

**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KIZILIRMAK HAVZASI'NDA SYİ İLE KURAKLIK ANALİZİ VE YSA
YÖNTEMİ İLE KURAKLIK TAHMİNİ**

GAYE OĞUZTÜRK

HAZİRAN 2010

İnşaat Anabilim Dalı'nda Gaye OĞUZTÜRK tarafından hazırlanan KIZILIRMAK HAVZASI'NDA SYİ İLE KURAKLIK ANALİZİ VE YSA YÖNTEMİ İLE KURAKLIK TAHMİNİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Osman YILDIZ
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Osman YILDIZ
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan	:Doç. Dr. Osman YILDIZ	_____
Başkan (Danışman)	:Doç. Dr. Osman YILDIZ	_____
Üye	:Yrd. Doç. Dr. Ali Payıdar AKGÜNGÖR	_____
Üye	:Yrd. Doç. Dr. Orhan DOĞAN	_____

.../.../...

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

(Doç. Dr. Burak BİRGÖREN)
Enstitüsü Müdürü

ÖZET

KIZILIRMAK HAVZASI'NDA SYİ İLE KURAKLIK ANALİZİ VE YSA YÖNTEMİ İLE KURAKLIK TAHMİNİ

OĞUZTÜRK, Gaye

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Osman YILDIZ

Haziran 2010, 192 sayfa

Kuraklık, yeryüzündeki tüm canlılar ve çeşitli sistemler tarafından kullanılan doğal su miktarının belirli zaman süresi boyunca bölgesel ölçekte uzun süreli ortalamanın yada normalin altına düşmesiyle su açığı şeklinde meydana gelen doğal bir olay olarak tanımlanabilir. Kuraklığın zamanı, süresi ve şiddeti önceden bilinmediğinden dolayı, herhangi bir bölgedeki kuraklık olayı analiz edilirken olasılık ve istatistiksel metotlar kullanılır.

Bu çalışmada, öncelikle Kızılırmak Havzası'nda Standart Yağış İndisi (SYİ) metodu ile kuraklık analizi yapılmıştır. Havzada mevcut olan 14 adet meteoroloji istasyonundan elde edilen 1950-2007 yılları arasındaki aylık yağış verilerinin SYİ değerleri bulunarak, her bir istasyonun farklı zaman dilimlerindeki kuraklık karakteristikleri (kuraklık süresi, genliği ve şiddeti) ve bunların birbirleri ile olan ilişkileri belirlenerek havzada meydana gelen kuraklıklar incelenmiştir. Daha sonra

ise geçmiş yılların yağış verilerinden elde edilen SYİ değerleri kullanılarak yapay sinir ağları (YSA) metodu ile gelecek yıllara yönelik kuraklık tahmini yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kuraklık, Kuraklık Şiddeti, Yağış, Kızılırmak Havzası, Standart Yağış İndisi (SYİ), Yapay Sinir Ağları (YSA)

ABSTRACT

A DROUGHT ANALYSIS OF THE KIZILIRMAK BASIN USING THE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI) METHOD AND DROUGHT ESTIMATION USING THE ARTİFİCİAL NEURAL NETWORKS METHOD

OĞUZTÜRK, Gaye

Kırıkkale University

Institute of Science and Technology

Department of Civil Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Osman YILDIZ

July 2010, 192 pages

Drought is a natural phenomenon that occurs as water deficit. During a specified period of time if the amount of natural water, that is used by all living things and various systems, is below long-term average or normal levels in a regional scale. The time, duration and intensity of drought can not be predicted. So drought in any region can be analysed by using probabilistic and statistical methods.

In this study, firstly a drought analysis was performed in the Kızılırmak Basin by using Standardized Precipitation Index (SPI) method. The SPI series of the precipitation data between 1950 and 2007 obtained from 14 meteorology stations across the basin are calculated, and then the drought characteristics (i.e, duration, magnitude, intensity) of each stations for different time periods and the relationship between them are determined. After that, by using the SPI values, which are acquired

from previous years' precipitation data, future drought estimations are performed using Artificial Neural Networks (ANN) method.

Anahtar kelimeler: Drought, Drought Intensity, Precipitation,
Kızılırmak Basin, Standardized Precipitation Index (SPI)
Artificial Neural Networks (ANN)

TEŞEKKÜR

Lisans öğrenciliğime baŐladığım günden beri, bana devamlı her konuda destek olan, bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren danışman hocam Sayın Doç. Dr. Osman YILDIZ'a, tez çalışmalarım esnasında büyük fedakarlıklarla bana destek olan ve hiçbir zaman yardım etmekten kaçınmayan inşaat yüksek mühendisi Sayın Kerem YEĞNİDEMİR'e ve son olarak birçok konuda olduğu gibi tezimi hazırlamam esnasında da yardımlarını, sabırlarını ve desteklerini benden esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Kaynak Özetleri	2
1.1.1. Kuraklık üzerine çalışmalar ve SYİ uygulamaları	2
1.1.2. YSA ile ilgili çalışma özetleri	8
1.2. Çalışmanın Amacı	12
2. MATERYAL VE YÖNTEM	14
2.1. Kuraklık	14
2.1.1. Kuraklığa Etki Eden Faktörler	15
2.1.1.1. Doğal nedenler	15
2.1.1.2. İnsan kaynaklı nedenler.....	16
2.1.1.3. İklim değişikliği	16
2.1.2. Kuraklık Çeşitleri	17
2.1.2.1. Meteorolojik kuraklık	17
2.1.2.2. Klimatolojik kuraklık.....	18
2.1.2.3. Atmosferik kuraklık	18
2.1.2.4. Tarımsal kuraklık	19
2.1.2.5. Hidrolojik kuraklık.....	19
2.1.2.6. Su kaynakları kuraklığı	20
2.1.3. Dünyada Kuraklık	20
2.2. Türkiye’de Kuraklık.....	21
2.2.1. Türkiye’nin İklimi	22

2.2.2. Türkiye’de Yağışlar	23
2.2.3. Türkiye’de Kuraklık Eğilimleri	24
2.3. Kuraklık İndisleri	25
2.4. Standart Yağış İndisi (SYİ).....	27
2.5. Çalışma Alanı.....	31
2.5.1. Kızılırmak Havzası	31
2.5.2. Kızılırmak Nehri	33
2.5.3. SYİ Yönteminin Çalışma Alanında Uygulanması.....	34
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	37
4. YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE SYİ VERİLERİNİN TAHMİNİ..	66
4.1. Yapay Sinir Ağları	66
4.2. Yapay Sinir Ağının Eğitimi ve Testi.....	68
4.3. SYİ Tahmini İçin Geliştirilen YSA Modeli.....	69
4.4. Ağ Modelinin Belirlenmesi.....	69
4.5. Ağ Modelinin Parametrelerinin Belirlenmesi	71
4.6. Gelecek Yıllar İçin Tahmini Verilerin Bulunması	77
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	90
5.1. SYİ Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	90
5.2. YSA Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi	97
KAYNAKLAR	100
EKLER.....	108
EK.1.	109
EK.2.	123
EK.3..	137
EK.4..	165

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1. SYİ değerlerine ilişkin sınıflandırma	28
2.2. Çalışmada kullanılan meteoroloji istasyonlarının enlem, boylam, yükseklik ve yıllık toplam yağış ortalaması	35
3.1. Kırıkkale istasyonuna ait aylık ortalama yağış değerleri (mm)	39
3.2. Kırıkkale istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri	46
3.3. Havzadaki mevcut istasyonlara ait belirlenmiş yıllık kuraklıkların sayısal değerleri	60
3.4. Havzadaki mevcut istasyonların yıllık kuraklık değerlerinin istatistiksel parametrelerinin karşılaştırılması.....	61
3.5. Havzadaki mevcut istasyonlara ait kuraklıkların mevsimsel dağılımlarının sonuçları	63
4.1. Sivas İstasyonuna Ait İstatistiksel Parametreler	73
4.2. t anı ile t anından önceki girdiler arasındaki korelasyon katsayıları.....	74
4.3. (6_13_1) ağ modeli için 2007 yılına ait tahminlerde kullanılan veriler ve gerçek değerler	78
4.4. Ağ modellerinin gerçek değerlere en yaklaşık sonuç verme sıraları	79
4.5. 2007 yılının gerçek değerleri ve (10_6_1), (10_21_1),(6_13_1), (8_5_1) ve (9_5_1) ağ modellerinin tahmin sonuçları-I.....	80
4.6. 2007 yılının gerçek değerleri ve (10_6_1), (10_21_1),(6_13_1), (8_5_1) ve (9_5_1) ağ modellerinin tahmin sonuçları-II	82
4.7. Ağ modellerinin gerçek değerlere en yaklaşık sonuç verme sıraları	83
4.8. (10_6_2) ağ modeli için girdi ve çıktı katmanlarının nöron değerleri.....	85
4.9. (10_6_3) ağ modeli için girdi ve çıktı katmanlarının nöron değerleri.....	87
4.10. (10_6_4) ağ modeli için girdi ve çıktı katmanlarının nöron değerleri.....	88
5.1. Kızılırmak Havzası meteoroloji istasyonlarının yıllık kuraklık sınıfları...95-96	

ŞEKİLLER DİZİNİ

ŞEKİL

Sayfa

2.1.	Kurak ve sulak gidişler üzerinde kuraklık süresi (L) ve genliği (M).....	29
2.2.	Kızılırmak Havzası haritası.....	31
2.3.	Kızılırmak Nehri'nin haritası	33
3.1.	Kırıkkale yıllık yağış serisi	38
3.2.	Kırıkkale istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1 aylık SYİ grafiği.....	39
3.3.	Kırıkkale istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 12 aylık SYİ grafiği.....	40
3.4.	Kırıkkale istasyonu, 1950-2007 yıllarındaki kış mevsiminde yaşanan sulak ve kurak dönemlerin gösterimi	42
3.5.	Kırıkkale istasyonu, 1950-2007 yıllarındaki ilkbahar mevsiminde yaşanan sulak ve kurak dönemlerin gösterimi	42
3.6.	Kırıkkale istasyonu, 1950-2007 yıllarındaki yaz mevsiminde yaşanan sulak ve kurak dönemlerin gösterimi	43
3.7.	Kırıkkale istasyonu, 1950-2007 yıllarındaki sonbahar mevsiminde yaşanan sulak ve kurak dönemlerin gösterimi	43
3.8.	Kırıkkale istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi	44
3.9.	Bafra istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi	47
3.10.	Boğazlıyan istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi	48
3.11.	Çankırı istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi	49
3.12.	Develi istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi.....	50
3.13.	Gemerek istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi.....	51
3.14.	Kaman istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi.....	52
3.15.	Kastamonu istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi	53
3.16.	Kayseri istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi	54
3.17.	Kırşehir istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi	55

3.18. Nevşehir istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi.....	56
3.19. Sivas istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi.....	57
3.20. Yozgat istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi.....	58
3.21. Zara istasyonu 12 aylık SYİ zaman serisi.....	59
4.1. Yapay sinir ağı modeli	67
4.2. Sivas istasyonunun 1950-2007 yılları arasındaki SYİ-12 değerleri.....	72
4.3. Model eğitiminde kullanılan veriler için gerçek değerler ile ağıın çıktı değerleri	75
4.4. Model testinde kullanılan veriler için gerçek değerler ile ağıın çıktı değerleri	76
4.5. Eğitim ve test için kullanılan verilerin gerçek değerleri ile ağıın çıktı değerleri arasındaki korelasyon.....	76
4.6. 2007 yılının gerçek değerleri ve (10_6_1), (10_21_1), (6_13_1), (8_5_1) ve (9_5_1) ağ modellerinin tahmin sonuçları-I.....	81
4.7. 2007 yılının gerçek değerleri ve (10_6_1), (10_21_1), (6_13_1), (8_5_1) ve (9_5_1) ağ modellerinin tahmin sonuçları-II	84
4.8. (10_6_2) ağ modeli için gerçek ve tahmin değerlerinin karşılaştırması.....	86
4.9. (10_6_3) ağ modeli için gerçek ve tahmin değerlerinin karşılaştırması.....	87
4.10. (10_6_4) ağ modeli için gerçek ve tahmin değerlerinin karşılaştırması.....	88

1. GİRİŞ

Yaşamsal önemi çok büyük olan suyun, insan ve toplum unsurları ile çok yakından ilişkili olmasının yanı sıra, tüm canlılar için gerekliliği tartışılmaz bir gerçektir. Fakat su kaynaklarının kirletilmesi ve plansız kullanımı, iklim değişiklikleri ve küresel ısınma etkisi ile oluşan kurak sürelerin oluşumu gibi etkenler nedeniyle, sınırlı miktarda mevcut olan su kaynaklarının, kullanılabilirlik ve sürdürülebilirlik özelliklerinde azalma eğilimi meydana gelmiştir.

Geçmişten günümüze insan yaşamı boyunca doğal afetler önemli yer tutmaktadır. Bu doğal afetlerin en önemlilerinden biri de kuraklıktır. Çünkü kuraklık diğer doğal afetler arasında canlı yaşamı ve ekonomisi için en büyük etkiye sahip, farklı meteorolojik ve çevresel şartlar altında gelişme özelliğine sahiptir.

