isimleri ve analizde kullanılan veri gözlem aralıkları

Havza Adı	İstasyon No	İstasyonun Adı	Gözlem Aralığı	Gözlem Süresi
MERİÇ	105	Uzunköprü	1969-1994	26
	106	Hayrabolu	1969-2001	33
SUSURLUK	302	Döllük	1939-2001	63
	311	Küçükilet	1945-2001	57
	314	Kayaca	1953-2001	49
	328	Dereli	1967-2001	35
MÜT.EGE SULARI	407	Aslan Köprüsü	1962-1997	36
	408	İnboğazı	1969-2001	33
GEDİZ	509	Kayalıoğlu	1962-2000	39
	515	Topuz damları	1966-2000	35
	523	Acısu	1970-2001	32
K.MENDERES	601	Selçuk	1961-2001	41
B.MENDERES	701	Kayırlı	1938-2001	64
	725	Azizler	1972-2001	30
MÜT.BATI AKDENİZ SULARI	809	Kavaklıdere	1957-2001	45
	812	Akköprü	1964-2001	38
	815	Kınık	1972-2001	30
MÜT.ORTA AKDENİZ SULARI	902	Beşkonak	1941-2001	61
	912	Sinanhoca	1964-2001	38
	917	Alarahan	1969-2001	33
BURDUR GÖLÜ	1003	Karaçal	1969-1994	26
AFYON SULARI KAP.	1102	Gazlıgöl	1965-2001	37
SAKARYA	1203	Beşdeğirmen	1941-2001	61
	1222	Rüstümköy	1953-2001	49
	1223	Hamidiye	1962-2001	36
	1224	Aktaş	1963-2001	39
	1233	Karaköy	1963-2001	39
	1237	Dokurcan	1957-2001	45
	1239	Eybek	1966-2001	36
	1244	Mandıra	1971-1999	29
MÜT. BATI KARADENİZ SULARI	1314	Karabük	1963-2001	39
	1319	Gökçesu	1965-2001	37
	1327	Afatlar	1968-2001	34
	1331	Bartın	1969-2001	33
	1333	Karabük	1965-1998	34
	1334	Beşdeğirmenler	1967-2001	35
	1335	Derecikviran	1964-2001	38
YEŞİLIRMAK	1401	Fatlı	1939-2001	63
	1412	Şeyhoğlu Köp.	1969-2001	33
	1418	Gömeleönü	1964-2001	38
	1422	Çiçekbükü	1969-2001	33
	1424	Çırdak Köp.	1969-2001	33

KIZILIRMAK	1501	Yamula	1939-2001	63
	1517	Şefaatli	1962-2001	40
	1524	Kuyluş	1962-1999	38
	1532	Gülşehir	1960-1998	39
	1535	Söğütlühan	1963-2001	39
	1536	Avşar Köprüsü	1967-2000	34
ORTA ANADOLU KAPALI	1611	Bozkır	1962-2001	40
	1612	Denircik	1962-2001	40
	1621	Sarayköy	1969-1999	31
	1622	Şereflikoçhisar	1969-2001	33
MÜT.DOĞU AKDENİZ SULARI	1714	Karahacılı	1961-2001	41
	1717	Kızılgeçit	1967-2001	35
	1719	Kırkkavak	1966-2001	36
	1720	Hamam	1966-2001	36
	1721	Alaköprü	1968-2000	33
SEYHAN	1801	Himmetli	1936-2001	66
	1805	Gökdere	1940-2001	62
	1820	Hacılıköprü	1970-2001	32
	1822	Fıraktin Köp.	1969-2001	33
CEYHAN	2004	Misis	1971-1996	26
	2006	Karaahmet	1954-2001	48
	2008	Kadirli Köp.	1969-1998	30
	2015	Tanır	1957-2001	45
FIRAT	2102	Palu	1968-2001	34
	2122	Tutak	1969-2000	32
	2123	Çınarköy	1969-1994	26
	2124	Yazıköy	1963-2001	39
	2131	Kılayık	1960-2001	42
	2133	Melekbahçe	1968-2000	33
	2135	Fatopaşa	1967-2001	35
	2145	Hisarcık	1963-2001	39
	2147	Dedikuşağı	1964-1997	34
	2149	Miksisağ	1964-1988	25
	2154	Aşağıkağdiriç	1969-2001	33
	2156	Bağıştaş	1969-2001	33
	2157	Karaköprü	1969-2000	32
	2158	Abdurr.paşa K.	1969-2000	32
	2164	Çayaağzı	1969-2001	33
	2166	Loğmar	1970-2001	32

MÜT. DOĞU KARADENİZ SULARI	2202	Değirmencik	1967-2001	35
	2213	Dereli	1962-1998	37
	2215	Dereköy	1965-2001	37
	2218	Şimdirli	1963-2001	39
	2228	Bahadırlı	1968-2001	34
	2232	Topluca	1964-2001	38
	2233	Tozköy	1964-2001	38
	2238	Arıcılar	1965-2001	37
	2239	Badallı Köp.	1965-1999	35
	2245	Gökçeli Köp.	1969-2001	33
	2247	Gocallı Köp.	1968-2001	34
ÇORUH	2304	Bayburt	1942-2001	60
	2305	Peterek	1963-2001	39
	2315	Karşıköy	1965-2001	37
	2316	İspir Köp.	1965-2001	37
	2323	İşhan Köp.	1965-2001	37
ARAS	2402	Kağızman	1964-1996	33
	2409	Güvercinkaya	1960-2001	42
	2415	Ur Köp.	1970-2001	32
	2418	Şahnalar	1970-2001	32
VAN GÖLÜ	2505	Göndürme	1972-2000	29
DİCLE	2603	Beşiri	1962-2000	39
	2610	Baykan	1955-2000	46
	2612	Malabadi Köp.	1965-2000	36
	2618	Köprübaşı	1969-1998	30
	2620	Üzümcü	1971-2000	30

1.3 Önceki Çalışmalar

Hırsch (1984) Mann-Kendall testinin geliştirilmiş hali olan verilerin rastgeleliğini göstermeyi amaçlayan Mevsimsel- Kendall testini ortaya koydu. Bu test serisel bağımlılığa karşı güçlü olmadığından 1984 yılında daha güçlü olan orijinal Kendall testinin bir modifikasyonunu önermiştir. Bu testte orijinal testte olduğu gibi zaman serilerinin sıraları esastır.

Atmosferde karbondioksit gazı konsantrasyonu sanayileşme ile birlikte artış göstermiş olup, bir sera gazı olan CO_2 deki bu artışın küresel bazda ortalama sıcaklıklarda yükselişe neden olduğu düşünülmektedir. Bloomfield (1992)'e göre son yüzyılda ortalama küresel sıcaklık artışı 0.4 ile 0.6°C arasındadır. Genel sirkülasyon modellerinin sonuçlarına göre, yükselen sıcaklıklar, yağış yoğunluğu miktarında bölgesel artışlara neden olabilmektedir. Nitekim Guttman ve diğ. (1992), Groisman

ve Easterling (1994), Karl ve Knıght (1998) ABD ve Kanada'da yağış miktarında artış olduğunu göstererek bu savı doğrulamışlardır.

Lettenmaier ve diğ. (1994), ABD'deki aylık yağış, akış ve sıcaklık verilerine uyguladığı analiz sonucunda Kasım-Nisan dönemindeki aylık nehir akımlarında 1948 -1988 yılları arasında artış bulmuşlardır.

Von Storch ve Navarra (1995) serisel korelasyonu ortadan kaldırmak için zaman serisine Pre - Whitening yöntemini uygulamıştır. Çalışma sonucunda yıllık ortalama akımlarda bir azalma olduğunu bulmasına rağmen Kanada'da iklimlerde aşırı değişimlerden söz edilemeyeceği savunulmuştur (Zhang ve diğ., 2001).

Lins ve Slack (1999) ABD'de orijinal Mann-Kendall testi ile trend analizi yaparak akışta ve yağışta artan yönde trend olduğunu bulmuşlardır.

Whitfield ve Canon (2000) Kanada'da, G. Kiely (1999) İrlanda'da yağış ve akış üzerine yaptıkları analizlerde önemli trendler bulmuşlardır (Zhang ve diğ., 2001).

Douglas ve diğ. (2000), ABD' deki taşkın ve düşük akımlarda bölgesel bazda trend olup olmadığını incelemişler ve bölgesel çapraz korelasyon dikkate alınmadığında bütün ülke genelinde taşkın akım analizlerinin üçte ikisinde, düşük akım analizlerinin ise ikisi dışında tamamında artan yönde trend bulmuşlardır.

Burn ve Elnur (2002) iklim değişimine oranla hidroloji ve meteoroloji arasındaki ilişkiyi göstermek için hidrolojik değişkenlere ait trendlerle, meteorolojik değişkenlere ait trendler arasındaki ilişkiyi incelediler. Kanada'da akış verileri üzerine trend çalışmasında Mann-Kendall testini kullanırken trendin eğim büyüklüğünün tahmini için Hirsch (1982) tarafından öne sürülen algoritmayı ve serisel korelasyonu gidermek içinde pre-whitening yöntemini kullandılar. Sonuçta üniform olmayan çok sayıda önemli trend buldular.

Bu çalışmaların yanında ülkemizde de trend analizi ile ilgili çalışmalara rastlanmaktadır. Bu çalışmaların sıcaklık üzerine yoğunlaştığı görülmektedir.

Toros (1993) aylık sıcaklık ve yağış verilerini kullanarak Türkiye'de iklim değişimini incelemiştir. Sonuçta önemli sayılabilecek oranda trende rastlayamamıştır. Önemli sayılabilecek derecede olmasa da mevsimsel toplam yağışların kış aylarında azalma, ilkbaharda ise artma eğiliminde olduğunu tespit etmiştir.

Karaca (1995) Türkiye'nin önde gelen iki büyük şehri olan İstanbul ve Ankara'da şehirleşmenin iklim üzerindeki etkisi üzerine çalışmıştır. Sıcaklık verilerine Mann-Kendall testi uygulayarak yaptığı analiz sonucunda İstanbul'un güneyinde sanayileşme ve şehirleşmenin getirdiği ısınma trendi bulmuştur.

Türkeş ve diğ.(1995) sıcaklık verileri ile yaptığı çalışma sonucunda Türkiye'de Doğu Anadolu Bölgesi haricinde kalan bölgeler için son 21 yılı kapsayan süreçte soğuma olduğunu ileri sürerken bunun genel olarak iklim değişimine kanıt olamayacağını savunmuştur.

Yine Türkeş (1996) çalışmasında yıllık yağış ortalamalarının trendini bölgesel bazda incelemiş ve İç Anadolu Bölgesi haricinde kalan bölgelerde azalma eğilimine rastlamıştır.

Kadıoğlu (1997) aylık ve yıllık sıcaklık verilerine uyguladığı çalışmasında önemli sayılabilecek trendlere ulaşamamıştır.

Bu çalışmalardan da görüleceği üzere ülkemizdeki çalışmalar iklim değişiminin araştırılması konusunda yapılmış olup genellikle sıcaklık verileri üzerine gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada ise yıllık ortalama akım verilerine trend analizi uygulanmıştır. İki havza hariç (2 ve 19 numaralı havzaların bütün istasyonları müdahaleli) diğer havzaların tümünde bulunan nehirlerde akımlara müdahale edilmeme şartına uygun olan istasyonlar çalışmada kullanılmıştır. Ayrıca ülke geneli bölgelere ayrılarak incelenmiş ve bölgesel trendin varlığı araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarını yağış ve sıcaklık trendleri ile karşılaştırıp iklim değişikliğinin varlığı hakkında daha geniş bulgular çerçevesinde öncekilere oranla daha güvenilir yorumlara ulaşmak mümkün olabilecektir.

2 VERİLERİN İSTATİSTİK ANALİZİ

2.1 Dağılımların Parametreleri ve Parametrelerin Tahmini

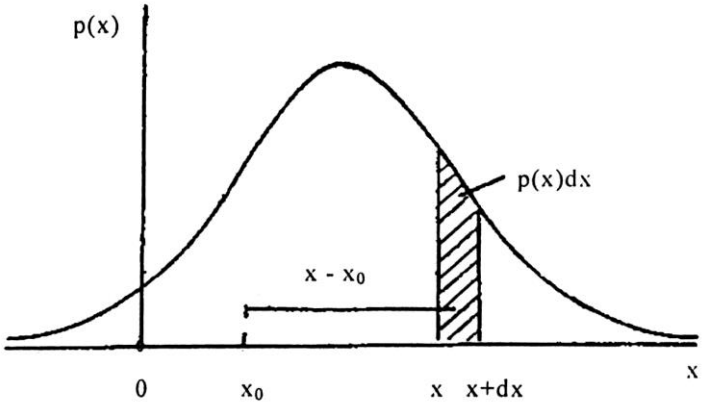
Bir rastgele değişkenin toplumunun parametreleri, o değişkenin olasılık dağılımının başlıca özelliklerini ifade ederler. Parametreler olasılık dağılımının aşağıdaki özelliklerini belirtirler:

- Dağılımın merkezini,
- Merkez çevresindeki yayılmanın büyüklüğünü,
- Dağılımın çarpıklığını,
- Dağılımın sivriliğini.

Toplumun tümünü gözlemek mümkün olmadığı için parametrelerin aldığı gerçek değerler bilinemez. En iyi yol eldeki örnekten tahmin yapmaktır, tahmin edilen bu değerlere istatistikler denir (Bayazıt, 1998). Elde edilecek istatistiklerin yani tahminlerin tarafsız (beklenen değerin toplum değerine eşit olması) ve etkin (örnekleme varyansının en küçük olması) tahminler olmaları istenir. En çok kullanılan tahmin yöntemleri istatistik momentler ve L-momentleridir.

2.1.1 Bir Rastgele Değişkenin İstatistik Momentleri

Bir rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu eğrisi ile x-ekseni arasında kalan alan bir kütle olarak kabul edilirse, bu kütlenin çeşitli noktalar etrafındaki momentleri istatistik momentler olarak tanımlanır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 İstatistik momentlerin tanımında kullanılan büyüklükler

Dağılımın n-inci mertebeden istatistik momenti

$$\mu^n = \int_{-\infty}^{+\infty} p(x)(x - x_o)^n dx \tag{2.1}$$

şeklinde tanımlanırken, n-inci mertebeden merkezsel momenti ise,

$$\mu^n = \int_{-\infty}^{+\infty} p(x)(x - \mu)^n dx \tag{2.2}$$

$$\mu_{x^{(n)}} = E[(x - \mu_x)^n] \tag{2.3}$$

şeklinde tanımlanır. Burada μ_x rastgele değişkenin ortalaması ve E[.] beklenen değeri göstermektedir. Momentlerin eldeki örnekten tahminindeki n mertebesi arttıkça, güvenilirlik hızla azaldığı için pratikte ilk dört moment kullanılır.

2.1.1.1 Merkez Parametreleri

Bir rastgele değişkenin dağılımının en önemli karakteristiği dağılımın merkez değeridir. Dağılımın merkezi; rastgele değişkenin alabileceği tüm değerlerin çevresinde kümelendiği değerdir. Rastgele değişkenin merkezini ifade etmek için en çok kullanılan parametre x_o=0 noktası etrafındaki 1-inci mertebeden moment olup bu değer ortalama ya da beklenen değer olarak adlandırılıp aşağıdaki şekilde de tanımlanır.

$$\mu_x = E[x] = \int_{-\infty}^{+\infty} x.dF(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} x.\, f(x).dx \qquad (2.4)$$

X rastgele değişkenin toplumundan alınmış n elemanlı bir örnekte (x_1,x_2,....x_k,.....x_n) ortalamanın $\bar{x}$ ile gösterilen istatistik değeri,

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \qquad (2.5)$$

şeklinde hesaplanır. Dağılımın merkezini gösteren kuantil tipi parametre ise medyandır. Medyanı tahmin etmek için eldeki örnek değerleri büyüklük sırasına göre dizilerek düzenlenmiş hale getirilir. (x_1<x_2<.....<x_n) setinde n tek ise ortada kalan eleman, n çift ise ortadaki iki elemanın ortalaması medyanı verir.

Örnekte bulunabilecek ve aykırı değer olarak adlandırılan çok küçük veya çok büyük değerler ortalamayı önemli ölçüde etkileyecektir. Medyanın ortalamaya üstünlüğü örnekteki aykırı değerden fazla etkilenmeyişidir.

2.1.1.2 Yayılım Parametreleri

Rastgele değişkenin dağılımının merkez çevresindeki yayılımının büyüklüğünü ifade etmek için en çok kullanılan parametre 2-inci mertebeden merkezsel moment olan varyans (Var_x) veya varyansın karekökü olan standart sapmadır (σ_x.)

Varyans rastgele değişkenin ortalamasından farkının karesinin beklenen değeridir.

$$Var_x = E[(x - \mu_x)^2] \qquad (2.6)$$

X rastgele değişkeninin varyansının toplum değeri,

$$Var_x = \sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - \mu_x)^2 . f(x).dx \qquad (2.7)$$

İfadesinden elde edilir.

Varyans, x rastgele değişkeninin toplumundan alınmış n elemanlı bir örnekte, (x_1,x_2,...., x_i ,.....,x_n) aşağıdaki ifadeyle tahmin edilebilir.

$$Var_x = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2 \qquad (2.8)$$

Ancak (2.8) denklemi ile hesaplanan varyans istatistiğinin beklenen değeri toplumun parametre değerinden daha küçük olduğundan varyansın tarafsız tahminini vermez, bu yüzden (2.8) denklemi yerine,

$$Var_x = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \tag{2.9}$$

denklemi kullanılmalıdır. Varyansın karekökü alınarak standart sapma (σ_x) bulunur. Standart sapmanın S_x istatistiği eldeki örnekten,

$$S_x = [Var_x]^{1/2} = [\frac{1}{(n-1)} \cdot \sum_{i=1}^{n}(x_i - x)^2]^{1/2} \tag{2.10}$$

denklemiyle hesaplanır. Standart sapmanın büyük olması değişkenin ortalama etrafındaki dağılımının daha yaygın olduğunu gösterir.

Ortalamaları aynı olmayan iki rastgele değişken arasında yayılmalarının büyüklüğünü tespit etmek için standart sapmaları karşılaştırmak yeterli olmaz. Standart sapmanın ortalamaya oranı olarak tanımlanan değişim katsayısına da bakılmalıdır. Değişim katsayısının değeri

$$C_{vx} = \frac{\sigma_x}{\mu_x} \tag{2.11}$$

İfadesinden elde edilir.

Değişim katsayısının istatistiği eldeki örnekten,

$$C_{vx} = \frac{Sx}{\bar{x}} \tag{2.12}$$

denklemiyle hesaplanır.

Değişim katsayısı ile iki rastgele değişkenin yayılımları doğrudan doğruya karşılaştırılabilir.

2.1.1.3 Çarpıklık Parametreleri

Rastgele değişkenin dağılımının merkez çevresindeki simetrisini ifade etmek için kullanılan parametre 3-üncü mertebeden merkezsel moment olan C_{sx} çarpıklık katsayısı,

$$C_{sx} = \frac{\mu_x^{(3)}}{\sigma_x^3} \tag{2.13}$$

denklemiyle hesaplanır. Boyutsuz bir katsayı olan çarpıklık katsayının 0 olması dağılımın simetrik, pozitif olması sağa çarpık, negatif olması sola çarpık olduğunu gösterir.

Çarpıklık katsayısının istatistik değeri:

$$C_{sx} = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^{n} (x_- \bar{x})^3}{S_x^3} \tag{2.14}$$

denklemiyle hesaplanır.

2.2 Korelasyon Katsayısı ve Regresyon Analizi

İki rastgele değişken arasında ilişki bulunması bunlardan birinin diğerinden etkilenmesi ya da her iki değişkenin başka değişkenlerden birlikte etkilenmelerinden kaynaklanabilir. Birbiriyle ilişkili değişkenlere bir havzaya düşen yağışla o havzadan çıkan akımı örnek gösterebiliriz. Bu ilişki deterministik nitelikte değildir. İstatistik ilişkide bir değişkenin belli bir değerine diğer değişkenin belli bir değeri yerine bir dağılım karşı gelir.

İki rastgele değişken arasındaki ilişkinin doğrusal olması durumunda en çok kullanılan ölçü Pearson korelasyon katsayısıdır. Normal dağılmış X ve Y değişkenleri için n elemanlı (x_i,y_i) çiftlerinden oluşan bir örnekten r korelasyon katsayısı şu denklemle hesaplanır.

$$r = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i - \bar{x}}{Sx} \frac{y_i - \bar{y}}{Sy} \tag{2.15}$$

r'nin değeri –1 ile 1 arasında değişebilir. Değerin 0 olması değişkenlerin bağımsız olduğunu gösterirken, r'nin mutlak değeri 0'dan 1'e doğru büyüdükçe ilişkinin kuvvetlenmesi manasına gelir.

X ile Y'nin bağımsız olması halinde r'nin kesin örnekleme dağılımı bilinmektedir.

$$t = \frac{r.\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \tag{2.16}$$

istatistiğinin örnekleme dağılımı serbestlik derecesi n-2 olan t dağılımıdır. Bu dağılımı kullanarak H_o : $\rho=0$ hipotezi kontrol edilebilir (ρ korelasyon katsayısının toplum değeri olup $\rho=0$ rastgele değişkenlerin bağımsız olduğu anlamına gelir).

İncelenen veri setinde ölçümlerin sağlıklı yapılamaması, ölçüm hataları, ölçümlere ara verilmesi ve benzeri nedenlerle eksikler bulunabilmektedir. Kesintisiz veri elde edebilmek ve veriler üzerinde değerlendirmelerde bulunabilmek için bu eksik verilerin tamamlanması gerekmektedir. Bunun için regresyon analizi yapılır.

Regresyon analizi iki ya da daha çok rastgele değişken arasındaki ilişkiyi matematik denklem olarak ifade etmek, bağımlı değişkenin değerini, bağımsız değişkenin bilinene değerine dayanarak tahmin etmektir. Regresyon denklemi olarak ifade edilen bu matematik gösterimde daima bir bağımlı Y değişkeni (esas) ile bir ya da birden fazla sayıda X bağımsız değişkeni (komşu) vardır. Bu bağıntıda bağımsız değişkenin değerini bağımlı değişkenin bilinen değerine bağlı olarak tahmin etmek mümkün olur. Bu tahmin değişkenin alacağı gerçek değeri tam olarak karşılamamakla birlikte bu değere yakın en iyi tahmin olur. Regresyon analizinde aralarında ilişki aranacak olan iki (ya da daha fazla) değişkenin hangileri olduğuna karar vermek, sonra bu değişkenler arasındaki ilişkiyi gösteren denklemin biçimi için kabul yapmak gerekir. Buna göre regresyon analizi şu şekilde sınıflandırılabilir.

a) Basit doğrusal regresyon analizi: En çok kullanılan bu analizde iki değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.

b) Çok değişkenli doğrusal regresyon analizi: İkiden daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu kabul edilir.

c) Doğrusal olmayan (nonlineer) regresyon analizi: Burada iki ya da daha fazla sayıda değişken arasında doğrusal olmayan ve biçimi önceden seçilen bir denklemle ifade edilen bir ilişkinin varlığı kabul edilir.

2.2.1 Basit Doğrusal Regresyon

Burada X ve Y ile gösterilen değişkenler arasındaki ilişkinin

$$y_i=\alpha+\beta.x_i+\varepsilon_i \qquad (2.17)$$

şeklinde olduğu kabul edilmektedir. X değişkeninin verilen bir x_0 değeri için Y'nin beklenen değeri:

$$E[Y \mid X=x_0]= \alpha+\beta.x_0 \quad (2.18)$$

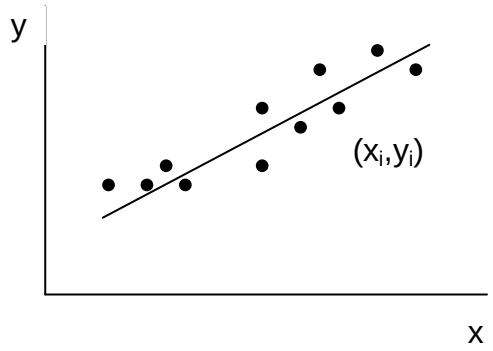
olup ε_i, beklenen değeri 0 olan kalıntı terimidir. Buna göre Y'nin X'e göre regresyon denklemi:

$$y=a+bx \quad (2.19)$$

şeklinde yazılabilir. a ve b, α ve β regresyon katsayılarının eldeki örnekten hesaplanan istatistik değerleridir. $X = x_i$ için Y değişkeninin y_i en iyi tahmini (2.19) denkleminden hesaplanır:

$$y'_i=a+b.x_i \quad (2.20)$$

X ile Y arasında doğrusal ilişki bulunup bulunmadığını görmek için örnekteki (x_i ,y_i) gözlem çiftleri x-y düzleminde noktalanır.



Şekil 2.2 X ve Y değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki

Noktaların doğru etrafında az bir dağılımla yayılmaları böyle bir ilişkinin varlığına işaret eder. Y'nin X'e göre regresyon doğrusunun (2.19) denklemindeki a ve b regresyon katsayıları gözlenen yi değerleriyle (2.20) denklemiyle tahmin edilecek y'_i değerlerinin $e_i=y_i-y'_i$ farklarının karelerinin toplamını en küçük yapacak şekilde hesaplanır.

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x}).(y_i - \bar{y}) \ , \ SS_x = \sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \ , \ SS_y = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 \quad (2.21)$$

şeklinde tanımlanırsa;

$$b_1 = \frac{S_{xy}}{SS_x} = r.\sqrt{\frac{SS_y}{SS_x}} \quad , \quad b_o = y - b_1.\bar{x} \tag{2.22}$$

olarak elde edilir. Burada r, X ve Y değişkenleri arasında (2.7) denklemiyle hesaplanan korelasyon katsayısıdır. n eldeki örnekte yer alan gözlem çiftlerinin sayısıdır.

$$r = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\frac{x_i - \bar{x}}{S_x}\frac{y_i - \bar{y}}{S_y} \tag{2.23}$$

2.3 Otokorelasyon Katsayısı

Bir rastgele değişkenin aldığı değerlerin zaman içinde belli aralıklarla izlenmesi halinde bir zaman serisi elde edilir. Burada ardışık anlardaki değerler arasında bir bağımlılık bulunması halinde bu bir stokastik süreç oluşturur. Zaman serisinden alınan bir örneğin istatistik analizinde X değişkeninin olasılık yoğunluk fonksiyonunun belirlenmesi yeterli olmaz, sürecin iç bağımlılığının da incelenmesi gerekir. İşte bu iç bağımlılık otokorelasyon katsayıları ile ölçülebilir. Bu katsayı n elemanlı örnekten denklem 2.24 ile hesaplanır.

$$r_k = \frac{\sum_{i=1}^{n-k}(x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad k=1,2,..... \tag{2.24}$$

Birbirine yakın birden fazla istasyondaki akımların modellenmesi istenirse sadece süreçlerdeki iç bağımlılıkların değil, istasyonlar arasındaki çapraz bağımlılıkların da dikkate alınması gerekmektedir.

2.4 Trend Analizi

Belirli zaman aralıklarında bir rastgele değişken üzerinde yapılan ardışık gözlemlerin kümesi zaman serisi olarak tanımlanır.

Zaman serileri analizlerinin yapılmasının amacı; incelenen değişkenin zaman içindeki seyrinin araştırılması,hidrolojik süreçlerdeki düzensizliklerin belirlenerek ileriye yönelik tahminlerin yapılmasıdır. Belirli gözlem süresi boyunca incelenen

değişkenlerin verilerinin oluşturduğu küme zaman serisi olarak tanımlanır. Bu değişkenler sıcaklık, yağış verileri veya bu çalışmada olduğu gibi akımlar olabilir.

İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalında yapılan proje kapsamında tamamlanmış çalışmada taşkın, ortalama ve düşük akımlarda trend (eğilim) incelenmiştir. Ortalama akımlar için olan bölümü bu çalışma kapsamında yapılmıştır. Yıllık ortalama akım bir su yılı boyunca ölçülen tüm akım değerlerinin ortalamasıdır.

Trend analizi parametrik bir test olan t testi ile ve parametrik olmayan τ (Kendall) testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda iklim değişikliğine etki eden parametrelerin analizinde, gözlemlerin kısa süreli, kesikli, düzensiz ve çarpık olması gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için parametrik olmayan testler tercih edilmektedir. Parametrik olmayan testler, istatistiklerin dağılımlarına bağlı olmayan , bu nedenle de dağılımdan bağımsız olarak adlandırılan yaklaşımlardır. Parametrik testler normalite, lineerlik ve bağımsızlık kabulleri yapıldığı için zaman serilerinin analizinde genellikle uygun değillerdir. Bu nedenle geliştirilen parametrik olmayan testler gözlemlerin büyüklüğünden ziyade sıralarını (rank) esas alır ve herhangi bir dağılıma uyma şartı gerektirmez.

Serisel Korelasyon

Hidrolojik zaman serilerinin analizinde serisel korelasyon dikkate alınmalıdır. Özellikle pozitif bir serisel korelasyon varsa belirli bir önem seviyesinde gerçekte olması gerekenden daha önemli bir trend bulunacaktır (Zhang ve diğ., 2001). Parametrik olmayan bir yöntem olan Mann-Kendall testi hidrolojik trendlerin analizinde serisel korelasyonu da dikkate alan en önemli testtir. Verinin serisel korelasyonunu gidermek için değişik yaklaşımlar ortaya konmuştur. En yaygın yaklaşımlar Van Storch ve Navarra (1995) tarafından önerilen zaman serisine Pre-Whitening uygulanması ile zaman serisini belli bir forma sokmak için budama (prune) yöntemi olup bu çalışmada serisel korelasyonu gidermek için Pre-Whitening yöntemi kullanılmıştır. Pre-Whitening yöntemi sadece Mann-Kendall testi sonucunda trend bulunan istasyonlara uygulanmıştır.

Gözlemlenmiş değişken değerleri x_i ve sürecin 1-aralıklı otokorelasyon katsayısı r_1 ile gösterilmek üzere $(x_i - r_1.x_{i-1})$ işlemi uygulanır. Sonuçta elde edilen veriler, adına kalıntı terimleri denilen ve iç bağımlılığın etkisi yok edilen değerlerdir. Test kalıntı terimleri üzerinde uygulanır.

2.4.1 t Testi

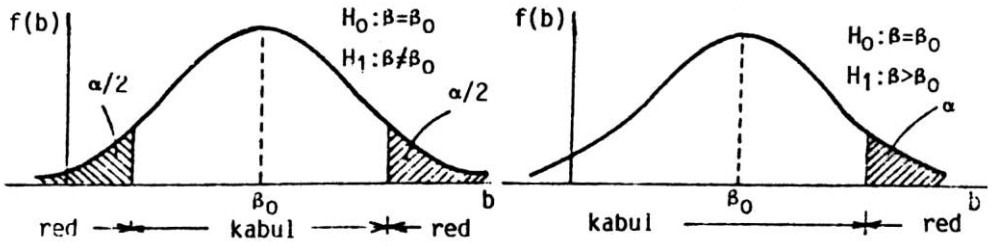
Korelasyon katsayısı ($r_{x,y}$) iki rastgele değişken (X,Y) arasındaki bağımlılığın bir ölçüsüdür. Korelasyon katsayısı –1 ile 1 arasında bir değer alabilir. Bu çalışmada belirlenen korelasyon katsayıları da yıllık ortalama akım istatistikleri ile zaman (yıl) arasındaki bağımlılığı göstermektedir. $r_{x,y}$=0 olması X ve Y değişkenleri arsında doğrusal bir bağımlılık bulunmadığını göstermektedir. Burada Y istatistik değerini, X ise zamanı temsil etmektedir. $r_{x,y}$'nin mutlak değerinin bire yaklaşması ise değişkenler arasındaki bağımlılığın gittikçe kuvvetlendiğini göstermektedir. Ancak korelasyon katsayısının bire yakın olması her zaman iki değişken arasında neden sonuç ilişkisi olduğunu göstermez. İki değişkenin de bir başka değişkenden etkilenmesi de korelasyon katsayısının bire yaklaşmasını sağlayabilir. Buna göre iki değişken arasında bağımlılık bulunup bulunmadığını kontrol etmek için korelasyon katsayısının değerine bakılmalıdır.

$\rho_{x,y}$ değerine bakılarak bağımlılık hakkında karar vermek için $r_{x,y}$ istatistiğinin örnekleme dağılımını bilmek gerekir. X ile Y arasında doğrusal bir ilişki yoksa ($\rho_{x,y}$=0), X ve Y nin ortak dağılımlarının normal olduğu kabulü ile $r_{x,y}$ 'ye bağlı olarak tanımlanan t istatistiğinin örnekleme dağılımı s.d.=n-2 olan t dağılımı olmaktadır. n örnekteki eleman sayısını verirken, t istatistiğinin değeri:

$$t = \frac{r.\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \tag{2.25}$$

formülü ile hesaplanır. $r_{x,y}$ değeri kullanılarak hesaplanan t değeri, H_o= $\rho_{x,y}$ =0 hipotezini H_1= $\rho_{x,y} \neq 0$ karşıt hipotezine göre kontrol etmek için kullanılır. Bulunan bu t değeri α anlamlılık düzeyinde karşı gelen güven aralığında kalıyorsa $\rho_{x,y}$ =0 hipotezi kabul edilir. Yani X ve Y değişkenleri arasında bir bağımlılık bulunmadığı sonucuna varılır. Eğer hesaplanan t değeri bu güven aralığının dışında kalırsa $\rho_{x,y}$ =0 hipotezi reddedilir ve $\rho_{x,y} \neq 0$ karşıt hipotezi kabul edilir. H_1 hipotezi "büyük" ya da "küçük" şeklinde tek durumlu ise red bölgesi Şekil 2.3'teki ikinci şekil gibi sağ uçta işaretlenerek bir yanlı test uygulanır. Ancak bu çalışmada H_1 hipotezi yukarıda

anlatıldığı gibi eşit değil şeklinde olduğundan iki yanlı test (birinci şekil) kullanılmıştır.



Şekil 2.3. İstatistik hipotezlerin kontrolü

Aşağıda t testi ile ilgili uygulama örnekleri bulunmaktadır.

2.4.1.1 t Testi Uygulama Örnekleri

- 1 numaralı Meriç Havzası'nda bulunan 105 no'lu akım gözlem istasyonu

1969-1994 yılları arasında olmak üzere 26 yıllık gözlem süresine sahiptir. 26 yıllık ortalama akım değerleri ile zaman arasındaki korelasyon katsayısı $r_{x,y}$= - 0.524 olarak bulunmuştur. Buna göre t istatistiği şu şekilde hesaplanmaktadır.

$t = \frac{r.\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}}$ denkleminde bilinen değerler yerine konulduğunda

$t = \frac{0.524.\sqrt{26-2}}{\sqrt{1-0.524^2}}$ t = -3.01 bulunur.

s.d.= n –2 = 26-2=24 için

t istatistiği tablosundan α=0.05 için $t_{0.025}$=2.06 olarak bulunur. Hesaplanan t değeri (-2.06, 2.06) güven aralığı dışında kaldığından H_o= $\rho_{x,y}$ = 0 hipotezi reddedilir.

- 106 no'lu istasyon

1969-2001 yılları arası 33 yıllık ortalama akım değerleriyle zaman arasında $r_{x,y}$= - 0.049 bulunmuştur. n=33 yerine konularak t istatistiği değeri yukardaki şekilde hesaplandığında t = -0.27 ve

s.d.= n-2=33-2=31 için

α=0.05 için $t_{0.025}$=2.04 olarak bulunur. Hesaplanan t değeri (-2.04, 2.04) güven aralığı içinde kaldığından H_o= $\rho_{x,y}$ = 0 hipotezi kabul edilir ve trend olmadığı sonucu elde edilir.

2.4.2 Kendall Testi

Kendall testi parametrik olmayan ve değişkenlerin dağılımından etkilenmeyen bir test olup Kendall korelasyon katsayısının hesaplanması esasına dayanmaktadır. Bu test ile bulunan sonuçların içinde iç bağımlılığın etkisi de olabilir. Bu nedenle Kendall korelasyon katsayısı ile trend araştırması yapılırken iç bağımlılığın etkisi dikkate alınıp giderilmelidir. Değişkenlerin değerleri değil bu değerlerin büyüklük sırasının önemli olduğu bir testtir. Bunun için zamanı gösteren Y değişkeninin aldığı değerler ile birlikte her bir Y_i 'nin çifti olan Xi belirlenerek bu değerler sıraya konulur. X_i'lerin dizilişinde i<j için X_i<X_j olan (X_i ,X_j) çiftlerinin sayısı P, i<j için X_i >X_j olan (X_i , X_j) çiftlerinin sayısı M ile gösterilirse S=P-M olmak üzere Kendall korelasyon katsayısı:

$$\tau = \frac{S}{[n.(n-1)/2]} \tag{2.26}$$

ile hesaplanmaktadır.