Afetlerin şiddeti, oluşum süreleri, toplam ekonomik kayıp, sosyal etki ve kalıcılığı esas alınarak yapılan değerlendirmede; kuraklık olayı, önem sırasına göre dünyada etkili olan 31 çeşit doğal afet içinde birinci sırada yer almıştır. Kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz oluşu, kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun yüksek olması onu diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellikleridir (1).

Tabii afetler arasında ilk sıralarda yer alan kuraklık afeti, son zamanlarda gerek Türkiye'nin gerekse diğer ülkelerin gündemini oluşturmaktadır. Belirli bir sürede yağışların beklenenden az olması, ihtiyacın altında su bulunması gibi tanımlamaların ortak noktası olan su eksikliği sebebiyle meydana gelen kuraklık, hem dünya hem de ülkemiz için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Kuraklık etkilerinin azaltılması ve bu tehdit ve tehlikenin önlenmesi, kuraklıkla ilgili bilimsel çalışmalar sonucu elde edilen bulguların doğru olarak değerlendirilmesiyle mümkün olmaktadır.

1.1. Kaynak Özetleri

1.1.1. Kuraklık Üzerine Çalışmalar ve SYİ Uygulamaları

Ülkemizde 1940'lı yıllardan itibaren kuraklık konusu ilgili birçok çalışma yapılmaktadır.

Kuraklık konusunda ülkemizde yapılmış olan ilk çalışmalardan biri, 1943 yılında A. Tanoğlu tarafından yapılmıştır. Araştırmacı, istasyonların sıcaklık ve yağış değerleri ile De Martonne yöntemini kullanmış ve Türkiye'ye ait bir kuraklık haritası çıkarmıştır. 1949-1950 yıllarında S. Erinç, aylık yağış, sıcaklık ve buharlaşma değerlerini kullanarak Thorntwaite yöntemi ile Türkiye'nin kuraklık durumunun saptanması konusunda bir araştırma yapmıştır (2). 1955 yılında ise E. Tümertekin'in "Türkiye'de kuraklık indisleri, 1930-1951" başlıklı incelemesinde, De Martonne indisini kullanarak, yıllık ortalama indislerin dağılımını gösteren bir harita elde etmiştir. Yine aynı araştırmacı 1956 yılında ise "Türkiye'de Kuraklık Süresinin Coğrafi Dağılışı" başlıklı çalışmasında, De Martonne ve Thornwaite formüllerine göre hesapladığı indislerle, Türkiye'de kurak aylar sayısını incelemiştir. S. Erinç'in 1965 yılında yaptığı bir başka çalışmasında ise, Erinç İndisi diye adlandırılan indisi önermiş ve bu indis üzerinde çalışmıştır (3). 1973 yılında Ş. Çelenk tarafından kuraklık konusunda bir başka çalışma yapılmış ve hazırladığı DMİ'ye ait "Türkiye'nin Kuraklık Etüdü" isimli çalışmada; Erinç ve Crowe formüllerini, mukayese edebilmek amacıyla da De Martonne ve Thorntwaite formüllerini kullanmıştır(4). 1976 yılında ise A. Nişancı Türkiye'de kurak koşulların belirlenmesi ile ilgili bir çalışma yaparak Türkiye için ölçülmüş buharlaşma değerlerini indirgeyerek yağış değerleri ile karşılaştırmış ve su bilançosu bakımından pozitif yada negatif değerler elde etmiştir. A. Nişancı'nın 1977 yılında yaptığı çalışmada yine Türkiye'nin kurak, yarıkurak ve nemli bölgeleri belirlenmiştir (3,5). Kuraklık ve etkileri üzerine birçok çalışması olan Z. Şen özellikle kuraklık şiddeti ve süresiyle ilgili önemli araştırmalar yapmıştır. Çalışmalarında gidiş özelliklerini, periyodik-stokastik süreç için analitik olarak araştırmıştır. Autorun analizi olarak bilinen teknik üzerine yaptığı çalışmasında gidiş özellikleri ile ilgili olan kurak ve sulak devrelere

bağlı olarak hidrolojik zaman serilerinin ard arda gelen olasılıklarını araştırmıştır (6,7).

Kuraklığın tespiti konusunda önemli bir çalışmada, 1988 yılında A. Aydeniz'in geliştirdiği Aydeniz Metodu ile Türkiye'nin kuraklık açısından değerlendirilmesinin yapıldığı DMİ'ye ait yayındır. Bu çalışmada Türkiye'nin hangi bölgelerinin hangi kuraklık sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Kullanılan formülde, yağış ve sıcaklıkla birlikte nispi nem ve güneşlenme süresi de dikkate alınmıştır. Bitkilerin su ihtiyacını bulmak için kullanılan formüllerden Blaney-Cridde dikkate alınarak iklim tasnif çalışmasında çöl-çok nemli arasında kalan, iklim alt sınıfları ortaya konulmuştur (8).

Kuraklık konusunda birçok çalışması olan M. Türkeş 1990 yılında, "Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar" başlıklı Doktora Tezi çalışmasında, Erinç İndisi'ni kullanarak Türkiye'nin yıllık ve aylık ortalama özellikleri ve yıllık indis değerlerine göre yıllar arası değişimleri araştırarak, normal frekans dağılımı yöntemiyle kurak ve nemli yılların ve kuraklığın yada nemliliğin ölçüsünün saptanmasını belirlemeyi amaçlamıştır (3).

1999 yılında İ. Altıparmak tarafından gerçekleştirilen yüksek lisans tez çalışmasında ise, Ege Bölgesi sınırları içinde yer alan Büyük Menderes havzasındaki 7 istasyonun verileri ile Thorntwaite yöntemini kullanarak elde edilen bulgulara göre bölgenin kuraklık durumunu incelenmiştir (9).

2001 yılında M. Erkuş tarafından yüksek lisans tezi olarak yapılan çalışmada, İstanbul'da bulunan 5 meteoroloji istasyonuna ait yıllık toplam yağış verilerinin stokastik modellenmesiyle elde edilen sentetik değerler kullanılarak kuraklık analizi çalışması yapılmıştır (10).

2002 yılında S. Sırdaş tarafından yapılan doktora tezi çalışması konuyla ilgili önemli çalışmalardan biridir. Araştırmacı, 1993 yılında Mc. Kee ve diğerleri tarafından geliştirilen SYİ metodunu kullanılmıştır. Yağışın takibi için önemli elemanlar olan kuraklık genliği, süresi ve şiddeti, yağış zaman serilerinden faydalanarak elde edilmiş ve bu değişkenlerin maksimum ve minimum değerleri yine aynı şekilde

bulunarak ülke geneli için haritalar ve tablolar elde edilmiştir. Kuraklık tanımlamasında, yağışla birlikte sıcaklık ve nem de kullanılmıştır. Çalışmada üçlü değişken kuraklık ilişkisi yaklaşımı uygulamaları, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerindeki 60 istasyon için sunulmuştur (7).

2003 yılında S. Sırdaş ve Z. Şen tarafından hazırlanan 'Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması' başlıklı incelemede, kuraklıkla ilgili olarak hem alansal hem de zamansal yeni yaklaşımlar getirilmiştir. Standart yağış zaman serisinden gidilerek kuraklık genliği, süre ve şiddet değerleri farklı kesim seviyeleri için elde edilmiştir (11).

2003 yılında, M. Özgürel ve ark. tarafından yayınlanan 'Ege Bölgesi Koşullarında Farklı İki Kuraklık İndisinin Karşılaştırılması' isimli çalışmada, aylık girdi ve çıktılar eklenik olarak hidrolojik süreklilik ilkesi çerçevesinde hesaplayıp kuraklığın şiddetini ve gidişini belirlemekte kullanılan bir yöntem olan Palmer Kuraklık Şiddet İndisi yöntemiyle; yağışın yanında sıcaklık, oransal nem ve güneşlenme süresi gibi parametrelerin dikkate alındığı ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan Aydeniz yöntemi karşılaştırılarak Ege bölgesi için kuraklık analizi yapılmış ve Palmer Kuraklık Şiddet İndisi'nin tarımsal kuraklığı daha iyi ifade eden bir indis olduğu sonucuna varılmıştır (1).

2004 yılında K. Topçuoğlu ve ark. tarafından "Topçuoğlu İndisi" adlı bir indis geliştirilmiştir. Bu yöntem, Türkiye koşullarını en iyi şekilde ifade edebilecek bir indis arayışı kapsamında ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, kuraklığın alansal ve zamansal olarak izlenmesi ve etkilerinin en aza indirilmesi için ülkemiz koşullarını en iyi ifade edebileceği düşünülen bu yeni kuraklık indisi kullanılarak, 9 ile ait 1970-2001 döneminin aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağış verileri irdelenmiştir. Kuraklığın göstergesi olan doğal vejetasyon örtüsü ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak indisin uygunluğu ortaya konmuş ve ortalama indis dağılımını veren haritanın vejetasyon haritasıyla karşılaştırılması sonucu büyük oranda benzerlik yakalanmıştır (12).

2004 yılında G. Pamuk ve ark. tarafından SYİ metodu ile Ege Bölgesi'nde kuraklığın irdelenmesi amaçlı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, Ege Bölgesinde seçilen uzun süreli yağış ölçümlerine sahip meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılarak, söz konusu bölge için kuraklık oluşumları analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Ege Bölgesi özellikle yağışlı dönemden sonra “normal” sınırlar içerisinde bir kuraklık süreci yaşamakta olduğu ancak yağış döneminde İç Batı Anadolu Bölümü'nün nemli bir süreç geçirmekte olduğu gösterilmiştir (13).

2005 yılında, M. K. Yeğnidemir tarafından yapılan yüksek lisans tezi çalışması konuyla ilgili önemli çalışmalardan biridir. Bu çalışmada şiddetli kuraklıkların sık olarak görüldüğü İç Anadolu Bölgesinde, SYİ metodu ile kuraklık analizi yapılmış ve kuraklık karakteristikleri belirlenmiştir (14).

2006 yılında N. Yaltay'ın hazırlamış olduğu yüksek lisans tezi çalışmasında, Bitlis ili Ahlat ilçesine ait kuraklık risk tahmini yapılmıştır. Çalışmada, 1975-2004 yılları arasında ilçenin aylık ortalama yağış verileri kullanılarak istatistiksel bir yöntem olan Standart Örnek Fonksiyonu veya veri dizisi yöntemi ile kuraklık riski araştırılmıştır (15).

2007 yılında E. D. Taylan ve ark. tarafından gerçekleştirilen “Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi” isimli çalışmada SYİ yöntemi kullanılarak adı geçen bölgede meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. İnceleme sonucunda, SYİ yöntemi kriterleri göz önüne alındığında Isparta Bölgesi özellikle yağışlı dönemlerin ardından normale yakın kuraklık derecesinde bir kuraklık geçirmiştir (16).

2007 yılında O. Yıldız tarafından yapılan “Evaluating Temporal and Spatial Characteristics of Droughts in the Central Anatolian Region, Turkey” isimli çalışmada, 1953-2003 yılları arası İç Anadolu Bölgesi'ndeki 28 adet meteoroloji istasyonuna ait aylık yağış verileri kullanılarak, bölgenin kuraklık incelemesi yapılmıştır. SYİ metodu kullanılarak bölgede yaşanan kuraklıklar hakkında bilgi verilmiştir (17).

Yine aynı araştırmacı tarafından 2007 yılında gerçekleştirilen Yukarı Kızılırmak Havzası'nda yer alan Hirfanlı Baraj Havzası'nda hidrolojik kuraklık değerlendirmesi konulu çalışmada, değişik zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanarak havzadaki nehir akımları ve Hirfanlı Baraj haznesi üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir (18).

O. Yıldız ve ark.'nın 2007 yılına ait yaptığı başka bir çalışmada ise, Yukarı Kızılırmak Havzası'nın Hirfanlı Barajı Havzası'nda meydana gelen meteorolojik kuraklıkların zamansal ve alansal özellikleri sürdürülebilir su kaynakları yönetimi açısından incelenmiş ve çalışma alanındaki 6 adet meteoroloji istasyonundan elde edilen 1953-2003 yıllarına ait aylık yağış verilerinin SYİ değerleri kullanılmıştır. Araştırmacılar tarafından, SYİ'nin zamansal ve alansal özellikleri yardımıyla bölgesel kuraklık özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan kuraklık şiddeti-alansal yayılım-frekans eğrisi geliştirilerek, bölgedeki önemli kuraklıkların şiddet, alansal yayılım ve dönüş aralıkları belirlenmiştir (19).

2008 yılında O. Yıldız, Kırıkkale meteoroloji istasyonundan elde ettiği 1953-2007 yıllarına ait aylık yağış verilerinden yararlanarak hesapladığı farklı periyotlardaki SYİ değerlerini kullanarak, ilde yaşanan kuraklıkların analizini yapmış ve yağış eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan kuraklıkların akış üzerindeki etkilerini incelemiştir (20).