Burada n.(n-1)/2 , (X_i ,X_j) çiftlerinin toplam sayısını göstermektedir. Kendall korelasyon katsayısının değeri –1 ile 1 arasında değişebilir. S'nin aşılması olasılığı p olan X değerleri örnekteki gözlem çiftlerinin n sayısına bağlı olarak Tablo B.3.'ten alınabilir.

n >10 için

$$\mu_s = 0 , \qquad \sigma_s = \sqrt{\frac{n.(n-1).(2n+5)}{18}} \tag{2.27}$$

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma_s & S>0 \text{ ise} \\ 0 & S=0 \\ (S+1)/\sigma_s & S<0 \text{ ise} \end{cases}$$

Tablo B.2.'de verilen normal dağılım tablosundan Z'nin aşılma olasılığı bulunur ve buna göre X ile Y'nin bağımsız olduğu hipotezi seçilen bir α anlamlılık düzeyinde kontrol edilir. Aşağıda Kendall testi ile ilgili uygulama örnekleri verilmiştir.

2.4.2.1 Kendall Testi Uygulama Örnekleri

- 1 numaralı Meriç Havzasında bulunan 105 no'lu akım gözlem istasyonu

1969-1994 yılları arasındaki yıllık ortalama akım değerleri (m^3/s) cinsinden aşağıda verilmiştir.

1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
39.3	32.70	36.88	10.87	39.00	12.67	18.51	22.17	27.87	23.42	27.94	45.33	51.92

1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
47.12	11.09	30.01	13.30	31.02	12.74	15.80	18.68	4.75	11.32	11.53	7.06	3.56

Y_i'lerin küçükten büyüğe sıralanmasıyla i<j için $X_i<X_j$ olan (X_i ,X_j) çiftlerinin sayısı P= 104

i<j için $X_i>X_j$ olan (X_i ,X_j) çiftlerinin sayısı M= 221

Buna göre S=P-M ile tanımlanan ifade S= -117 olarak bulunur.

Buna göre

Kendall korelasyon katsayısı:

$$\tau = \frac{S}{[n.(n-1)/2]} = -117/\,[26\,(25)\,/2\,] = -0.36$$

n>10 için

$$\mu_s = 0\,, \quad \sigma_s = \sqrt{\frac{n.(n-1).(2n+5)}{18}}$$

n=26 yerine konulursa σ_s=45.36 olarak bulunur.

S<0 olduğu için $Z=(S+1) / \sigma_s = (-117+1) / 45.36 = 2.56$

Normal dağılım tablosundan α=0.05 anlamlılık düzeyi için $z_{0.025}$ değeri 1.96 olarak okunur. Bu durumda 2.56 olarak hesaplanan Z değeri (-1.96,1.96) güven aralığının dışında olduğu için α=0.05 anlamlılık düzeyinde H_o: $\rho_{x,y}$ =0 hipotezi reddedilir. Dolayısıyla bu anlamlılık düzeyinde trend olduğu sonucuna varılır.

♦ 106 no'lu akım gözlem istasyonu

1969-2001 yılları arasındaki yıllık ortalama akım değerleri (m^3/s) cinsinden aşağıda verilmiştir.

1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
5.95	5.57	6.91	1.35	4.24	1.19	2.53	2.25	4.5	4.22	6.96	11.5	10.6

1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
6.69	1.69	8.77	2.26	5.21	2.89	2.12	3.61	0.4	0.84	0.83	0.8	0.31

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
4.41	4.88	3.47	9.14	15.56	2.76	1.01

Y_i'lerin küçükten büyüğe sıralanmasıyla i<j için $X_i < X_j$ olan (X_i ,X_j) çiftlerinin sayısı P= 226

i<j için $X_i > X_j$ olan (X_i ,X_j) çiftlerinin sayısı M= 302

Buna göre S=P-M ile tanımlanan ifade S= 226-302 = -76 olarak bulunur.

Buna göre

Kendall korelasyon katsayısı:

$$\tau = \frac{S}{[n.(n-1)/2]} = -76 / [33\ (32)/2\ ] = -0.144$$

n>10 için

$$\mu_s = 0\ ,\ \sigma_s = \sqrt{\frac{n.(n-1).(2n+5)}{18}}$$

formülünde n=33 yerine konulursa σ_s=64.54 olarak bulunur.

S<0 olduğu için $Z=(S+1) / \sigma_s = (-76+1) / 64.54 = -1.16$

Normal dağılım tablosundan α=0.05 anlamlılık düzeyi için $z_{0.025}$ değeri 1.96 olarak okunur. Bu durumda –1.16 olarak hesaplanan Z değeri (-1.96,1.96) güven aralığının içinde olduğu için α=0.05 anlamlılık düzeyinde H_o: $\rho_{x,y}$ =0 hipotezi kabul edilir. Dolayısıyla bu anlamlılık düzeyinde trend olmadığı sonucuna varılır.

Kendall testi akımların normal dağıldığı kabulünü gerektirmediğinden daha güvenilir sonuçlar vermesi beklenir. Ancak, bu çalışmada t testi ile Kendall testinin sonuçları arasında önemli bir fark bulunmadığı görülmüştür

2.5 Bölgesel Trend Analizi

Trend analizi istasyonlar için uygulandığı gibi istasyonların gruplanmasıyla oluşturulan ve istatistik özelliklerinin ortak olabileceği değişim katsayıları ile öngörülen bölgelerde de uygulanmaktadır.

Bölgeyi temsil edecek bir ortalama korelasyon katsayısı elde etmek için istasyonlarının tamamı arasında birbirleriyle olan korelasyon katsayıları hesaplanır. Burada önemli olan nokta bölgesel analizi yapılan istasyonlarda çapraz korelasyon katsayıları olarak adlandırılan katsayılar bulunmadan önce istasyonların ortak yıllarının tespitinin yapılması yani eşit gözlem sürelerinin kullanılmasıdır.

k=1,2,.....,m-1 ve l= k+1,k+2,....., m olmak üzere

(m:istasyon sayısını göstermektedir.) $\rho_{k,l}$ ile ifade edilen çapraz korelasyon katsayıları hesaplanır. Bu katsayıların ortalaması denklem 2.28 ile bulunur.

$$\overline{\rho} = \frac{2.\sum_{k=1}^{m-1}\sum_{l=k+1}^{m}\rho_{k,l}}{m.(m-1)} \tag{2.28}$$

Bölgesel ortalama $\overline{S}$ denklem (2.29) ile bulunur.

$$\overline{S} = \frac{\sum_{k=1}^{m} S_k}{m} \tag{2.29}$$

$\overline{S}$ 'nin parametreleri

$$E(\overline{S})=0 \quad , \quad Var(\overline{S}) = \frac{\sigma^2}{m}\cdot[1+(m-1).\overline{\rho}] \quad , \quad \sigma = \sqrt{\frac{n.(n-1).(2n+5)}{18}} \tag{2.30}$$

Daha önce Kendall testinde anlatılan değerlendirmenin aynısı burada da uygulanmaktadır. Bölge istasyonları için bulunan ortalama Kendall, S ve σ_s değerlerinden faydalanılarak;

$$Z=\begin{cases}(S-1)/\sigma_s & S>0 \text{ ise}\\ 0 & S=0\\ (S+1)/\sigma_s & S<0 \text{ ise}\end{cases}$$

değerlendirme sisteminden bölge için ulaşılan Z değeri anlamlılık düzeyi seviyesine göre sınır değer ile karşılaştırılarak bölgesel bazda trendin varlığı ile ilgili sonuca ulaşılır.

3 TÜRKİYE'DEKİ YILLIK ORTALAMA AKIMLARIN TREND ANALİZİ

3.1 Yıllık Ortalama Akım Verileri

Bu çalışmada Elektrik İşleri Etüt İdaresi rasat yıllıklarından sağlanan akım verileri kullanılmıştır. Çalışma Türkiye genelinde bulunan 26 akarsu havzasının 24 ünü (2 no'lu Müteferrik Marmara Havzası ile 19 no'lu Hatay Havzası hariç) kapsamaktadır.

Bu 24 havzada toplam 107 akım gözlem istasyonunun (AGİ) çalışmada incelenmesi uygun görülmüştür. Çalışma kapsamında incelenen istasyonlar ve bulundukları havzalar Şekil 3.1'de verilmiştir. Akım gözlem istasyonları baraj, gölet v.b su yapılarının etkisi olmayan yani müdahaleye maruz kalmamış nehirler üzerinde olanlardan seçilmiştir. Ayrıca çalışmada kullanılacak istasyonlar seçilirken istasyonların istatistik anlamda mümkün olduğunca uzun ve homojen ölçümlere sahip olmasına dikkat edilmiştir.

Havzalardan 21 no'lu Fırat Havzası 16 akım gözlem istasyonu ile en çok istasyona sahip havza olurken; 6, 10, 11 ve 25 no'lu havzalar birer AGİ ile en az istasyon içeren havzalar olmuşlardır.

İstasyonlardan 1801 no'lu istasyon 66 yıllık veri ile en uzun süreli veriye sahiptir. En az 25 yıllık verisi olan istasyonlar çalışmaya dahil edilmiştir. 25 yıl ile 2149 no'lu istasyon en kısa süreli veriyi içermektedir.

Çalışma kapsamında ele alınan 107 istasyonda ortalama 38 yıllık veri bulunmaktadır.

107 istasyonun 76'sında verilere 2001 yılı dahildir.

Bazı akım gözlem istasyonlarında birleştirmeler yapıldı. 2025-2015 ile 2252-2239 ile birleştirildi. Burada 2025 no'lu istasyon 2015 no'lu istasyonun, 2252 no'lu istasyon da 2239 no'lu istasyonun mansabında daha sonradan açılmış AGİ'ler olup birleştirilerek eski istasyonların adıyla çalışmada yer almaları sağlanmıştır.

Böylece ölçülmüş halde elde hazır bulunan veriler çalışma kapsamına alınmış ve daha uzun süreli veri seti oluşması sağlanmıştır.

Tablo 3.1 Çalışma kapsamındaki tüm istasyonlarda hesaplanan istatistik değerler.

İstasyon No	Ortalama (m^3/s)	St.Sapma (m^3/s)	Değişim Katsayısı	Çarpıklık Katsayısı
105	23.33	13.86	0.59	0.49
106	4.40	3.58	0.81	1.28
302	58	25.	0.43	0.78
311	6.28	2.89	0.46	0.69
314	19.1	8.5	0.44	0.68
328	613	2.79	0.46	0.43
407	12	5.38	0.45	0.57
408	0.97	0.5	0.52	0.93
509	2.97	1.99	0.67	1.11
515	3.51	1.88	0.53	0.31
523	9.90	5.52	0.56	0.79
601	10.11	8.34	0.82	0.83
701	6.53	3.26	0.5	0.08
725	3.09	1.91	0.62	1.52
809	3.63	1.93	0.53	0.75
812	42.6	17.2	0.40	0.44
815	37.2	12.8	0.34	0.39
902	84.1	19.46	0.23	0.48
912	72.81	25.6	0.35	-.0.09
917	30.58	10.41	0.34	0.06
1003	1.65	1.59	0.96	2.12
1102	0.48	0.29	0.59	1.09
1203	8.11	4.13	0.51	0.74
1222	18.09	6.39	0.35	0.25
1223	1.81	1.35	0.75	0.77
1224	7.05	2.65	0.38	-0.23
1233	14.08	4.95	0.35	0.001
1237	7.82	2.69	0.34	0.37
1239	2.51	0.89	0.36	-0.08
1244	4.89	2.06	0.42	0.53
1314	26.13	7.25	0.28	-0.21
1319	5.83	1.76	0.30	0.67
1327	7.97	2.65	0.33	-0.025
1331	25.94	8.72	0.34	0.58
1333	16.74	4.63	0.28	0.41
1334	7.93	2.16	0.27	0.62
1335	101.82	27.54	0.27	0.52
1401	71.44	17.99	0.25	0.40
1412	7.10	3.04	0.43	0.22
1418	18.31	4.89	0.27	-0.12
1422	8.01	2.76	0.34	1.10
1424	4.22	1.75	0.42	0.32
1501	68.02	20.8	0.31	0.50
1517	12.1	5.25	0.43	0.39
1524	16.17	4.98	0.31	0.01

1532	81.29	23.78	0.29	0.52
1535	39.33	12.53	0.32	0.365
1536	132.53	39.6	0.30	1.09
1611	3.57	1.33	0.37	-0.38
1612	2.39	1.06	0.44	0.05
1621	12.52	4.32	0.34	0.32
1622	1.00	0.27	0.28	0.61
1714	112.7	34.16	0.30	0.21
1717	5.62	2.37	0.42	1.28
1719	53.47	17.19	0.32	0.17
1720	45.29	13.03	0.29	0.54
1721	24.44	7.64	0.31	-0.03
1801	30.06	7.76	0.26	-0.12
1805	64.49	29.89	0.46	2.46
1820	13.78	4.95	0.36	0.81
1822	20.14	5.56	0.28	0.40
2004	206.13	80.36	0.39	0.44
2006	8.98	3.23	0.36	0.43
2008	8.31	2.48	0.30	-0.125
2015	8.10	2.73	0.34	0.86
2102	242.2	93.05	0.38	0.62
2122	47.36	12.94	0.27	0.92
2123	9.49	1.77	0.19	-2.05
2124	8.37	2.1	0.25	1.44
2131	1.69	0.89	0.53	1.41
2133	88.13	22.77	0.26	0.20
2135	4.03	1.27	0.32	0.90
2145	23.47	7.59	0.32	0.78
2147	33.79	7.22	0.21	0.32
2149	51.5	12.83	0.25	0.004
2154	19.28	4.44	0.23	0.65
2156	145.7	35.5	0.24	-0.84
2157	24.96	10.1	0.41	0.69
2158	19.2	5.7	0.30	1.00
2164	33.3	10.8	0.32	0.70
2166	76.1	27.6	0.36	0.004
2202	11.05	1.93	0.17	0.63
2213	13.89	2.45	0.17	0.15
2215	13.3	1.47	0.11	0.11
2218	28.14	3.36	0.12	0.41
2228	4.15	1.54	0.37	3.34
2232	28.8	3.69	0.13	0.65
2233	6.49	0.8	0.12	0.01
2238	11.7	3.02	0.26	0.032
2239	4.74	1.1	0.23	-0.01
2245	7.11	1.69	0.24	-0.01
2247	28.8	7.43	0.26	0.36
2304	14.9	4.21	0.28	0.64

2305	69.07	16.5	0.24	0.79
2315	206.8	44.4	0.21	1.47
2316	39	9.04	0.23	0.15
2323	33.4	9.7	0.29	1.26
2402	58.3	16.28	0.28	0.17
2409	10.7	3.82	0.36	0.92
2415	17	4.62	0.27	0.43
2418	18.3	4.41	0.24	0.52
2505	9.6	2.26	0.24	0.66
2603	48.64	20.4	0.42	0.87
2610	18.7	7.25	0.39	0.96
2612	126.5	41	0.32	0.12
2618	7.7	4.49	0.59	1.23
2620	60.5	21.9	0.36	0.88

3.2 Eksik Verilerin Regresyon Yöntemiyle Hesaplanması

Regresyon analizi hakkında genel bilgi ve regresyon analizinin sınıflandırılması Bölüm 2.2'de anlatılmıştı.

Mühendislik uygulamalarında en çok kullanılanı basit doğrusal regresyon analizidir. Aşağıda kullanılan regresyon metodolojilerinde de basit doğrusal regresyon yoluyla eksik verilerin tahmini yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan regresyon metodolojisi

1) Yıllık toplamlara göre,
2) Tüm ayların ardışık dizilişine göre,

1) Yıllık Toplamlar Regresyonu;

Önce esas istasyonun yıllık toplam değerlerinin oluşturduğu bir veri seti hazırlanır, komşu istasyonda da aynı şey yapılarak istasyonun eksik olan yıl haricinde bulunan ortak yıllarının oluşturduğu veri setleri arasındaki korelasyon katsayısı r bulunur, diğer komşu istasyon setleriyle esas istasyon arasındaki r katsayıları da hesaplanır. Maximum r'yi veren komşu istasyonla esas istasyon arasındaki regresyon denklemi bulunur,sonra aylık toplamlar bulunur ve her bir ayın akım yüzdesi tespit edilir. Son olarak denklemdeki x değerinin yerine komşu istasyonun eksik olan yılındaki toplam değeri yazılarak bulunan y değeri eksik olan yıldaki yıllık toplam değer olur, buradan da eksik olan ayın yüzdesi ile bu toplam değer çarpılarak eksik aylık değer tahmin edilmiş olur.

Çalışmadan bir örnek;

917 no'lu istasyonun (esas) 1969 yılı Ekim ayı gözlemi bulunmamaktadır. Bunun için komşu istasyon olarak 1611,1719 ve 1720 no'lu istasyonlar uygun görülmüştür. Buradan 1970-1998 arası setler incelendiğinde;

917-1611 arası r=0.747

917-1719 arası r=0.834

917-1720 arası r=0.761

olarak bulunmuştur, görüldüğü üzere en büyük değer 1719 komşu istasyonu ile 0.834 değeridir. 917-1719 arası regresyon denklemi y=1.1996x+180.81 olarak bulunur.1719 istasyonunun 1969 yılı toplam debisi 1077.2 ve Ekim ayının toplam debilere göre yüzdesi 0.02 olarak tespit edilmiştir. 1077.2 değerini x olarak denklemde yerine koyduğumuzda y=1473.02 bulunur ki bu değer 917 nolu istasyonun 1969 yılı yıllık toplam değeridir. Eksik olan Ekim ayı değeri 0.02 x 1473.02 =29.46 olarak bulunur.

2) Tüm aylar regresyonu

Tüm aylık verilerin arka arkaya dizilerek yıl sayısı x 12 uzunluğunda veri seti hem esas hem de komşu istasyonlar için oluşturulur, buradan bulunan r değerleri arasında en büyük değeri olan komşu istasyon seti ile esas istasyon arasındaki regresyon denkleminde komşu istasyonun esas istasyonun eksik olan aylık değerine karşı gelen değeri x olarak girilirse esas istasyonun eksik olan değeri tahmin edilmiş olur.

Çalışmadan bir örnek;

1611 nolu istasyonun 1963 yılı Ekim ayı gözlemi eksiktir. Tüm aylık değerlerin ardışık biçimde sıralanmasıyla oluşturulan setlerden regresyon denklemi y=1.3763x+0.2958

bulunmuştur. Burada 1612 nolu istasyonun 1963 Ekim ayı değeri 0.62 x değeri olarak yerine konulmuş ve 1611 istasyonunun Ekim 1963 değeri 1.15 m^3/s olarak tahmin edilmiştir.

Regresyon analizi metotlarında bu iki yöntemden ayrı ayrı bulunan korelasyon katsayıları karşılaştırılarak en büyük değer hangi yöntemin değeriyse onun yöntemi ile bulunan regresyon denklemi kullanılarak eksik değerlere ulaşıldı.

Regresyon Kriterleri

a) EİE'den temin edilen verilerde herhangi bir yıl içerisinde 4 ay veya daha fazla veri eksikse eksik veriler regresyonla tamamlanmayıp o yıl çalışma kapsamına alınmadı.

b) Eğer istasyonun verilerinde arada tüm bir yıl eksikse o yıla kadar olan veriler de sürekli ve sağlıklı veri seti elde etmek için çalışma kapsamından çıkarıldı.

c) Komşu istasyonu seçerken de öncelikle eksik verisi bulunan istasyona en yakın (istatistiksel özelliklerini daha iyi karakterize etmesi sebebiyle) olmasına, ayrıca eksik olan yıla ait değeri de bünyesinde bulundurmasına da dikkat edildi. Bu şartlara uygun komşu istasyon eksik veriye sahip istasyonun kendi havzası içinde bulunamadıysa yakın havzaların yine esas istasyona yakın olan istasyonları arasında arandı.

Tablo 3.2 Regresyon analizi ile tamamlanan eksik veriler

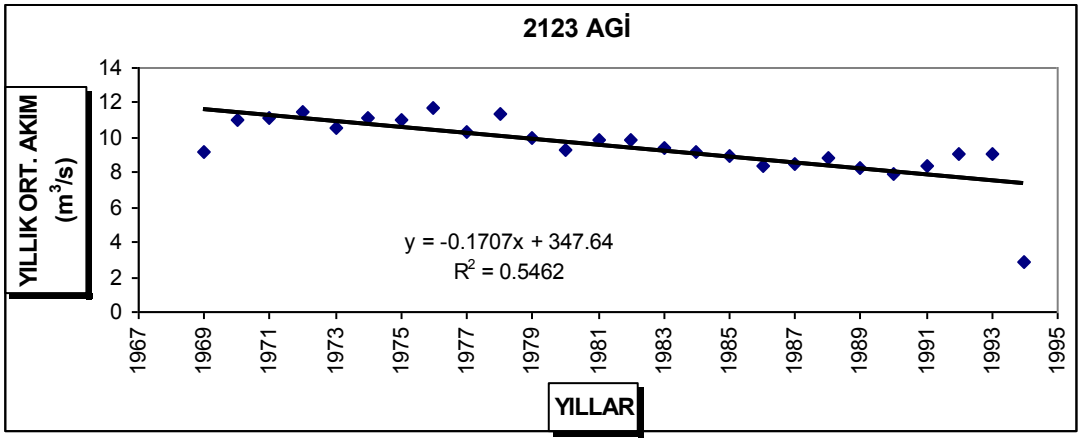
Regresyon istasyonları	**Eksik aylar**
912	Ekim ve Kasım 1965
917	Ekim1969
1532	Ekim ve Kasım 1960
1611	Ağustos ve Eylül 1962
1717	Ağustos ve Eylül 2000
1822	Ekim ve Kasım 1969
2006	Ekim 1964
2008	Ekim ve Kasım 1969
2133	Ekim, Kasım ve Aralık 1968
2147	Ekim 1964
2158	Ekim 1969
2164	Ekim 1969, Kasım 1968
2233	Ekim ve Kasım 1964
2409	Ekim 1960

Bu çalışmada yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere toplam 14 istasyonda 24 adet aylık veri regresyon analizi kullanılarak tamamlanmıştır.

Yapılan veri tamamlama işlemleri elde edilen sonuçlar ile birlikte Tablo 3.3' te özetlenmiştir

3.3 t Testi

Çalışma kapsamında nehire müdahale edilerek akımların homojenliğinin bozulmaması şartına dikkat edilmesi ve eksik verilerin tamamlanmasıyla veri seti oluşturulduktan sonra istasyonların akım yılına ait yıllık ortalama değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin zamana karşı değişimi grafik haline getirilip üzerlerinde trend çizgisi oluşturularak akımın yıllık bazda gidişi gözlem süresi boyunca ortaya konulmuştur. Zaman ve akım değerleri arasındaki ilişkiyi tanımlayan korelasyon katsayısı değerleri de grafiklerde gösterilmiştir. Korelasyon katsayısı değerleri ayrıca Tablo 3.4'de verilmiştir. İncelenen 107 istasyonda yıllık ortalama akımların zamana karşı değişimlerini gösteren grafikler çizilmiştir. Bu grafikler Ekler Şekil A.1.-A.107. arasında verilmiştir. Burada örnek olarak tüm istasyonlar arasında r = 0.737 ile en büyük korelasyon katsayısına sahip olan 2123 numaralı istasyonun trend çizgisi Şekil 3.2'de görülmektedir.



Şekil 3.2 2123 numaralı istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-1994).

Hesaplanan korelasyon katsayısı değerlerinin anlamlı olup olmadığı parametrik bir test olan t testi ve parametrik olmayan Kendall testi ile incelenmiştir. Korelasyon katsayılarının hesaplanıp t istatistiğinin bulunması ve α=0.05 anlamlılık düzeyinde zaman ile yıllık ortalama akım değerleri arasında anlamlı bir ilişki olup olmadığı Bölüm 2.3'te anlatıldığı gibi kontrol edilmiştir. t testi sonuçları Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4 t testi sonuçları

İstasyon No	Gözlem Aralığı	Gözlem Süresi	r Korel. Kts.	t Istatistiği	$t_{0.025}$ $\alpha=0.05$	Hipotez $\rho_{x,y}=0$ Trend yok
105	1969-1994	26	-0.524	-3.01	2.06	**RED**
106	1969-2001	33	-0.049	-0.27	2.04	**KABUL**
302	1939-2001	63	-0.382	-3.23	2.00	**RED**
311	1945-2001	57	-0.237	-1.81	2.01	**KABUL**
314	1953-2001	49	-0.174	-1.21	2.01	**KABUL**
328	1967-2001	35	-0.568	-3.96	2.04	**RED**
407	1962-1997	36	-0.598	-4.35	2.03	**RED**
408	1969-2001	33	-0.15	-0.84	2.04	**KABUL**
509	1962-2000	39	-0.422	-2.83	2.03	**RED**
515	1966-2000	35	-0.324	-1.97	2.04	**KABUL**
523	1970-2001	32	-0.355	-2.08	2.04	**RED**
601	1961-2001	41	-0.611	-4.82	2.02	**RED**
701	1938-2001	64	-0.594	-5.81	2.00	**RED**
725	1972-2001	30	-0.144	-0.77	2.05	**KABUL**
809	1957-2001	45	-0.351	-2.46	2.02	**RED**
812	1964-2001	38	-0.469	-3.19	2.03	**RED**
815	1972-2001	30	-0.503	-3.08	2.05	**RED**
902	1941-2001	61	-0.220	-1.73	2.00	**KABUL**
912	1964-2001	38	-0.119	-0.72	2.03	**KABUL**
917	1969-2001	33	-0.130	-0.73	2.04	**KABUL**
1003	1969-1994	26	-0.596	-3.64	2.06	**RED**
1102	1965-2001	37	-0.476	-3.22	2.03	**RED**
1203	1941-2001	61	-0.362	-2.98	2.00	**RED**
1222	1953-2001	49	-0.043	-0.30	2.01	**KABUL**
1223	1962-1997	36	-0.68	-5.41	2.03	**RED**
1224	1963-2001	39	-0.68	-5.64	2.03	**RED**
1233	1963-2001	39	-0.486	-3.38	2.03	**RED**
1237	1957-2001	45	0.026	0.17	2.02	**KABUL**
1239	1966-2001	36	-0.451	-2.95	2.03	**RED**
1244	1971-1999	29	-0.425	-2.44	2.05	**RED**

1314	1963-2001	39	-0.331	-2.13	2.03	**RED**
1319	1965-2001	37	-0.004	-0.02	2.03	**KABUL**
1327	1968-2001	34	-0.311	-1.85	2.04	**KABUL**
1331	1969-2001	33	0.265	1.53	2.04	**KABUL**
1333	1965-1998	34	0.078	0.44	2.04	**KABUL**
1334	1967-2001	35	-0.134	-0.78	2.04	**KABUL**
1335	1964-2001	38	-0.08	-0.48	2.04	**KABUL**
1401	1939-2001	63	-0.154	-1.22	2.00	**KABUL**
1412	1969-2001	33	-0.154	-0.87	2.04	**KABUL**
1418	1964-2001	38	0.008	0.05	2.03	**KABUL**
1422	1969-2001	33	0.209	1.19	2.04	**KABUL**
1424	1969-2001	33	0.047	0.26	2.04	**KABUL**
1501	1939-2001	63	0.036	0.28	2.00	**KABUL**
1517	1962-2001	40	-0.084	-0.52	2.03	**KABUL**
1524	1962-1999	38	-0.217	-1.33	2.03	**KABUL**
1532	1960-1998	39	0.087	0.53	2.03	**KABUL**
1535	1963-2001	39	-0.02	-0.12	2.03	**KABUL**
1536	1967-2000	34	0.296	1.75	2.04	**KABUL**
1611	1962-2001	40	-0.338	-2.21	2.03	**RED**
1612	1962-2001	40	-0.306	-1.98	2.03	**KABUL**
1621	1969-1999	31	0.049	0.26	2.05	**KABUL**
1622	1969-2001	33	-0.517	-3.36	2.04	**RED**
1714	1961-2001	41	-0.464	-3.27	2.02	**RED**
1717	1967-2001	35	-0.64	-4.78	2.04	**RED**
1719	1966-2001	36	-0.652	-5.01	2.03	**RED**
1720	1966-2001	36	-0.599	-4.36	2.03	**RED**
1721	1968-2000	33	-0.356	-2.12	2.04	**RED**
1801	1936-2001	66	-0.252	-2.08	2.00	**RED**
1805	1940-2001	62	0.178	1.40	2.00	**KABUL**
1820	1970-2001	32	-0.138	-0.76	2.04	**KABUL**
1822	1969-2001	33	-0.168	-0.95	2.04	**KABUL**
2004	1971-1996	26	-0.039	-0.19	2.06	**KABUL**
2006	1954-2001	48	-0.052	-0.35	2.02	**KABUL**

2008	1969-1998	30	-0.002	-0.01	2.05	**KABUL**
2015	1957-2001	45	-0.057	-0.37	2.02	**KABUL**
2102	1968-2001	34	-0.310	-1.84	2.04	**KABUL**
2122	1969-2000	32	-0.175	-0.97	2.04	**KABUL**
2123	1969-1994	26	-0.734	-5.29	2.06	**RED**
2124	1963-2001	39	-0.308	-1.97	2.03	**KABUL**
2131	1960-2001	42	-0.358	-2.51	2.02	**RED**
2133	1968-2000	33	-0.046	-0.26	2.04	**KABUL**
2135	1967-2001	35	-0.243	-1.44	2.04	**KABUL**
2145	1963-2001	39	-0.355	-2.31	2.03	**RED**
2147	1964-1997	34	-0.145	-0.83	2.04	**KABUL**
2149	1964-1988	25	0.057	0.27	2.07	**KABUL**
2154	1969-2001	33	-0.069	-0.39	2.04	**KABUL**
2156	1969-2001	33	-0.056	-0.31	2.04	**KABUL**
2157	1969-2000	32	-0.051	-0.28	2.04	**KABUL**
2158	1969-2000	32	-0.022	-0.12	2.04	**KABUL**
2164	1969-2001	33	-0.102	-0.57	2.04	**KABUL**
2166	1970-2001	32	-0.036	-0.20	2.04	**KABUL**
2202	1967-2001	35	-0.128	-0.74	2.04	**KABUL**
2213	1962-1998	37	0.118	0.70	2.03	**KABUL**
2215	1965-2001	37	-0.026	-0.15	2.03	**KABUL**
2218	1963-2001	39	-0.056	-0.34	2.03	**KABUL**
2228	1968-2001	34	0.180	1.04	2.04	**KABUL**
2232	1964-2001	38	0.014	0.08	2.03	**KABUL**
2233	1964-2001	38	0.110	0.66	2.03	**KABUL**
2238	1965-2001	37	0.151	0.90	2.03	**KABUL**
2239	1965-1999	35	0.241	1.43	2.04	**KABUL**
2245	1969-2001	33	0.237	1.36	2.04	**KABUL**
2247	1968-2001	34	0.102	0.58	2.04	**KABUL**
2304	1942-2001	60	0.161	1.24	2.00	**KABUL**
2305	1963-2001	39	0.128	0.79	2.03	**KABUL**
2315	1965-2001	37	0.033	0.20	2.03	**KABUL**
2316	1965-2001	37	0.055	0.33	2.03	**KABUL**

2323	1965-2001	37	-0.196	-1.18	2.03	**KABUL**
2402	1964-1996	33	0.191	1.08	2.04	**KABUL**
2409	1960-2001	42	-0.270	-1.77	2.02	**KABUL**
2415	1970-2001	32	-0.046	-0.25	2.04	**KABUL**
2418	1970-2001	32	-0.063	-0.35	2.04	**KABUL**
2505	1972-2000	29	-0.276	-1.49	2.05	**KABUL**
2603	1962-2000	39	-0.218	-1.36	2.03	**KABUL**
2610	1955-2000	46	-0.054	-0.36	2.02	**KABUL**
2612	1965-2000	36	-0.056	-0.33	2.03	**KABUL**
2618	1969-1998	30	-0.037	-0.20	2.05	**KABUL**
2620	1971-2000	30	0.053	0.28	2.05	**KABUL**

t testine göre trend analizi yapılan 107 akım gözlem istasyonunun 31 tanesinde azalan yönde trend gözlemlenmiştir.

Bu istasyonlar;

105, 302, 328, 407, 509, 523, 601, 701, 809, 812, 815, 1003, 1102, 1203, 1223, 1224, 1233, 1239, 1244, 1314, 1611, 1622, 1714, 1717, 1719, 1720, 1721, 1801, 2123, 2131 ve 2145 no'lu istasyonlardır. t testine göre trend görülen istasyonlar Şekil 3.3'te koyu renkte gösterilmiştir.

Sonuçlar havza bazında değerlendirildiğinde 6, 8 ve 17 numaralı havzalarda incelenen istasyonların tamamında trend gözlenmiştir. Çalışmada birer istasyonla temsil edilen 10 ve 11 numaralı havzalarda da trend bulunmasına karşın 9, 14, 15, 20, 22, 23, 24 ve 26 numaralı havzaların hiçbir istasyon verisinde trende rastlanmamıştır.

3.4 Kendall Testi

Bölüm 2.3'te ayrıntılı biçimde açıklanan Kendall testi yıllık ortalama akımlar ile zaman arasındaki ilişkinin incelenmesi için kullanılmıştır. Buna göre her istasyon için önce Kendall korelasyon katsayısı,τ, hesaplanmış daha sonra da α=0.05 anlamlılık seviyesinde trend olup olmadığına bakılmıştır. Kendall testinin sonuçları Tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5 Kendall testi sonuçları

İstasyon No	Gözlem Aralığı	Gözlem Süresi	τ Kendall Kts.	Z	$Z_{0.05}$	Hipotez $\rho_{x,y}$=0 Trend yok
105	1969-1994	26	-0.36	-2.56	1.96	**RED**
106	1969-2001	33	-0.144	-1.16	1.96	**KABUL**
302	1939-2001	63	-0.276	-3.19	1.96	**RED**
311	1945-2001	57	-0.229	-2.51	1.96	**RED**
314	1953-2001	49	-0.115	-1.16	1.96	**KABUL**
328	1967-2001	35	-0.388	-3.26	1.96	**RED**
407	1962-1997	36	-0.368	-3.14	1.96	**RED**
408	1969-2001	33	-0.159	-1.29	1.96	**KABUL**
509	1962-2000	39	-0.289	-2.58	1.96	**RED**
515	1966-2000	35	-0.230	-1.93	1.96	**KABUL**
523	1970-2001	32	-0.202	-1.61	1.96	**KABUL**
601	1961-2001	41	-0.495	-4.55	1.96	**RED**
701	1938-2001	64	-0.427	-4.98	1.96	**RED**
725	1972-2001	30	-0.205	-1.57	1.96	**KABUL**
809	1957-2001	45	-0.248	-2.39	1.96	**RED**
812	1964-2001	38	-0.326	-2.87	1.96	**RED**
815	1972-2001	30	-0.356	-2.75	1.96	**RED**
902	1941-2001	61	-0.138	-1.57	1.96	**KABUL**
912	1964-2001	38	-0.124	-1.08	1.96	**KABUL**
917	1969-2001	33	-0.087	-0.27	1.96	**KABUL**
1003	1969-1994	26	-0.514	-3.66	1.96	**RED**
1102	1965-2001	37	-0.363	-3.15	1.96	**RED**
1203	1941-2001	61	-0.285	-3.24	1.96	**RED**

1222	1953-2001	49	-0.05	-0.50	1.96	**KABUL**
1223	1962-1997	36	-0.558	-4.77	1.96	**RED**
1224	1963-2001	39	-0.568	-5.08	1.96	**RED**
1233	1963-2001	39	-0.328	-2.93	1.96	**RED**
1237	1957-2001	45	0	-0.01	1.96	**KABUL**
1239	1966-2001	36	-0.292	-2.49	1.96	**RED**
1244	1971-1999	29	-0.296	-2.24	1.96	**RED**
1314	1963-2001	39	-0.206	-1.83	1.96	**KABUL**
1319	1965-2001	37	-0.006	-0.07	1.96	**KABUL**
1327	1968-2001	34	-0.219	-1.81	1.96	**KABUL**
1331	1969-2001	33	0.189	1.53	1.96	**KABUL**
1333	1965-1998	34	0.020	0.15	1.96	**KABUL**
1334	1967-2001	35	-0.113	-0.94	1.96	**KABUL**
1335	1964-2001	38	-0.101	-0.88	1.96	**KABUL**
1401	1939-2001	63	-0.111	-1.28	1.96	**KABUL**
1412	1969-2001	33	-0.178	-1.44	1.96	**KABUL**
1418	1964-2001	38	0.027	0.23	1.96	**KABUL**
1422	1969-2001	33	0.178	1.44	1.96	**KABUL**
1424	1969-2001	33	0.053	0.42	1.96	**KABUL**
1501	1939-2001	63	0.028	0.32	1.96	**KABUL**
1517	1962-2001	40	-0.031	-0.29	1.96	**KABUL**
1524	1962-1999	38	-0.138	-1.21	1.96	**KABUL**
1532	1960-1998	39	0.028	0.24	1.96	**KABUL**
1535	1963-2001	39	0.001	0.00	1.96	**KABUL**
1536	1967-2000	34	-0.184	-1.52	1.96	**KABUL**
1611	1962-2001	40	-0.238	-2.15	1.96	**RED**
1612	1962-2001	40	-0.208	-1.88	1.96	**KABUL**
1621	1969-1999	31	0.015	0.10	1.96	**KABUL**
1622	1969-2001	33	-0.371	-3.02	1.96	**RED**
1714	1961-2001	41	-0.351	-3.22	1.96	**RED**
1717	1967-2001	35	-0.519	-4.37	1.96	**RED**
1719	1966-2001	36	-0.498	-4.26	1.96	**RED**
1720	1966-2001	36	-0.473	-4.05	1.96	**RED**

1721	1968-2000	33	-0.269	-2.19	1.96	**RED**
1801	1936-2001	66	-0.185	-2.19	1.96	**RED**
1805	1940-2001	62	0.031	0.36	1.96	**KABUL**
1820	1970-2001	32	-0.097	-0.80	1.96	**KABUL**
1822	1969-2001	33	-0.023	-0.20	1.96	**KABUL**
2004	1971-1996	26	-0.003	0.00	1.96	**KABUL**
2006	1954-2001	48	-0.053	-0.54	1.96	**KABUL**
2008	1969-1998	30	-0.016	-0.11	1.96	**KABUL**
2015	1957-2001	45	-0.018	-0.18	1.96	**KABUL**
2102	1968-2001	34	-0.152	-1.25	1.96	**KABUL**
2122	1969-2000	32	-0.129	-1.02	1.96	**KABUL**
2123	1969-1994	26	-0.649	-4.63	1.96	**RED**
2124	1963-2001	39	-0.131	-1.16	1.96	**KABUL**
2131	1960-2001	42	-0.212	-2.04	1.96	**RED**
2133	1968-2000	33	-0.007	-0.07	1.96	**KABUL**
2135	1967-2001	35	-0.153	-1.28	1.96	**KABUL**
2145	1963-2001	39	-0.233	-2.08	1.96	**RED**
2147	1964-1997	34	-0.045	-0.39	1.96	**KABUL**
2149	1964-1988	25	0.087	0.59	1.96	**KABUL**
2154	1969-2001	33	0.076	0.61	1.96	**KABUL**
2156	1969-2001	33	0.068	0.54	1.96	**KABUL**
2157	1969-2000	32	-0.020	-0.18	1.96	**KABUL**
2158	1969-2000	32	-0.024	-0.21	1.96	**KABUL**
2164	1969-2001	33	-0.019	-0.17	1.96	**KABUL**
2166	1970-2001	32	0.008	0.05	1.96	**KABUL**
2202	1967-2001	35	-0.113	-0.94	1.96	**KABUL**
2213	1962-1998	37	0.216	1.87	1.96	**KABUL**
2215	1965-2001	37	-0.012	-0.12	1.96	**KABUL**
2218	1963-2001	39	-0.093	-0.85	1.96	**KABUL**
2228	1968-2001	34	0.155	1.27	1.96	**KABUL**
2232	1964-2001	38	-0.01	-0.10	1.96	**KABUL**
2233	1964-2001	38	0.104	0.91	1.96	**KABUL**
2238	1965-2001	37	0.126	1.08	1.96	**KABUL**

2239	1965-1999	35	0.166	1.39	1.96	**KABUL**
2245	1969-2001	33	0.216	1.75	1.96	**KABUL**
2247	1968-2001	34	0.059	0.48	1.96	**KABUL**
2304	1942-2001	60	0.122	1.37	1.96	**KABUL**
2305	1963-2001	39	-0.066	-0.60	1.96	**KABUL**
2315	1965-2001	37	0.063	0.54	1.96	**KABUL**
2316	1965-2001	37	0.018	0.14	1.96	**KABUL**
2323	1965-2001	37	-0.150	-1.29	1.96	**KABUL**
2402	1964-1996	33	0.152	1.23	1.96	**KABUL**
2409	1960-2001	42	-0.147	-1.36	1.96	**KABUL**
2415	1970-2001	32	-0.036	-0.31	1.96	**KABUL**
2418	1970-2001	32	-0.048	-0.40	1.96	**KABUL**
2505	1972-2000	29	-0.385	-2.95	1.96	**RED**
2603	1962-2000	39	-0.139	-1.23	1.96	**KABUL**
2610	1955-2000	46	-0.045	-0.45	1.96	**KABUL**
2612	1965-2000	36	-0.019	-0.18	1.96	**KABUL**
2618	1969-1998	30	0.067	0.50	1.96	**KABUL**
2620	1971-2000	30	0.011	0.07	1.96	**KABUL**

Kendall testine göre trend analizi yapılan 107 akım gözlem istasyonunun 31 tanesinde trend gözlemlenmiştir. Bu trendlerin tamamı da azalan yöndedir.