2008 yılında yaptıkları çalışmada M. Türkeş ve H. Tatlı, Türkiye'deki 2006/2007 kuraklığı ile geniş ölçekli atmosferik değişkenler arasındaki bağlantıyı lojistik regresyonla belirlemişlerdir (21).

M. Türkeş ve H. Tatlı tarafından 2008 yılında kuraklık olaylarının Türkiye'deki alansal ve zamansal desenleri, şiddeti ve sıklığı gibi farklı yönlerini incelemek amacıyla yeni bir SYİ nerilmiştir. Klasik SYİ, belirli zamanlardaki (anlık) normal dağılımlı yağış toplamları, uzun süreli ortalamayla karşılaştırılarak genel kuraklık tanımlaması yapılırken; yeni SYİ yönteminde ise buna ilave olarak yağış dizilerinin u noktalarından geçirilen zarflar yardımıyla yerel kuraklık bilgileri de elde edilmektedir (22).

2008 yılında konuyla ilgili bir araştırma da M. A. Hınıs tarafından yapılmıştır. Araştırmacı çalışmasında SYİ ile Konya'nın geçmişten günümüze kuraklık değerlendirmesini yapmıştır. Çalışmada, Konya ve Ereğli istasyonlarından alınan 54 yıllık aylık toplam yağış verileri kullanılarak hesaplanan SYİ zaman serileri ile kurak ve sulak dönemlerdeki eğilim incelenmiştir. Araştırmada, çoklu zaman ölçekli analizler neticesinde uzun dönem kuraklık periyotlarında artış ve sulak periyotlarda azalma tespit edilmiştir (23).

2008 yılında yaptıkları çalışmada K. Yürekli ve A. S. Anlı Karaman ilinde yaşanan kuraklıkları SYİ ile değerlendirmiştir. Karaman meteoroloji istasyonunun 1929-2007 yıllarına ait aylık toplam yağış verileri kullanılarak yapılan incelemede, SYİ değerlerinin 0.99 (Normal) ile -0.99 (Normale yakın kuraklık) arasında değiştiği görülmüştür (24).

2009 yılında D. Deniz tarafından hazırlanan yüksek lisans tez çalışmasında 1929 – 2006 dönemi için DMİ tarafından sağlanan, 96 istasyona ait yağış verileri kullanılmış ve Türkiye'de önemli kurak yıllar seçilerek SYİ yöntemiyle kuraklık analizi yapılmıştır (25).

2009 yılında O. Yıldız tarafından yapılan “Assessing Temporal and Spatial Characteristics of Droughts in the Hirfanli Dam Basin, Turkey” isimli çalışmada, Kızılırmak Nehri'nin yukarı yöndeki drenaj alanlarını kapsayan ve sık sık kuraklık olaylarına maruz kalan Hirfanlı Barajı havzasında meydana gelen meteorolojik kuraklıkların özellikleri SYİ yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacı, aylık SYİ ölçümünün yer ve zamana bağlı özelliklerini kullanarak, çeşitli dönüş aralıkları için kuraklık şiddeti-alansal ve bölgesel-frekans eğrileri oluşturarak bölgedeki kuraklıkların şiddetine dair bir değerlendirme yapmıştır (26).

1.1.2. YSA İle İlgili Çalışma Özetleri

Yapay sinir ağları gibi kara kutu modelleri hidrolojik modelleme için etkin araçlar olarak görülmekte olup, son yirmi yıldır yağış-akış modellemesi, taşkın tahmini, yeraltı suyu modellemesi, su kalitesi, su yönetimi politikası, sedimentasyon tahmini, hidrolojik zaman serileri ve hazne işletmesi gibi hidrolojik ilgi alanlarında başarıyla kullanılmıştır.

1994 yılında L. L. Rogers ve F. U. Dowla, lineer olmayan yeraltı suyu işletim modeli için YSA metodu yardımıyla akifer iyileştirmesini optimize eden yeni bir yaklaşım sunarak, geriye yayılma algoritmasını kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda, YSA yaklaşımının diğer mevcut modellere göre, akış ve geçiş kodunun optimizasyonundan bağımsız olduğu, hidrojeolojinin etkisi, daha az hesaplama zamanı gibi avantajlara sahip olduğu gibi veriler elde edilmiştir (27).

1998 yılında R. Golob ve ark. tarafından yapay sinir ağları metodu ile nehir akımı tahmini çalışması yapılmıştır. Çalışmada, Slovenya'daki Soca Nehri'nin akım ve yağış verileri alınarak yeni modeller oluşturulmuştur (28).

1999 yılında ise Baylar ve ark. dolu gövdeli bağlamalarda, ayırma duvarının etkisini dikkate alarak yanal su alma yapısına yönelecek olan sürüntü maddesi oranını geriye yayılmalı yapay sinir ağı yöntemi ile tespit etmişlerdir (29).

2001 yılında C. W. Dawson ve R. L. Wilby, İngiltere'deki Thames ve Mole Nehirleri'nin akım tahminini yapabilmek için YSA metodu ile yağış-akış değerlerini kullanarak modeller geliştirmişlerdir. Karmaşık tahmin yöntemlerin yanı sıra, YSA metodu ile geliştirilen modellerin daha iyi sonuç verdiğini gözlemlemişlerdir (30).

2001 yılında yine Y. B. Dibike ve D. P. Solomatine, Venezüella'da Apure Nehri Havzası'nda, akım tahmini için YSA metodunun uygulanabilirliğini araştırarak, yöntem olarak çok katmanlı algılayıcı ve radyal tabanlı fonksiyon ağlarını kullanmışlardır. Bu ağların performanslarını kavramsal yağış-akış modeli ile karşılaştırmışlar ve nehir akım tahmin problemi için modeli uygun bulmuşlardır (31).

2001 yılında yine M. E. Keskin ve Ö. Terzi tarafından yapılan “Yapay Sinir Ağları Metodu ile Buharlaşma Miktarının Belirlenmesi” isimli çalışmada DSİ tarafından yapılan buharlaşma ölçümleri dikkate alınarak, 1965-1993 yıllarına ait aylık verilerin kullanılmasıyla YSA metodu ile Eğirdir Gölü’ne ait buharlaşma miktarları tahmin edilmiştir. Çalışma sonucunda ölçülmüş sıcaklık ve yüzey alanı değerlerine dayanarak, YSA metodu ile eksik veriler için yaklaşık buharlaşma miktarının tahmin edilebildiği gözlenmiştir (32).

2002 yılında Rajurkar ve ark., YSA metodu ile günlük yağış-akış modeli geliştirerek, çalışmalarındaki yağış-akış modellemesinde basit lineer modeli kullanmışlardır. Hindistan’daki iki büyük havzanın verileri ile Dünya Meteoroloji Kuruluşu’ndan alınan beş havzanın verilerini karşılaştırarak, modeller oluşturmuşlardır. Geliştirdikleri modellerin sonucunda, değişik bölgelerdeki havzalar için başarılı ve mantıklı sonuçlar almışlardır (33).

2004 yılında M. Alp ve H. K. Cıgızoğlu’nun çalışmasında YSA ile akım tahmini için modeller geliştirmişlerdir. Çalışmada iki farklı YSA algoritması ile akımdan akım kestirimi ve yağış- akış modellemesi yapılmıştır (34).

2004 yılında N. Kayaalp ve ark. tarafından yapılan çalışmada, YSA yöntemi kullanılarak Dicle Nehri’nde taşınan aylık süspanse-sediment miktarları ile yağış, sıcaklık ve akım miktarlarının çeşitli kombinasyonları arasında matematik modeller kurulmuştur (35).

2005 yılında, Ö. Terzi ve M. E. Keskin’in yaptıkları çalışmada; 2001 ve 2002 yıllarına ait günlük hava sıcaklığı, su sıcaklığı, güneş radyasyonu, hava basıncı, nisbi nem ve rüzgar parametreleri kullanılarak Eğirdir Gölü’nün günlük tava buharlaşmasını tahmin etmek için YSA modelleri geliştirilmiştir. Sonuçta, buharlaşma metotlarının temelini oluşturan Penman metodu kullanılarak yapılan buharlaşma tahminleri ile YSA modelleri karşılaştırılmış ve YSA modelinin, tava buharlaşma değerleri ile uyum içerisinde olduğu gözlemlenmiştir (36).

2005 yılında, Ö. Kişi tarafından yapılan çalışmada ise çok katmanlı YSA kullanılarak buharlaşma tahmin modelleri geliştirilmiştir. Çalışmada, Amerika'nın California eyaletinde bulunan iki istasyona ait günlük sıcaklık, radyasyon, rüzgar hız, basınç, nem ve buharlaşma verileri kullanılarak çeşitli modellemeler geliştirilmiştir. Sonuçta, elde edilen YSA modeli ile buharlaşma modellerinden olan Stephens Stewart ve çoklu doğrusal regresyon modelleri karşılaştırılarak YSA'nın bu modellere göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir (37).

2005 yılında E. Doğan ve S. Işık'ın "Sapanca Gölü Günlük Buharlaşma Miktarının Radyal Temelli Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanarak Tahmin Edilmesi" isimli çalışmasında geliştirilen YSA modeli ve Penman-Monteith yöntemi kullanılarak, Sapanca Gölünden 2001 yılı için günlük buharlaşma miktarı tahmini yapılmıştır. Çalışmada elde edilen bulgulara göre YSA modeli oldukça iyi sonuçlar ortaya çıkarmıştır (38).

2006 yılında B. P. Parida ve ark. tarafından yapılan çalışmada, yapay sinir ağları metodu ile tahmin edilen yağış değerlerini kullanarak Notwane Havzası'nın su denetiminin sağlanması amaçlanmıştır. Bunun için 1978 ile 2000 yılları arasındaki yağış verileri kullanarak çeşitli modellemeler yapılmış ve elde edilen verilerin su yönetiminde % 48'lik bölümünün iklim faktörlü, geriye kalan %52'lik kısmın ise karasal etmenlerle su kaynağına etki ettiği gözlemlenmiştir (39).

2006 yılında C. Yerdelen "Mevsimlik Kar Erimesinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Edilmesi" isimli çalışmasında geliştirilen YSA ile 1987–1995 yıllarında, kar erimesi döneminde Doğu Anadolu'daki Karasu-Kırkgöze havzasında başarılı sonuçlar elde etmiştir (40).

2007 yılında M. L. Yurdusev ve ark., YSA metodunu kullanarak Akarçay kapalı havzasındaki aylık akımları, yağış ve akım gözlemlerinden tahmin etmeye çalışmışlardır. Havzada mevcut bulunan yağış gözlem istasyonlarının yerleşimi, gözlem aralığı gibi parametreler göz önünde bulundurularak 4 ayrı kategoride model tasarlamışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçları çok değişkenli regresyon analizi sonuçları ile kıyaslayarak YSA modelinin, akım ve yağış gözlemlerinden, akış

tahmini problemine başarılı bir şekilde uygulanabileceği ve güvenli tahminler üretilebileceğini göstermişlerdir (41).

2007 yılında M. Şahin tarafından yapılan “Karadeniz Bölgesindeki Yağış-Akış İlişkisinin YSA Metotlarıyla Belirlenmesi” isimli yüksek lisans tez çalışmasında, farklı YSA modelleri ile akım tahmini yapılmıştır. Çalışmada yağış, sıcaklık ve gözlenmiş akım verileri ile ileriye dönük akım tahmininde bulunulmuştur (42).

2007 yılında O. Öcal tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında, yapay sinir ağları yönteminin akarsularda katı madde miktarının tahmin edilmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, YSA'nın katı maddenin modellenmesinde ve tahmininde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini göstermiştir (43).

2008 yılında M. Sandalcı ve ark. tarafından yapılan “Aşağı Sakarya Havzası'ndaki Küçük Akarsuların Enerji Potansiyellerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tespiti” isimli çalışmada Sakarya Havzası'ndaki akarsuların akım debileri YSA yöntemi ile tahmin edilerek enerji potansiyelleri tespit edilmiştir (44).

2008 yılında Partal T. ve ark. tarafından yapılan “Yağış Verilerinin Yapay Sinir Ağları ve Dalgacık Dönüşümü Yöntemleri ile Tahmini” isimli çalışmada, YSA ve dalgacık dönüşümü yöntemleri ile günlük yağış tahmini yapılmıştır. Dalgacık dönüşümü-YSA yönteminin tahmin sonuçları çoklu lineer regresyon yönteminin sonuçları ile kıyaslanmış ve performans kriterlerine göre daha iyi olduğu bulunmuştur (45).

2009 yılında A. Öztopal ve Z. Şen çalışmalarında kısa vadeli yağış modellemesi için yapay sinir ağları metodu yaklaşımını incelemişlerdir. Çalışmada, 2000 yılı içerisindeki 5-7 Eylül döneminde gözlenen bir konvektif yağışlı olay incelenmiştir. Geliştirilen bir YSA modeli ile de yağış miktarı tahmin edilmeye ve bu modelin başarısı ölçülmeye çalışılmıştır (46).

2009 yılında S. Önal tarafından yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında, YSA metodu kullanılarak akım tahmin modelleri geliştirmek için, Kızılırmak Nehri üzerinde bulunan Söğütlühan, Yamula ve Bulakbaşı akım gözlem istasyonunun akım değerleri ile Sivas ve Zara istasyonlarının yağış değerleri alınmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, yapay sinir ağları metodunun akım tahmin problemlerinde kolaylıkla kullanılabilceği görülmüştür (47).

2009 yılında U. G. Bacanlı ve ark. tarafından yapılan “Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Drought Forecasting” isimli çalışmada kuraklık tahmini için ANFIS metodunun uygulanabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada, İç Anadolu Bölgesi’ndeki 10 adet meteoroloji istasyonuna ait 1964 ve 2006 yılları arasındaki aylık ortalama yağış verileri ile bunlara ait 1-12 aylık SYİ değerleri kullanılarak farklı ANFIS tahmin modelleri oluşturulmuş ve gözlenen değerler kıyaslanarak modellerin performansları değerlendirilmiştir. Ayrıca, en iyi sonuç veren modeller ileri beslemeli yapay sinir ağları yöntemiyle de test edilmiş ve bulunan sonuçlar ANFIS sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, ANFIS’in kuraklık tahmini yapılmasında başarılı şekilde uygulanabilen bir yöntem olduğu bulunmuştur (48).

1.2. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada, öncelikle Kızılırmak Havzası’nda SYİ metodu ile kuraklık analizi yapılacaktır. Havzadaki meteoroloji istasyonlarından elde edilen veriler kullanılarak her bir istasyonun kuraklık karakteristikleri (kuraklık süresi, genliği ve şiddeti) hesaplanacaktır. Daha sonra ise, kuraklık tahmini amacıyla YSA modelleri oluşturulacaktır.

Bu amaçla, çalışmanın birinci kısmında havzada yer alan Bafra meteorolojik ölçüm istasyonuna ait 55 yıllık (1953-2007) ve Boğazlıyan, Çankırı, Develi, Gemerek, Kaman, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Sivas, Yozgat ve Zara meteorolojik ölçüm istasyonlarına ait 58 (1950-2007) yıllık yağış verilerine SYİ metodu uygulanarak 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık kuraklık özellikleri incelenmiştir. SYİ metodunun kullanılmasındaki amaç ise; bu yöntemle hem alansal hem de zamansal

sonuçlar elde edilebilmesi; 1, 3, 6 aylık kısa dönemden, 12, 24 ya da 48 aylık uzun döneme kadar farklı zaman dilimlerinde analiz yapılabilmesi ve kuraklığın farklı su kaynaklarına olan etkisi hakkında bilgi elde edilmesidir.

Çalışmanın ikinci kısmında ise, YSA metodu ile yine geçmiş yılların yağış verilerine ait SYİ değerlerini kullanarak gelecek yıllara yönelik ne kadar yaklaşık tahminlerde bulunulabileceği araştırılmıştır. Yani, YSA metoduyla geçmiş yıllara ait yağış verilerinin SYİ değerleri ile gelecek yıllara ait SYİ değerlerinin tahminleri yapılmıştır. Literatürde bu tür benzer çalışmalar olmakla beraber bu çalışmada, sadece geçtiğimiz yılların yağış verilerinin SYİ değerleri kullanılarak geleceğe yönelik tahmin çalışılması yapılmıştır. Böylelikle Kızılırmak Havzası'ndaki kuraklık ile ilgili ileriye yönelik tahminlerin yapılabilmesi gösterilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Kuraklık

Dünya nüfusunun artması, şehirleşme, iklim değişiklikleri, orman tahribatları, çölleşmeyle beraber insanların yaşamını etkileyen en önemli doğal çevre olaylarından biri olan kuraklık kavramı ortaya çıkmış, zaman içerisinde bu kavram toplum, çevre ve ülkeleri tehdit eder boyutlara ulaşmıştır. Genellikle su kıtlığından kaynaklanan kuraklık, suya dayalı birçok aktiviteyi ve dolayısıyla canlıların yaşamını birçok alanda farklı zaman dilimlerinde veya şiddetlerle etkilemektedir. Bu da kuraklığın toplumun ekonomisi, sağlığı, psikolojisi ve ticareti gibi ekonomik ve toplumsal kavramlarla yakından ilgisi olduğunu göstermektedir. Fakat bu kavramlar üzerindeki etkisi gün geçtikçe artmasına rağmen hem kapsam olarak henüz tam anlaşılmamış hem de etkilerinin yeterince değerlendirilmemiş olduğu bilinmektedir.

Geçmişten bugüne bilimsel ve uygulamalı çalışmalarda kuraklığa farklı görüş açılarından bakıldığından dolayı kuraklığın çeşitli çevrelerce kabul edilmiş tek ve uygun bir tanımı yoktur. Genellikle, kuraklığın birçok tanımında yeryüzünün herhangi bir yerinde ve belli bir zaman süresince yağışın normalin ya da ortalamasının altında gerçekleşmesi esas alınmış ve yağış eksikliği çoğu tanımlama için ortak terim haline gelmiştir. Fakat bu kavram tek başına kuraklığı açıklamada yetersiz kalmaktadır. Örneğin, Türkeş (1990)'e göre kuraklığın saptanmasında, sadece normalin altındaki yağışlardan yararlanmak tarımsal kuraklık hakkında yanlış bilgi vermektedir. Dolayısıyla, kuraklığın birçok alanda etkili olması kuraklığın tanımını genişletmekte olup, yapılan tanımlamalar mesleklere göre (hidrolojik, tarımsal, meteorolojik, coğrafik) veya endüstriyel, enerji üretimi, su temini, denizcilik, mesire yerleri göz önünde bulundurularak oluşturulmalıdır.

Kuraklık olaylarını incelemek için çeşitli yaklaşım ve yöntemler önerilmekte olup kuraklığın saptanmasında da her ülke ya da bölgeye özgü meteorolojik ölçütler kullanılmaktadır. 2003 yılında Kömüşçü ve ark. ve 2008, 2009 yıllarında Türkeş ve Tatlı yaptıkları çalışmalara göre, kuraklığı diğer doğal afetlerden ayıran en önemli

özelliğinin, kuraklığın başlangıç ve bitişinin belirsiz oluşu, kümülatif olarak artması ve aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ile ekonomik boyutunun büyük olmasıdır. Diğer taraftan, doğasının karmaşık olması yüzünden, kuraklık olaylarını belirlemek ve izlemek kolay değildir (22). Mesela, uzun süreli kuraklık olayları tarım, orman ve hayvancılığı, yeraltı ve yerüstü kaynaklarını, yeterli ve nitelikli içme suyuna erişimi, enerji üretimini, özellikle dağ ve karasal sucul ekosistemleri çok olumsuz etkiler. Kuraklık olaylarının sonuçları, özellikle geleneksel üretim sistemleri doğrudan yağışlarla ya da yeraltı sularına bağlı olan az gelişmiş toplumlarda, çok şiddetli olumsuzluklara yol açmaktadır (25).

2.1.1. Kuraklığa Etki Eden Faktörler

Günümüzde kuraklığın diğer büyük doğal afetlerden en büyük farkı, ortaya çıkışına neden olabilecek parametrelerin fazla oluşudur. Kuraklığa neden olan etmenlerden genel olarak bahsedilirse; son yüzyılda yaşanan büyüme amaçlı sanayileşme ve kentleşme süreci, sağladığı parasal ve fiziksel gelişme sonuçları yanında, yaygın – yoğun ve yaşamsal nitelikli sorunlara da yol açmıştır. Nüfus artışı, tarım alanlarının bozulması ve daralması, ormanların daralması, bitki ve hayvan türlerinin giderek yok olması, yeraltı su kaynaklarının düzeylerinin alçalarak rezervlerin düşmesi ve atmosfere bırakılan sera etkili gaz yoğunluğuyla bağlantılı sıcaklık artışı eksenlerinde ortaya çıkan küresel sorunsal, insanlığın geleceğini ağır riske sokan boyutlara ulaşmıştır. İşte özetlemeye çalışılan tüm bu etmenler kuraklığa yol açmaktadır (49).

Sonuç olarak, eğer yukarıda bahsedilen kuraklığa etki eden etmenler arasında bir sınıflandırma yapmak gerekirse, bunları doğal nedenler, insan kaynaklı nedenler ve iklim değişikliğinin etkileri olarak üçe ayırmak mümkün olabilir.

2.1.1.1. Doğal Nedenler

Karalar üzerinde bulunan su kaynaklarının devamlılığını sağlayan temel kaynak yağışlar olduğundan, yağışlardaki herhangi bir geçici düşüş kuraklığın başlıca

nedenidir. Yağışlardaki anormallikler iklim değişikliğinin doğal ve yinelenen bir özelliğidir. Yapılan deneysel araştırmalar göstermiştir ki; meteorolojik kuraklık hiçbir zaman tek bir nedene bağlı olarak değil, pek çok birbiriyle ilişkili nedene bağlı olarak ortaya çıkmaktadır (50). Yağışların yanında kuraklığın oluşmasında ve şekillenmesinde payı olan etmenler sıcaklık, nemlilik, buharlaşma, rüzgar hızı ve basınç, bölgenin coğrafyası (denize yakınlık-uzaklık, yükselti gibi özellikler) ve erozyon gibi etmenlerdir. Örneğin, erozyon ve kirlenme faktörleri; toprakların üretim gücünün yitirilerek verimli tarım topraklarının kaybolmasına ve dolayısıyla tarımsal kuraklığa sebep olmaktadır. Ülkemizde de işlenebilir toprakların büyük bölümünde erozyon tehlikesinin olduğu gözardı edilmemelidir. Özet olarak, yukarıda değinilen tüm etmenler yağışların etkinliğinde ve kuraklığın ciddiyetinde belirleyici rol oynamaktadır.

2.1.1.2.İnsan Kaynaklı Nedenler

Kuraklığa yol ačan doğal etmenlerin yanında insan faaliyetleri kaynaklı etmenler kuraklığın gidişatını, hızını ve yönünü belirlemekte ve kuraklığın etkilerini şiddetlendirmektedir. Bu tür etmenler birbirleriyle ilişkilidir ve birbirlerinden ayırt edilmeleri zordur. İnsanların iklim değişikliğine, mevcut sektörel su politikalarına, su arzını ve su tüketimini güvence altına alma çalışmalarına katkıda sağlayan faaliyetleri kuraklığın insan kaynaklı etmenlerindedir. Kuraklık, yağışlara ve bir o kadar da su talebi ve su tüketimine bağlı olarak yıldan yıla kümülatif artış gösterebilir (50). Ayrıca kuraklığa sebep olacak; tuzluluk, aşırı otlatma, tarım arazilerinin ve sulak alanların amaç dışı kullanımı, orman yangınları ve orman tahribatı gibi faktörler de insan kaynaklı etkilerdir.

2.1.1.3. İklim Değişikliği

ABD Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi bilim adamları tarafından yapılan bir araştırma dünya çapında şiddetli kuraklıktan etkilenen karasal alan yüzdesinin 2000’li yıllarda 1970’li yıllara kıyasla iki katına çıktığını göstermiştir. Bunun ana

nedeni olarak ise iklim değişikliği gösterilmiştir. Karbondioksit ve diğer sera gazları salınımı gibi insan faaliyetleri; sıcaklığı, yağışları ve hava ile alakalı diğer olayları etkilemekte ve küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır (50).

2.1.2. Kuraklık Çeşitleri

Kuraklık, etki alanına göre birçok alanı ilgilendirmektedir. Su kaynakları genel olarak; yeraltı ve yerüstündeki doğal ya da yapay depolama tesisleri, kar depolaması, akarsularla taşınan su ve toprak neminde bulunan sulardan oluşmaktadır. Kuraklığın etkileri, bu kullanılabilir su kaynaklarının birisi, birkaçı veya hepsi ile ilgili olabilir. Yağıştan itibaren suyun bu su kaynaklarının ulaşması, kullanılabilir hale gelmesi ve su kullanım faaliyetleri farklı zaman ölçeklerine sahiptir. Dolayısıyla kuraklığın etkileri, su kaynağı ve su kaynağının kullanım amacına göre farklılık gösterir. Örneğin üç aylık bir yağış eksikliği, toprak nemini azaltacağından tarımsal kuraklık açısından etkileri gösterirken hidrolojik kuraklık açısından etkilerini göstermeyebilir. Kuraklığı etki alanına göre temel olarak altı ana sınıfa ayırabiliriz (14).

2.1.2.1.Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik kuraklık en basit anlamda, suya ihtiyaç duyulduğunda, su eksikliğine neden olan yağış miktarındaki yetersizlik olarak tanımlanabilir (22). Meteorolojik kuraklık uzun bir zaman içinde, normalin altındaki yağış gidişleri ile oluşur ve genellikle bölgesel özelliktedir. Bölgesel klimatoloji davranışlarına göre tahmin edilebilir. Meteorolojik değişkenler farklı zaman ve konum özelliklerini içerirler. Böylece, dünyanın birçok değişik kısmı için farklı kuraklık çözümleri geliştirilmeye çalışılır. Meteorolojik kuraklık, aşağıda açıklanan diğer kuraklık türlerini de tetikler. Yağış, sıcaklık, nem gibi meteorolojik faktörlerdeki düşüş, zamanla diğer kaynakları da etkiler ve böylece diğer kuraklık türleri ortaya çıkar (7).