Bu istasyonlar;

105, 302, 311, 328, 407, 509, 601, 701, 809, 812, 815, 1003, 1102, 1203, 1223, 1224, 1233, 1239, 1244, 1611, 1622, 1714, 1717, 1719, 1720, 1721, 1801, 2123, 2131, 2145 ve 2505 no'lu istasyonlardır. Kendall testine göre trend görülen istasyonlar Şekil 3.4'te koyu renkte gösterilmiştir.

Kendall testine göre incelenen 24 havzanın 9'unda hiçbir istasyonda trende rastlanmamıştır. Bu havzalar sırasıyla 9, 13, 14, 15, 20, 23, 24 ve 26 numaralı havzalardır Bütün istasyonlarında trend görülen havzalar ise 8, 16 ve 17 numaralı havzalardır. Çalışmada tek istasyonu incelenen 6, 10, 11 ve 25 numaralı havzalarda da trend bulunmuştur.

3.5 t Testi ile Kendall Testinin Karşılaştırılması

Bu çalışmada yıllık ortalama akımlardaki trendin belirlenmesi parametrik bir test olan t testi ve parametrik olmayan (nonparametrik) τ (Kendall) testi ile yapılmıştır. Rastgele değişkenin dağılımının normal olduğunun bilindiği durumlarda parametrik testin gücü artmaktadır. Ancak rastgele değişkenin dağılımının normal olmaması halinde parametrik testin gücü az olacaktır, bu durumda nonparametrik testlerin uygulaması doğru olacaktır. Değişkenlerin normal dağılmamış olması halinde uygun bir dönüşüm uygulayarak değişkenleri normal değişkenlere çevirdikten sonra parametrik test kullanılabilir.

Klasik parametrik yöntemler lineerlik, normal dağılım ve bağımsızlık gibi kabullere dayanmaktadır. Nonparametrik testler ise verilerin düzenlenmiş örnekteki sıralarıyla (rank) ilgilidir.

Son yıllarda iklim değişikliğine etki eden parametrelerin istatistiksel analizinde daha çok parametrik olmayan testler uygulanmaktadır.

Çalışmada her iki test için de trend veren 29 istasyon bulunmaktadır. Bu istasyonlar;

105, 302, 328, 407, 509, 601, 701, 809, 812, 815, 1003, 1102, 1203, 1223, 1224, 1233, 1239, 1244, 1611, 1622, 1714, 1717, 1719, 1720, 1721, 1801, 2123, 2131 ve 2145 no'lu istasyonlardır.

Yıllık ortalama akımlarda iki testin sonuçları arasında fazla fark bulunmadığı görülmüştür. Bu durum t testi öncesi değişken için yapılan normal dağılım kabulünün yıllık ortalama akımlar için genellikle uygun olması ile açıklanabilir. Gerçekten de yıllık ortalama akımların çarpıklık katsayılarının genelde sıfıra yakın olması simetrik dağılım kabulünü haklı kılmaktadır.

3.6 Pre-Whitening Uygulaması

Serisel korelasyonun çalışmada uygulanan t ve Kendall testleri ile ilişkisi, iç bağımlılığın giderilmesi yöntemiyle ilgili detaylı bilgi Bölüm 2.4'te anlatılmıştı.

Otokorelasyon katsayısına göre trend bulunan istasyonlarda bu değerin etkisi çıkarılarak t ve Mann-Kendall testi tekrarlandı. İç bağımlılık olarak adlandırılan serisel korelasyonun değeri ($x_i - r_1.x_{i-1}$) ile yok edilmeye çalışıldı ve bulunan kalıntı terimleri üzerinde t ve Kendall testleri tekrarlandı.

Bu ifadede geçen x_i yıllık ortalama akım değerlerini, r_1 değeri ise 1-aralıklı otokorelasyon katsayılarını göstermekte olup (2.24) denkleminde k=1 yerine yazılarak elde edilir.

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1}(x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \tag{3.1}$$

Hesaplanan r_1 değerleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6 Trend görülen istasyonlarda otokorelasyon katsayıları.

İstasyon	r_1	İstasyon	r_1
105	0.35	1233	0.17
302	0.19	1239	0.16
311	0.31	1244	0.26
328	0.44	**1314**	0.01
407	0.24	1611	0.11
509	0.14	1622	0.44
523	0.37	1714	0.42
601	0.41	1717	0.63
701	0.6	1719	0.6
809	0.42	1720	0.44
812	0.65	1721	0.46
815	0.66	1801	0.28
1003	0.47	2123	0.39
1102	0.34	2131	0.26
1203	0.52	2145	0.33
1223	0.49	**2505**	0.28
1224	0.64		

Bu korelasyon katsayılarını da kullanarak oluşturulan kalıntı terimleri üzerinde t testi ve Kendall testi uygulandığında oluşan sonuçlar Tablo 3.7' de verilmiştir.

Tablo 3.7 Kalıntı terimleri üzerinde tekrarlanan t ve Kendall testlerinin sonuçları.

TREND GÖRÜLEN İSTASYONLARDA KALINTILAR İÇİN T VE KENDALL TESTİ SONUÇLARI											
İstasyon	**N**	**r**	**t**	**$t_{0.025}$**	**Trend yok**	**τ**	**S**	**σ_s**	**Z**	**$Z_{0.05}$**	**Trend yok**
105	26	-0.429	-2.33	2.06	**RED**	-0.286	-92.95	45.37	-2.07	1.96	**RED**
302	63	-0.339	-2.81	2.00	**RED**	-0.235	-459	168.60	-2.73	1.96	**RED**
311	57	-0.208	-1.58	2.01	**KABUL**	-0.187	-298.5	145.27	-2.06	1.96	**RED**
328	35	-0.442	-2.83	2.04	**RED**	-0.26	-154.7	70.42	-2.21	1.96	**RED**
407	36	-0.5	-3.37	2.03	**RED**	0.321	202.23	73.42	2.74	1.96	**RED**
509	39	-0.378	-2.48	2.03	**RED**	-0.282	-209	82.67	-2.54	1.96	**RED**
523	32	-0.298	-1.71	2.04	**KABUL**	-0.141	-69.94	61.67	-1.15	1.96	**KABUL**
601	41	-0.434	-3.01	2.02	**RED**	-0.327	-268.1	89.03	-3.02	1.96	**RED**
701	64	-0.36	-3.04	2.00	**RED**	-0.28	-564.5	172.60	-3.28	1.96	**RED**
809	45	-0.289	-1.98	2.02	**KABUL**	-0.202	-200	102.23	-1.97	1.96	**KABUL**
812	38	-0.441	-2.95	2.03	**RED**	-0.331	-232.7	79.54	-2.94	1.96	**RED**
815	30	-0.434	-2.55	2.05	**RED**	-0.292	-127	56.05	-2.28	1.96	**RED**
1003	26	-0.395	-2.11	2.06	**RED**	-0.335	-108.9	45.37	-2.42	1.96	**RED**
1102	37	-0.379	-2.42	2.03	**RED**	-0.282	-187.8	76.46	-2.47	1.96	**RED**
1203	61	-0.251	-1.99	2.00	**KABUL**	-0.18	-329.4	160.70	-2.06	1.96	**RED**
1223	36	-0.47	-3.10	2.03	**RED**	-0.359	-226.2	73.42	-3.09	1.96	**RED**
1224	39	-0.382	-2.51	2.03	**RED**	-0.277	-205.3	82.67	-2.50	1.96	**RED**
1233	39	-0.435	-2.94	2.03	**RED**	-0.274	-203	82.67	-2.47	1.96	**RED**
1239	36	-0.414	-2.65	2.03	**RED**	-0.273	-172	73.42	-2.36	1.96	**RED**
1244	29	-0.364	-2.03	2.05	**KABUL**	-0.261	-106	53.31	-2.01	1.96	**RED**
1314	39	-0.33	-2.13	2.03	**RED**	-0.206	-152.6	82.67	-1.86	1.96	**KABUL**
1611	40	-0.33	-2.15	2.03	**RED**	-0.22	-171.6	85.83	-2.01	1.96	**RED**
1622	33	-0.386	-2.33	2.04	**RED**	-0.276	-145.7	64.54	-2.27	1.96	**RED**
1714	41	-0.397	-2.70	2.02	**RED**	-0.317	-259.9	89.03	-2.93	1.96	**RED**
1717	35	-0.419	-2.65	2.04	**RED**	-0.183	-108.9	70.42	-1.56	1.96	**KABUL**
1719	36	-0.437	-2.83	2.03	**RED**	-0.263	-165.7	73.42	-2.27	1.96	**RED**
1720	36	-0.477	-3.16	2.03	**RED**	-0.33	-207.9	73.42	-2.85	1.96	**RED**
1721	33	-0.275	-1.59	2.04	**KABUL**	-0.152	-80.26	64.54	-1.26	1.96	**KABUL**
1801	66	-0.227	-1.86	2.00	**KABUL**	-0.176	-377.5	180.70	-2.09	1.96	**RED**
2123	26	-0.724	-5.14	2.06	**RED**	-0.662	-215.2	45.37	-4.76	1.96	**RED**
2131	42	-0.232	-1.56	2.02	**KABUL**	-0.206	-203.9	102.23	-2.00	1.96	**RED**
2145	39	-0.344	-2.23	2.03	**RED**	-0.228	-168.9	82.67	-2.06	1.96	**RED**
2505	29	-0.28	-1.52	2.05	**KABUL**	-0.227	-92.16	53.31	-1.75	1.96	**KABUL**
Toplam		24						27			

Bu tablodan da görüleceği üzere; toplam 33 istasyondan (t ve Kendall testleri için 29 ortak istasyonda trend var ama 2 istasyonda testlerden yalnızca birinde görülen trend var) t testi için 24 tanesinde, Kendall testi için 27 tanesinde trend gözlenmiştir. Kalıntılar üzerinde tekrarlanan testler sonucunda 22 istasyonda ortak trend görülmektedir.

En başta ortak olarak değerlendirilen 29 istasyon haricinde kalan istasyonlar olan 311, 523, 1314 ve 2505'ten elde edilen sonuçlara bakıldığında bunlarda ortak trend bulunmadığı görülmektedir. Sonuç olarak kalıntılar için yapılan testlerde 29 istasyonun 22'sinde ortak trend bulunduğu gözlemlenmiştir.

4. BÖLGESEL TREND ANALİZİ

Bölgesel bazda trend analizi uygulaması ile ilgili yöntemden Bölüm 2.5'te bahsedilerek ilgili formüller verilmişti.

4.1 Bölgesel Analiz İçin Havzaların Belirlenmesi

Bölgesel çalışma yapabilmek için standart sapmanın ortalamaya bölünmesi olarak tanımlanan değişim katsayıları hesaplanarak, coğrafi konuma da dikkat edilerek, trend görülen istasyonlar iki bölgeye ayrıldı. Hesaplanan değişim katsayıları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Bölgesel bazda değerlendirilmesi uygun görülen bölgeler Tablo 4.1 ve Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.1 1 .bölge

Havza No	Havza Adı	İstasyonlar	İstasyon Sayısı
1	Meriç	105,106	2
3	Susurluk	302,311,314,328	4
4	Ege	407,408	2
11	Afyon Kapalı	1102	1
12	Sakarya	1203,1222,1223,1224 1233,1237,1239,1244	8
		Toplam	17 istasyon

Tablo 4.2 2. bölge

Havza No	Havza Adı	İstasyonlar	İstasyon Sayısı
5	Gediz	509,515,523	3
6	Küyükmenderes	601	1
7	Büyükmenderes	701,725	2
8	B. Akdeniz	809,812,815	3
9	O. Akdeniz	902,912,917	3
10	Burdur Gölü	1003	1
16	O. Anadolu	1611,1612,1621,1622	4
17	D. Akdeniz	1714,1717,1719,1720,1721	5
		Toplam	22 istasyon

1. bölgedeki 17 istasyon incelendiğinde bunların 13 ünün 1971-2001 yılları arası 31 yıllık ortak veriye sahip oldukları görülür. 106, 407,1223 ve 1244 no'lu istasyonlar 1971-2001 yıllarını içermemektedir. Netice olarak bölgesel olarak incelenen 13 istasyon Tablo 4.3'te özetlenmiştir.

Tablo 4.3 Ortak yıllara göre oluşturulan 1.bölge

Havza No	**Havza Adı**	**İstasyonlar**	**İstasyon Sayısı**
1	Meriç	106	1
3	Susurluk	302,311,314,328	4
4	Ege	408	1
11	Afyon Kapalı	1102	1
12	Sakarya	1203,1222,1224 1233,1237,1239	6
		Toplam	13 istasyon

2. bölgedeki 22 istasyon incelendiğinde ise bu istasyonların 17 sinin 1972-2001 yılları arası 30 yıllık ortak veriye sahip oldukları görülür. 509, 515, 1003, 1621 ve1721 no'lu istasyonlar 1972-2001 yıllarını içermemektedir. Netice olarak incelenen 17 istasyon Tablo 4.4'te özetlenmiştir.

Tablo 4.4 Ortak yıllara göre oluşturulan 2. bölge

Havza No	**Havza Adı**	**İstasyonlar**	**İstasyon Sayısı**
5	Gediz	523	1
6	Küçükmenderes	601	1
7	Büyükmenderes	701,725	2
8	B. Akdeniz	809,812,815	3
9	O. Akdeniz	902,912,917	3
16	O. Anadolu	1611,1612,1622	3
17	D. Akdeniz	1714,1717,1719,1720	4
		Toplam	17 istasyon

4.2 Bölgesel Trend Analizi Sonuçları

Bu bölgelerde belirlenen ortak yıllar için bölge istasyonları arasında çapraz korelasyon katsayıları hesaplandı. Bu durumda;

1. bölge için 13 istasyon $\binom{13}{2} = \frac{13!}{2!.11!} = \frac{13.12.11!}{2!.11!} = 78$ adet

2. bölge için 17 istasyon $\binom{17}{2} = \frac{17!}{2!.15!} = \frac{17.16.15!}{2.15!} = 136$ adet

çapraz korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Hesaplanan çapraz korelasyon katsayıları Tablo 4.5'te verilmiştir.

Tablo 4.5 1.Bölgedeki çapraz korelasyon katsayıları

İstasyonlar	Kor.Kts.
106-302	0.565
106-311	0.625
106-314	0.581
106-328	0.653
106-408	0.683
106-1102	0.56
106-1203	0.565
106-1222	0.431
106-1224	0.364
106-1233	0.554
106-1237	0.443
106-1239	0.457

İstasyonlar	Kor.Kts.
302-311	0.929
302-314	0.672
302-328	0.95
302-408	0.622
302-1102	0.671
302-1203	0.834
302-1222	0.758
302-1224	0.676
302-1233	0.794
302-1237	0.628
302-1239	0.641

İstasyonlar	Kor.Kts.
311-314	0.491
311-328	0.959
311-408	0.493
311-1102	0.705
311-1203	0.916
311-1222	0.635
311-1224	0.742
311-1233	0.738
311-1237	0.516
311-1239	0.534

İstasyonlar	Kor.Kts.
314-328	0.599
314-408	0.874
314-1102	0.362
314-1203	0.413
314-1222	0.618
314-1224	0.262
314-1233	0.662
314-1237	0.651
314-1239	0.665

İstasyonlar	Kor.Kts.
328-408	0.583
328-1102	0.734
328-1203	0.87
328-1222	0.667
328-1224	0.763
328-1233	0.762
328-1237	0.573
328-1239	0.555

İstasyonlar	Kor.Kts.
408-1102	0.392
408-1203	0.403
408-1222	0.533
408-1224	0.28
408-1233	0.541
408-1237	0.48
408-1239	0.625

İstasyonlar	Kor.Kts.
1102-1203	0.772
1102-1222	0.48
1103-1224	0.679
1102-1233	0.549
1102-1237	0.356
1102-1239	0.418

İstasyonlar	Kor.Kts.
1203-1222	0.552
1203-1224	0.775
1203-1233	0.7
1203-1237	0.462
1203-1239	0.534

İstasyonlar	Kor.Kts.
1222-1224	0.493
1222-1233	0.778
1222-1237	0.816
1222-1239	0.778

İstasyonlar	Kor.Kts.
1224-1233	0.536
1224-1237	0.357
1224-1239	0.387

İstasyonlar	Kor.Kts.
1233-1237	0.834
1233-1239	0.818

İstasyonlar	Kor.Kts.
1237-1239	0.73

1971-2001 yılları arası 31 yıllık ortak gözlem

1.BÖLGE İÇİN ÇAPRAZ KORELASYON KATSAYILARI ORTALAMASI = 0.616

Tablo 4.6 2.Bölgedeki çapraz korelasyon katsayıları

İstasyonlar	Kor.Kts.
523-601	0.87
523-701	0.879
523-725	0.848
523-809	0.841
523-812	0.858
523-815	0.791
523-902	0.696
523-912	0.666
523-917	0.735
523-1611	0.46
523-1612	0.297
523-1622	0.164
523-1714	0.618
523-1717	0.575
523-1719	0.658
523-1720	0.551

İstasyonlar	Kor.Kts.
601-701	0.864
601-725	0.775
601-809	0.8
601-812	0.852
601-815	0.839
601-902	0.728
601-912	0.682
601-917	0.705
601-1611	0.405
601-1612	0.296
601-1622	0.267
601-1714	0.668
601-1717	0.616
601-1719	0.683
601-1720	0.594

İstasyonlar	Kor.Kts.
701-725	0.836
701-809	0.856
701-812	0.911
701-815	0.852
701-902	0.751
701-912	0.742
701-917	0.764
701-1611	0.374
701-1612	0.189
701-1622	0.203
701-1714	0.571
701-1717	0.519
701-1719	0.595
701-1720	0.489

İstasyonlar	Kor.Kts.
725-809	0.809
725-812	0.842
725-815	0.753
725-902	0.628
725-912	0.682
725-917	0.724
725-1611	0.358
725-1612	0.158
725-1622	0.103
725-1714	0.516
725-1717	0.426
725-1719	0.576
725-1720	0.42

İstasyonlar	Kor.Kts.
809-812	0.95
809-815	0.943
809-902	0.728
809-912	0.745
809-917	0.808
809-1611	0.582
809-1612	0.489
809-1622	0.274
809-1714	0.794
809-1717	0.726
809-1719	0.804
809-1720	0.715

İstasyonlar	Kor.Kts.
812-815	0.928
812-902	0.757
812-912	0.797
812-917	0.817
812-1611	0.515
812-1612	0.364
812-1622	0.328
812-1714	0.737
812-1717	0.705
812-1719	0.747
812-1720	0.646

İstasyonlar	Kor.Kts.
815-902	0.661
815-912	0.671
815-917	0.749
815-1611	0.531
815-1612	0.424
815-1622	0.431
815-1714	0.823
815-1717	0.773
815-1719	0.829
815-1720	0.732

İstasyonlar	Kor.Kts.
902-912	0.912
902-917	0.831
902-1611	0.494
902-1612	0.462
902-1622	0.278
902-1714	0.648
902-1717	0.567
902-1719	0.653
902-1720	0.611

İstasyonlar	Kor.Kts.
912-917	0.917
912-1611	0.581
912-1612	0.442
912-1622	0.287
912-1714	0.698
912-1717	0.589
912-1719	0.714
912-1720	0.646

İstasyonlar	Kor.Kts.
917-1611	0.706
917-1612	0.495
917-1622	0.263
917-1714	0.789
917-1717	0.63
917-1719	0.808
917-1720	0.73

İstasyonlar	Kor.Kts.
1611-1612	0.819
1611-1622	0.839
1611-1714	0.815
1611-1717	0.735
1611-1719	0.79
1611-1720	0.873

İstasyonlar	Kor.Kts.
1612-1622	0.401
1612-1714	0.754
1612-1717	0.726
1612-1719	0.692
1612-1720	0.842

İstasyonlar	Kor.Kts.
1622-1714	0.573
1622-1717	0.673
1622-1719	0.51
1622-1720	0.554

İstasyonlar	Kor.Kts.
1714-1717	0.911
1714-1719	0.986
1714-1720	0.962

İstasyonlar	Kor.Kts.
1717-1719	0.871
1717-1720	0.924

İstasyonlar	Kor.Kts.
1719-1720	0.929

1972-2001 yılları arası 30 yıllık ortak gözlem

2.BÖLGE İÇİN ÇAPRAZ KORELASYON KATSAYILARI ORTALAMASI = 0.654

Elde edilen sonuçların ortalamaları alınarak bölge çapında trendin varlığı araştırılmıştır. Bunun için önce ortak yıllara göre yeniden sınırlandırılan istasyonlarda Kendall korelasyon katsayıları hesaplanarak bölgelere göre ortalama Kendall korelasyon katsayı değerleri bulunmuştur. Hesaplanan sonuçlar Tablo 4.7 ve Tablo 4.8'da verilmiştir.

Tablo 4.7 1. Bölge istasyonları S değerleri ve Kendall Katsayıları

1. BÖLGE

İstasyon no	S=P-M	Kendall Kts.
106	-45	-0.097
302	-119	-0.256
311	-147	-0.316
314	-27	-0.058
328	-135	-0.29
408	-57	-0.122
1102	-85	-0.183
1203	-167	-0.359
1222	-51	-0.109
1224	-215	-0.462
1233	-81	-0.174
1237	-69	-0.148
1239	-53	-0.114
Ortalama	**-96.2308**	**-0.206**

Tablo 4.8 2. Bölge İstasyonları S Değerleri ve Kendall Katsayıları

2. BÖLGE

İstasyon no	S=P-M	Kendall Kts.
523	-57	-0.131
601	-153	-0.351
701	-83	-0.191
725	-89	-0.204
809	-123	-0.282
812	-83	-0.191
815	-155	-0.356
902	-7	-0.016
912	7	0.016
917	-13	-0.03
1611	-59	-0.136
1612	-115	-0.264
1622	-113	-0.26
1714	-171	-0.393
1717	-179	-0.411
1719	-165	-0.379
1720	-175	-0.402
Ortalama	**-101.9412**	**-0.234**

S parametreleri Bölüm 2.5'te verilen (2.30) formülleriyle hesaplanırsa;

$\sigma_s = \sqrt{\frac{n.(n-1).(2n+5)}{18}}$ n=31 için σ^2= 3461.66, n=30 için σ^2=3141.66 bulunur.

$Var(S) = \frac{\sigma^2}{m} \cdot [1 + (m-1).\bar{\rho}]$ formülü ile;

1. bölgede $\bar{\rho}$ = 0.616, σ^2= 3461.66, m=13 için Var (S) = 2234.64

1. bölgede $\bar{\rho}$ = 0.616, σ^2= 3461.66, m=17 için Var (S) = 2210.57

2. bölgede $\bar{\rho}$ = 0.654, σ^2= 3141.66, m=17 için Var (S) = 2118.59

2. bölgede $\bar{\rho}$ = 0.654, σ^2= 3141.66, m=22 için Var (S) = 2104.05

bu değerlerin kareköklerinin alınması ile de σ_s değerleri elde edilir.

$$Z = \begin{cases} (S-1) / \sigma_s & S>0 \text{ ise} \\ 0 & S=0 \\ (S+1) / \sigma_s & S<0 \text{ ise} \end{cases}$$

formülü uyarınca da bölgeler için bulunan S ve σ_{si} değerlerinin yerine yazılması ile Z değerleri elde edilmiştir. Bu değerler aşılma olasılığı 0.05 olan normal dağılım tablosundan okunan 1.96 sınır değeriyle karşılaştırılarak bölgesel bazda trendin varlığı hakkında sonuçlara ulaşılmıştır. Tablo 4.9'da teşkil edilen bölgelerde yapılan trend analizi sonuçları özetlenmiştir.

Tablo 4.9 Bölgesel Trend Analizi Sonuçları.

İstasyon no	**N**	**τ**	**S**	**σ_s**	**Z**	**$Z_{0.05}$**	**Trend yok hipotezi**
1.bölge	31	-0.206	-96.147	47.272	-2.01	1.96	RED
2.bölge	30	-0.234	-101.94	46.028	-2.19	1.96	RED

Bölgesel analizlerin sonuç tablosundan da görüleceği üzere 1. Bölgede hesaplamalarla bulunan ortalama τ ve S değerleri ile Bölüm 2.4'te anlatılan Kendall testi değerlendirme metoduyla σ_s ve Z değerleri yerine yazılmıştır. 0.05 aşılma olasılığına göre aşılma olasılığı da 1.96 olarak normal dağılım tablosundan okunmuştur. Buna göre oluşturulan yukarıdaki tabloda her iki bölgede de azalan

yönde trend görüldüğü sonucuna varılmıştır. Ortak yıllara uymayan yılların dahil edildiği duruma göre yapılan hesaplar da sonucu değiştirmemiş olup Kendall testi yine trend olduğu sonucunu vermiştir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Türkiye genelindeki 26 akarsu havzasının 24'ünde bulunan 107 akım gözlem istasyonundan (AGİ) alınan verilerin analizleri yapılarak yıllık ortalama akımlarda değişim görülüp görülmediği araştırılmıştır. Bu nedenle de yıllık ortalama akım verilerine ve oluşturulan bölgelerdeki verilere t ve Kendall testi kullanılarak trend analizi yapılmıştır.

Bu çalışma sonucunda istasyonların ortalama akım verilerinin zamana karşı değişimini gösteren grafikler gözlenen trendlerin azalan yönde olduğunu göstermektedir.

Analizi yapılan 107 AGİ'nin 31'inde azalan yönde trend olduğu gözükmektedir. Çalışmada uygulanan testlerden ikisinde de ortak trend görülen istasyonlar 29 tanedir. Ancak bu istasyonlara ilave olarak yalnızca t testinde trend gösterip Kendall testinde trend vermeyen 523 ve 1314 numaralı istasyonlarla bu sayı 31'i bulmaktadır. Aynı şekilde Kendall testine göre trend gösterip, t testinde trend vermeyen 311 ve 2505 numaralı istasyonlarla birlikte 31'e ulaşılmaktadır.

Kendall testine göre incelenen 24 havzanın 9'unda hiçbir istasyonda trende rastlanmamıştır. Bu havzalar sırasıyla 9, 13, 14, 15, 20, 23, 24 ve 26 numaralı havzalardır.

Çalışmada tek istasyonu incelenen 6, 10, 11 ve 25 numaralı havzalarda da trend bulunmuştur. Bunun yanında 1,3,4 ve 7 no'lu havza istasyonlarının yarısında, 21 no'lu havzanın bir kısmında (15 istasyonun sadece 3 tanesinde) trend gözlenmiştir. Yıllık ortalama akımlarında kısmen ya da tamamen trend rastlanan havzaların bulunduğu bölgeler Marmara Bölgesi, Ege Bölgesi'nin önemli bölümü, Sakarya Havzası, İç Anadolu'nun önemli bölümü, Fırat Havzasının kapsadığı Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinin bazı bölümleri ve Akdeniz Bölgesinin önemli bölümüdür.

Yıllık ortalama akımlarda iki testin sonuçları arasında fazla fark bulunmadığı görülmüştür. Bu durum t testi öncesi değişken için yapılan normal dağılım kabulünün yıllık ortalama akımlar için uygun olması ile açıklanabilir. Gerçekten de

yıllık ortalama akımların çarpıklık katsayılarının genelde sıfıra yakın olması normal dağılım kabulünü haklı kılmaktadır.

Netice olarak trend gözlenen istasyonların tamamında trend azalan yönde olup Türkiye'nin batı,orta ve güney bölgelerindeki akarsu akımlarında anlamlı trend olduğu ortaya çıkmaktadır. Diğer bölgelerde ise istatistik olarak anlamlı trend görülmemiştir.

Yapılan Pre-Whitening uygulaması neticesinde, her iki test için de 31'er istasyonda bulunan trendler t testi için 24'e, Kendall testi için 27'ye düşmüştür. t testi için 4, Kendall testi için 7 istasyonda serisel korelasyon giderildikten sonra trend olmadığı sonucuna varılmıştır. Önceden her iki test için de 29 ortak istasyonda trend görülürken, kalıntı terimlerine uygulanan testler sonucunda 22 ortak istasyonda trende rastlanmıştır.

Bölgesel Analiz için oluşturulan bölgelerin coğrafi durumu dikkate alındığında 1, 3, 4, 11 ve 12 no'lu istasyonların oluşturduğu 1. Bölge Marmara Bölgesine hakim olup 5, 6, 7, 8, 9, 16 ve 17 no'lu istasyonların oluşturduğu 2. Bölge ise Ege ve Akdeniz Bölgesini temsil edebilecek niteliktedir. Metodolojisi ilgili bölümde anlatılan analiz sonucunda oluşturulan bölgelerde trend olduğu sonucuna varılmıştır.

Yıllık ortalama akımlarda trend analizi çalışmasının bir bölümünü oluşturduğu ve İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Anabilim Dalında Araştırma Fonu projesi kapsamında teşkil edilen çalışma grubu tarafından yürütülen taşkın ve düşük akımlarda trend analizi çalışmalarında yıllık maksimum akımlara ortalama akımlarda olduğu gibi t ve Kendall testi uygulanırken, düşük akımlara sadece t testi uygulanmıştır. Ortalama ve düşük akımlarda maksimum akımlara göre daha çok trend gözlemlenmiştir. Trend düşük ve maksimum akımlarda da ortalama akımlarda olduğu gibi zamanla azalan yöndedir. 328, 407, 509, 1102, 1223 ve 1224 numaralı istasyonların maksimum, ortalama ve düşük akım istatistiklerinin hepsinde birden trend görülmüştür. Aynı şekilde 35 istasyonun da bütün istatistiklerinde de (902, 1319, 1327, 1333, 1334, 1335, 1422, 1424, 1517, 1524, 1532, 1535, 1805, 1822, 2006, 2008, 2015, 2133, 2147, 2154, 2156, 2157, 2158, 2166, 2202, 2213, 2228, 2233, 2239, 2245, 2247, 2304, 2315, 2409, 2610 numaralı istasyonlar) trende rastlanmamıştır.

Sonuç olarak, son 30-60 yıllık dönemde Türkiye'nin batı, orta ve güney bölgelerindeki akarsuların özellikle ortalama ve düşük akımlarında anlamlı bir

azalma olduğu ortaya çıkmaktadır. Diğer bölgelerde ise anlamlı bir trend görülmemiştir.

Partal (2002) tez çalışmasında Türkiye genelinde yağış verilerine trend analizi uygulamış ve hem istasyon bazında hem de bölgesel olarak yıllık ortalamada önemli bir azalma olduğunu ortaya koymuştur. Türkiye genelinde özellikle batı ve güney bölümlerinde yağışlarda bir azalma eğilimi göstermesi sonucu ile bu çalışmada ortaya konan yine ülkenin aynı bölümlerinde akımlar için bulunan azalma trendinin örtüşmesi birbirini tamamlayıcı niteliktedir.

Kahya ve Kalaycı (2002) 1964-1994 yılları arasında aylık akımlara parametrik olmayan testler uygulamış ve Türkiye'nin batısındaki havzalarda %5 önem seviyesine göre azalan yönde trende rastlamışlardır. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin batısında da azalan yönde trend görülmüştür. Bunun yanında doğudaki havzalarda trend olmadığı sonucuna varmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar bu çalışmanın sonuçlarıyla da uyum göstermektedir. Yapılan trend analiz çalışmaları aylık akımlarda, yıllık akımlarda ve yağışlarda özellikle batı bölgesinde azalma yönünde trend bulunduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

Altınbilek, D., Kulga, D. ve Turan, F., 1998. Su Yapılarının Projelendirilmesinde Hidroloji Çalışmaları, *II. Ulusal Hidroloji Kongresi*, İTÜ, İstanbul, 22-24 Haziran, s.1-8

Bayazıt, M., 1996. İnşaat Mühendisliğinde Olasılık Yöntemler, İTÜ , İnşaat Fakültesi Matbaası

Bayazıt, M. ve Oğuz B., 1998. Mühendisler için İstatistik, Birsen Yayınevi,

İstanbul

Burn, D.H. and Hag Elnur, M.A., 2002. Detection of Hydrological Trends and Variability, *Journal of Hydrology*, 255 , 107-122

Cığızoğlu, H. K., Bayazıt, M., Önöz, B., Malkoç Y. ve Yıldız, M., Ekim 2002. Türkiye Nehirleri Taşkın, Ortalama ve Düşük Akımlardaki Trendler, İTÜ Araştırma Fonu Projesi

Douglas, E.M., Vogel, R.M., C.N.Kroll, 2000. Trends in Floods and Low Flows in The United States: Impact of Spatial Correlation, *Journal of Hydrology*, 240, 90-105

Groisman, P.Y., Easterling, D.R., 1994. Variability and Trends in Total Precipitation and Snowfall Over The United States and Canada, *Journal Clim*. 7, 184-205

Guttman, N.B., Wallis, J.R., Hosking, J.R.M., 1992. Regional Temporal Trends of Precipitation Quantiles in The U.S. Research Report, *IBM Research Division*

Hirsch, R.M. and Slack, J.R., 1984. A Non-Parametric Trend Test For Seasonal Data With Serial Dependance, *Water Resources Research* 727-732

Kadıoğlu, M., 1997. Trends Surface Air Temperature Data Over Turkey, Inter. *Journal of Climatology,* 17, 511-520

Kalaycı, S. ve Kahya, E., 1998. Susurluk Havzası Nehirlerinde Su Kalitesi Trendlerinin Belirlenmesi, *Tübitak Bilimsel Makalesi*, 503-514

Karaca, M., Tayanc, M. and Toros, H., 1995. Effects of Urbanization on Climate of İstanbul and Ankara, Atmospheric Environment 10/83-12

Kahya, E., ve Kalaycı, S., 2002. Trend Analysis of Streamflow in Turkey, *Journal of Hydrology* (Hakem İncelemesi)

Karl, T.R., Knight, R.W., 1998. Secular Trends of Precipitation Amount, Frequency, and Intensity in The United States, *Met. Soc*., 231-241

Lettenmaier, D.P., Wood, E.F. and Wallis, J.R., 1994. Hydro-Climatological Trends in The Continental United States, *Journal of Climate*, 7, 586-607

Lins, H. and Slack J.R., 1999. Streamflow Trends in United States, *Geopy Res. Letters*, 26, 227-230

Öziş, Ü., Baran, T., Durnabaş, İ. ve Özdemir Y., 1997. Türkiye'nin Su Kaynakları Potansiyeli, *Meteoroloji Mühendisleri Odası Yayını*, 40-43

Partal, T., 2002. Türkiye Yağış Verilerinin Trend Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, İstanbul

Saraçoğlu, Ö., 2002. Düşük Akım Hidrolojisi ve Akdeniz Bölgesi'nde Uygulanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul

Şeker, Ş., Harmancıoğlu, N., 1998. Küresel İklim Değişikliğinin Sulama Suyu İhtiyacı Üzerine Etkilerinin İrdelenmesi, *II. Ulusal Hidroloji Kongresi*, İTÜ, İstanbul, 22-24 Haziran, s. 24

Toros, H., 1993. Klimatolojik Serilerde Türkiye İklimlerinde Trend Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ, İstanbul

Türkeş, M., Sümer, U.M. and Kılıç, G., 1995. Variations and trends in annual mean air temperatures in Turkey with respect to climatic variability , *İnternational Journal of Climatology* 15, 557-569

Türkeş, M., 1996. Spatial and Temporal Analysıs of Annual Rainfall Variations in Turkey, *İnternational Journal of Climatology*, 16, 1057-1076

Yıldız, M. ve Malkoç Y., 2000. Türkiye Akarsu Havzaları ve Hidrolojik Kuraklık Analizi, EİE, Ankara

Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg. W.D. and Yuzyk, T.R., 2001. Trends in Canadian Streamflow, *Water Resources Research*, 37, 987-998

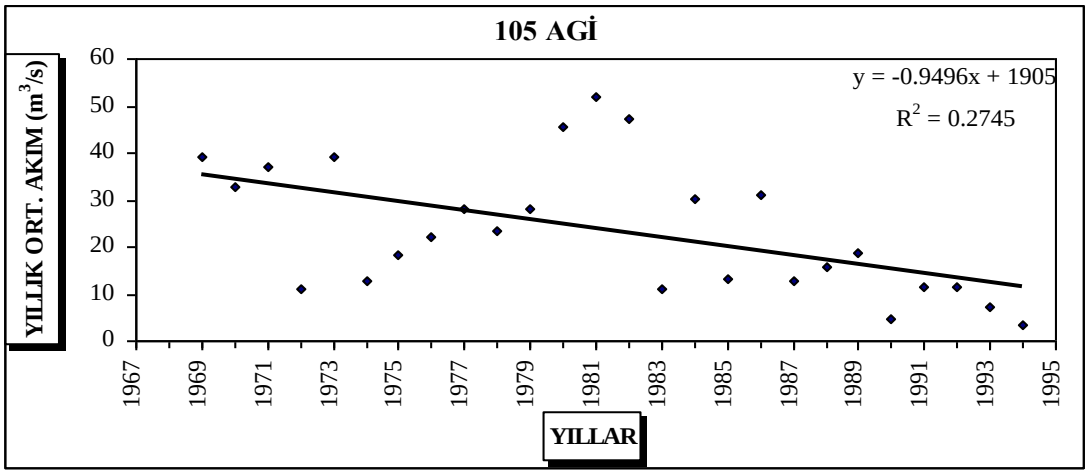
EKLER

EK-A

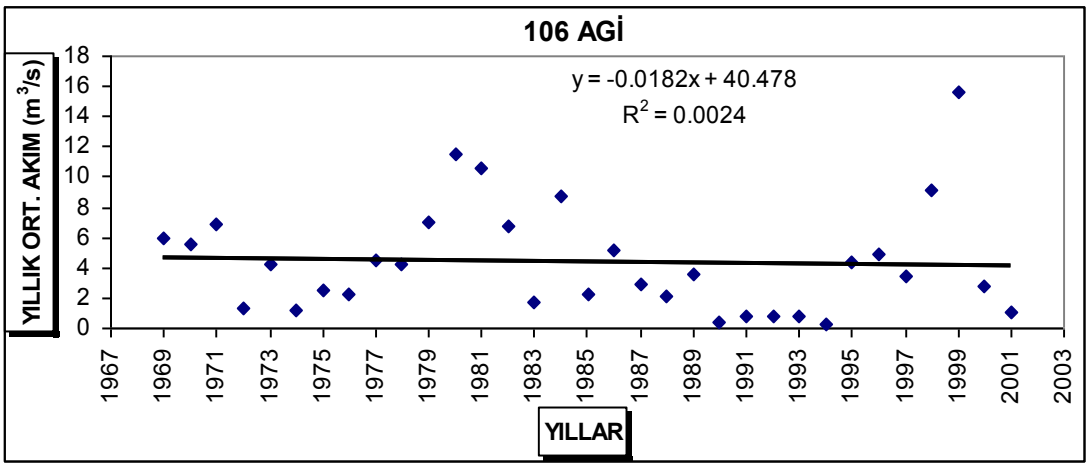
YILLIK ORTALAMA AKIM TREND ÇİZGİLERİ

EK-B

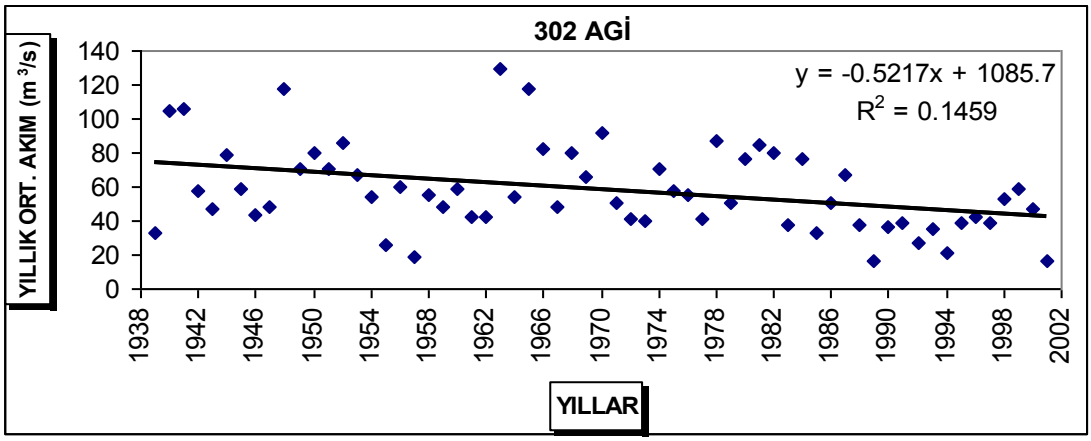
t DAĞILIMI TABLOSU, STANDART NORMAL DAĞILIM TABLOSU ve KENDALL KORELASYON KATSAYISI-P TABLOSU



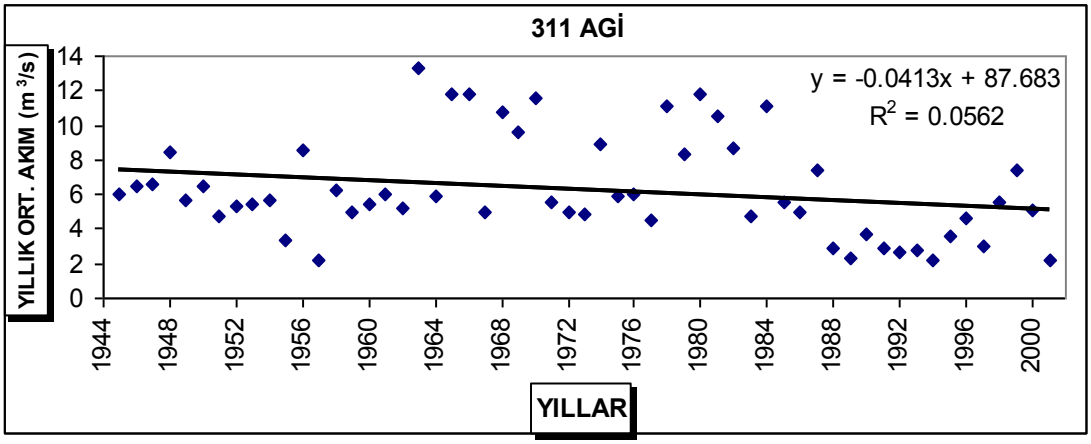
Şekil A.1. 105 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-1994).



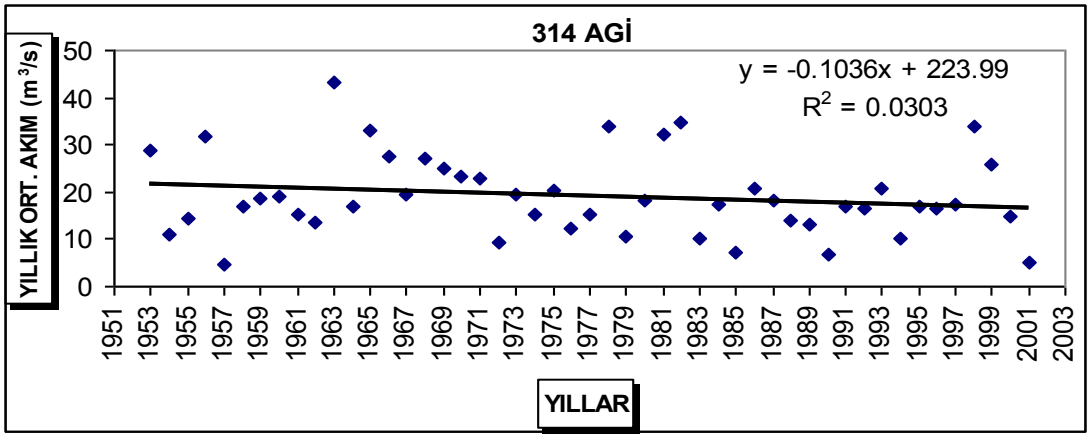
Şekil A.2. 106 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



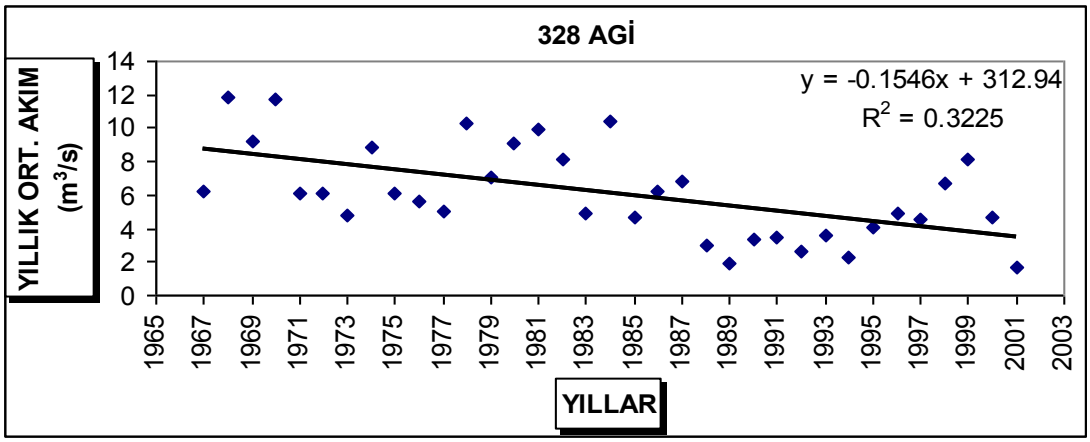
Şekil A.3. 302 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1939-2001).



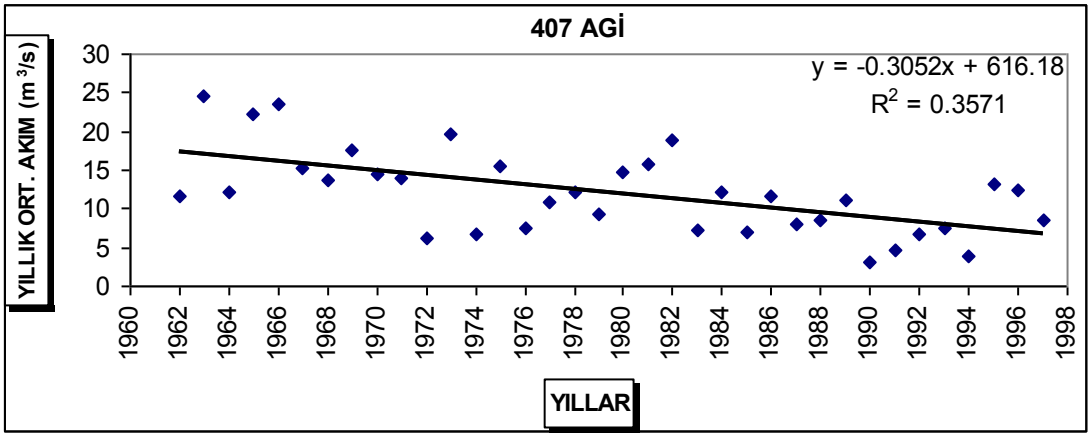
Şekil A.4. 311 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1945-2001).



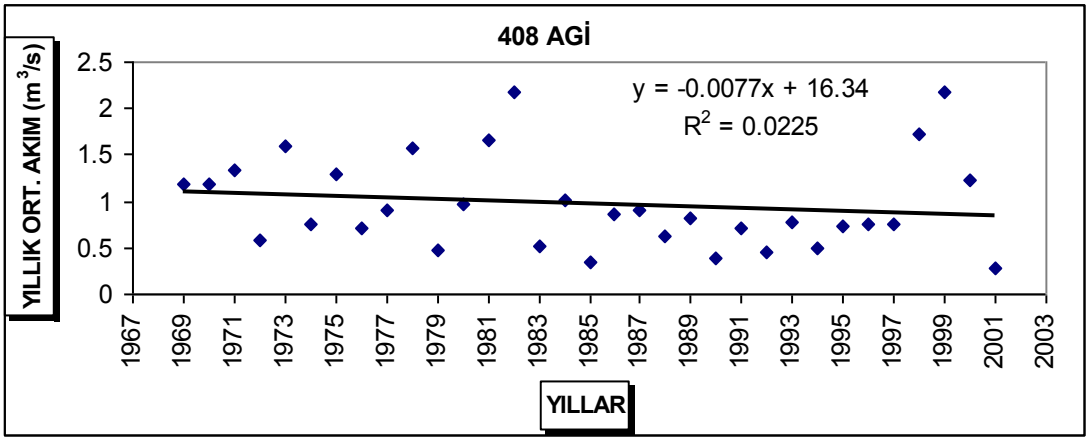
Şekil A.5. 314 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1953-2001).



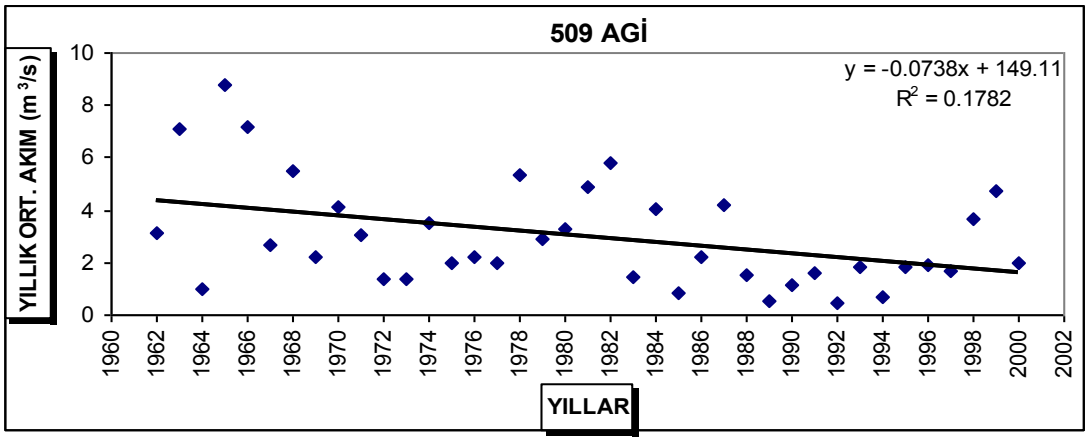
Şekil A.6. 328 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1967-2001).



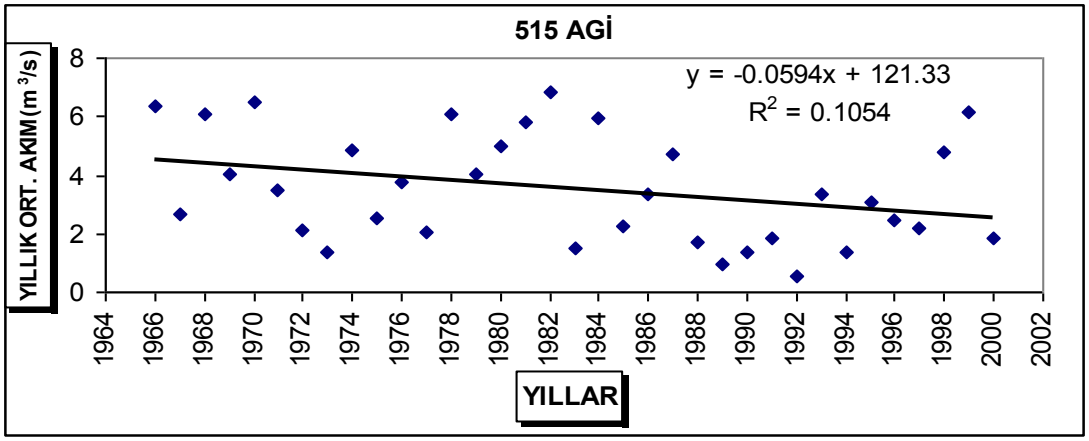
Şekil A.7. 407 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-1997).



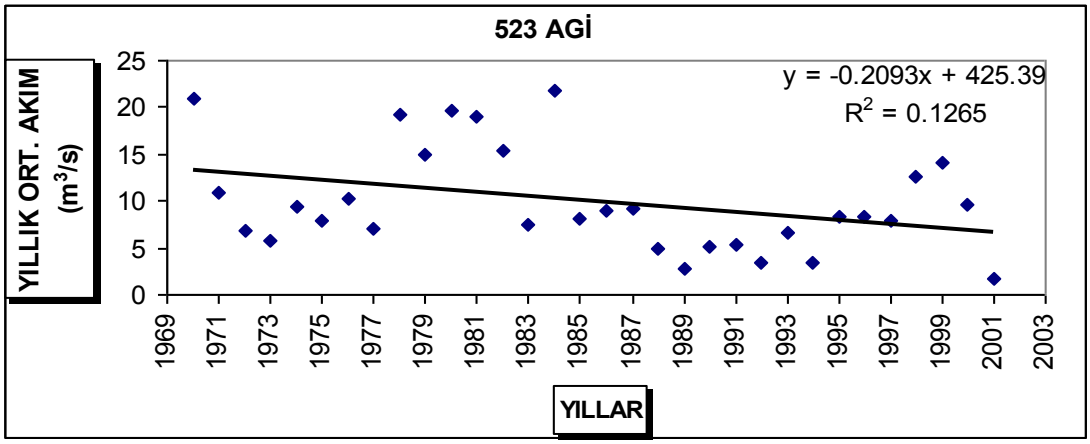
Şekil A.8. 408 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



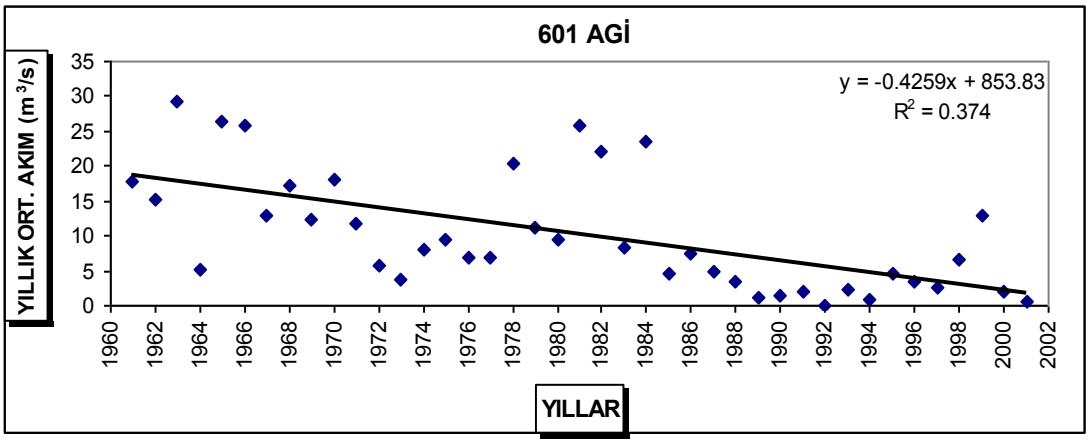
Şekil A.9. 509 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-2000).



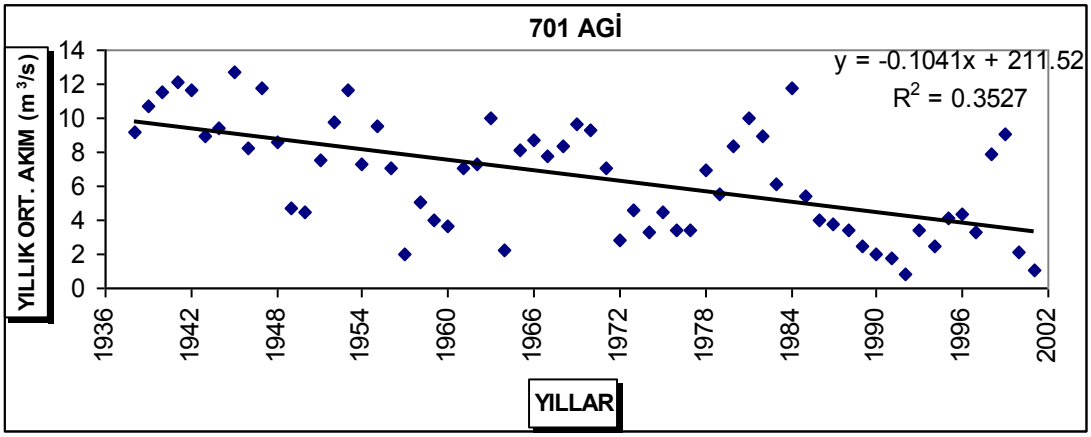
Şekil A.10. 515 no' lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1966-2000).



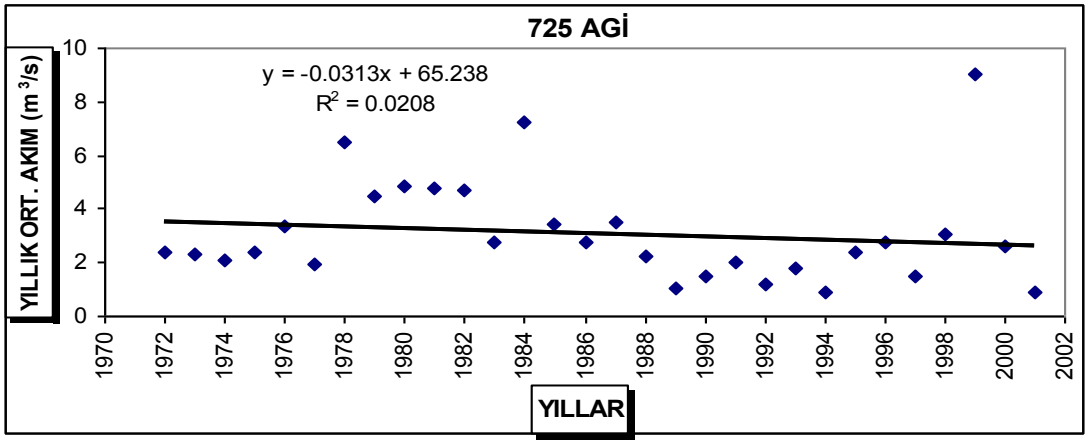
Şekil A.11. 523 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-1994).



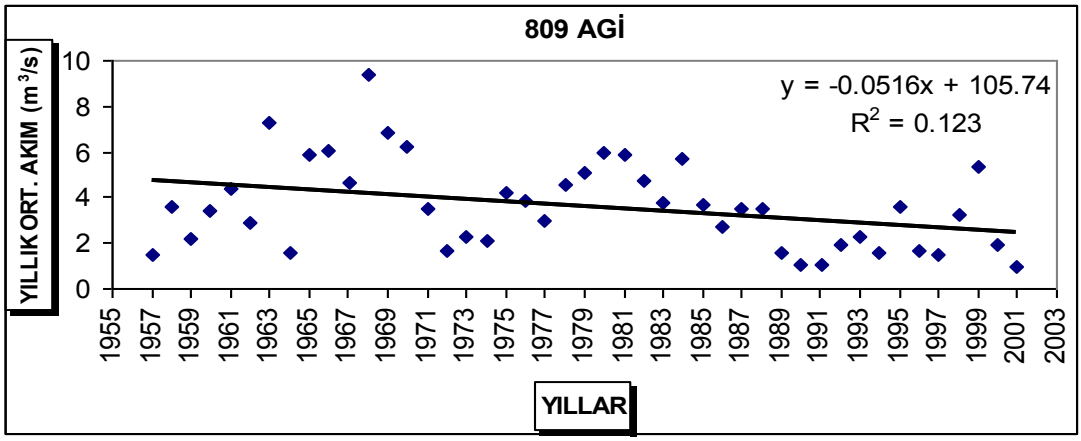
Şekil A.12. 601 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1961-2001).



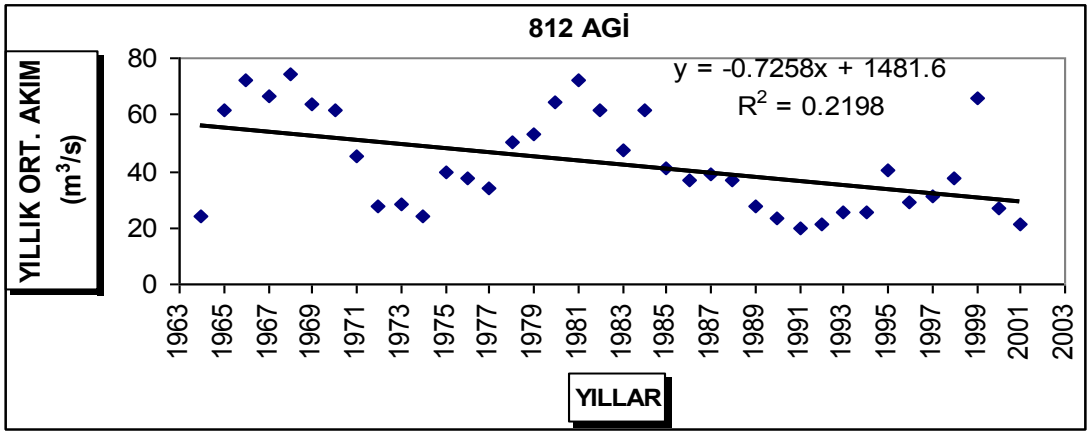
Şekil A.13. 701 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1938-2001).



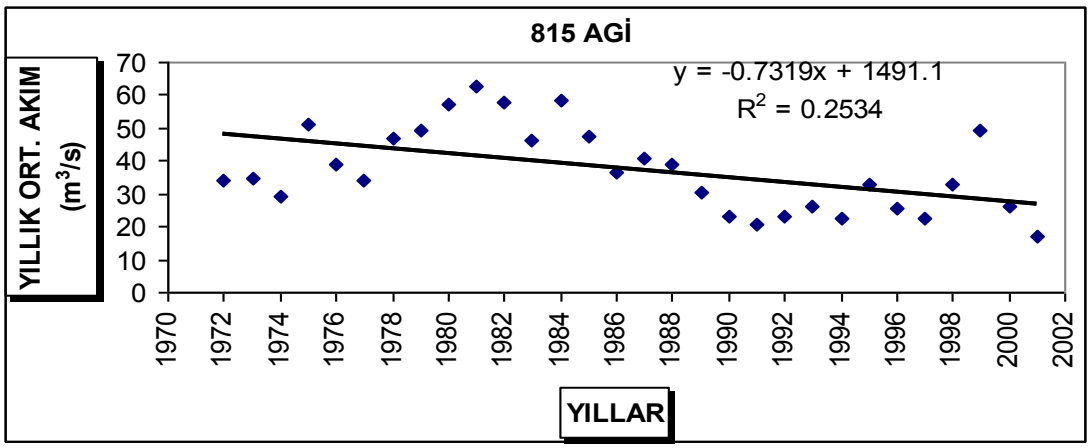
Şekil A.14. 725 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1972-2001).



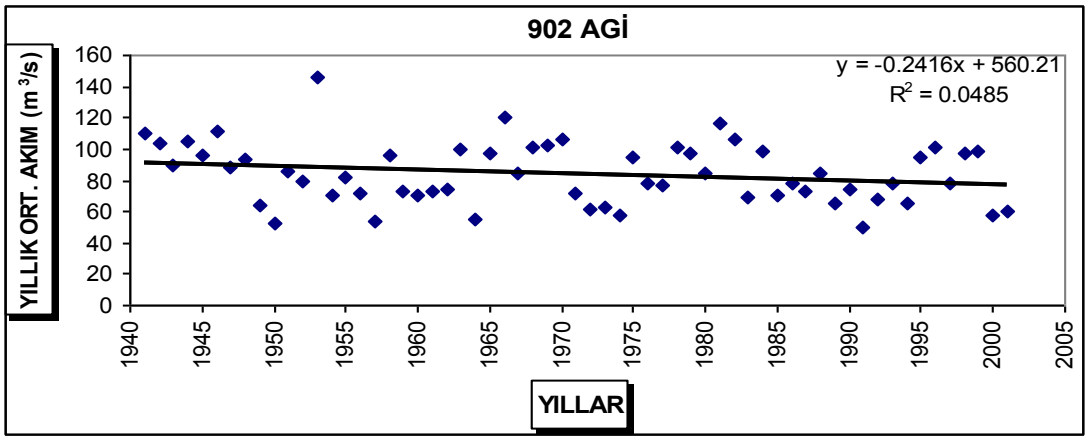
Şekil A.15. 809 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1957-2001).



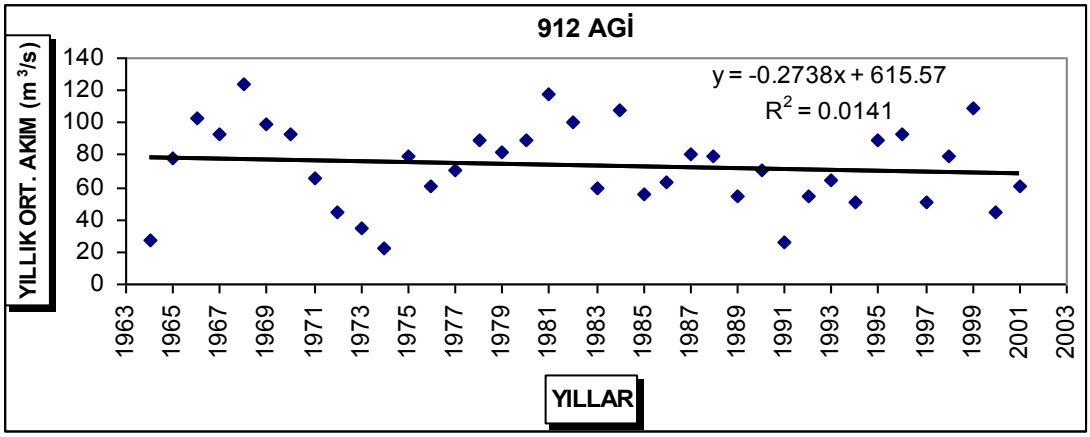
Şekil A.16. 812 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-2001).



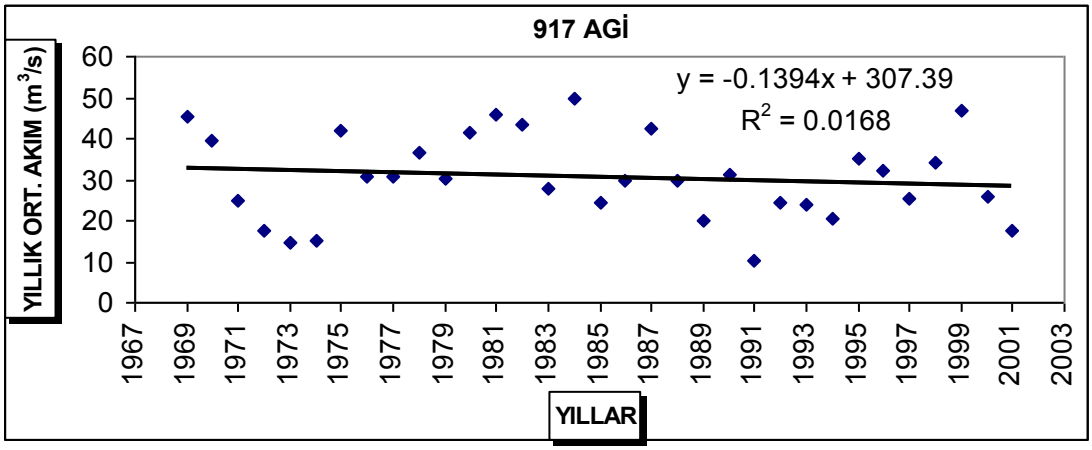
Şekil A.17. 815 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1972-2001).



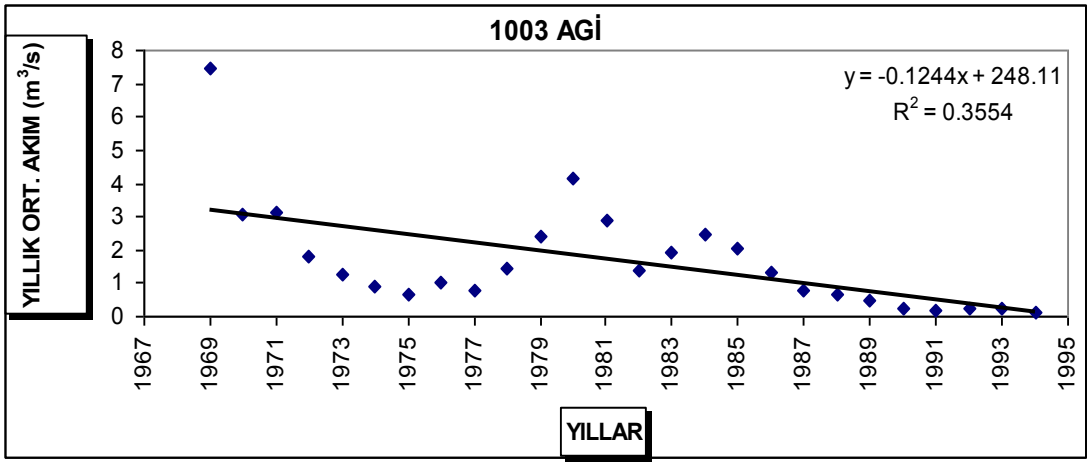
Şekil A.18. 902 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1941-2001).



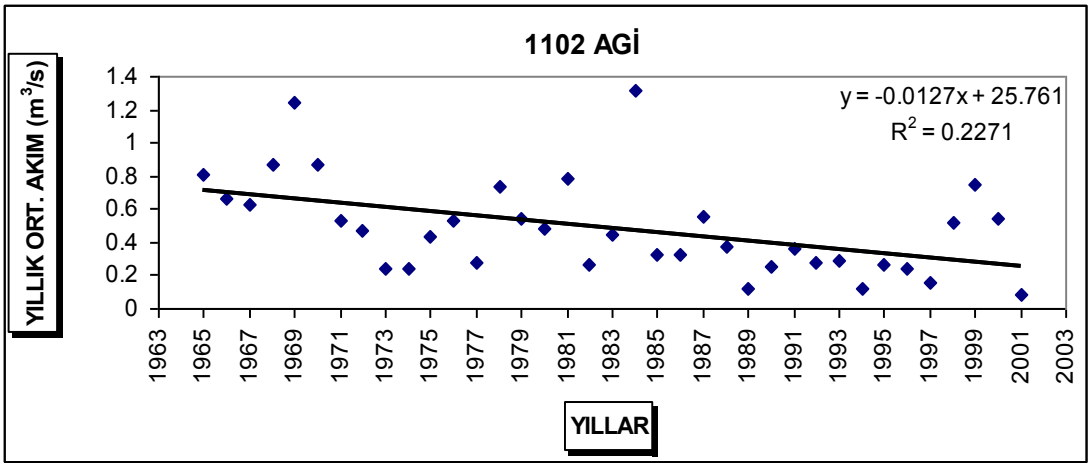
Şekil A.19. 912 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-2001).