Meteorolojik kuraklığın izlenmesi açısından yağıştaki eksikliğin farklı zaman dilimleri içindeki değişim sayısal olarak ifade edilmesi gerekir. Yağış eksikliğinin

farklı su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği hesabına göre, analizde 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman dilimleri seçilebilir. Örneğin 1 aylık veya 3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, toprak nem düzeyine hemen etki ettiği halde; yeraltı sularına, nehirlere, göllere daha geç etki eder. 6, 9 ve 12 aylık zaman dilimlerindeki bir kuraklık durumu akarsu ve göllere, 24 aylık kuraklık ise yeraltı sularına etkisini izlemek bakımından tercih edilir (51).

2.1.2.2.Klimatolojik Kuraklık

Klimatolojik ve meteorolojik kuraklık birbirine çok yakın kavramlardır. Yağış, rüzgar, sıcaklık ve nem klimatolojik faktörler olup bu dört faktörün belirli bir süreye ait ortalamasının bilinmesi bile o bölgenin iklimi hakkında kabaca bilgi edinmemizi sağlar. Dolayısıyla klimatolojik kuraklık bu dört etmenin birden ortaya çıkardığı kuraklık türüdür (14).

Meteorolojik ve klimatolojik kuraklığın arasındaki farkı daha anlaşılır bir şekilde tanımlamak gerekirse, eğer bir bölgeye belirli bir zaman periyodunda belirli bir miktardan daha az yağış düşmesi durumu varsa meteorolojik kuraklık, belirli bir zaman periyodunda düşen yağışın aynı periyottaki ortalama yağıştan belirli bir orandan daha az olması durumunda ise klimatolojik kuraklık meydana gelmektedir.

2.1.2.3.Atmosferik Kuraklık

Atmosferik kuraklığın çeşitli tanımlamaları bulunmaktadır. Bunlar arasında en yaygın tanımlamaya göre atmosferik kuraklık; kuvvetli rüzgar, az yağış, yüksek sıcaklık ve düşük nispi nemin ölçüldüğü dönemlerdir (4).

2.1.2.4.Tarımsal Kuraklık

Genel olarak tarımsal kuraklık, meteorolojik kuraklıktan sonra ve hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkan tipik bir durum olmakla beraber, bitkinin kök bölgesinde, büyüüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak ifade edilmektedir. Ayrıca, büyüme periyodu boyunca, belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli bir kritik dönemde yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelmektedir.

2.1.2.5.Hidrolojik Kuraklık

Hidrolojik kuraklık, nehirlerin ve öteki yüzey suyu kaynaklarının akım değerlerinde ve yeraltı suyu kaynaklarında gözlenen açıktır (3). Başka bir deyişle, yeraltı su kaynakları, yüzey suları veya yağış periyotlarının etkisi ile ilişkili olan hidrolojik kuraklık, uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yeraltı sularındaki azalma ve eksiklikleri ifade etmektedir. Bu sebeple kuraklık, “su kaynaklarının (yağışlar, yeraltı ve yüzey suları) beklenen normal seviyelerin ve ortalamaların altında kalması olarak” da tanımlanabilmektedir.

Meteorolojik kuraklığın uzaması halinde hidrolojik kuraklıktan söz edilebilir. Hidrolojik kuraklık, uzun süreli yağış azlığının kaynak seviyeleri, yüzey akışı ve toprak nemi gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendisini göstermekle birlikte, yeraltı suları, nehirler ve göllerin seviyesinde keskin bir düşüşe sebep olmaktadır. Ayrıca, yağmur eksikliği ile akarsu, dere ve rezervuarlardaki su eksikliği arasında bir zaman aralığı olduğundan dolayı hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden değildir. Meteorolojik kuraklık sona erdikten uzun bir süre sonra dahi hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilmektedir (51).

2.1.2.6. Su Kaynakları Kuraklığı

Yeryüzünün su kaynakları, yeraltı ve yerüstündeki su depoları, akarsular, kar yığınları ve topraktaki nem olarak ifade edilebilir. Bu kaynakların hepsi zincirleme birbirine bağlıdır. Kuraklığı oluşturan bütün sebepler ortaya çıktığında ve uzun süreli şiddetli bir kuraklık meydana geldiğinde bütün bu su kaynakları er ya da geç etkilenecektir (14).

Su kaynakları kuraklığı, nehirlerdeki su seviyesinin veya zemin suyunun ve haznelerdeki su seviyesinin düşüklüğü, su kullanımını etkilediği zaman meydana gelmektedir. Su kaynağı kuraklıkları, yalnız iklime ve hidrolojik “girdilere” bağlı değil, fakat kritik bir şekilde su kaynakları sisteminin özelliklerine ve kuraklık yönetim metotlarına da bağlıdır (52).

2.1.3. Dünyada Kuraklık

Günümüzde dünyada ve ülkemizde büyük sıkıntılara neden olan kuraklık bir iklim anomalisi olarak varlığını sürdürmektedir. Dünyanın hemen her bölgesinde normalin üstünde, ya da altında yağışlar gözlenmektedir. Bunun sonucu olarak, son yıllarda önemli derecede kuraklık geçiren ülkeler ve bölgelere rastlanmıştır. Etkileri son derece önemli olan kuraklık sorunu, dünya genelinde hızlı bir biçimde algılanmaktadır. Sudan, Somali ve Hindistan’da, 1960’lı yılların sonunda ve 1970’li yılların başında, kuraklıktan dolayı kıtlık ortaya çıkmıştır. 1968-1974 yılları arasında görülen bu kıtlık, Afrika kıtasında on binlerce insanın yaşamını yitirmesine ve Büyük Sahra’nın kuzeye doğru kayma eğilimi göstermesine yol açmıştır (7). Bahsedilen bu olaylar, kuraklığın dünyada sebep olduğu felaketlerden sadece birkaçıdır.

Görüldüğü gibi, kuraklık felaketi dönem dönem artmakta ve dünyada birçok bölgede büyük zararlara yol açmaktadır. Dünyada meydana gelen kuraklıkların başlıca sebebi, dünya çevresinde görülen geniş ölçekli atmosfer-okyanus dalgalanmalarının etkisinden ortaya çıkmakta ve bu olaylar, atmosferdeki normal dolaşımının bir sonucu olmaktadır. Bununla beraber, kuraklaşmanın küresel anlamda en büyük

nedeni ise sera etkisidir. Son yıllardaki araştırmalara göre atmosferdeki karbon dioksit gazının miktarı ikiye katlanmış olup, bu katlanma da sera etkisini artırır niteliktedir. Bu sebepten dolayı, dünyada daha önceleri doğal olaylar nedeniyle meydana gelen kuraklık ve lleşme olaylarının yanı sıra son yıllarda insan etkilerine bağlı olarak da arttığı dşnlmekte ve gözlenmektedir.

Örneğin, 1860'lı yıllardan beri insanoğlu kömür ve yağları kullanmaya başladığında yeryüzündeki karbon dioksit oranı % 30 ve ortalama küresel sıcaklıkta 0.6 °C yükselmiştir. Buradan da görüleceği gibi, yerküre bir ısınma evresine girmiştir. Bu ısınmanın ülkemizin yer aldığı enlemler diliminde, kış aylarında daha çok kar ve buzulun erimesi sonucu taşkınlara, yaz aylarında ise kuraklığa yol açacağı beklenebilir (53).

Bu gün dünyanın içinde bulunduğu şartlar mevcut doğal kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Bunlardan su ve toprak kaynakları önemli yer tutmaktadır. Dünyada ülkelerin çoğu şiddetli bir su açığıyla karşı karşıyadır. Birçok lke ve havzada yaşanan su kıtlığının temel nedeni su kullanımlarının artması ve eşitlenmesidir. Bu nedenle, havza su bütçesinin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi ve çeşitli kullanımlar arasında suyun optimum bir biçimde tahsis edilmesi önem taşımaktadır. Pek çok ülkede geçmişte suyun sulamaya tahsisi öncelik kazanırken, günümüzde hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişime paralel olarak içme ve kullanma suyu ile endüstriyel su ihtiyaı giderek artmaktadır (54).

2.2. Türkiye'de Kuraklık

Küresel iklim değişimi ile ilgili alışmalar, Türkiye'nin üzerinde bulunduğu enlemlerde ortalama hava sıcaklıklarının artacağına, yağışların ise kışın artıp yazın azalacağına işaret etmektedir. Bu senaryolar, başta tarım olmak üzere birçok sektörde kuraklığın yakın gelecekte önemli sorun haline geleceğini göstermektedir. Böylece kuraklığın tanımlanması, izlenmesi ve elde edilen sonuçlardan çözüm önerilerinin geliştirilmesi mecburi olmuştur. Dünyada olduğu gibi ülkemizde de kuraklığın

bilhassa tarımsal üretim faaliyetlerine etkileri üzerinde duran çeşitli araştırma çalışmaları yapılmıştır (55).

Türkiye'deki kuraklık afetine etki eden belli başlı faktörler arasında atmosferik koşullar, fiziki coğrafya faktörleri ve iklim koşulları yer almaktadır. Bu sebeple, Türkiye'deki kuraklık eğilimlerini anlayabilmek için, öncelikle Türkiye'nin iklimini, yağışlarını ve bunlar üzerindeki en önemli etmen Türkiye'nin coğrafi konumunu incelememiz gerekmektedir.

2.2.1. Türkiye'nin İklimi

İklimin temel elemanları sıcaklık, yağış, nispi nem, güneşlenme süresi ve şiddeti, basınç, rüzgar hızı ve yönü, buharlaşma gibi parametrelerdir. Bunlar gözlenebilen ve ölçülebilen parametrelerdir. İklimlerin oluşmasında bu parametreler üzerine doğrudan veya dolaylı olarak etkili olan; fakat ölçülemeyen bazı etkileşimler de söz konusudur. Bu etkileşimler; kara-deniz, deniz-buz, deniz-hava etkileşimleri, volkanik gazlar, insan aktiviteleri, arazi kullanımı, gelen ve yansıyan ışınlar v.s.dir. Bu elemanlar tek başlarına ve birbirleri ile ilişki halinde atmosferi etkilemekte; kısa vadede hava olaylarını, uzun vadede ise dünya üzerinde çok çeşitli iklim tiplerinin oluşmasını sağlamaktadırlar (56).

Türkiye; Avrupa, Asya ve Afrika kıtaları arasında yer almaktadır. Daha çok, makro ölçekte yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçen Akdeniz ikliminin özelliklerine sahiptir. Bu özelliğiyle dünyanın yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Fakat yerel fizikî coğrafya özellikleri nedeniyle de çok değişik iklim tiplerinin görüldüğü bir ülkedir (7).

Türkiye, coğrafi konumu nedeniyle, sürekli değişen hava akımlarının etkisindedir. Orta kuşakta bulunan Türkiye'nin güneyinde; Afrika'nın kuzey yarısından başlayarak Mısır, Arabistan, Suriye Çölü, Irak ve İran'dan geçip Orta Asya'ya kadar uzanan geniş bir şerit halinde 'az yağışlı ve sıcak' bir iklim, kuzeyinde ise; her mevsimi yağışlı bir iklim kuşağı bulunmaktadır. Türkiye ayrıca, bir Akdeniz ülkesi

olduğu için bu iklime mahsus şartlara da sahiptir. Kuzey sıra dağları ile adeta memleketimizin kuzeyinde bulunan serin ve nemli iklim kuşaağından tecrit edilmiş olan Türkiye, batıda ve güneyde Akdeniz Havzası iklimi ile güneydoğuda ise, çöl iklimleri ile sıkı bir temas halindedir (2).

2.2.2. Türkiye’de Yağışlar

Yağış, hava kütesinin herhangi bir şekilde yükselmesi ve soğuması sonucu içindeki nemin yoğunlaşp yağmur, kar ve dolu gibi, sıvı veya katı olarak yeryüzüne düşmesidir. Türkiye’de en fazla yağışın kuzey ve güneydeki dağ sıralarının denizlere bakan yamaçları ile bu sıraların önündeki kıyı kuşaağına düştüğü görülürken, buna karşılık iç bölgelerde ve dağlarla çevrili çukur havzalarda yağışlar azalmaktadır.

Yağış etkisi, su ihtiyacı ile yağış miktarı arasındaki değişimle çok yakından ilgilidir. Su ihtiyacı esas itibarı ile sıcaklığın bir fonksiyonudur. Yağış etkisi bir taraftan sıcaklığa, diğer taraftan yağışta meydana gelen yıllık değişimlere bağlı olarak seneden seneye değişir. Memleketimizde, aylık sıcaklık ortalamalarının bir yıldan diğerine arzettiği değişiklikler nispeten azdır. Bu şartlar altında, Türkiye’de su noksanı bakımından en büyük rolü, yağış miktarlarında ve bunların zamana ve mekana göre dağılışında meydana gelen sapmalar oynar. Yağış miktarlarının genel olarak büyük nispette azaldığı senelerde ülke şiddetli bir su noksanının veya kuraklığın pençesine düşer (7).

Türkiye’de, uzun yıllar yağış ortalaması 631 mm iken, yağış miktarı, 1999 yılında %15 oranında, 2000 yılında ise % 7 oranında azalmıştır. Ortalama yağışın azalması yanında, yağış rejimindeki sapma da dikkat edilmesi gereken bir olaydır. Yağış miktarında meydana gelen bu azalışlar ve yağış rejimindeki sapmalar, tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, kuraklığa neden olan şartların devam etmesi hâlinde, gelecek yıllarda suyla ilgili daha büyük sıkıntılar meydana gelebilecektir (57).

2.2.3. Türkiye’de Kuraklık Eğilimleri

Sahel’de ve Subtropikal kuşak yağışlarında 1960’lı yıllarda başlayan ani azalma, 1970’li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası’nda ve Türkiye’de de etkili olmaya başlamıştır. Yağışlardaki önemli azalma eğilimleri ve kuraklık olayları, kış mevsiminde daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. 1970’li yılların başı ile 1990’lı yılların başı arasındaki kurak koşullardan en fazla, Ege, Akdeniz, Marmara ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri etkilenmiştir (58).

Kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları, 1973, 1977, 1990 ve 1991 yıllarında oluşmuştur. 1994-1998 döneminde ise, Doğu Anadolu Bölgesi dışında Türkiye’nin büyük bir bölümünde önemli bir yağış azlığı gözlenmemiş ya da meteorolojik kuraklıklar yaşanmamıştır.

Bu dönemin hemen ardından 1999-2000 yıllarında ve 2001 yılının ilk üç ayında ise, Türkiye’nin büyük bir bölümünde yeniden kuraklık olayları yaşanmıştır. Şiddetli ve yaygın meteorolojik kuraklıklar, özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu ile Ege ve Akdeniz bölgelerinde etkili olmuştur. Uzun süreli ortalamaların çok altındaki yağış koşullarına bağlı meteorolojik kuraklıkların bir neticesi olarak, Türkiye’de tarımsal ve hidrolojik kuraklıklar da ortaya çıkmıştır. Su açığı ve su sıkıntısı, yalnız tarım ve enerji üretimi açısından değil, sulamayı, içme suyunu, öteki hidrolojik sistemleri ve etkinlikleri içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir noktaya ulaşmıştır. Nisan-Mayıs 2001’de ise, Türkiye’nin büyük bir bölümünde bereketli yağışlar oluşmuştur (59).

2001 sonrası dönemde (Kasım 2001-Kasım 2006) genel olarak normal sınırlarında ve normalin biraz altında yada üzerinde yağışlar gerçekleşmiştir. Fakat 2007 kış, ilkbahar ve yaz aylarında Türkiye'nin birçok yöresinde uzun süreli ortalamaların altında kalarak yeni bir meteorolojik kuraklık olayları dizisinin yaşanmasına ve bunlara bağlı olarak da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların (örneğin sırasıyla, tarımsal ürün kayıpları, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının zayıflaması ve yetersizliği, İstanbul ve özellikle Ankara gibi bazı büyük kentlerde içme suyu sıkıntısı ve su kesintilerinin yaşanması, vb.) oluşmasına neden olmuştur. Aralık

2006-Ağustos 2007 döneminde oluşan son kuraklık olayları, Türkiye'nin özellikle Marmara, Ege ve İç Anadolu bölgeleri ile Batı Akdeniz ve Batı-Orta Karadeniz bölümlerinde etkili olmuştur (60).

Genel olarak Doğu Akdeniz Havzası'nın ve Türkiye'nin yıllık ve özellikle kış yağışlarında gözlenen önemli azalma eğilimleri, bu bölgede egemen olan cephesel orta enlem ve Akdeniz alçak basınçlarının sıklıklarında özellikle kış mevsiminde gözlenen azalma ile yüksek basınç koşullarında gözlenen artışlarla bağlantılı olabilir. Öte yandan, özellikle karasal yağış rejimine sahip bazı istasyonların ilkbahar ve yaz yağışlarında, zayıf bir artış eğilimi gözlenmektedir.

Son 30 yılda Türkiye'de kurak koşulların hakim olmasına yol açan meteorolojik koşullar daha çok sirkülasyon sistemleri ve Kuzey Atlantik Salınımı'nda görülen değişmelere bağlı olarak açıklanabilir. 1980'den sonra Sibirya Antisiklonunun zayıflaması (kış kuraklığı), Azor antisiklon sırtının Doğu Akdeniz'e ulaşması (kış kuraklığı), Akdeniz'e gelen cephe sistemlerinin azlığı, Basra alçak basıncının kuzeye sokulması (yaz kuraklıkları) ve Azor ve Basra alçak basınçlarının birleşerek kuvvetlenmesi (yaz kuraklıkları) olarak kendini göstermiştir. Ayrıca Kuzey Atlantik Salınımı'nın (NAO) pozitif devreleri Türkiye'de ki kurak koşullarla oldukça uyumludur (59).

Yapılan bilimsel çalışmalarda, mevcut su kaynaklarının kirlenerek kullanılmaz hale gelmesi nedeniyle 2050'de 65 ülke ve toplam 7 milyar insanın su kıtlığı sorunuyla karşı karşıya kalacağını belirtmektedirler (54).

2.3. Kuraklık İndisleri

Su varlığının tanımlanmasıyla, ya da gösterilmesiyle ilgili birçok etmen bulunmasına rağmen, su potansiyelini, bitkilerin su gereksinimlerini ve kuraklığı değerlendirmek için en kullanışlı gösterge yağıştır. Yağış zaman ve alan ile süreklilik göstermediği için, istatistiksel değerlendirilmesi çok karmaşık bir iklim elemanıdır. Buna karşılık,

kuraklık ve çölleşme ile savaşım için gerçekleştirilen her girişim, özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda, alanın yağışını göz önünde bulundurmaktır (7).

Bir bölgedeki bütün kuraklık olaylarında ve hesaplamalarında temel faktör olarak kullanılan yağış faktörünün yanı sıra, o bölgedeki evapotranspirasyon, bitki köklerinde tutulan su miktarı, sıcaklık ve nem gibi faktörlerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Örneğin, aynı miktarda yağış alan iki bölgenin ortalama sıcaklıkları arasında büyük farklar varsa eğer, bu bölgelerden birinde kuraklık hissedilirken diğerinde kuraklık hissedilmeyebilir, şayet yukarıda bahsedilen değişkenlerin de hesaba katılmasıyla bu bölgede daha iyi sonuçlar elde edilebilir (14).

Kuraklığı tanımlayabilmek için çeşitli indisler geliştirilmiştir. Kuraklık ve kuraklık olasılığı indislerinin üstün ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda yaygın olarak yağış verilerinden istifade ederek türetilen indisler kullanılmaktadır. Bu indislerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Günümüzde en doğru, ayrıntılı ve yeterli kuraklık indislerinin esas olarak su kaynağı ve bir sistemin su isteği arasındaki dengeyi tanımlayan su dengesi eşitliğinden üretilenler olduğu konusunda yaygın bir düşünce bulunmaktadır (61).

Kuraklıkların alansal ve zamansal özelliklerini saptanmak için amacıyla kullanılan indisler, yağış gibi tek bir meteorolojik parametrenin kullanımından birçok değişkeni içeren karmaşık yöntemlerin kullanımına kadar uzanmaktadır (7). Günümüzde ise en yaygın olarak kullanılan indisler şunlardır:

1. Normal Yüzde İndisi
2. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi
3. Yüzey Su Sağlama İndisi
4. Ürün Nem İndisi
5. Erinç İndisi
6. Standart Yağış İndisi (SYİ)

Bu çalışmada, kuraklık indislerinden Standart Yağış İndisi (SYİ) kullanılmıştır. Bu sebeple, SYİ metoduyla ilgili detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.4. Standart Yağış İndisi (SYİ)

Standart Yağış İndisi (SYİ), 1993 yılında McKee ve arkadaşları tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir. SYİ, yağışın belirli bir zamanda ortalamadan çıkarılıp standart sapmaya bölünmesi ile elde edilen değerdir. SYİ ile herhangi bir bölgede belirli bir zaman ölçeğinde kurak veya nemli olaylardaki anormallikler belirlenebilir (13). Örneğin, toprak nem şartları rölatif kısa dönem yağış anormalliklerine hemen cevap verebilirken, yeraltı suyu, akarsu ve su biriktirme haznesi depolama uzun dönem yağış anormalliklerini yansıtabilir. Başka bir ifade ile, SYİ metodu için çoklu zaman ölçümlerinde farklı zaman dilimlerindeki yağış azalmasını belirlemek için tasarlanmıştır da diyebiliriz.

Yalnızca yağış değerlerine bağlı olan ve kolay hesaplanan bir indis olan SYİ, sadece olasılıkla ilgilidir ve devam eden periyotta yağış eksikliğini hesaplamaktadır. SYİ, ortalaması sıfır, varyansı ise bir olan standart normal dağılıma uymaktadır. Yöntem, kar yığını, su biriktirme haznesi, akış, toprak nemi ve yeraltı suyu gibi değişkenler için hesaplanabilir ve normalleştirilmiş olduğundan kurak ve nemli periyotlar aynı yolla temsil edilebilir. Böylece kurak dönemin yanı sıra nemli dönemlerde anılan yöntem ile izlenebilir (62).

Genellikle, yağış serisi normal olmayan bir dağılıma sahiptir. Gerçekte indisin hesaplanması yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması sebebiyle karışıktır ve bu yüzden yağış dizileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. Sonuçta elde edilen SYİ değerleri yağış değerleri ile lineer olarak artan ve azalan bir eğilim gösterir. SYİ değerlerinin normalize edilmesi sonucu seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak ve hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilmiş olur. SYİ değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indisin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu “kurak dönem” olarak tanımlanır. İndisin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken

indisin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak değerlendirilir (63). Böylelikle, yağış verilerini normalleştirerek SYİ değerlerine dönüşümü sağlandıktan sonra kuraklık sınıflandırması yapılarak değerlendirme yapılabilir. Bu yöntemle göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması Çizelge 2.1.'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. SYİ Değerlerine İlişkin Sınıflandırma

SYİ	Kuraklık Kategorisi
$2 \leq$	Çok Aşırı Nemli
1.99 - 1.5	Aşırı Nemli
1.49 – 1.0	Orta Derece Nemli
0.99 – (-0.99)	Normal
(-1.0) – (-1.49)	Orta Derece Kurak
(-1.5) – (-1.99)	Aşırı Kurak
$-2 \geq$	Çok Aşırı Kurak

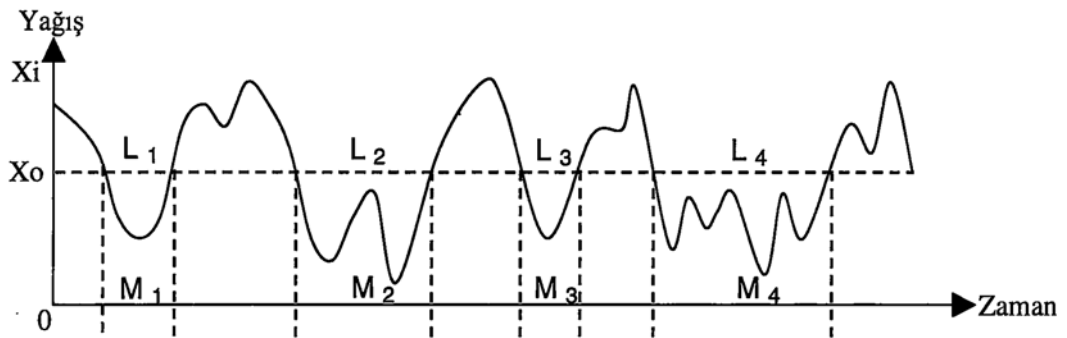
SYİ değerlerinin hesaplanmasında; en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip aylık yağış dizileri hazırlanır. Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına olan etkisi dikkate alınarak indislerdeki değişimlerin gözleneceği 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık (i) gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. Buradaki 3 aylık değerler kısa dönem veya mevsimsel dönemleri, 12 aylık değerler orta dönem ve 48 aylık değerler ise uzun dönemleri göstermektedir. Bu zaman dilimleri yağıştaki eksikliğin kullanılabilir su kaynaklarına olan etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği gibi subjektif bir mantığa göre seçilir. Örneğin herhangi bir ayda yağışta meydana gelen azalma toprak nemine hemen etki edebilirken, yeraltı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman dilimi içinde olur. Her zaman dilimindeki veri dizileri kayan bir özellikte olup o ayın indis değeri önceki (i) ayları değerlerine göre belirlenir (Örneğin, ocak 1943 yılındaki 3 aylık SYİ değerlerini bulmak için 1942 yılının kasım, aralık ve 1943 ocak SYİ değerleri hesaba katılır). Daha sonra her veri setine Gamma dağılımı uydurulur ve böylece gözlenmiş yağış olasılıkları tanımlanır (13).