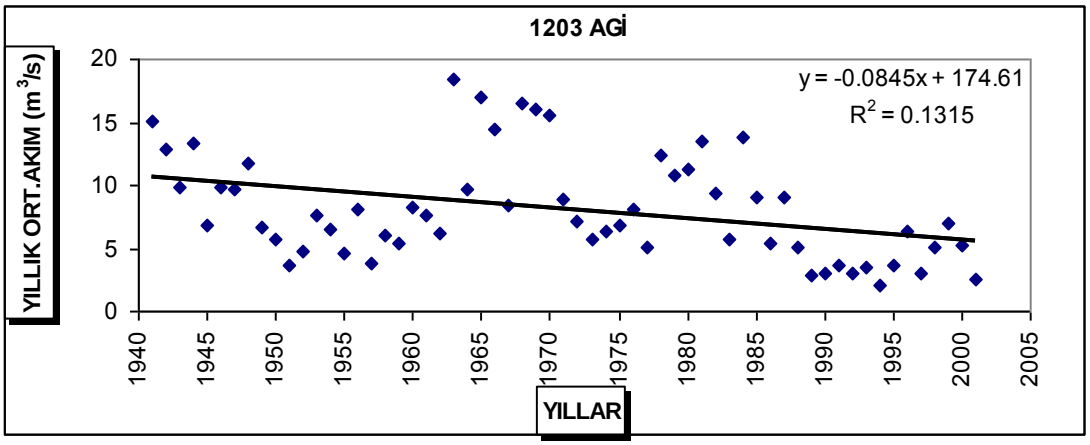
Şekil A.20. 917 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



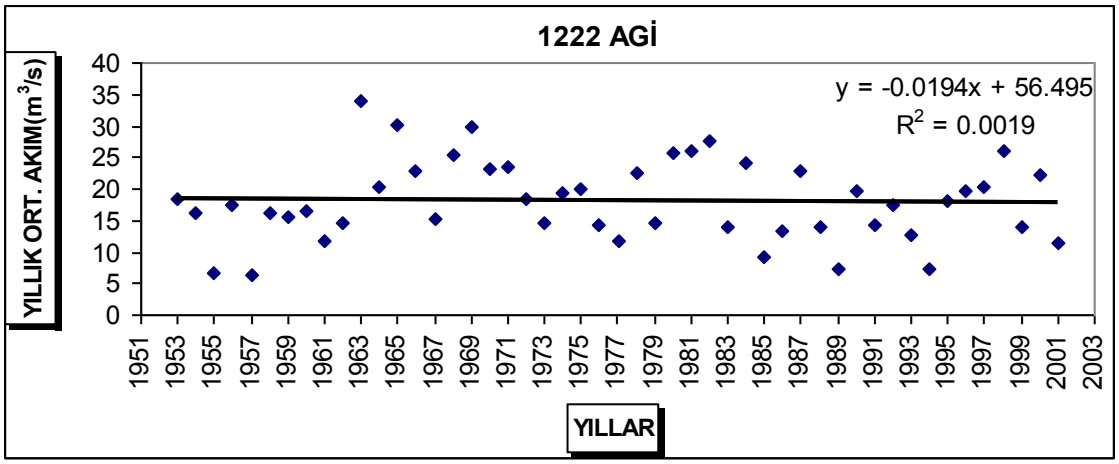
Şekil A.21. 1003 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-1994).



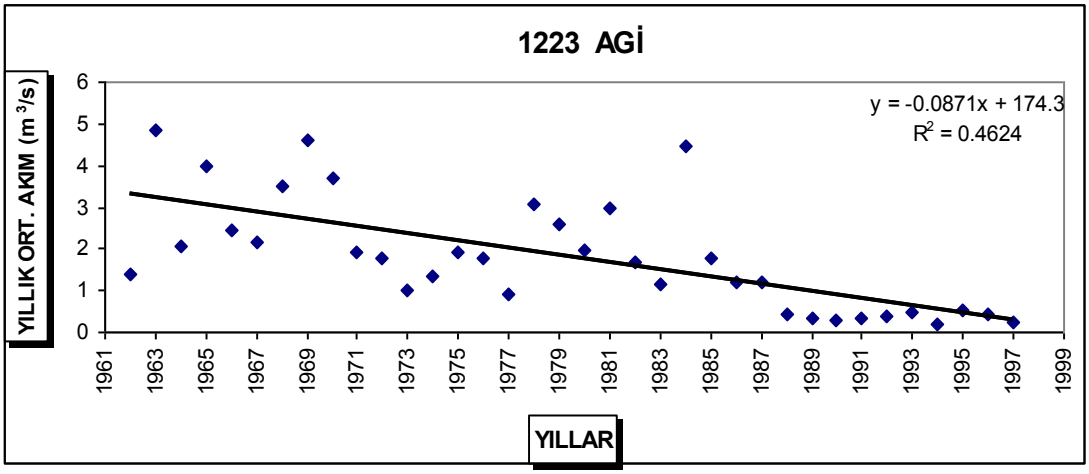
Şekil A.22. 1102 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-2001).



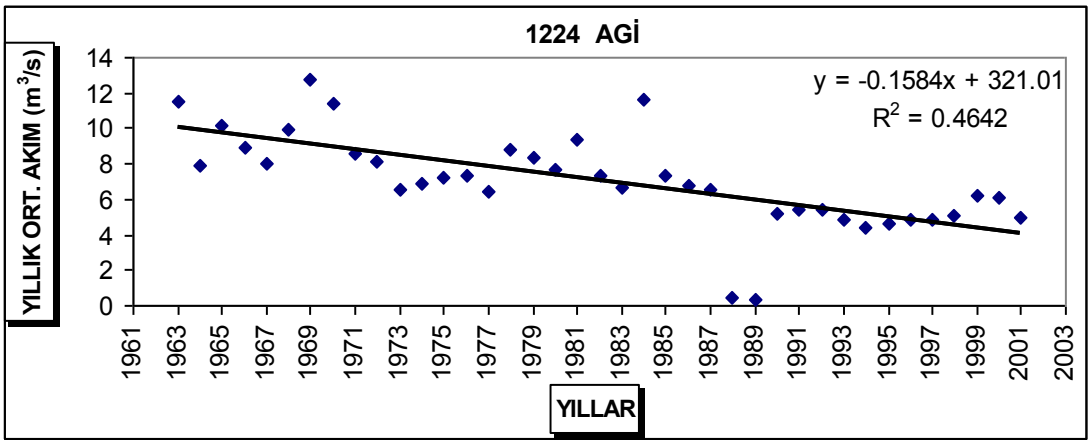
Şekil A.23. 1203 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1941-2001).



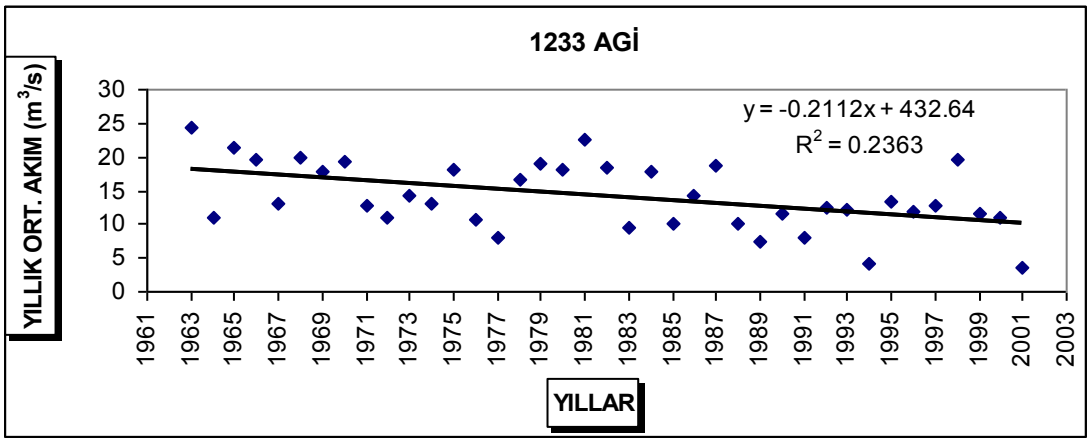
Şekil A.24. 1222 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1953-2001).



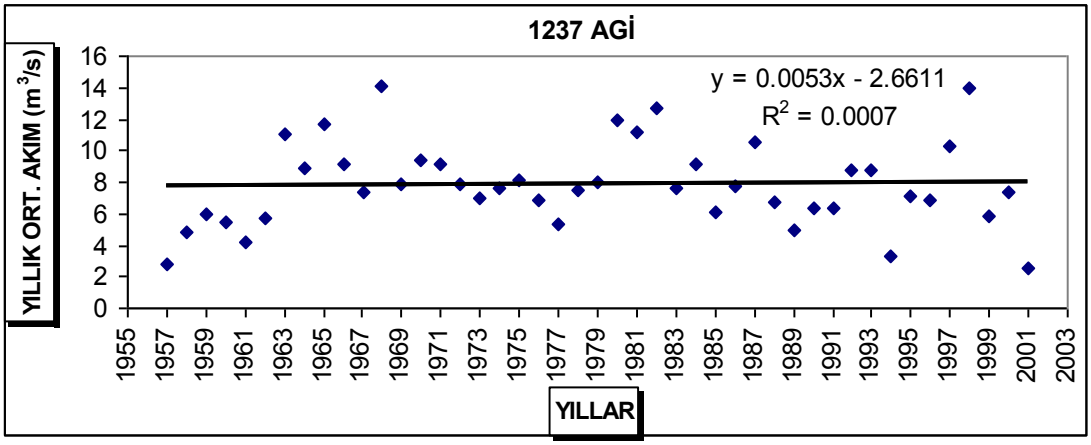
Şekil A.25. 1223 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-2001).



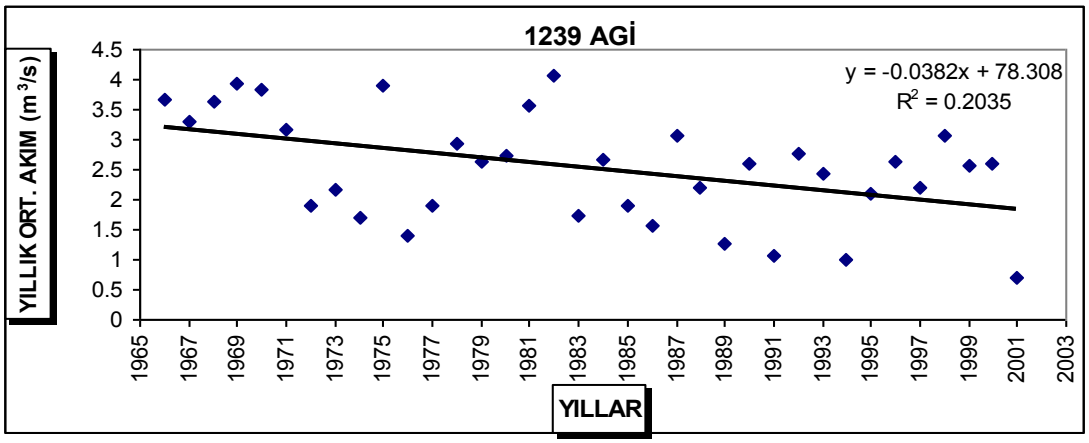
Şekil A.26. 1224 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1963-2001).



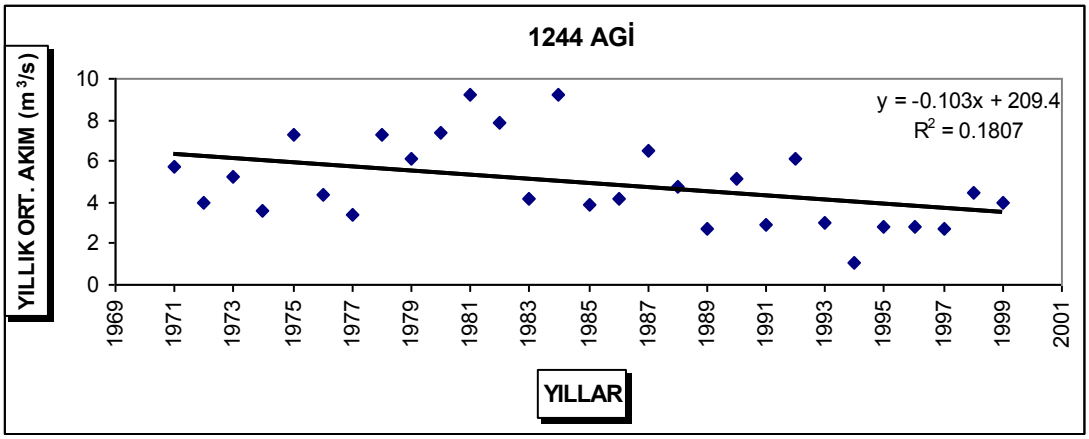
Şekil A.27. 1233 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1963-2001).



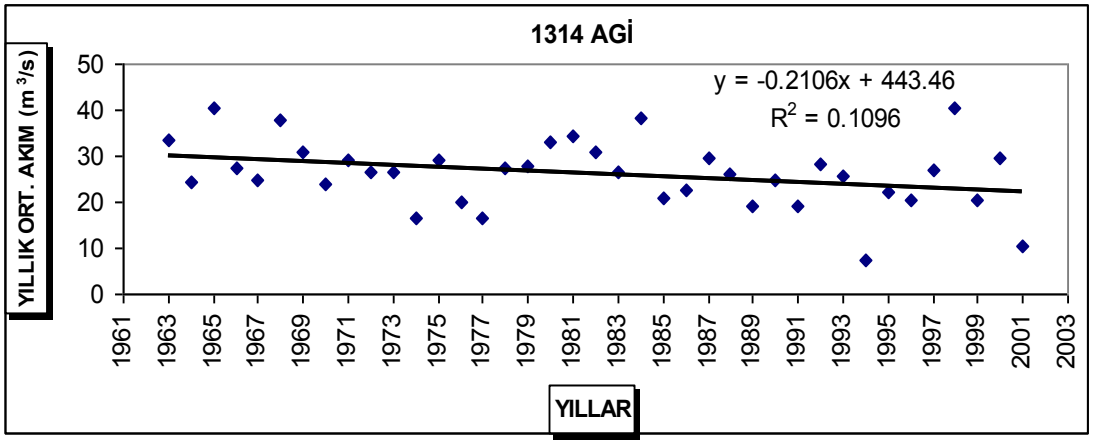
Şekil A.28. 1237 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1957-2001).



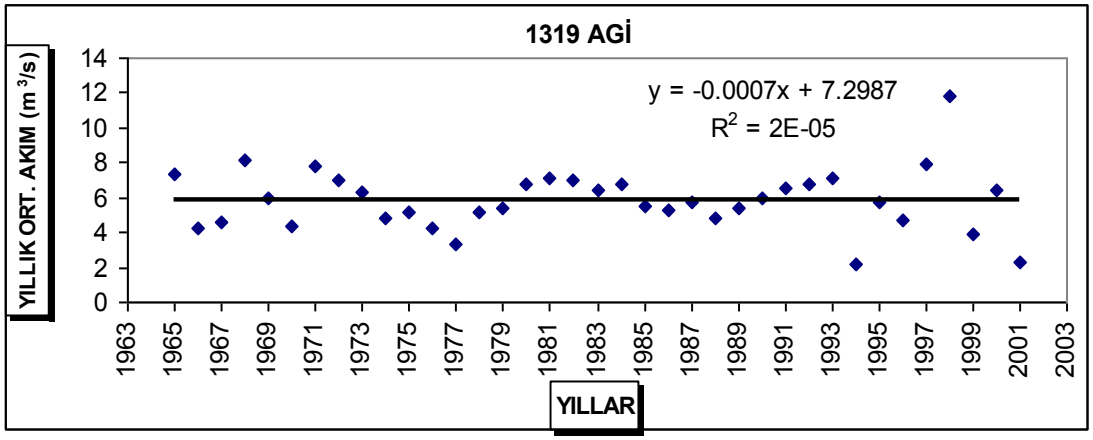
Şekil A.29. 1239 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1966-2001).



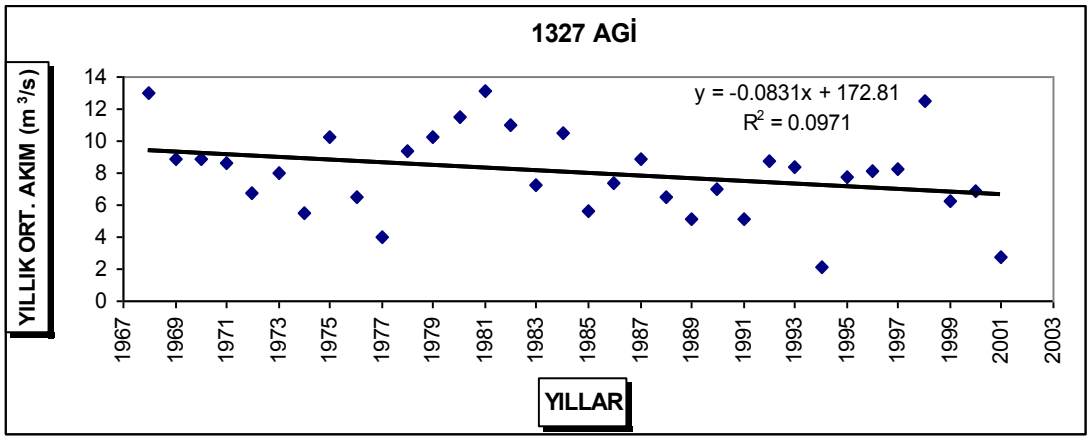
Şekil A.30. 1244 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1971-1999).



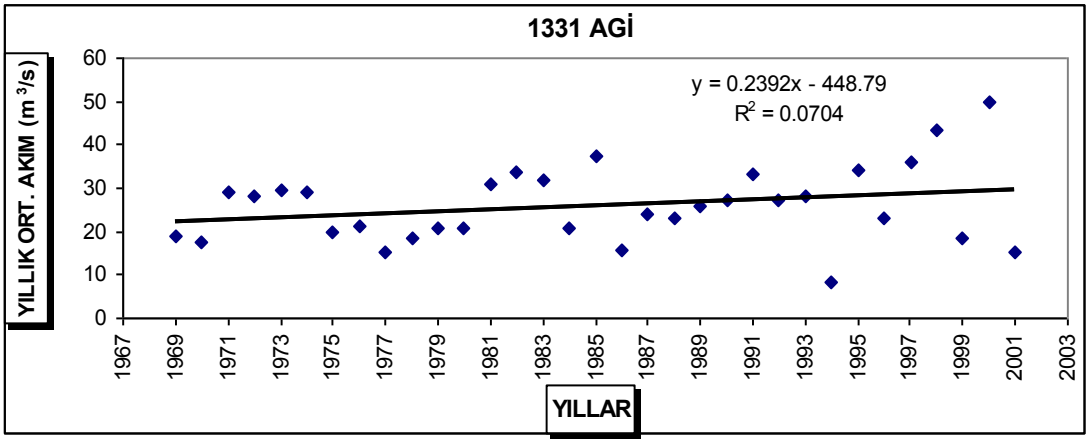
Şekil A.31. 1314 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1963-2001).



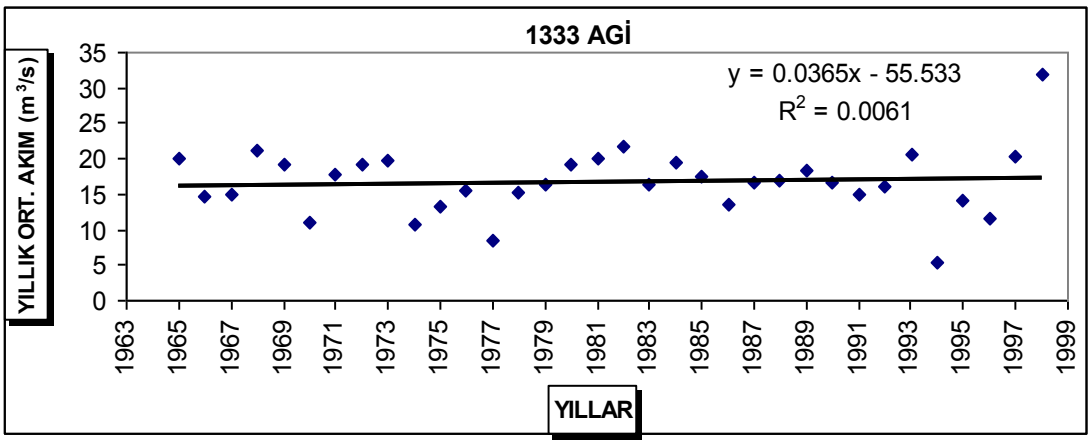
Şekil A.32. 1319 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-2001).



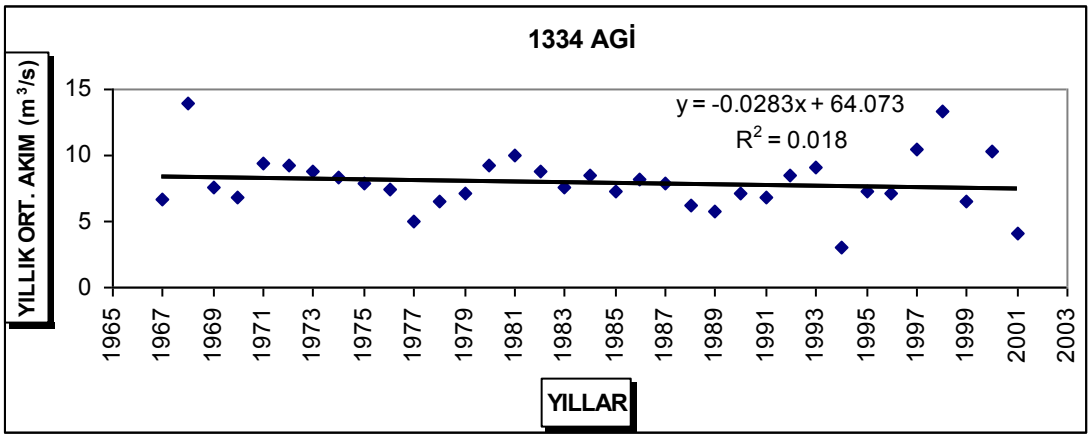
Şekil A.33. 1327 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1968-2001).



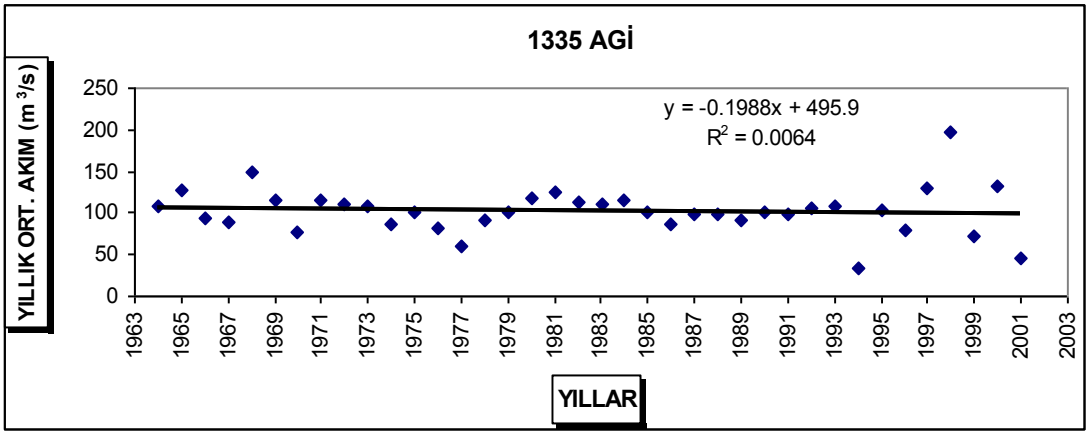
Şekil A.34. 1331 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



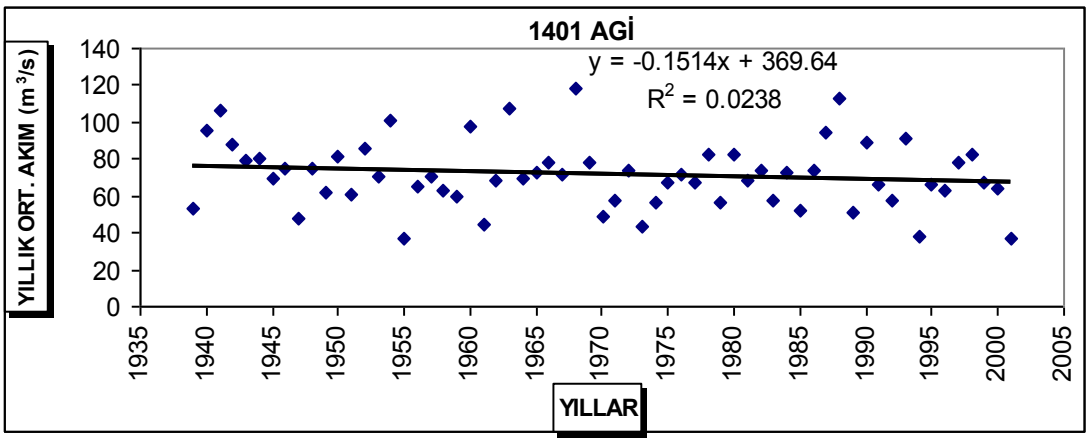
Şekil A.35. 1333 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-1998).



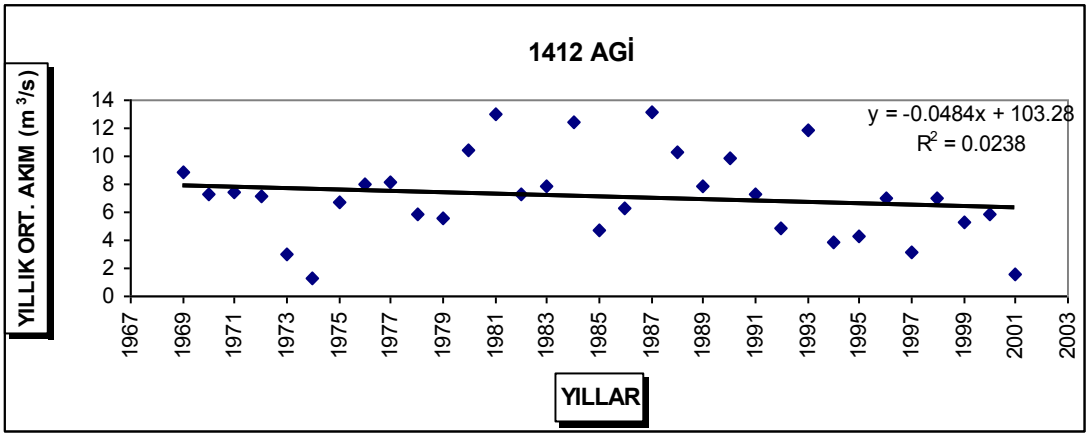
Şekil A.36. 1334 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1967-2001).



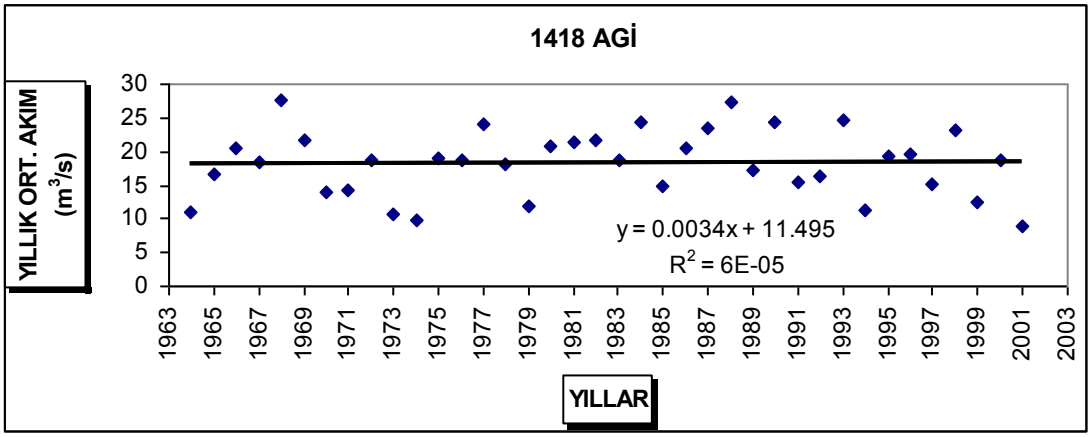
Şekil A.37. 1335 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-2001).



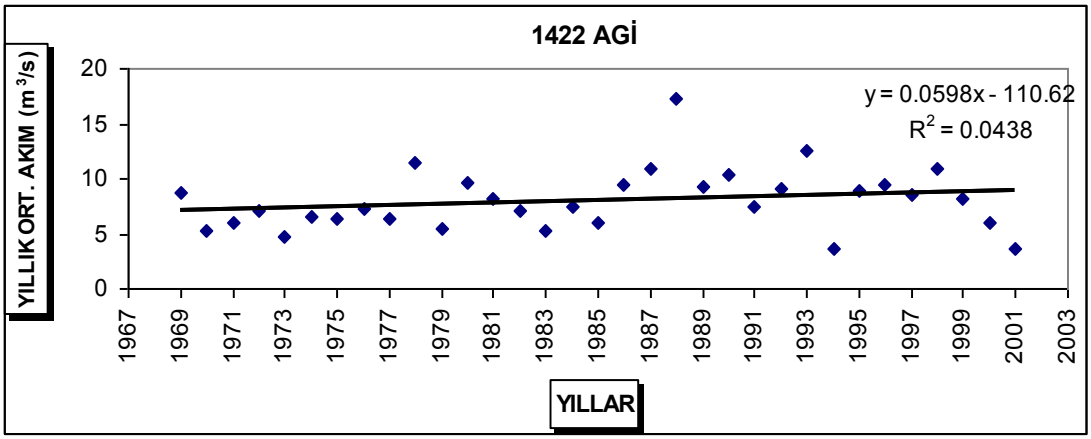
Şekil A.38. 1401 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1939-2001).



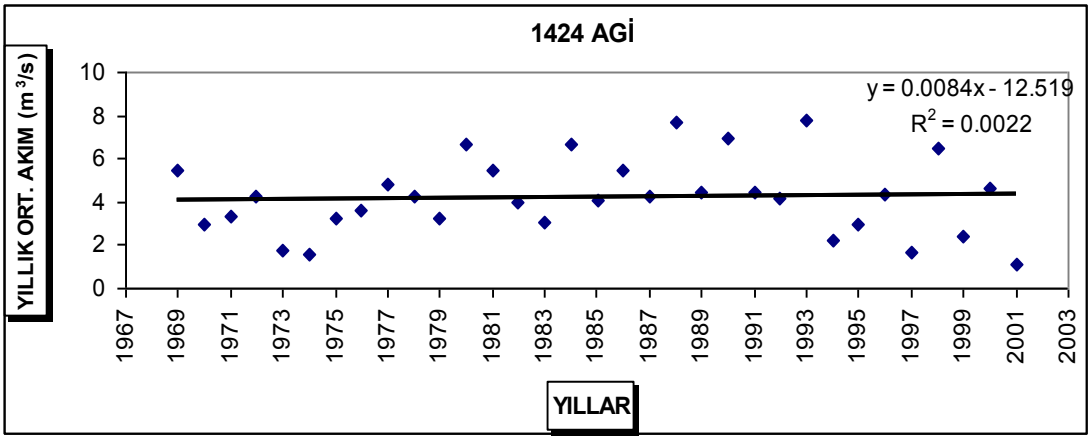
Şekil A.39. 1412 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



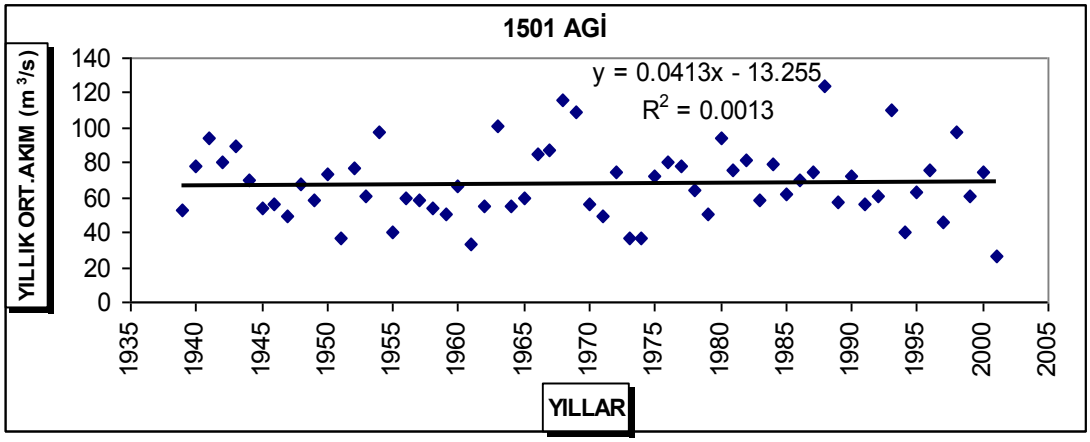
Şekil A.40. 1418 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-2001).



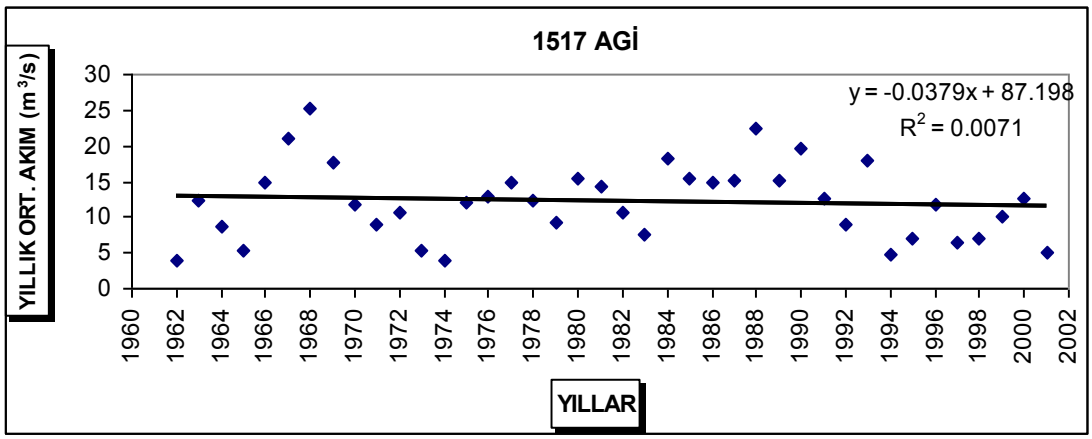
Şekil A.41. 1422 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



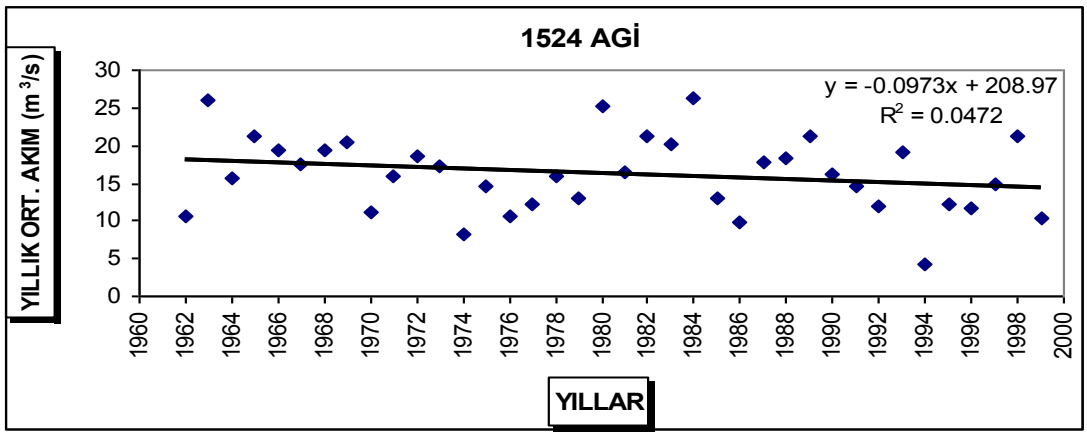
Şekil A.42. 1424 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



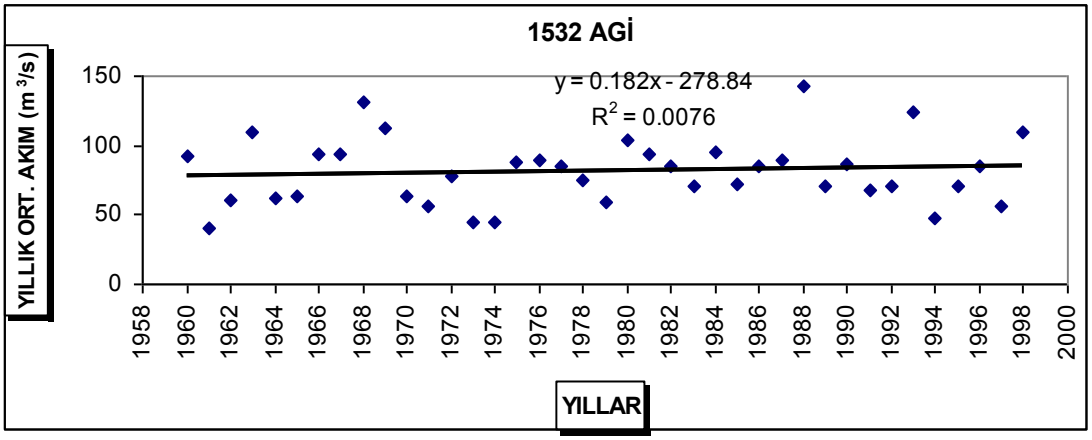
Şekil A.43. 1501 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1939-2001).



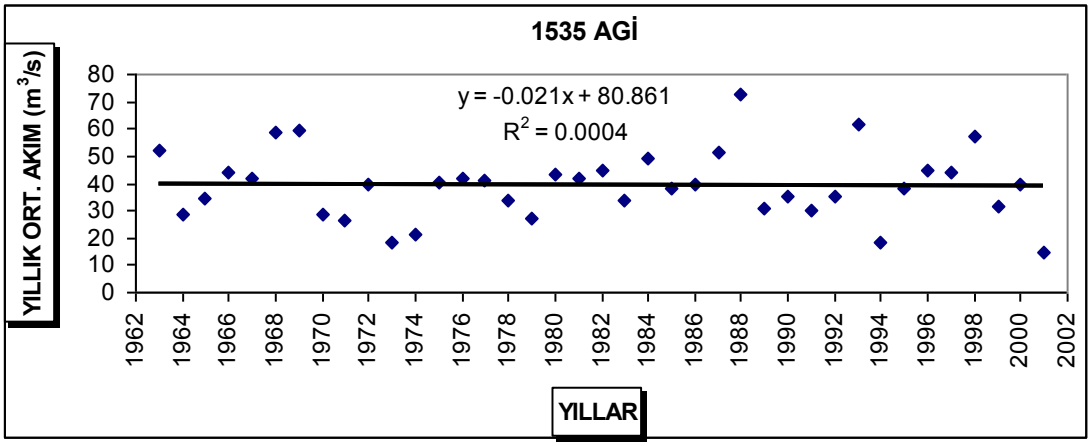
Şekil A.44. 1517 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-2001).



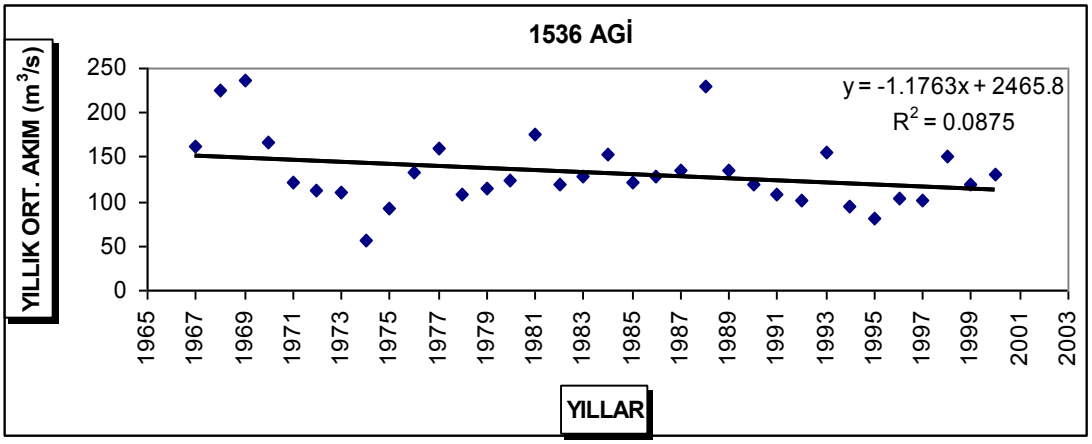
Şekil A.45. 1524 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-1999).



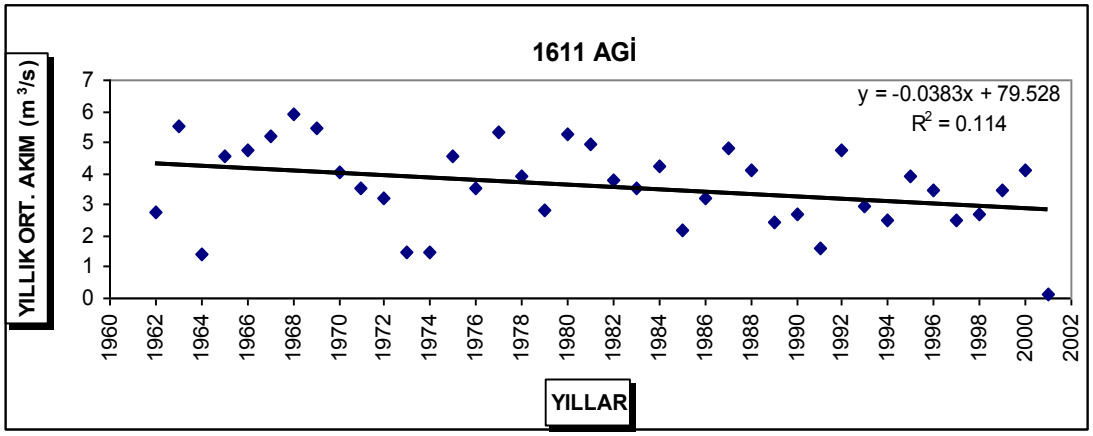
Şekil A.46. 1532 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1960-1998).



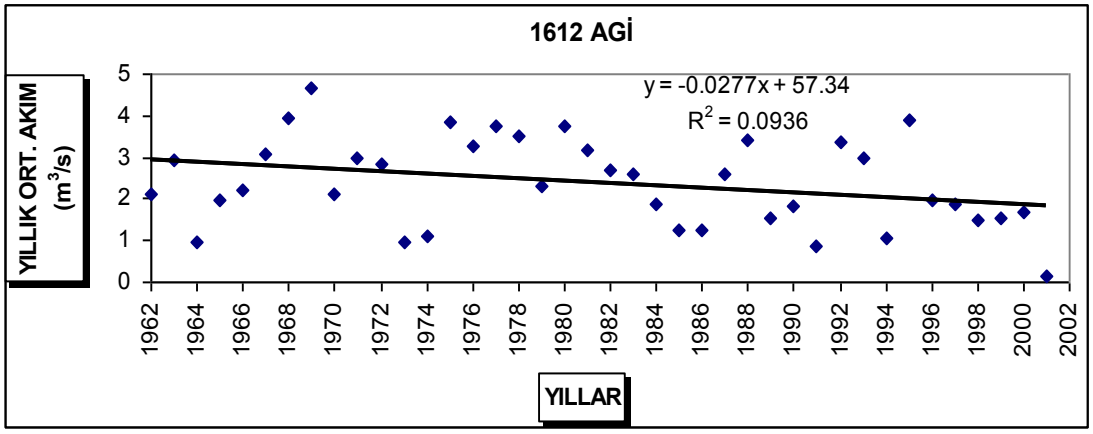
Şekil A.47. 1535 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1963-2001).



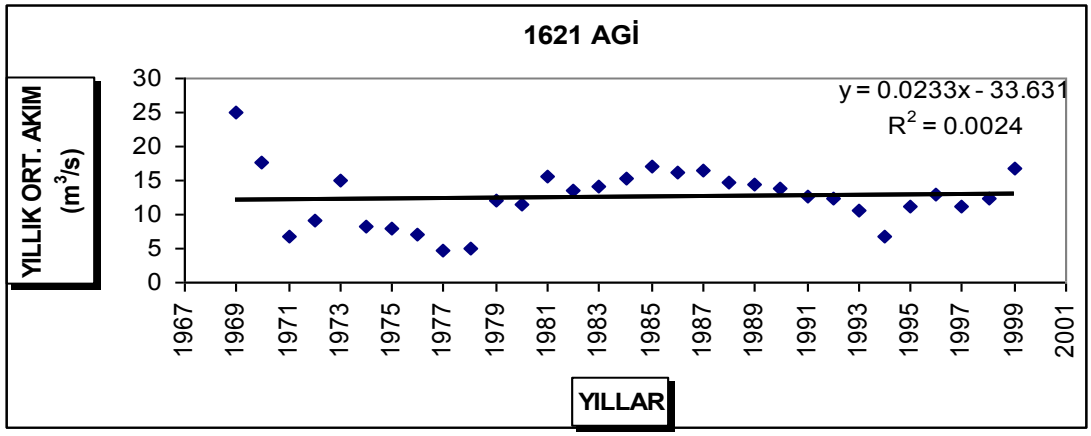
Şekil A.48. 1536 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1967-2000).



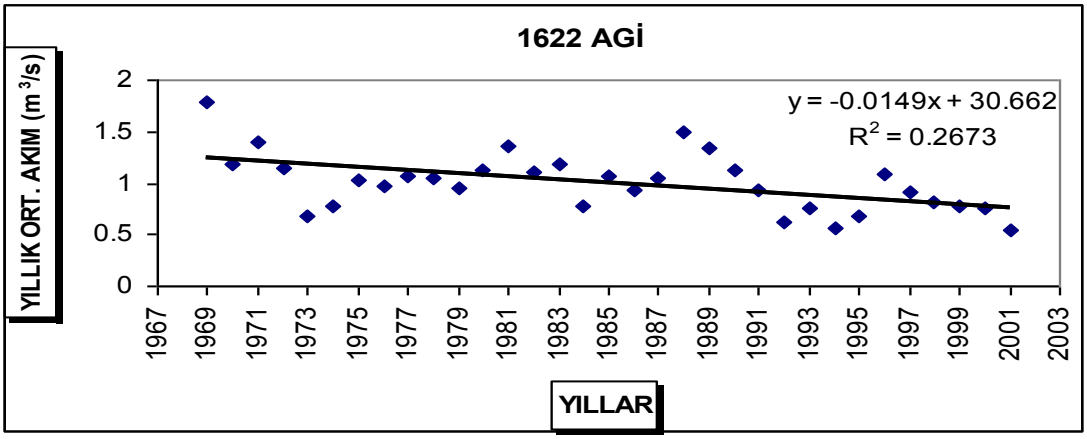
Şekil A.49. 1611 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-2001).



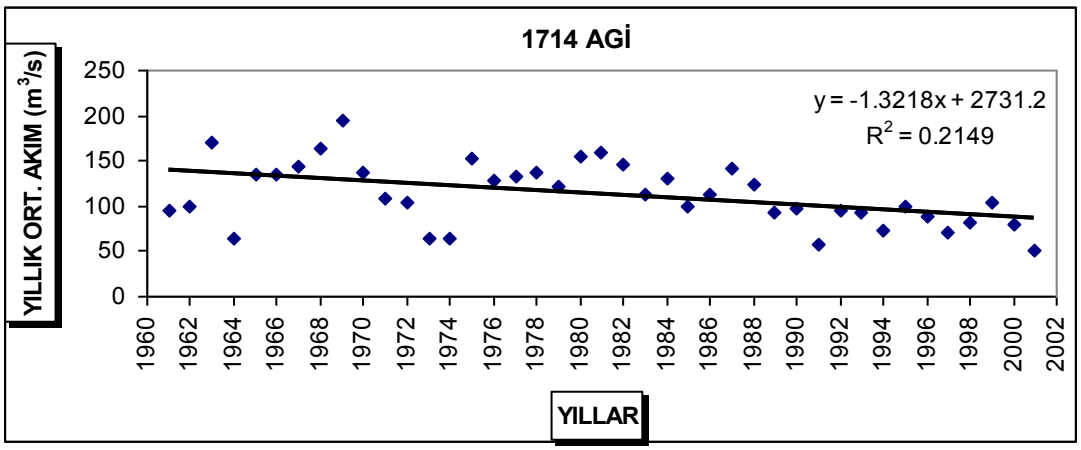
Şekil A.50. 1612 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-2001).



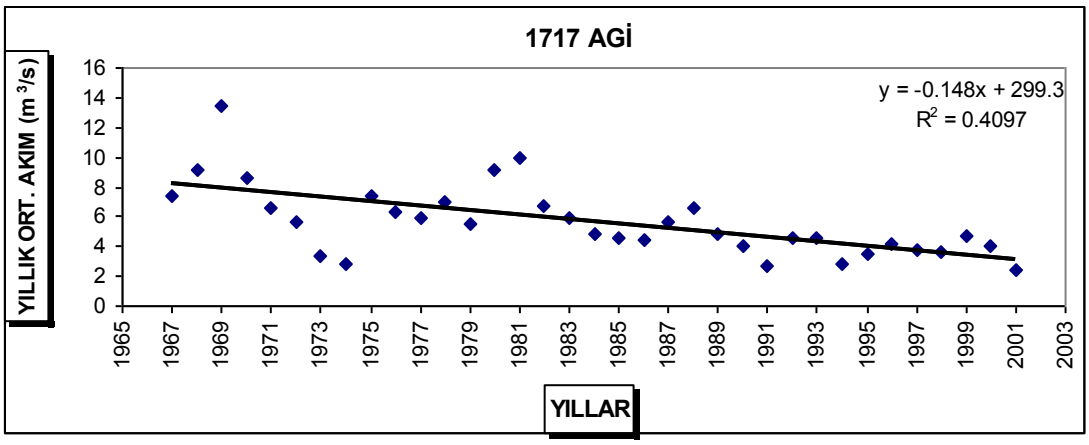
Şekil A.51. 1621 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-1999).



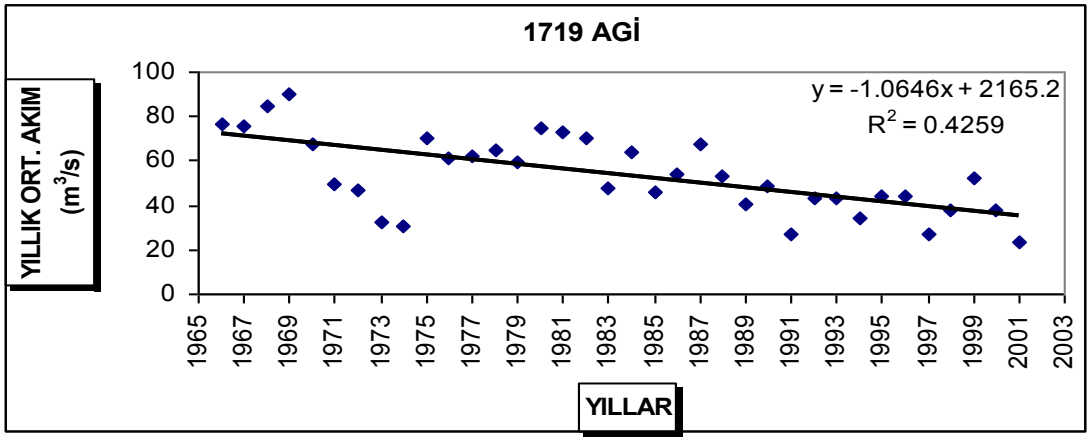
Şekil A.52. 1622 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



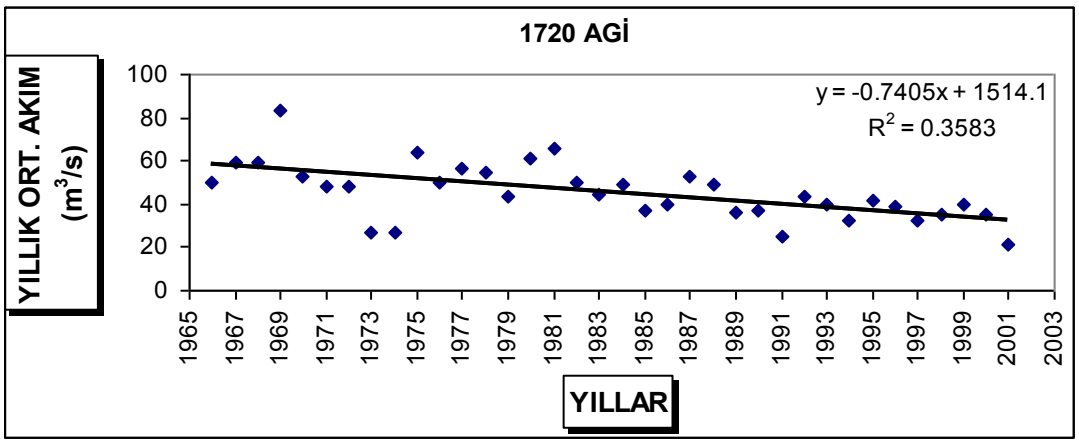
Şekil A.53. 1714 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1961-2001).



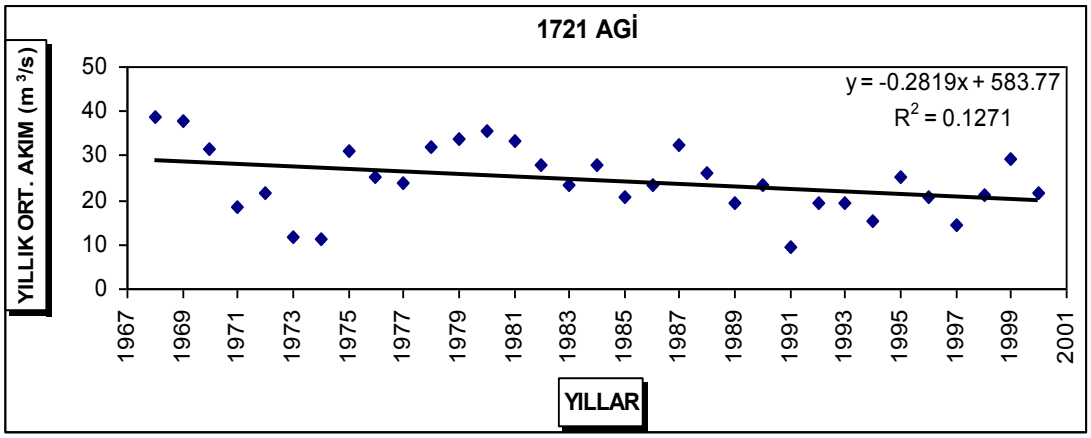
Şekil A.54. 1717 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1967-2001).



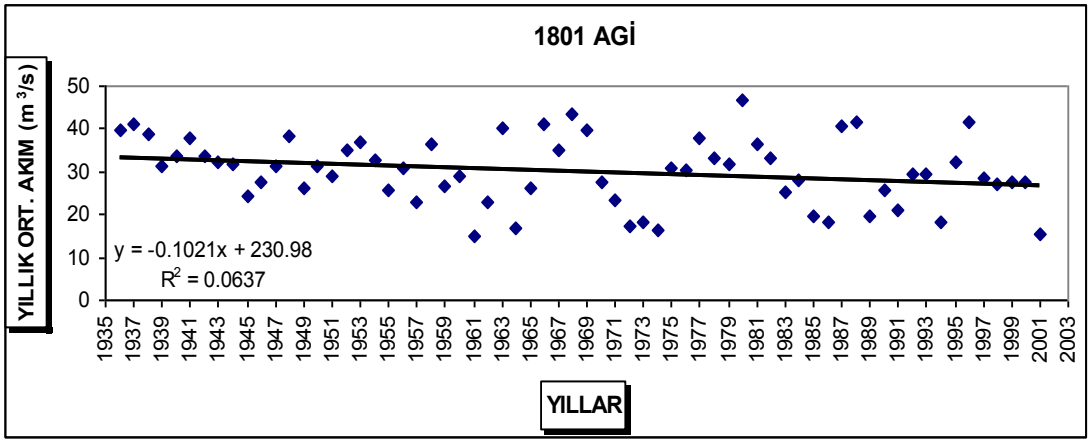
Şekil A.55. 1719 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1966-2001).



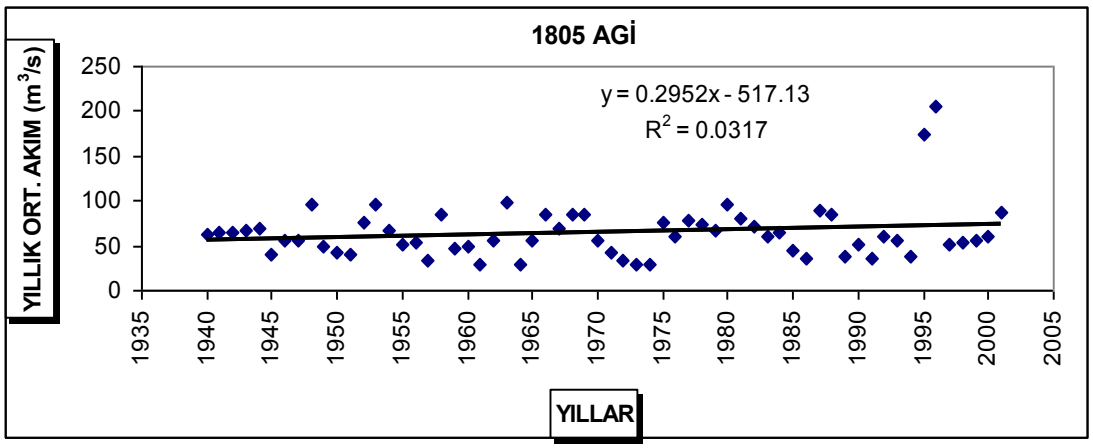
Şekil A.56. 1720 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1966-2001).



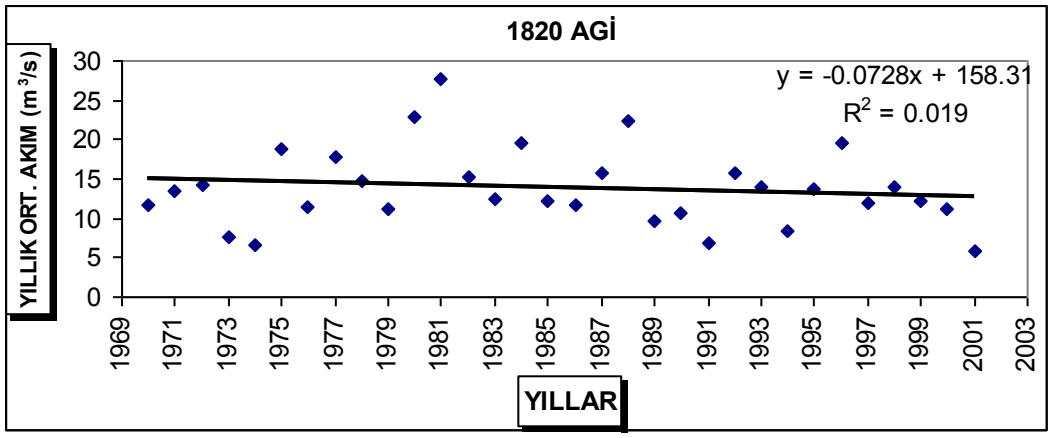
Şekil A.57. 1721 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1968-2000).



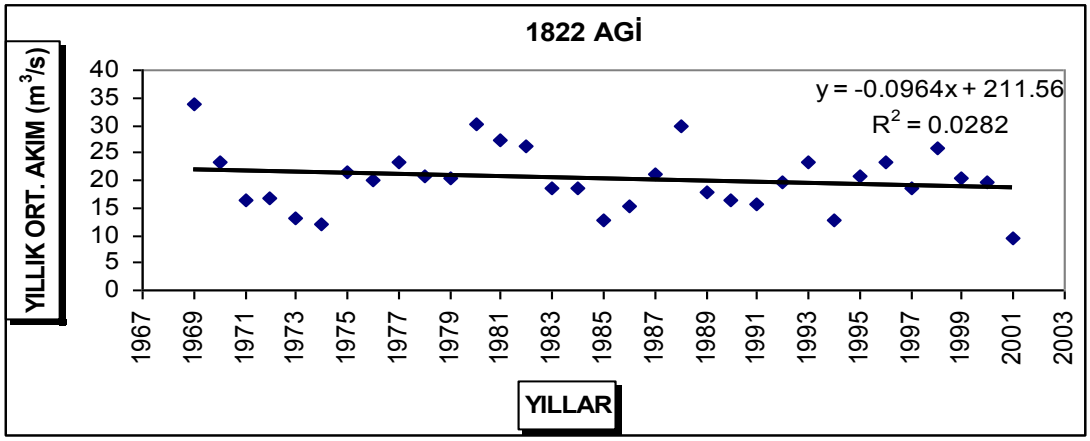
Şekil A.58. 1801 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1936-2001).



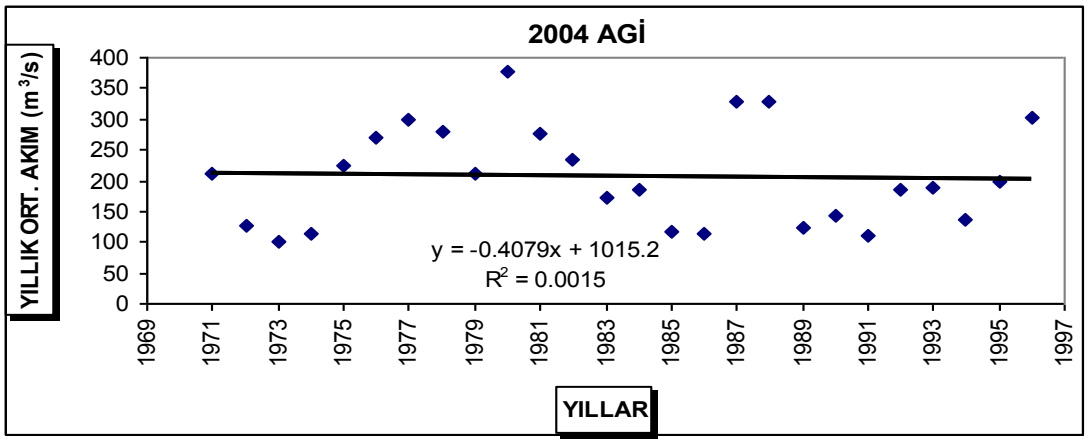
Şekil A.59. 1805 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1940-2001).



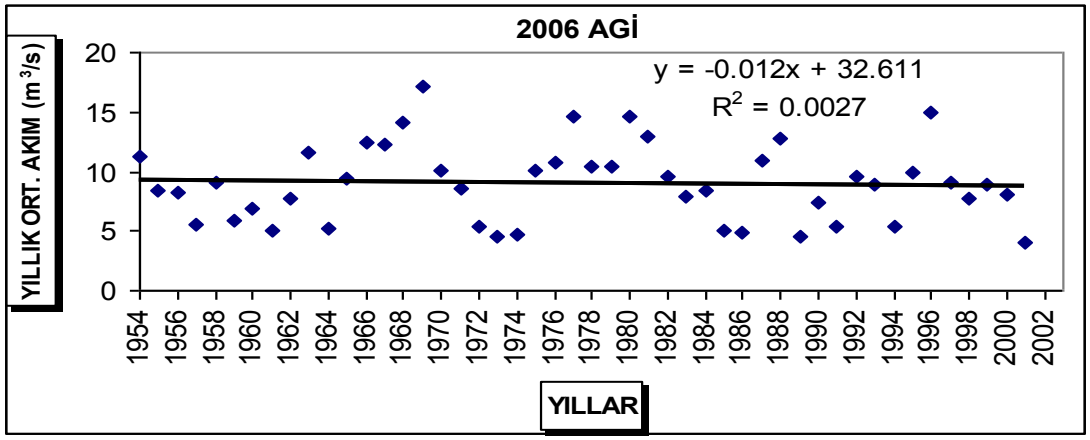
Şekil A.60. 1820 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1970-2001).



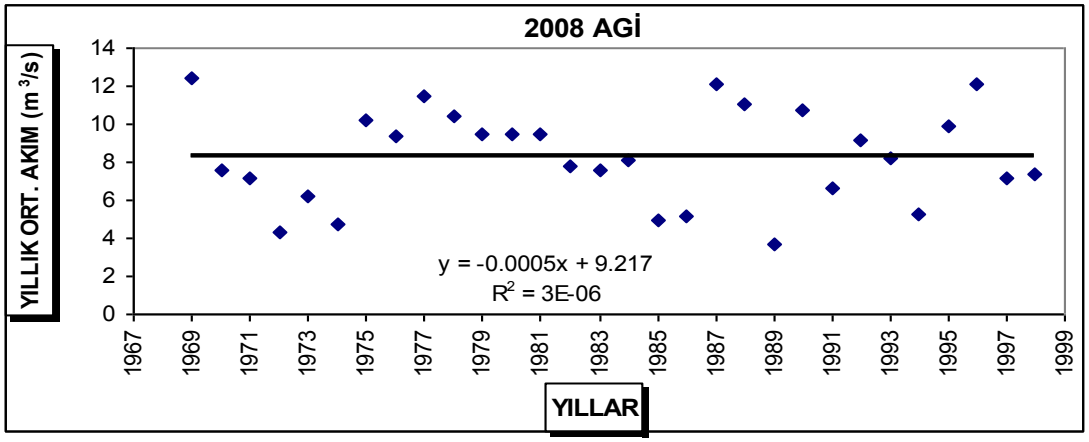
Şekil A.61. 1822 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



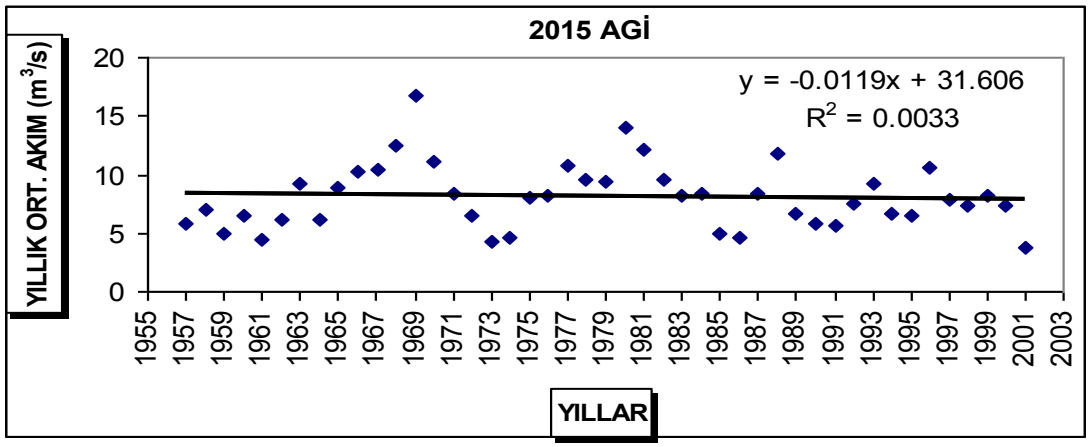
Şekil A.62. 2004 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1971-1996).



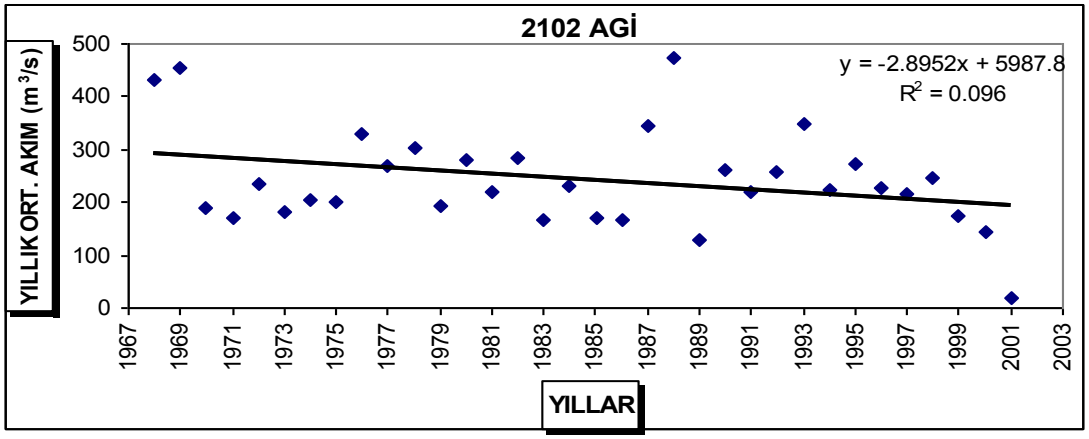
Şekil A.63. 2006 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1954-2001).



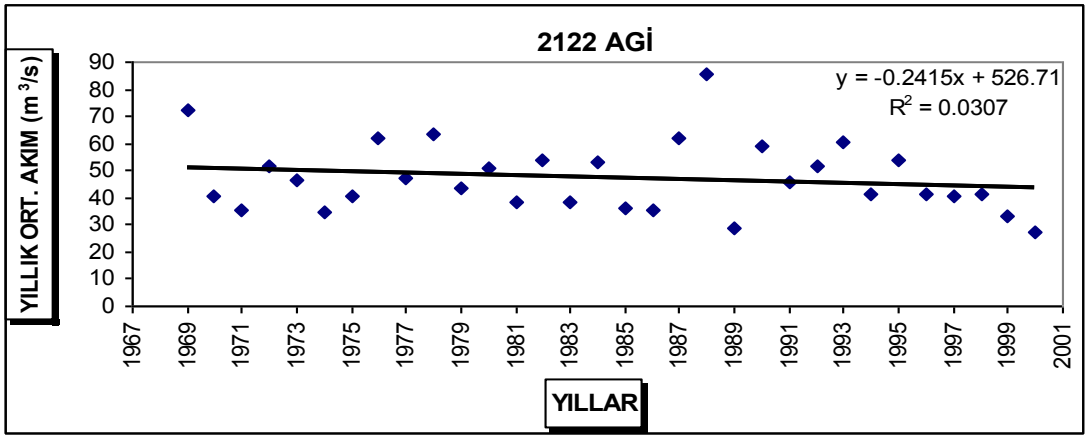
Şekil A.64. 2008 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-1998).



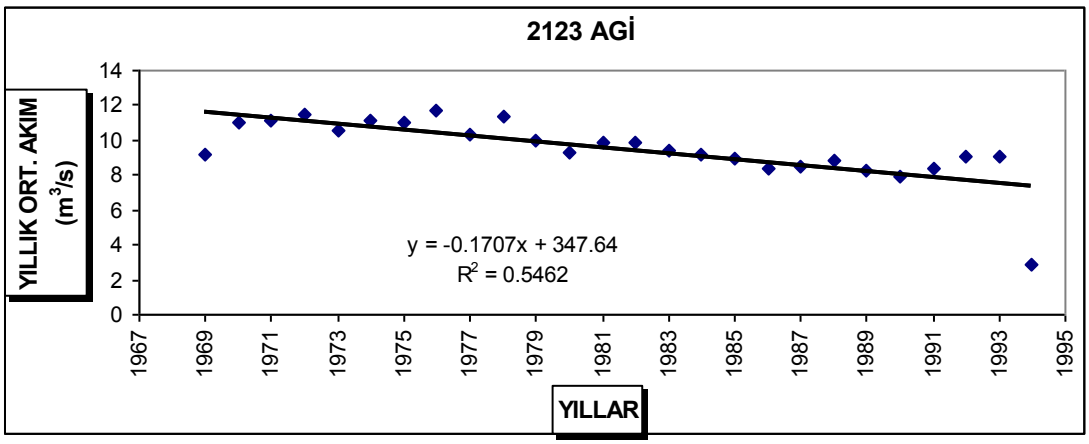
Şekil A.65. 2015 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1957-2001).



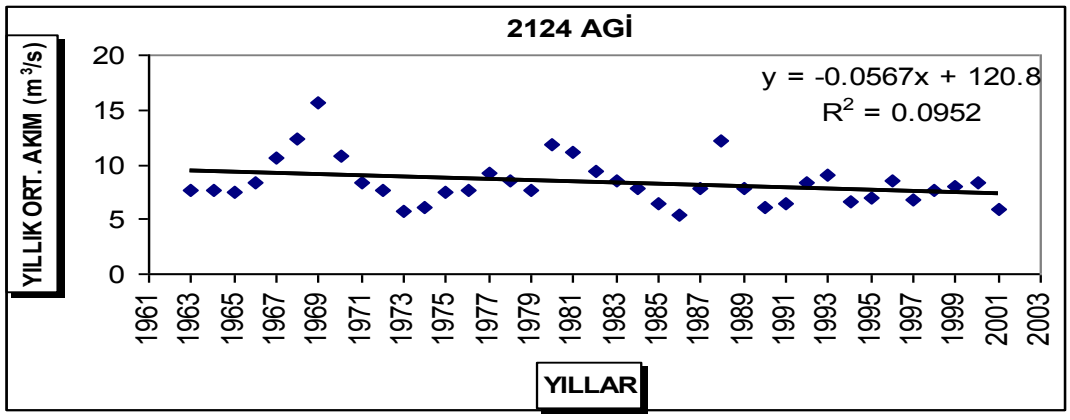
Şekil A66. 2102 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1968-2001).



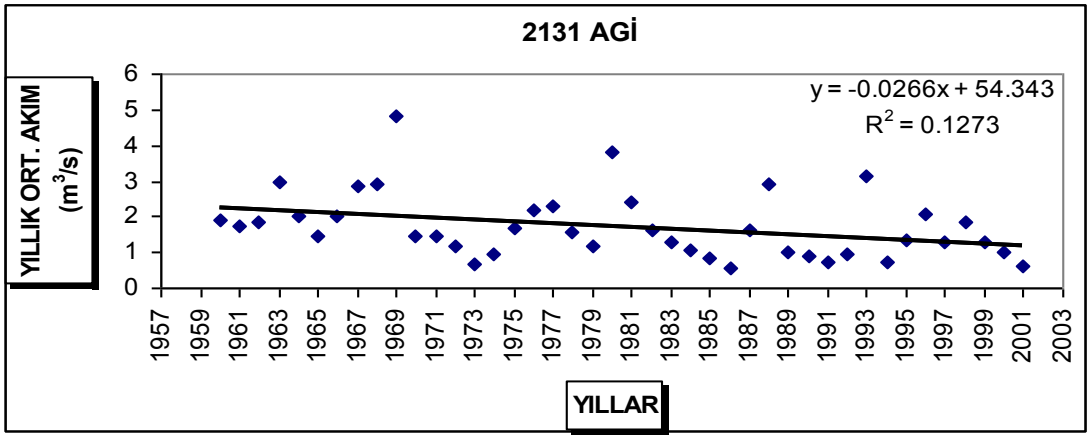
Şekil A.67. 2122 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2000).