Teorik olarak bakıldığında, bilindiği gibi standart değerler herhangi bir zaman serisinde aşağıdaki eşitlikle bulunabilir;

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (2.1)$$

Öncelikle kuraklık analizinde verilmiş olan zaman serisine X dersek, elemanlarını da $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ dizisi şeklinde gösterebiliriz. Burada \bar{X} aritmetik ortalama; X_i seride alınan herhangi bir yağış değeri; σ standart sapma ve x_i standart değeri göstermektedir.

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi; kuraklığın, yağış indisinin, belirli bir X_0 kesim seviyesinin altına düşmesi ile başlayıp, bu seviyenin üstüne çıktığı noktada sona erdiği kabul edilir. Bu durumda X_0 kesim seviyesi için kurak periyotların sayısı “ m ” ile gösterilirse; L_1, L_2, \dots, L_m , kurak periyotların süresi; M_1, M_2, \dots, M_m ise her kurak seviyesinin altındaki eksikliklerin toplamı yani “Genlik” tir. Kuraklık genliğinin süresine oranı ise “ Kuraklık Şiddeti” olarak tanımlanır. Genlik ve kuraklık şiddetinin hesap formülleri (2.2) ve (2.3) denklemlerinde verilmiştir (7).



Şekil 2.1. Kurak ve Sulak Gidişler Üzerinde Kuraklık Süresi (L) ve Genliği (M)

Verilen bir dizi boyunca j -inci eksikliklerin toplamı M_j ;

$$M_j = \sum_{i=1}^m |X_0 - x_i| \quad (2.2)$$

olarak elde edilir. Burada X_0 tanımlanan her kuraklık için SYİ kesim seviyeleri 0, -1, -1.5 ve -2 olarak alınır, x_i ise başta tanımlanan standartlaştırılmış seridir (7). Yukarıda da belirtildiği gibi, kuraklık şiddeti kuraklık genliğinin kuraklık süresine oranından aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$I_j = \frac{M_j}{L_j} \quad (2.3)$$

Her kesme seviyesi için, ekstremlerin (en küçük ve en büyük) L_{\max} , L_{\min} , M_{\max} , M_{\min} , I_{\max} ve I_{\min} kuraklık özelliklerinin değerleri bulunur. Her kesme seviyesinde, L ve M kartezyen koordinatlarda işaretlenerek bu iki değişkene uygun en iyi fonksiyon elde edilir (7). Buna ek olarak, her bir kuraklık özelliğine ait temel istatistiksel parametreler ortalama, standart sapma, medyan, çarpıklık ve basıklık gibi değerleri bulunur. Bu değerler; M, L ve I değerlerinin elde edilmiş olan yeni serilerinin istatistiksel özellikleri hakkında bilgi verir (7).

Bu tez çalışmasında, SYİ yöntemi ile Kızılırmak Havzası'nda kuraklığın irdelenmesi amaçlanmıştır. Çünkü SYİ metodu; bir bölgeye ait yağış verileri ile o bölgedeki kuraklığın başladığı, şiddetlendiği ve bittiği değerleri belirleyerek kuraklığın temel büyüklükleri olan süresi, genliği ve şiddeti hakkında oldukça sağlıklı sonuçlar veren, 1 aylıktan 48 aylığa kadar farklı zaman dilimlerinde inceleme yapılarak yağış eksikliğinin değişik su kaynakları üzerine yaptığı etkilerin görülmesini sağlayan ve hem alansal hem de zamansal normalleştirmelerde başarılı bir yöntem olduğundan dolayı tercih edilmiştir. Çalışma sırasında, Kızılırmak Havzası'ndaki 13 adet meteoroloji istasyonunun 1950-2007 yılları arasındaki 58 yıla ait aylık yağış verileri ile 1 adet meteoroloji istasyonunun 1953-2007 yılları arasındaki 55 yıla ait aylık yağış verilerinin SYİ değerleri hesaplanmış, daha sonra zamana bağlı çizilen SYİ grafikleri üzerinde belirlenen kurak dönemlerin genlik, süre ve şiddetleri tespit edilmiştir.

2.5. Çalışma Alanı

2.5.1. Kızılırmak Havzası

Çalışma alanı olarak belirlenen Kızılırmak Havzası; Orta Anadolu'nun doğu bölümünde yer almakta, Karadeniz'le bağlantısı olup $37^{\circ} 58'$ - $41^{\circ} 44'$ kuzey enlemleri ile $32^{\circ} 48'$ - $38^{\circ} 22'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır.



Şekil 2.2. Kızılırmak Havzası Haritası

Kızılırmak Havzası yukarı, orta ve aşağı olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır. Kızılırmak Havzası'nda yer alan şehir merkezleri; Sivas, Kayseri, Yozgat, Nevşehir, Kırşehir, Çankırı, Kırıkkale, Kastamonu ve Samsun' dur.

Havza genellikle Orta Anadolu karasal iklimini yansıtmakta, küçük bir bölümünde ise Karadeniz iklim özelliklerinin etkisi görülmektedir. Havzada yağış kış ve ilkbahar aylarında düşmekte ve yıllık ortalama 300-800 mm arasında değişmektedir (Kış aylarında yağışlar genellikle kar şeklinde olup uzun süre yerde kalmaktadır). Ortalama hava sıcaklığı $13.7^{\circ} C$ ve ortalama yağış 446,1 mm'dir. Ana akarsu kaynağı Kızılırmak olan havza, yıllık 6.48 milyar m^3 akış hacmi ile ülkemizin toplam su potansiyelinin % 3.5'ni oluşturmaktadır. Ayrıca, havzanın memba yönüne

doğru gidildiğinde genelde bozkır alanların hakim olduğu görülmektedir. Bu bölümler devamlı ve yüksek sıradağlar ile çevrilmiş ve kapanmış bulunmasından dolayı buralara deniz etkisi pek sokulmamaktadır. Az engebeli ve tarıma uygun alanlarda kuru tarım yapılmakla beraber, nehir yatağının akış yuvarısı boyunca bulunan tarıma uygun alanlarda ise sulu tarım yapılmaktadır. Yağış alanlarının dağlık kesimlerindeki yamaç eğimleri azdır. Kızılırmak kuzeye doğru, kıyı yönüne ilerledikçe iklim ve bitki örtüsü bakımından net bir coğrafi sınır teşkil etmektedir. Bu bölümde yamaçlar geniş ormanlarla kaplı olup; meşe, gürgen, ınar, dişbudak, kızılıcık, ıhlamur, ceviz, dağ kavağı ve arka taraflara doğru gitgide artan am ağaçları görülmektedir. Ayrıca, Kızılırmak vadisinde Kapulukaya boğazından yukarıda, vadi boylarında ve kuytu eteklerde karaçalı, mersin, kacayemiş, sandal, menege, nar, incir ve kıvıl am ağaçları görülmektedir (64).

Kızılırmak havzası; Fırat'tan sonra Türkiye'nin su depolama alanı en büyük ırmağı olan Kızılırmak'ın kaynak alanı durumundadır. Havzada 3.5 milyon hektar ovalık alan vardır. Bunun %70'e yakını sulanabilir niteliktedir. Kızılırmak Havzası'na baraj, gölet, taşkın nleme, drenaj, toprak iyileştirme, bataklık kurutma, sulama vb. işler için büyük yatırımlar yapılmıştır. Havzada yoğun olarak hububat tarımı yapılmakta olup, havza genelinde hububat yanında her çeşit sebze, patates, şeker pancarı, ayçiçeği, soğan, sarımsak, fasulye, bostan, bağ, meyve, nohut, mercimek, fiğ, yonca, tütün ve mısır da yetiştirilmektedir (65).

Havza içinde kalan önemli tarım alanları; Kızılırmak Vadi Sulamaları, Kapulukaya Ovası, Kargı Ovası, Osmancık Ovası, Kayseri Ovası, Sarımsaklı Ovası, Develi Ovası, Kadişehir Ovası, Karasaz Ovası, Fıraktın Ovası, Karasu Ovası, Avanos-Ayhanlar Ovası, Bafra Ovası, Cencın Ovası, Hanlı Ovası, Zara-Hafık Ovaları, Gemerek-Sızır Ovası, Boğazlıyan Ovası, Yerköy-Delice Ovası ve Yaylacık Ovası'dır. Bu tarım alanlarında kuru ve sulu tarım yapılır. Sulu tarım alanlarının büyük kısmı havza içinde yapılmış su yapıları aracılığıyla, geri kalan kısmı da yerel imkanlarla sulanmaktadır.

Havzada yer alan önemli doğal göller ise; Seyfe Gölü, Acıgöl, Tuzla Gölü, Balık Gölü, Düden Gölü, Tötürge gölü, Göcekler Gölü, Lota Gölü, Büyük Göl, Niger Gölü, Çorak Gölü, Çağlar Gölü, Hanif Gölü olarak sıralanabilir (64).

2.5.2. Kızılırmak Nehri

Kızılırmak, İç Anadolu'da Sivas-Kızıladağ'dan kaynağını almakta, yaklaşık 1.355 km yol kat ederek Samsun'un Bafra ilçesinde Karadeniz'e dökülmektedir. Şekil 2.3'de Kızılırmak Nehri verilmiştir. 78.646 km² drenaj alanına sahip olan Kızılırmak ortalama 185 m³/sn akım değerine sahiptir ve Karadeniz'e yılda ortalama 831 milyon m³ su taşımaktadır (66).



Şekil 2.3. Kızılırmak Nehri'nin Haritası

İrmak sırasıyla Sivas, Kayseri, Nevşehir, Kırşehir, Kırıkkale, Ankara, Aksaray, Çankırı, Çorum ve Samsun illerinden geçerken çok sayıda dere ve çayın sularını toplayarak Bafra Burnu'ndan Karadeniz'e ulaşır. Kızılırmak ana kol uzunluğu bakımından uzun ve beslenme havzası bakımından çok geniş olmasına rağmen, kurak Orta Anadolu topraklarında uzunca bir yay çizerken buralarda çok su

kaybeder. Ayrıca, alüvyonlarıyla oluşturduğu Bafra ovasından geçerek Karadeniz'e dökülen bir su olmasına rağmen, Karadeniz suları özelliklerini pek taşımamaktadır.

Kızılırmak geçtiği bitki örtüsü ve toprak özelliklerinden dolayı bulanık akar ve bol sediment taşır. Ayrıca, 1962-1973 yılları arasında Bafra Çetinkaya köprüsünden alınan 300'den fazla rüsubat örneğinden elde edilen sonuçlara göre, Kızılırmak'ın ortalama olarak % 26 kum, % 74 kil ve silt taşıdığı, deltanın kuzeyinde bulunan ince kum, kum, silt ve siltli kum aralanmalarından oluşan tipik delta ve deniz kıyısı çökellerinin Kuaternere ait olduğu ve burada zeminden alınan örneklerin % 20-72 silt ve % 28-80 kum ihtiva ettiği tespit edilmiştir (66).

Yağmur ve kar sularıyla beslenen nehrin rejimi düzensizdir. Temmuz ve Şubat arasında düşük su düzeyinde akan nehir, mart ayında hızla kabarmaya başlar ve Nisan ayında en yüksek su düzeyine ulaşır (67).

Kızılırmak ve kolları üzerinde kaynağından mansabına doğru bitmiş veya inşa halinde 12 önemli baraj vardır. Bunlar sırasıyla; İmranlı, Yamula, Bayramhacılı, Hirfanlı, Kesikköprü, Kapulukaya, Buğra, Obruk, Dutludere, Boyabat, Altinkaya ve Derbent'dir. Adı geçen bu barajların peyderpey devreye girmesi ile Karadeniz'e ulaşan malzeme miktarı % 98 azalmıştır. Bunlar içinde en önemli rolü 1987'de inşaatı tamamlanarak su tutmaya başlayan Altinkaya Barajı oynamıştır (68).

2.5.3. SYİ Yönteminin Çalışma Alanında Uygulanması

Çalışmada, SYİ yöntemiyle Kızılırmak Havzası'ndaki kuraklıklar irdelenmiştir. Kızılırmak Havzası sınırlarındaki Devlet Meteoroloji İşleri'ne (DMİ) ait yağış ölçüm istasyonlarından 14 tanesi seçilerek, bu istasyonların 13 adetinin (Boğazlıyan, Çankırı, Develi, Gemerek, Kaman, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Sivas, Yozgat ve Zara) 1950 ile 2007 yılları arasındaki 58 yıllık dönemin aylık yağış verileri ile diğer 1 adetinin (Bafra meteoroloji istasyonu) 1953 ile 2007 yılları arasındaki 55 yıllık dönemin aylık yağış verileri elde edilmiştir. Araştırmada

kullanılan istasyonlar ve özellikleri Çizelge 2.2' de verilmiştir. Bu şekilde SYİ çalışmasının ilk kısmı tamamlanmıştır.