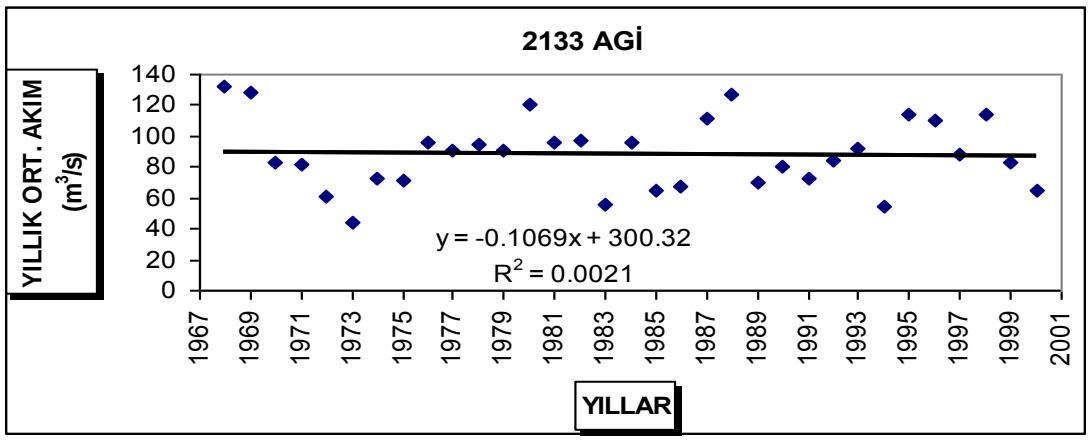
Şekil A.68. 2123 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-1994).



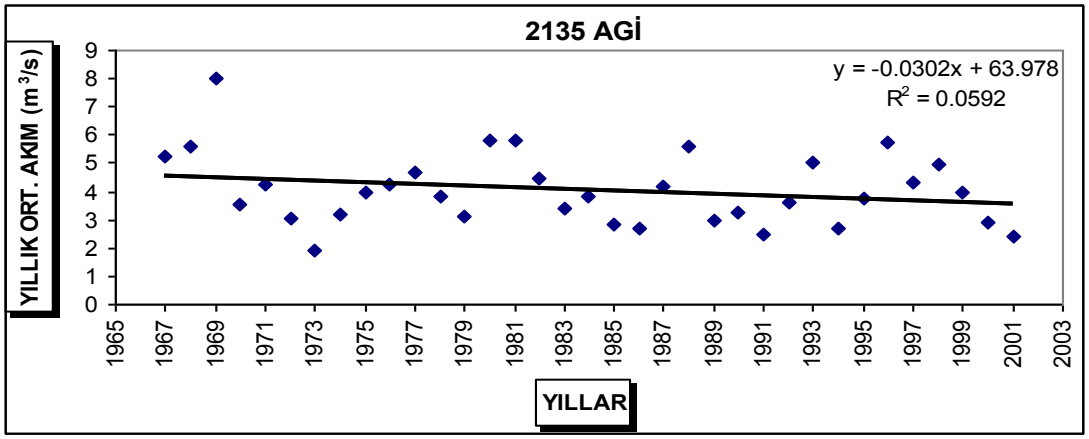
Şekil A.69. 2124 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1963-2001).



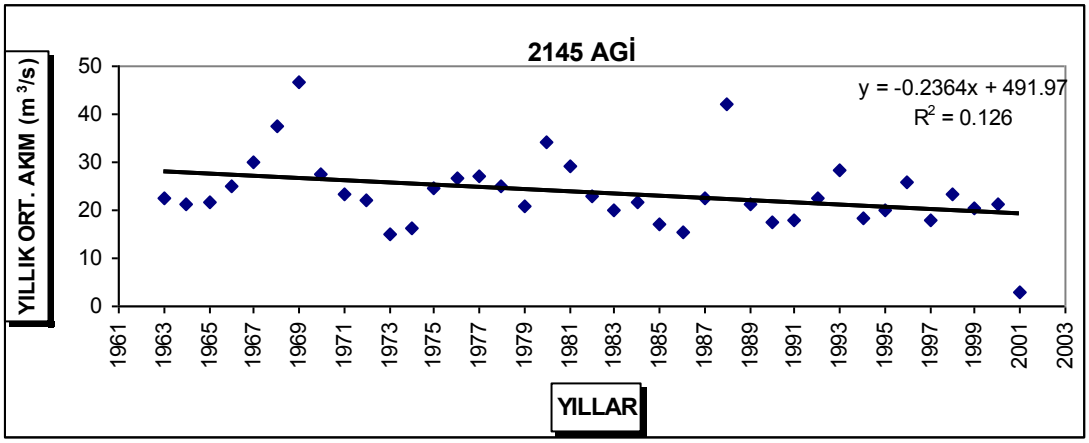
Şekil A.70. 2131 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1960-2001).



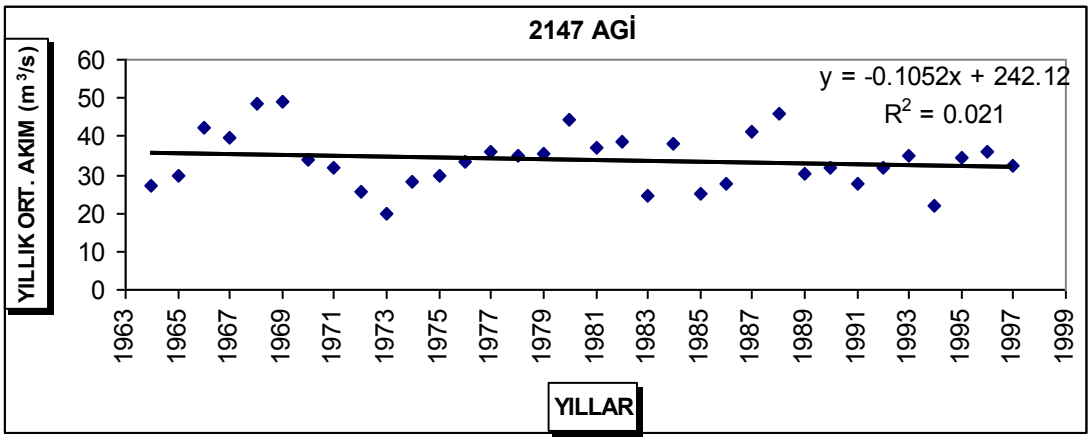
Şekil A.71. 2133 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1968-2000).



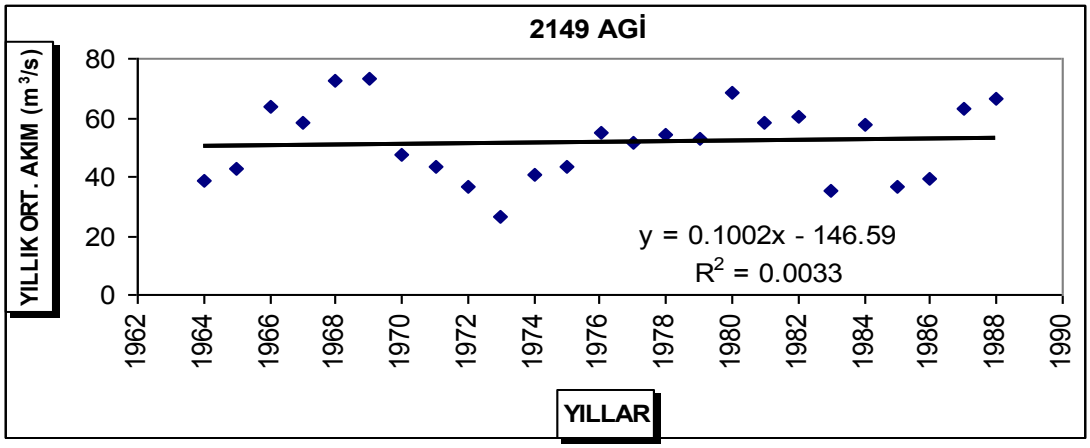
Şekil A.72. 2135 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1967-2001).



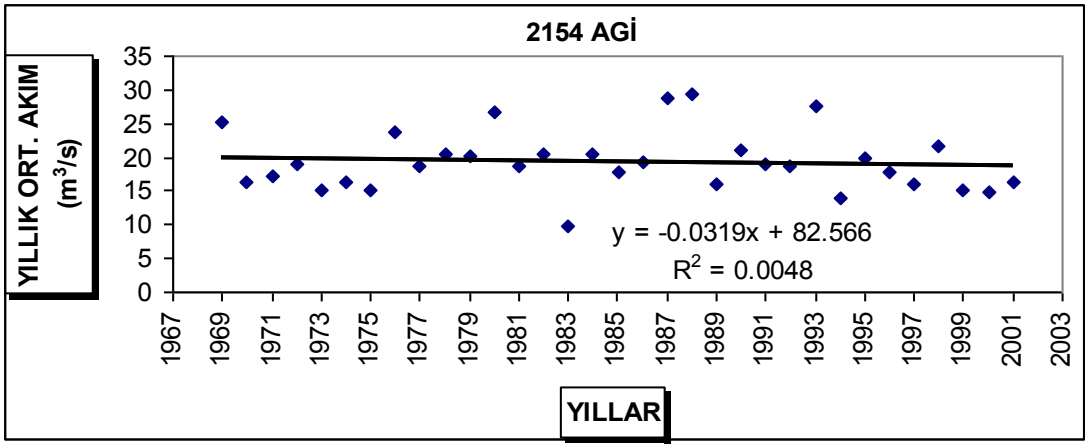
Şekil A.73. 2145 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1963-2001).



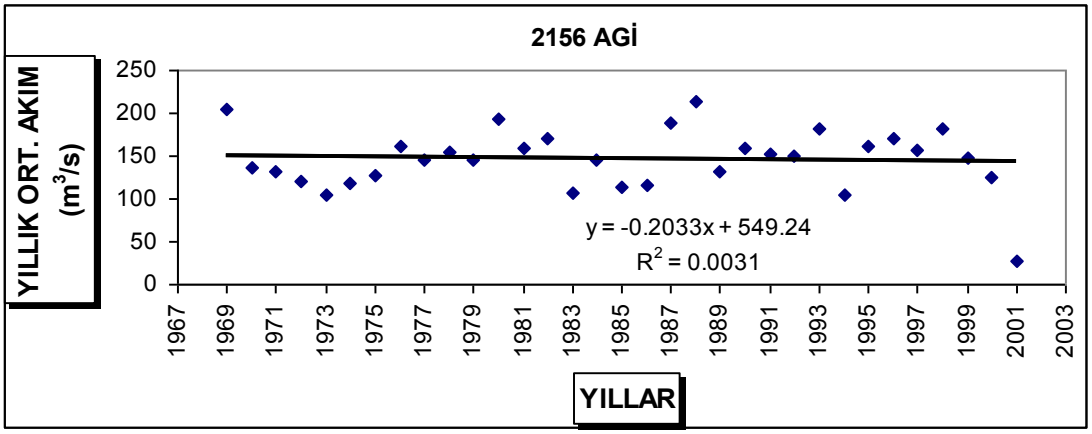
Şekil A.74. 2147 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-1997).



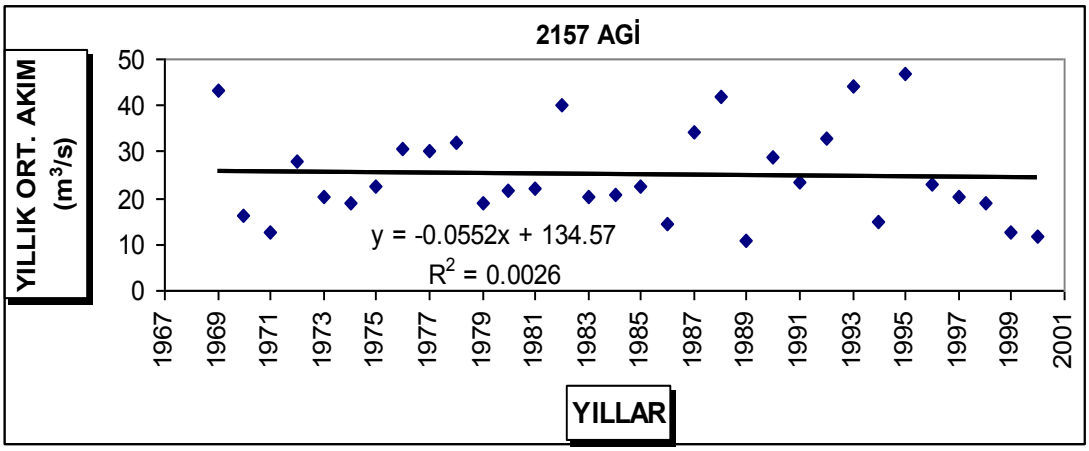
Şekil A.75. 2149 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-1988).



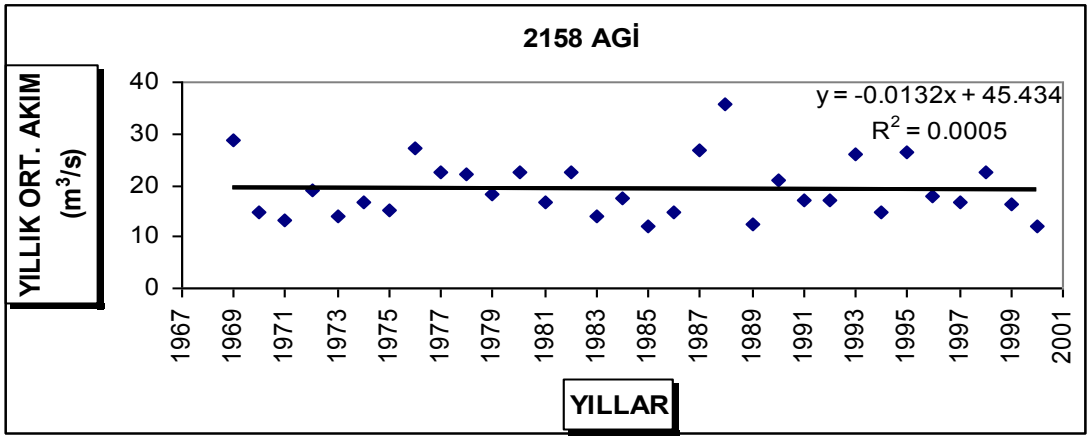
Şekil A.76. 2154 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



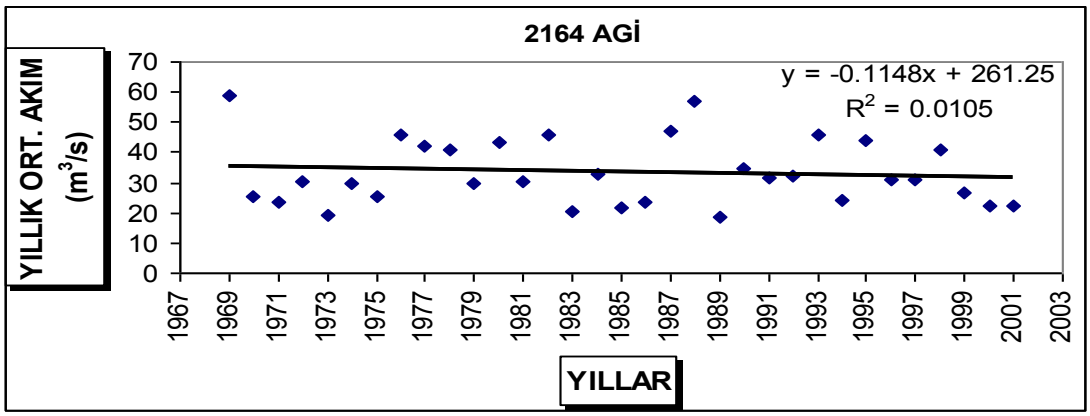
Şekil A.77. 2156 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



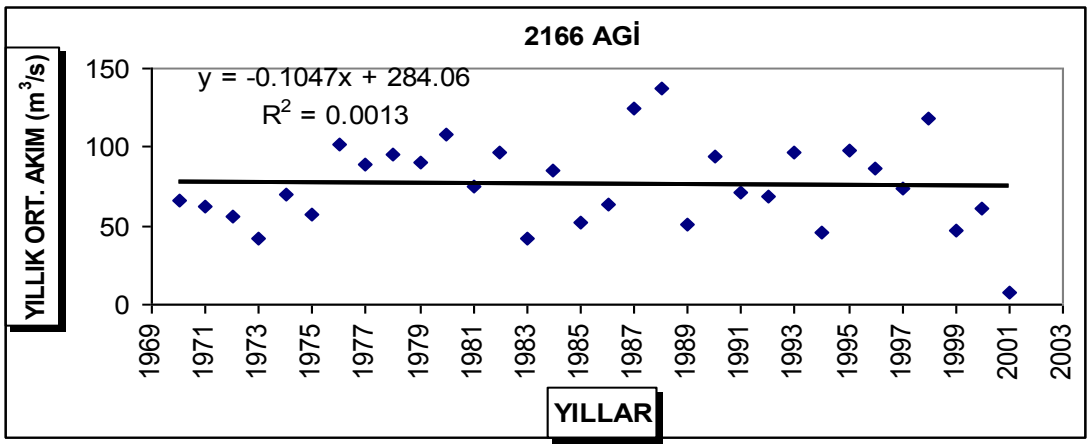
Şekil A.78. 2157 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2000).



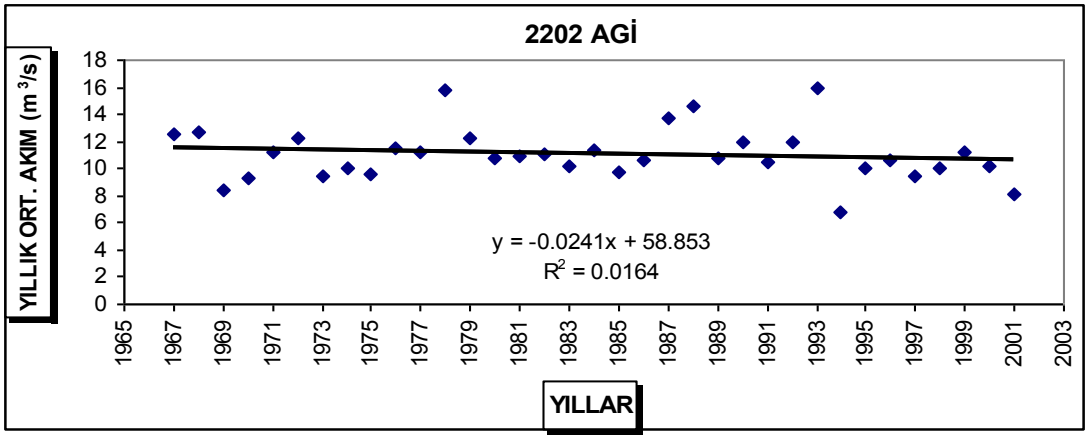
Şekil A.79. 2158 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2000).



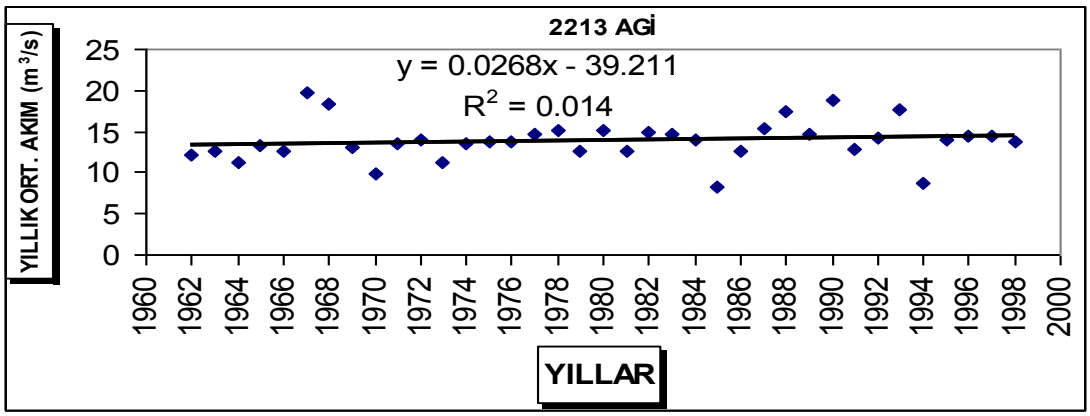
Şekil A.80. 2164 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



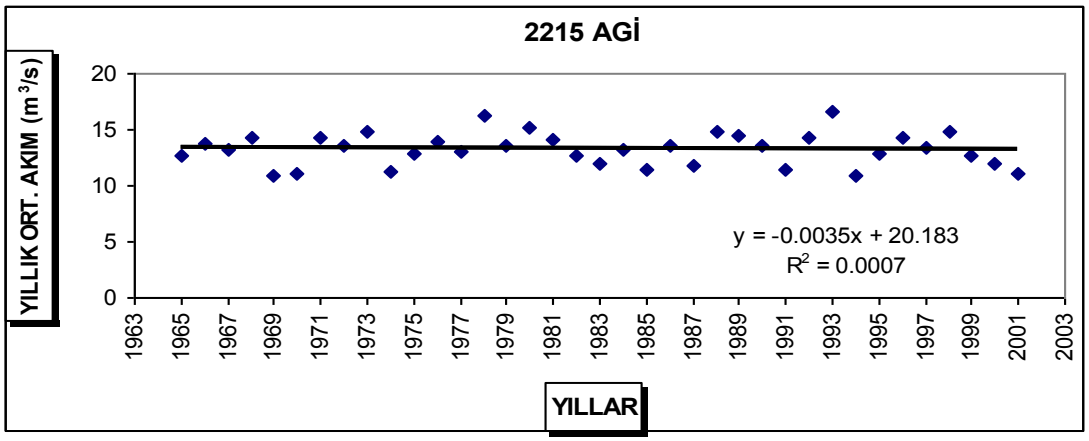
Şekil A.81. 2166 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1970-2001).



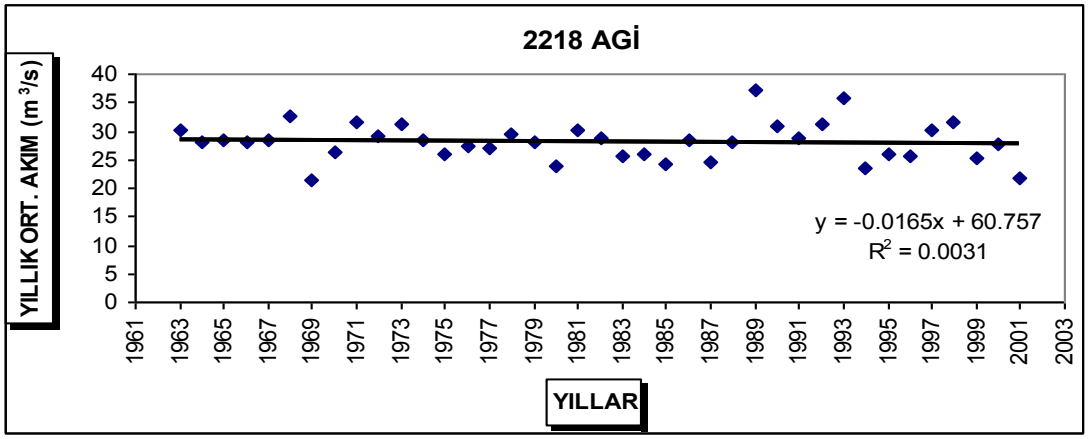
Şekil A.82. 2202 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1967-2001).



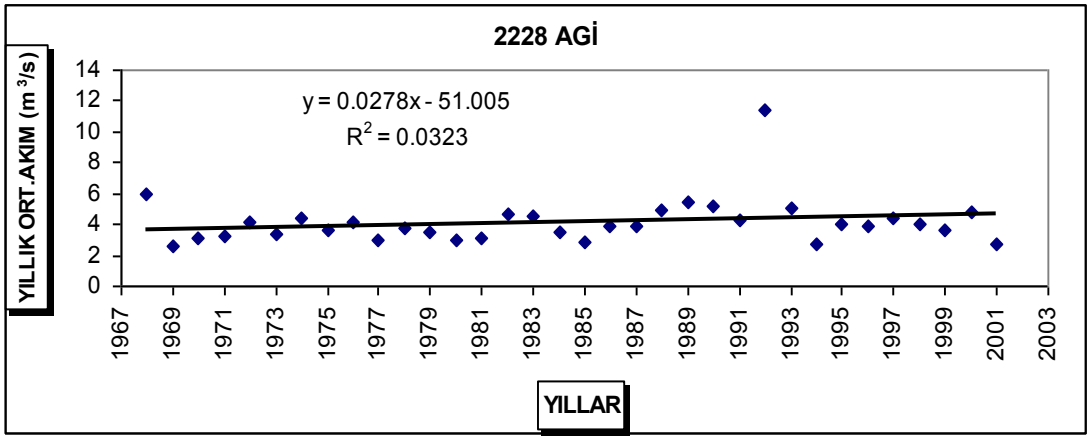
Şekil A.83. 2213 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-1998).



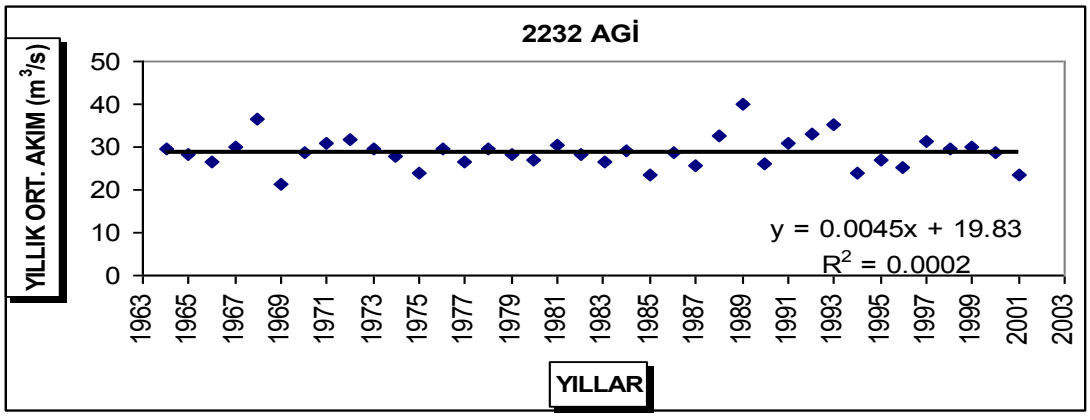
Şekil A.84. 2215 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-2001).



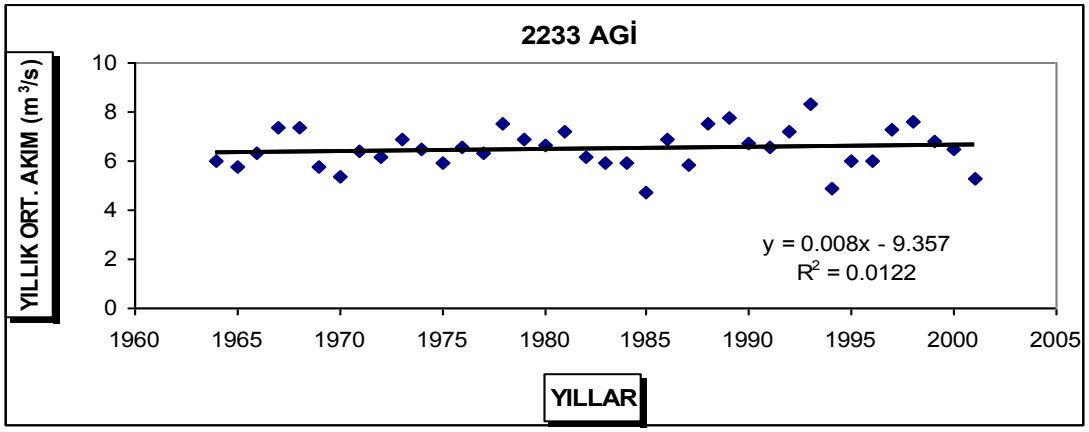
Şekil A.85. 2218 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1963-2001).



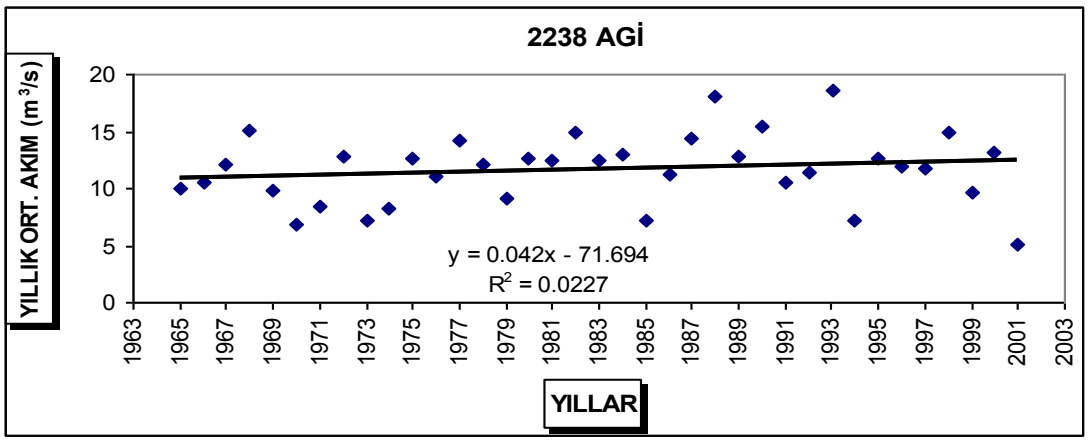
Şekil A.86. 2228 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1968-2001).



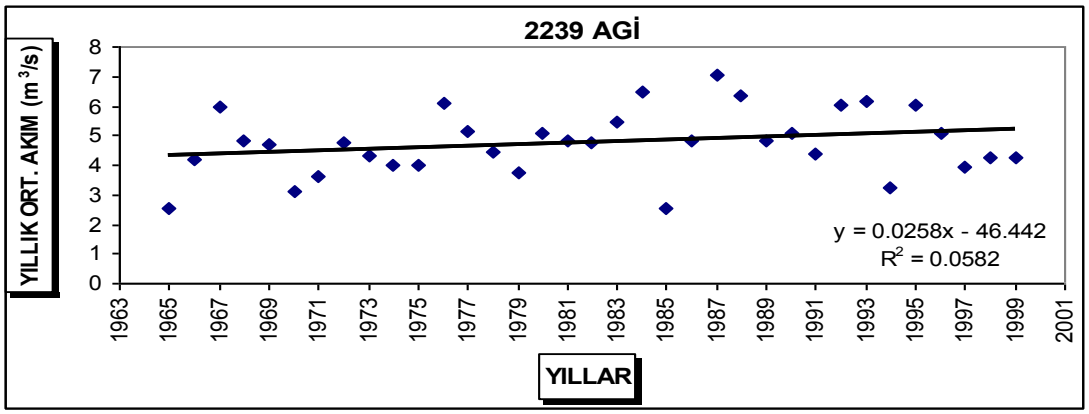
Şekil A.87. 2232 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-2001).



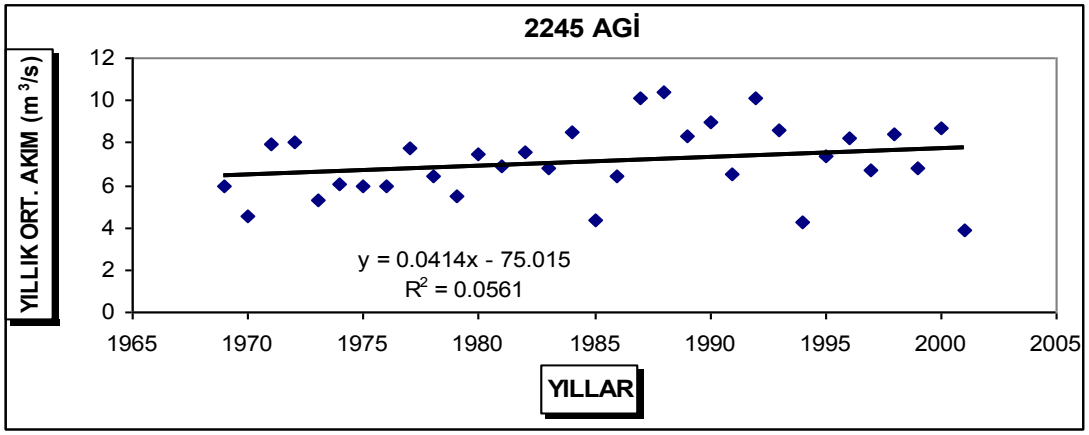
Şekil A.88. 2233 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-2001).



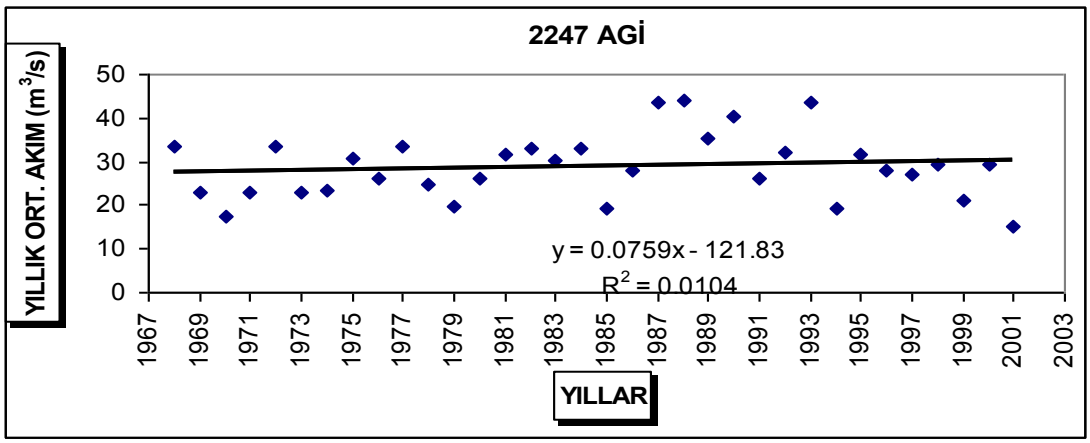
Şekil A.89. 2238 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-2001).



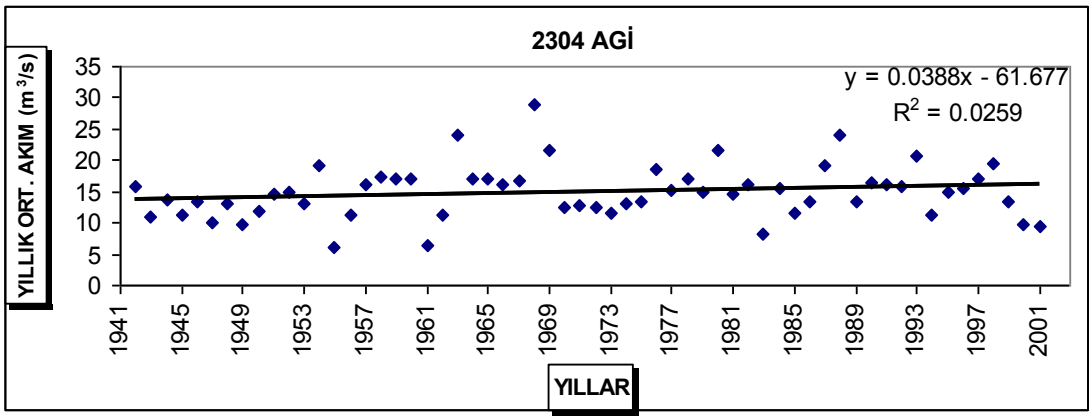
Şekil A.90. 2239 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-1999).



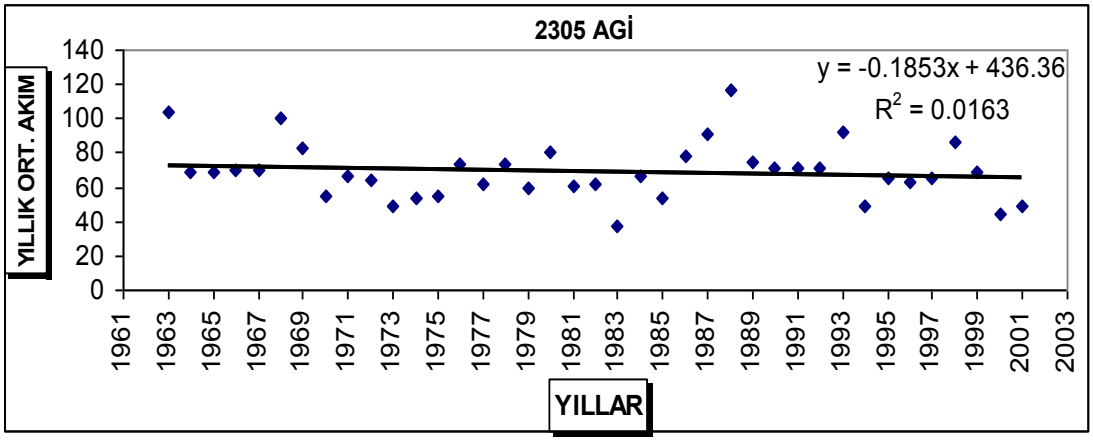
Şekil A.91. 2245 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-2001).



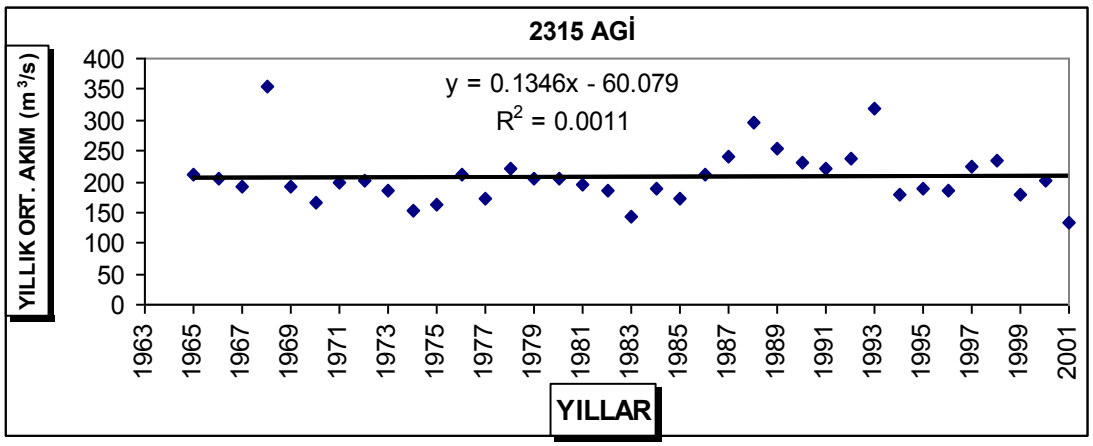
Şekil A.92. 2247 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1968-2001).



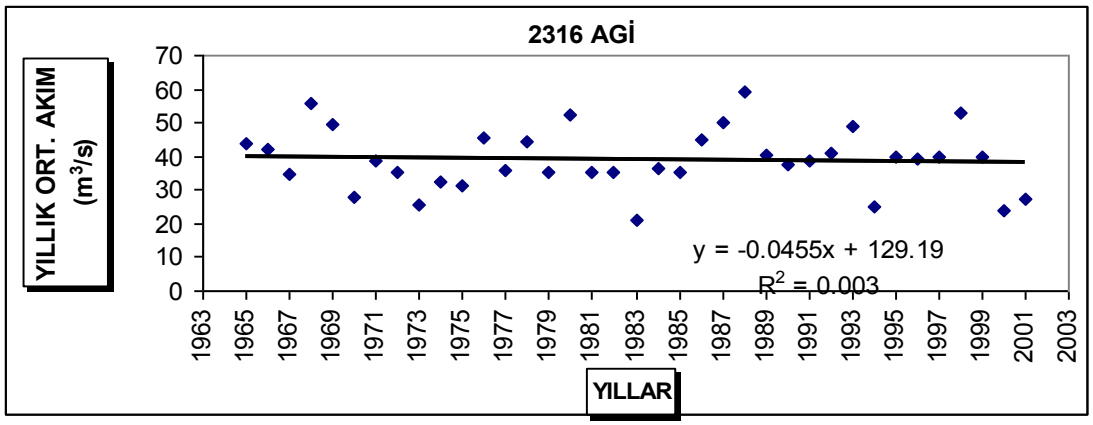
Şekil A.93. 2304 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1942-2001).



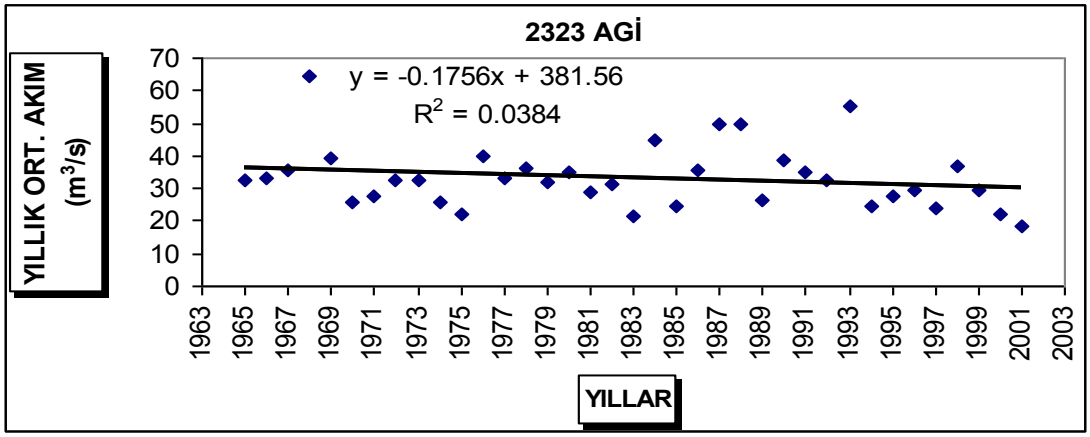
Şekil A.94. 2305 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1963-2001).



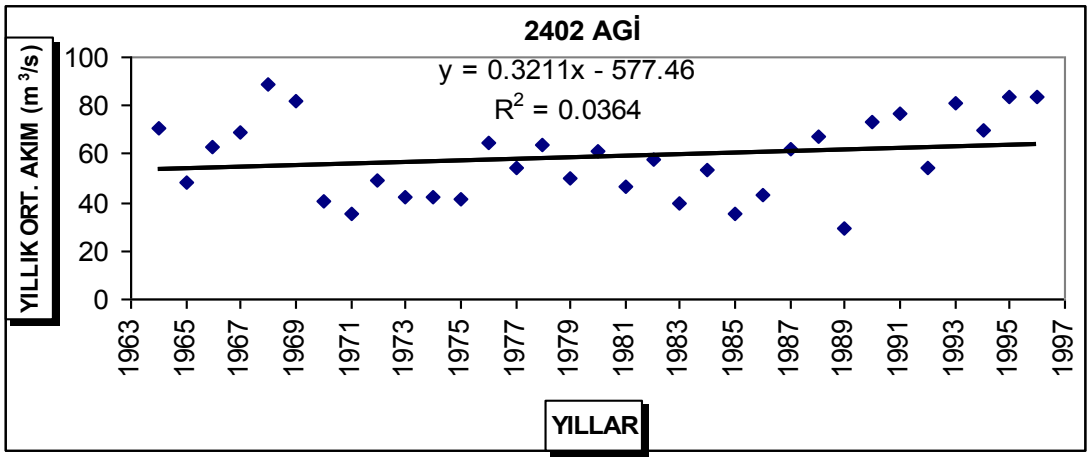
Şekil A.95. 2315 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-2001).



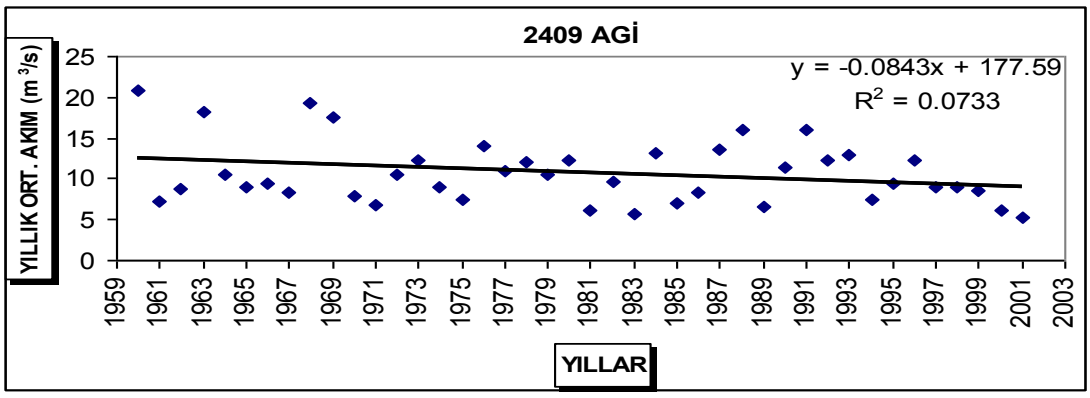
Şekil A.96. 2316 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-2001).



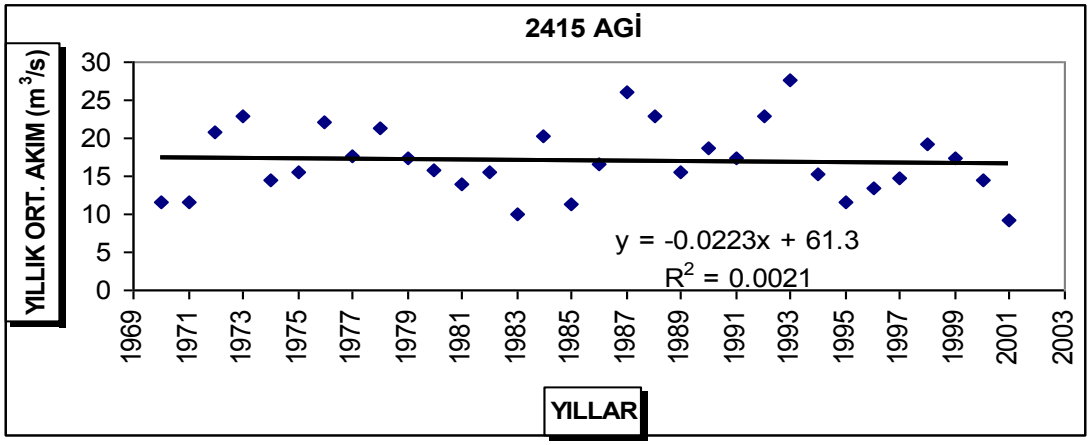
Şekil A.97. 2323 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-2001).



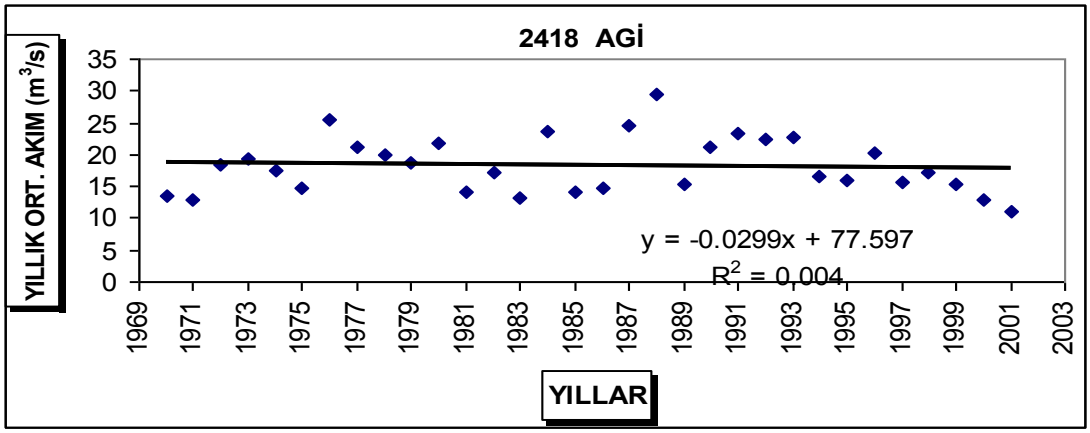
Şekil A.98. 2402 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1964-1996).



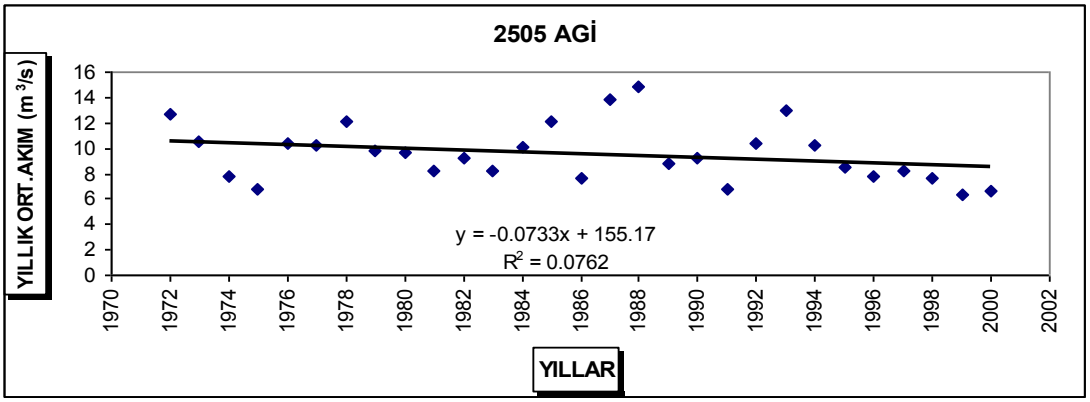
Şekil A.99. 2409 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1960-2001).



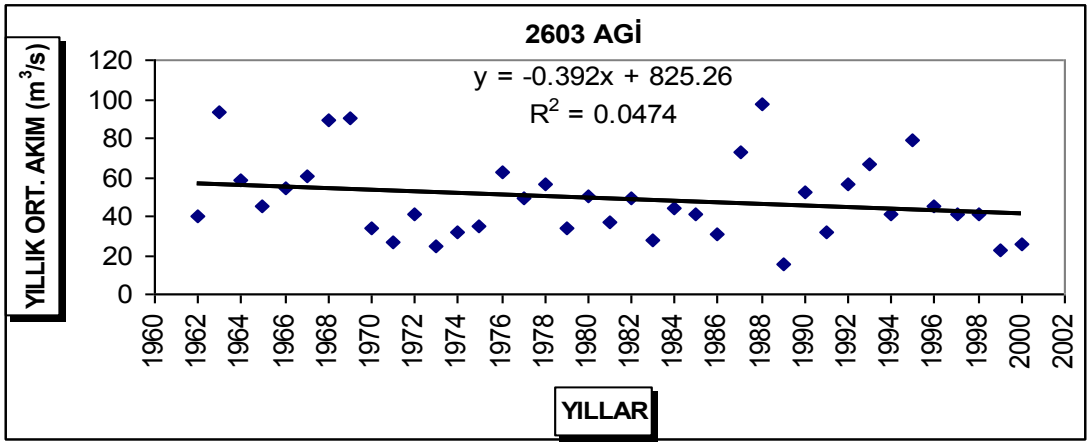
Şekil A.100. 2415 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1970-2001)



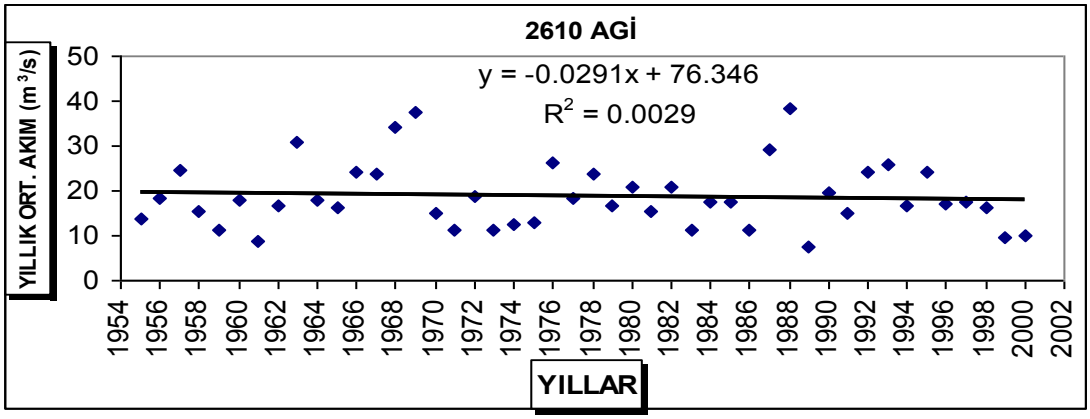
Şekil A.101. 2418 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1970-2001)



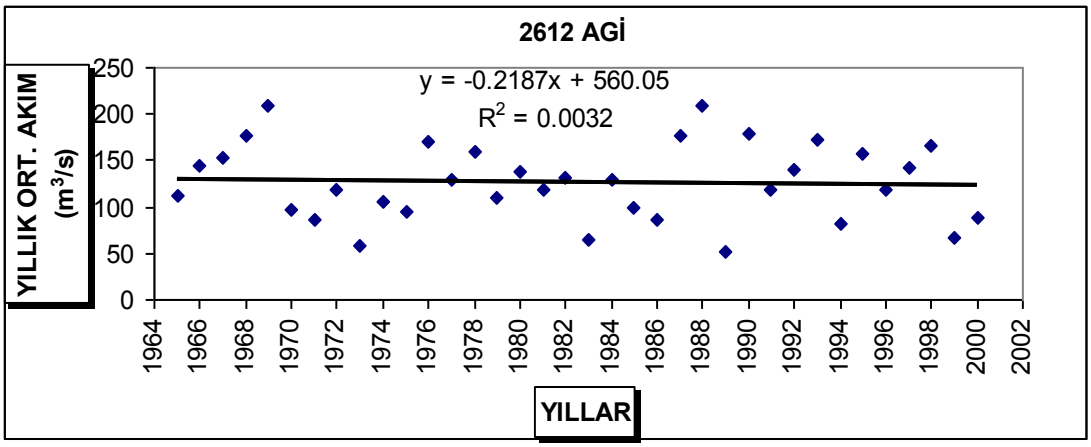
Şekil A.102. 2505 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1972-2000)



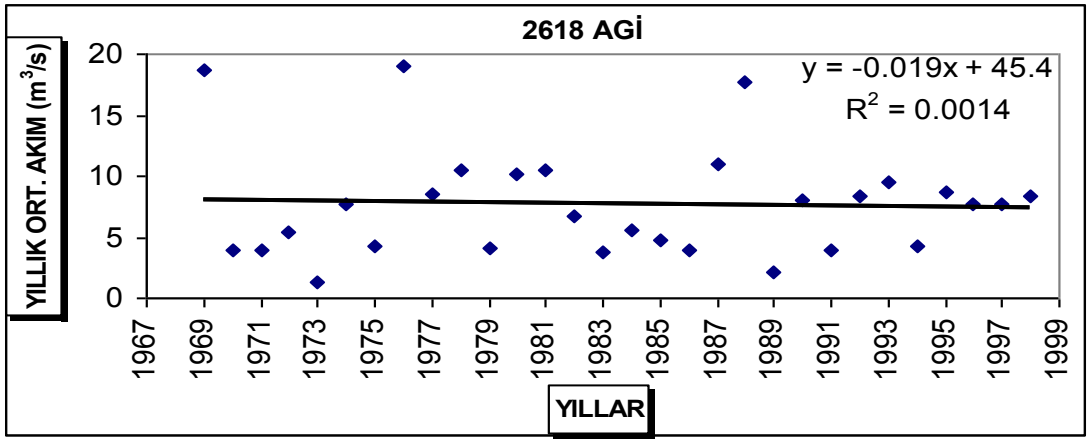
Şekil A.103. 2603 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1962-2000)



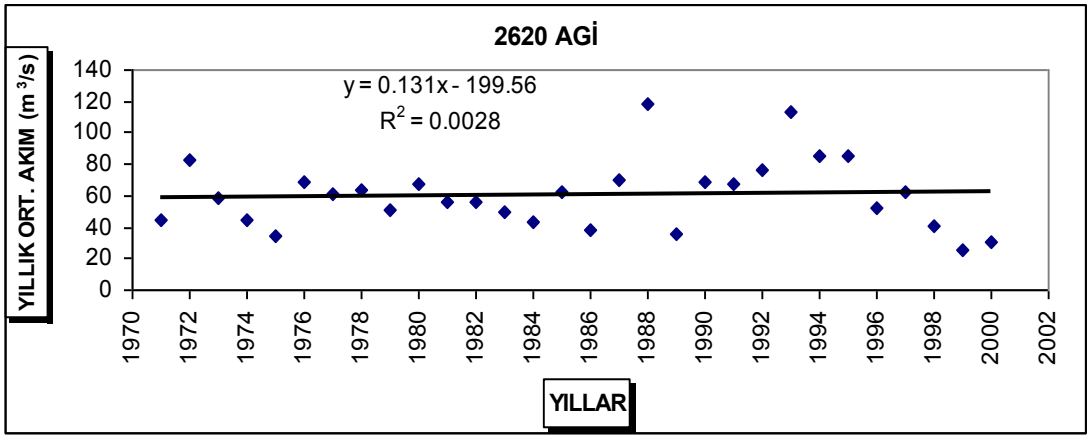
Şekil A.104. 2610 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1955-2000)



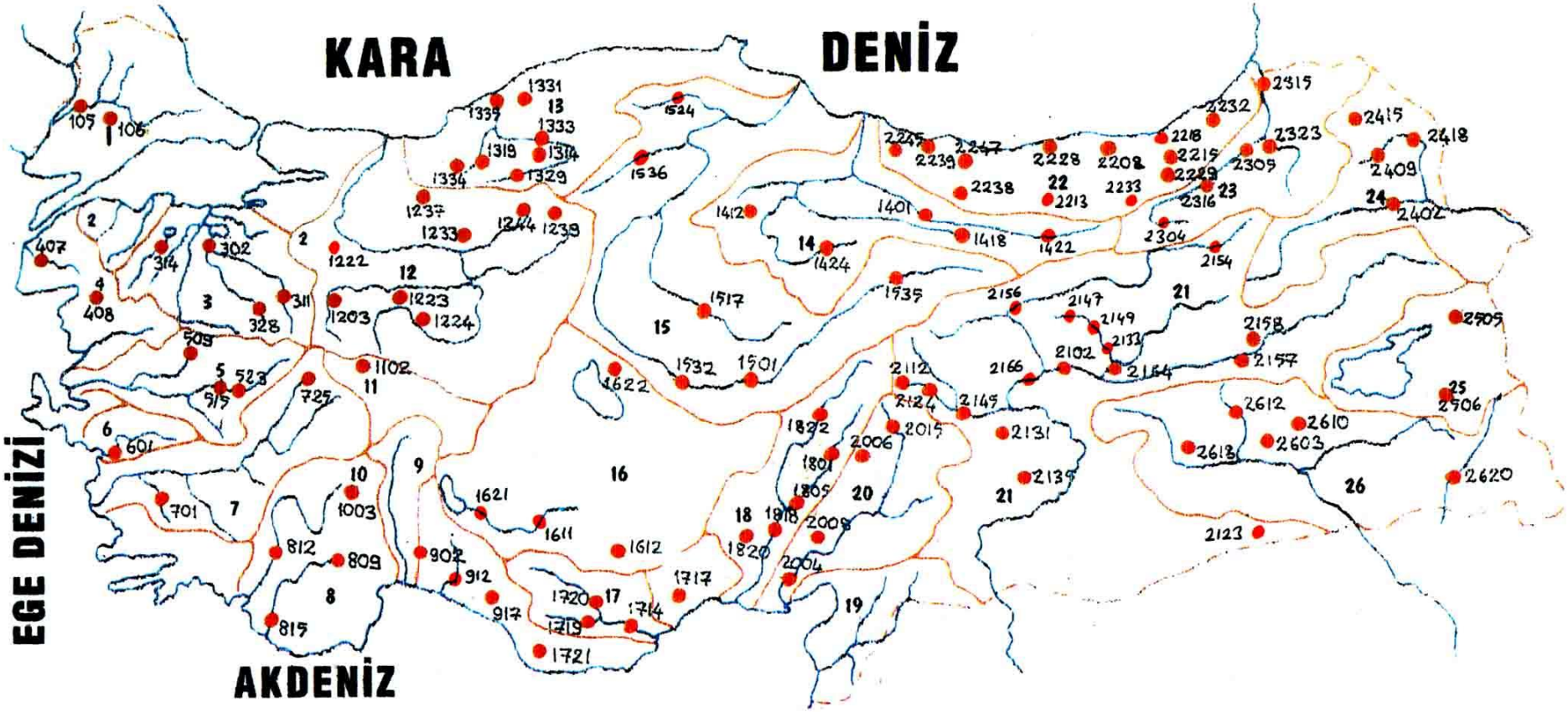
Şekil A.105. 2612 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1965-2000)



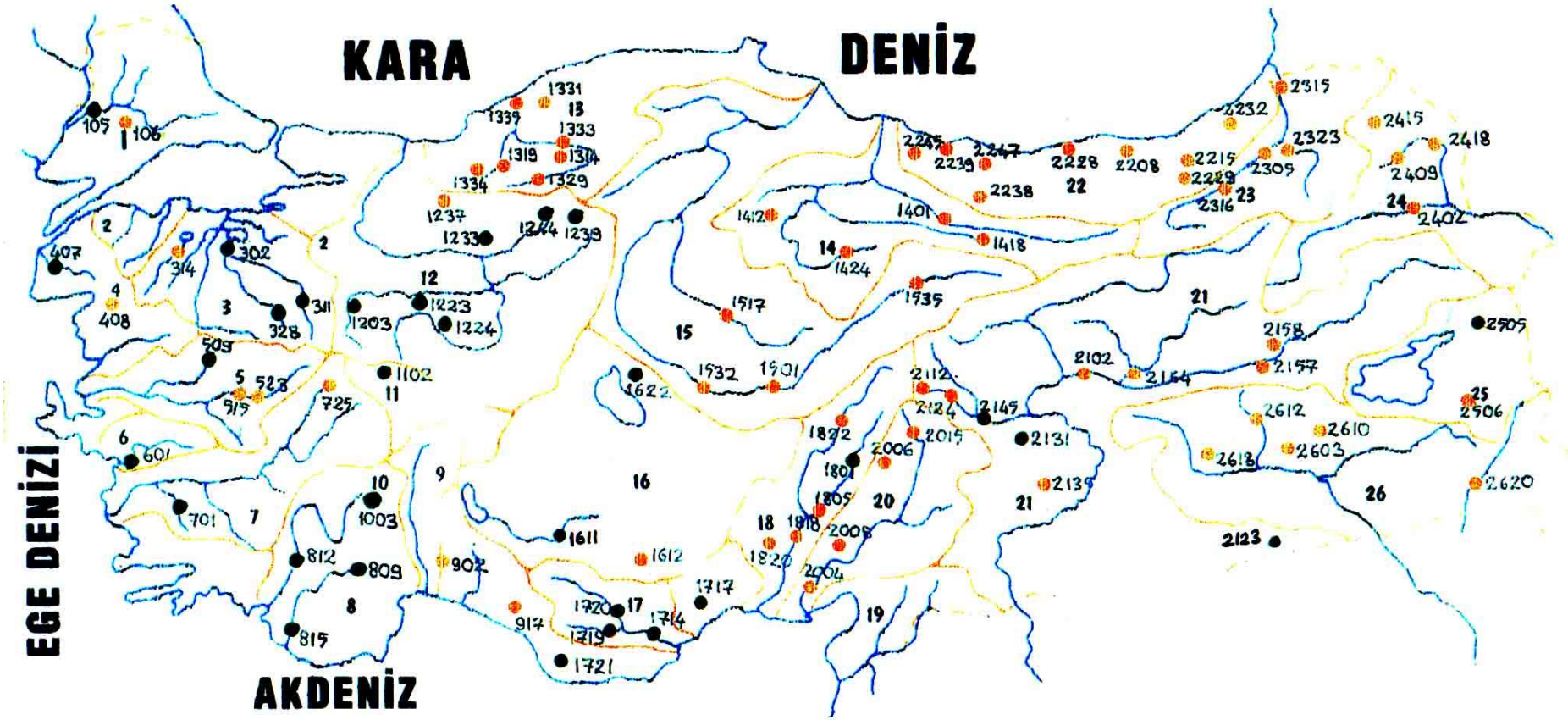
Şekil A.106. 2618 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1969-1998)



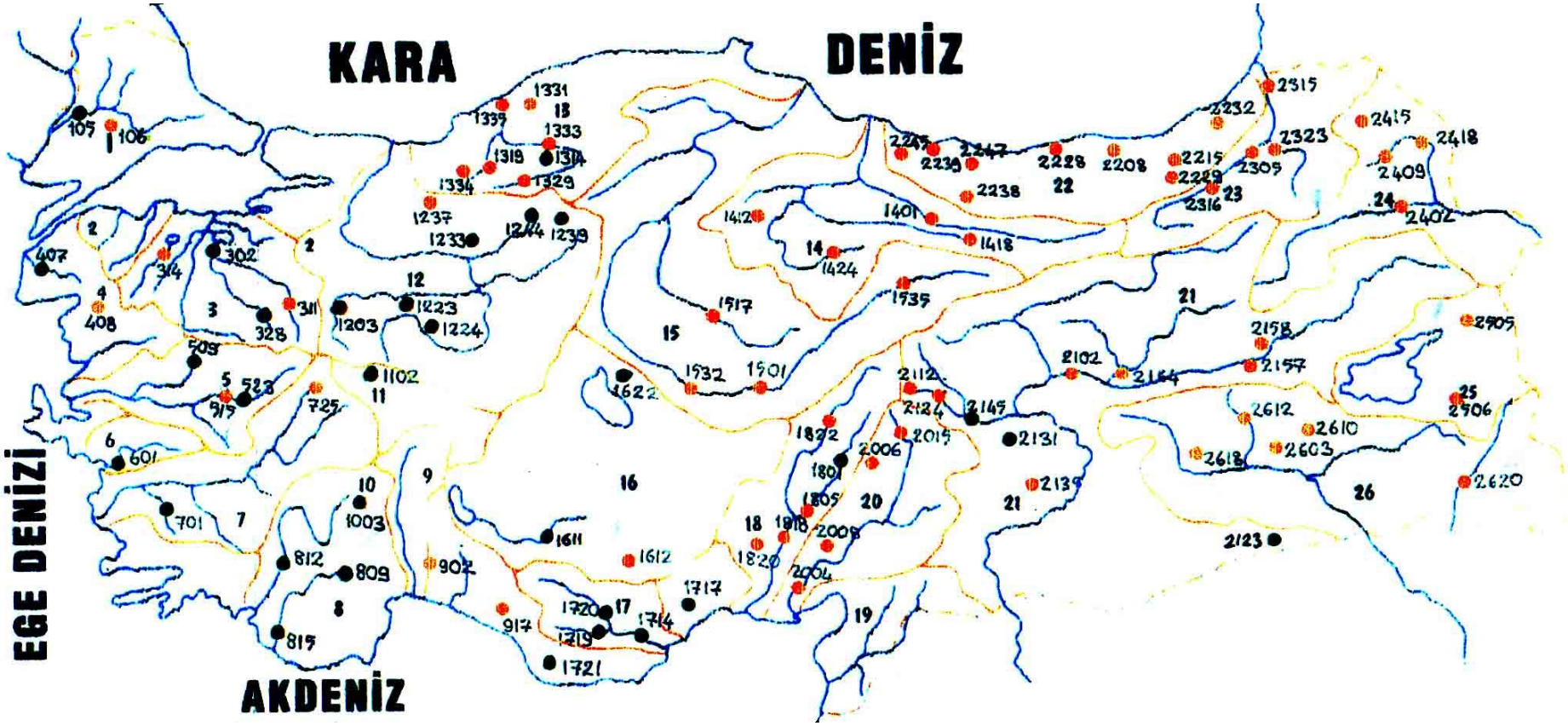
Şekil A.107. 2620 no'lu istasyon yıllık ortalama akım değerleri ve trend çizgisi (1971-2000)



Şekil 3.1. Akarsu havzalarını ve çalışmada kullanılan istasyonları gösteren anahtar harita



Şekil 3.4. Kendall testine göre trend bulunan istasyonlar (koyu renkliler)



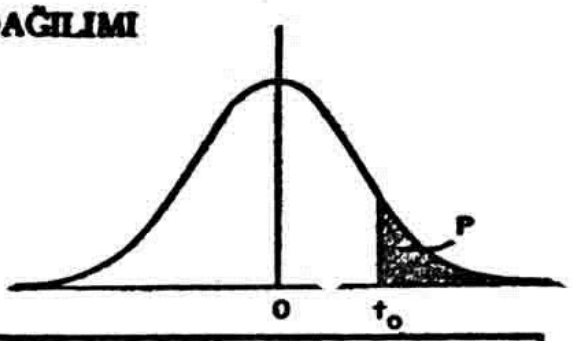
Şekil 3.3. t testine göre trend bulunan istasyonlar (koyu renkliler)

Tablo 3.3 Regresyon Özeti

İstasyon No	Komşu İstasyon	Yıllık Toplamlar ile Regresyon r	Tüm Aylar ile Regresyon r	Max r Değeri	Regresyon Denklemi	X Değerleri	Eksik Aylar	Sonuçlar (Y değerleri)
912	812	0.826	0.835	0.835	Y=1.2413X+20.75	16.4 18.5	Ekim 1965 Kasım 1965	41.11 43.72
917	1719	0.834	0.793	0.834	Y=0.5796X+ 5.344	23.36	Ekim 1969	18.88
1532	1501	0.988	-	0.988	Y=1.0548X+ 73.08	801.18	Ekim 1960 Kasım 1960	27.54 36.72
1611	1612	0.817	0.905	0.905	Y=1.3763X+ 0.295	0.62	Ekim 1963	1.15
1717	1714	0.916	0.763	0.916	Y=0.066X- 21.933	967.7	Ağustos 2000 Eylül 2000	2.52 2.1
1822	1801	0.852	0.844	0.852	Y=0.5094X+ 66.02	475.44	Ekim 1969 Kasım 1969	15.41 18.49
2006	1801	0.914	-	0.914	Y=0.3549X- 15.18	389.78	Ekim 1954	4.92
2008	2006	0.848	0.792	0.848	Y=0.6424X+ 29.02	204.88	Ekim 1969 Kasım 1969	3.21 6.42
2133	2149	0.984	-	0.984	Y=1.8131X- 49.14	873.78	Ekim 1968 Kasım 1968 Aralık 1968	61.74 76.75 76.75
2147	2149	0.986	-	0.986	Y=0.6085X+ 40.39	463.82	Ekim 1964	16.13
2158	2157	0.793	0.828	0.828	Y=0.5889X+ 4.339	4.026	Ekim 1969	6.71
2164	2102	0.9376	-	0.937	Y=0.1303X+ 19.38	4983.72	Ekim 1969 Kasım 1969	13.38 33.44
2233	2218	0.777	0.9575	0.957	Y=0.3194X- 2.526	14.37 12.94	Ekim 1964 Kasım 1964	2.06 1.6
2409	2304	0.732	0.823	0.823	Y=0.6842X- 0.1714	8.92	Ekim 1960	5.93

Tablo B.1. t dağılım tablosu

t DAĞILIMI



n \ P	0.45	0.40	0.35	0.30	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005
1	0.158	0.325	0.510	1.376	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66
2	0.142	0.289	0.445	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.137	0.277	0.424	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.134	0.271	0.414	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.132	0.267	0.408	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.131	0.265	0.404	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.130	0.263	0.402	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.130	0.262	0.399	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.129	0.261	0.398	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.129	0.260	0.397	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.129	0.260	0.396	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.128	0.259	0.395	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.128	0.259	0.394	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.128	0.258	0.393	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.128	0.258	0.393	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.128	0.258	0.392	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.128	0.257	0.392	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.127	0.257	0.392	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.127	0.257	0.391	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.127	0.257	0.391	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.127	0.257	0.391	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.127	0.256	0.390	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.127	0.256	0.390	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.127	0.256	0.390	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.127	0.256	0.390	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.127	0.256	0.390	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.127	0.256	0.389	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.127	0.256	0.389	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.127	0.256	0.389	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.127	0.256	0.389	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.126	0.255	0.388	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.126	0.254	0.387	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.126	0.254	0.386	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.126	0.253	0.385	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576
n \ P	0.45	0.40	0.35	0.30	0.15	0.10	0.05	0.025	0.01	0.005

n: serbestlik derecesi

Tablo B.2. Standart normal dağılım tablosu



$$P = \int_{z}^{\infty} \phi(z)\, dz$$

z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2266	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0721	0.0708	0.0694	0.0681
1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
1.8	0.0359	0.0351	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0041	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
2.7	0.0035	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0023	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
2.9	0.0019	0.0018	0.0018	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
3.3	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003
3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
3.5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
3.6	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.7	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.8	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
3.9	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09

Tablo B.3. Kendall korelasyon katsayısı için p değerleri

KENDALL KORELASYON KATSAYISI İÇİN p DEĞERLERİ
Helsel, Hirsch (1992)

$p = P[S \geq x] = P[S \leq -x]$

x	n				x	n		
	4	5	8	9		6	7	10
0	0.625	0.592	0.584	0.540	1	0.500	0.500	0.500
2	0.375	0.408	0.452	0.460	3	0.360	0.386	0.431
4	0.167	0.242	0.360	0.381	5	0.235	0.281	0.364
6	0.042	0.117	0.274	0.306	7	0.136	0.191	0.300
8		0.042	0.199	0.238	9	0.068	0.068	0.242
10		0.0083	0.138	0.179	11	0.028	0.035	0.190
12			0.089	0.130	13	0.0083	0.015	0.146
14			0.054	0.090	15	0.0014	0.0054	0.108
16			0.031	0.060	17		0.0014	0.078
18			0.016	0.038	19		0.0002	0.054
20			0.0071	0.022	21			0.036
22			0.0028	0.012	23			0.023
24			0.0009	0.0063	25			0.014
26			0.0002	0.0029	27			0.0083
28			<0.0001	0.0012	29			0.0046
30				0.0004	31			0.0023
32				0.0001	33			0.0011
					35			0.0005
					37			0.0002

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Konya'da doğan Murat Akyürek, ilk öğrenimini Konya'da 100. Yıl İlkokulunda, orta öğrenimi de Mehmet Akif Ersoy Lisesinde tamamladı. 1995 yılında Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'ne girerek, 1999 yılında mezun oldu. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Su Mühendisliği Programında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2000 yılında DSİ XIV. Bölgede işe başlayarak 2 yıl boyunca Kontrol Mühendisi olarak görev yaptı. Halen Yüksek Lisans eğitimine devam eden yazar aynı zamanda Planlama Şube Müdürlüğünde çalışmaktadır.