Çizelge 2.2. Çalışmada Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarının Enlem, Boylam, Yükseklik ve Yıllık Toplam Yağış Ortalaması

No	İl	İstasyon Adı	Yağış Ölçüm Aralıkları	Enlem - Boylam	Yükseklik	Yıllık Toplam Yağış Ortalaması
1	Çankırı	Çankırı	1950-2007	40° 37' K - 33° 37' D	751 m.	393.9 kg/ m ²
2	Kastamonu	Kastamonu	1950-2007	41° 23' K - 33° 47' D	800 m.	482.3 kg/ m ²
3	Kayseri	Develi	1950-2007	38° 23' K - 35° 30' D	1180 m.	370.3 kg/ m ²
4	Kayseri	Kayseri	1950-2007	38° 41' K - 35° 30' D	1092 m.	397.1 kg/ m ²
5	Kırıkkale	Kırıkkale	1950-2007	39° 51' K - 33° 31' D	750.88 m.	366.2 kg/ m ²
6	Kırşehir	Kaman	1950-2007	39° 22' K - 33° 43' D	1075 m.	463.5 kg/ m ²
7	Kırşehir	Kırşehir	1950-2007	39° 09' K - 34° 09' D	1007 m.	377.3 kg/ m ²
8	Nevşehir	Nevşehir	1950-2007	38° 37' K - 34° 42' D	1259.5 m.	401.9 kg/ m ²
9	Samsun	Bafra	1953-2007	41° 33' K - 35° 55' D	103 m.	773.4 kg/ m ²
10	Sivas	Sivas	1950-2007	37° 01' K - 39° 45' D	1285 m.	370.0 kg/ m ²
11	Sivas	Zara	1950-2007	37° 45' K - 39° 54' D	1348 m.	441.0 kg/ m ²
12	Sivas	Gemerek	1950-2007	36° 04' K - 39° 11' D	1173 m.	332.0 kg/ m ²
13	Yozgat	Boğazlıyan	1950-2007	39° 12' K - 35° 15' D	1067 m.	358.5 kg/ m ²
14	Yozgat	Yozgat	1950-2007	39° 49' K - 34° 48' D	1298 m.	599.4 kg/ m ²

SYİ çalışmasının ikinci kısmında, elde edilen aylık yağış verilerine SYİ metodu uygulanmıştır. Çalışma alanındaki istasyonlara ait çarpık bir dağılıma sahip olan aylık yağış verilerinin SYİ metodu ile normalize edilmesi sonucunda; 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık periyotlardaki SYİ serileri bulunarak, her periyoda ait SYİ değerlerinin zamana bağlı değişimini gösteren grafikleri oluşturulmuştur.

Çalışmanın son kısmında ise; farklı zaman dilimlerindeki kurak dönemlerin genliği (M), süresi (L) ve şiddeti (I) hesaplanmıştır. Bu değerler gidişler analizi kullanılarak elde edilmiş olup, pozitif gidiş uzunluğu sulak devre, negatif gidiş uzunluğu ise kurak devre uzunluğuna karşılık geldiğinden dolayı SYİ için geçerli sınıf aralıklarından biri olan “0” kesim seviyesine göre inceleme yapılmıştır. Verilerin M, L, I değerleri hesaplandıktan sonra, bu değerlerin maksimum, minimum, ortalama, medyan, standart sapma, çarpıklık ve basıklık gibi istatistiksel parametreleri tablo haline getirilmiştir. Daha sonra, hesaplanan M ve L değerleri kartezyen koordinatlara işaretlenerek, bu parametreler arasındaki ilişkiyi gösteren doğrusal denklemlerin elde edildiği noktasal grafikler çizilerek incelenmiştir. Böylelikle istasyonların kuraklık karakteristikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bir kurak süre yağışın uzun yıllar ortalamasının altında kalması ile başlayacaktır ve ilk aydan itibaren uzun aylar ortalaması ve aylık toplam yağış arasında bir fark oluşacaktır. Kurak süre sonuna kadar her yıl için oluşan bu farkların toplamı bu kurak süredeki toplam yağış eksikliğini vermektedir. Yağış zaman sersini Yevjevich' in (1967) tanımladığı gibi gidişler serisi olarak adlandırırsak, pozitif gidiş uzunluğu sulak devre, negatif gidiş uzunluğu ise kurak devre uzunluğuna karşılık gelmektedir. Kurak devrede negatif gidişlerin toplamından kurak bölgeye yapılması gereken su taşınması miktarı tespit edilebilecektir. Kurak devre başta ve sonda fazlalıklarla sınırlanmış ardışık eksiklikler dizisidir. Benzer olarak, sulak devre sonda ve başta eksikliklerle sınırlı ardışık fazlalıklar dizisidir (7).

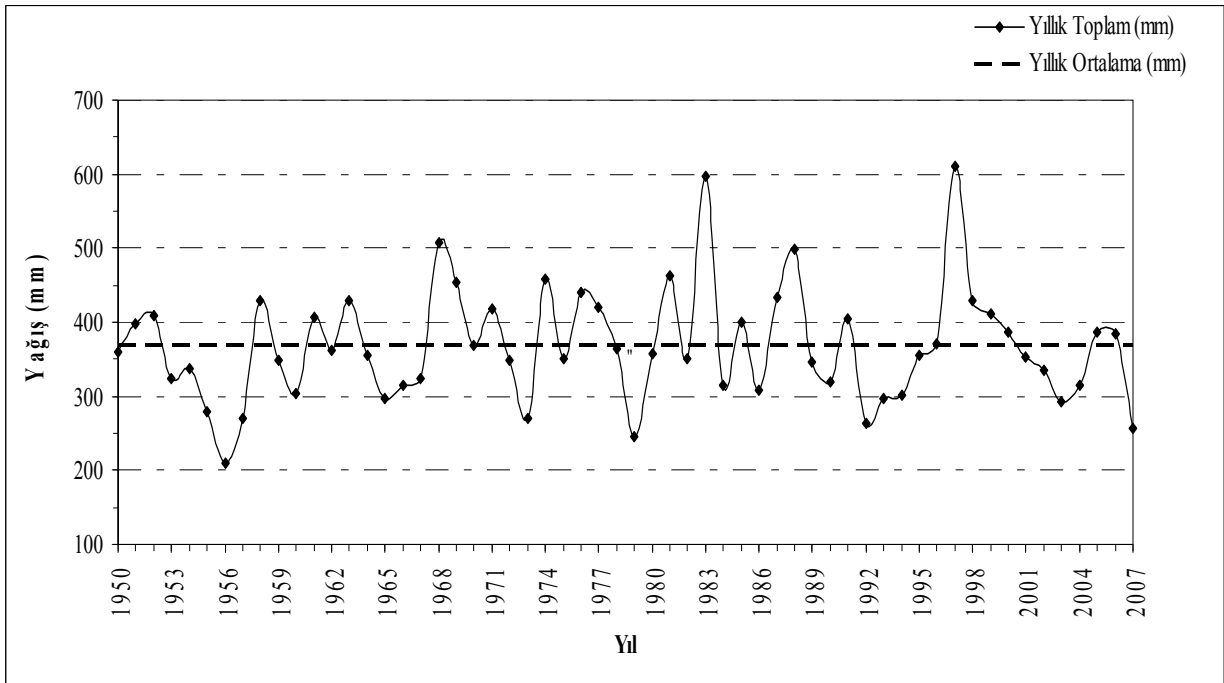
Çalışmanın SYİ kısmında Kızılırmak Havzası'nda yağış eksikliğine bağlı olarak meydana gelen meteorolojik kuraklıklar incelenerek, havzanın geçmişten bugüne kadar olan kuraklık değerlendirilmesi yapılacaktır. Bu nedenle bu bölümde, öncelikle her meteoroloji istasyonuna ait kuraklık karakteristikleri ayrı ayrı incelenecek ve daha sonra sonuç kısmında ise elde edilen veriler bir araya getirilip, birbirleriyle karşılaştırılarak havzanın kuraklığı bir bütün olarak değerlendirilecektir. Böylelikle Kızılırmak Havzası'nda yaşanan kuraklıkların özelliklerinin (kuraklık süresi, şiddeti ve sıklığı) değerlendirilmesi ile ilgili yapılan çalışma tamamlanmış olacaktır.

Öncelikle, örnek inceleme istasyonu olarak seçilen Kırıkkale meteoroloji istasyonuna ait 1950-2007 yılları arasındaki aylık yağış verileri kullanılarak elde edilen kuraklık değerlerinin ve kuraklık özelliklerinin farklı periyotlardaki değerlendirilmesi yapılmıştır. Son olarak ise, çalışma alanındaki mevcut meteoroloji istasyonlarına ait yağış verilerinden elde edilen 12 aylık SYİ değerleri kullanılarak bulunan, her meteoroloji istasyonuna ait yıllık kuraklık değerlendirilmesi yapılarak elde edilen bulgular hakkında genel bir değerlendirme yapılmıştır.

Ayrıca, çalışma alanında kullanılan diğer 14 adet meteoroloji istasyonunun aylık yağış verilerine ait 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri Ek-1'de, her istasyona

ait verilerin analizleri sonucunda elde edilen istatistiksel parametreler Ek-2’de, istasyonların farklı zaman dilimlerine ait M-L ilişkisini gösteren doğrusal denklemlerin elde edildiği nokta grafikleri Ek-3’de ve her meteoroloji istasyonuna ait mevsimsel kuraklıkları gösteren grafikler Ek-4’de verilmiştir.

Kuraklık değerlendirilmesi için örnek istasyon olarak seçilen Kırıkkale meteoroloji istasyonunun 1950-2007 yıllarına ait (58 yıllık) dönemde gözlenen aylık yağışların dağılımından elde edilen sonuçlara göre metrekareye yıllık ortalama yaklaşık 368 mm yağış düşmektedir. Türkiye için yıllık yağış yüksekliği yaklaşık 640 mm/m² olup, bu miktar ülke ortalamasının yaklaşık % 57.5’ine karşılık gelmektedir.



Şekil 3.1. Kırıkkale Yıllık Yağış Serisi

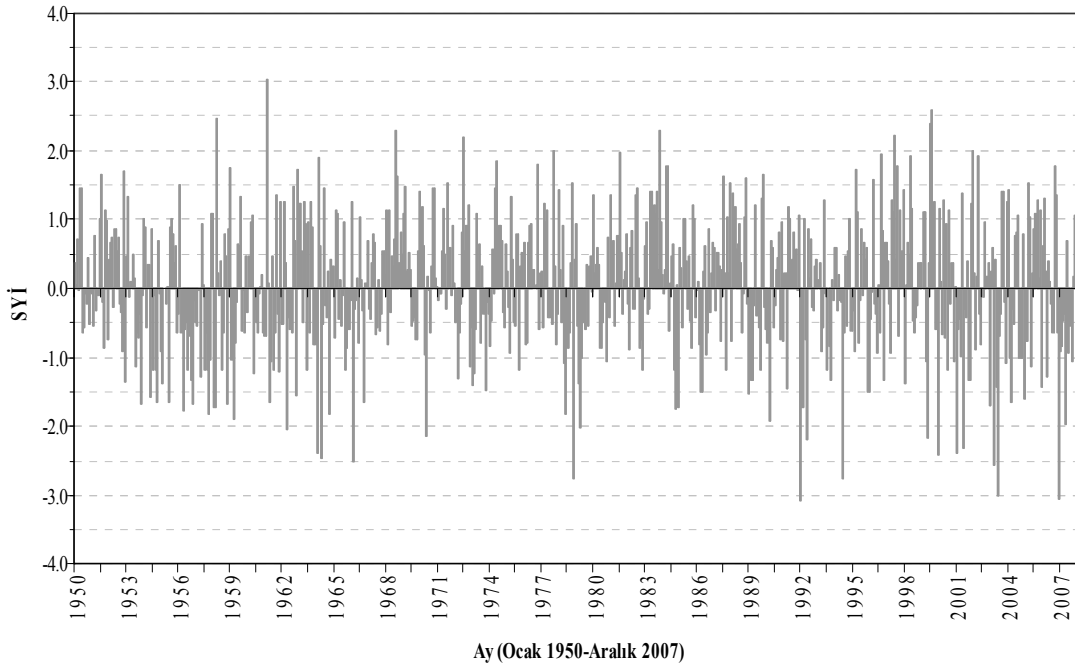
Şekil 3.1.’de Kırıkkale yıllık yağış serisi görülmektedir. Burada ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıklarının fazla olduğu, az miktarda kısa dönemler halinde ortalama yağışın çok üzerinde yağış meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 3.1. Kırıkkale İstasyonuna Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

Kırıkkale İstasyonu	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)
	41.2	33.2	34.9	43.4	50.2	34.3	10.7	8.0	12.8	24.8	29.9	44.4	368

Yine aynı yıllar arasındaki veriler kullanılarak elde edilen aylık ortalama yağış değerleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Uzun yıllara ait yağış verilerine bakıldığında genelde en çok yağışın kış ve ilkbahar mevsimlerine ait aylarda meydana geldiği görülmektedir.

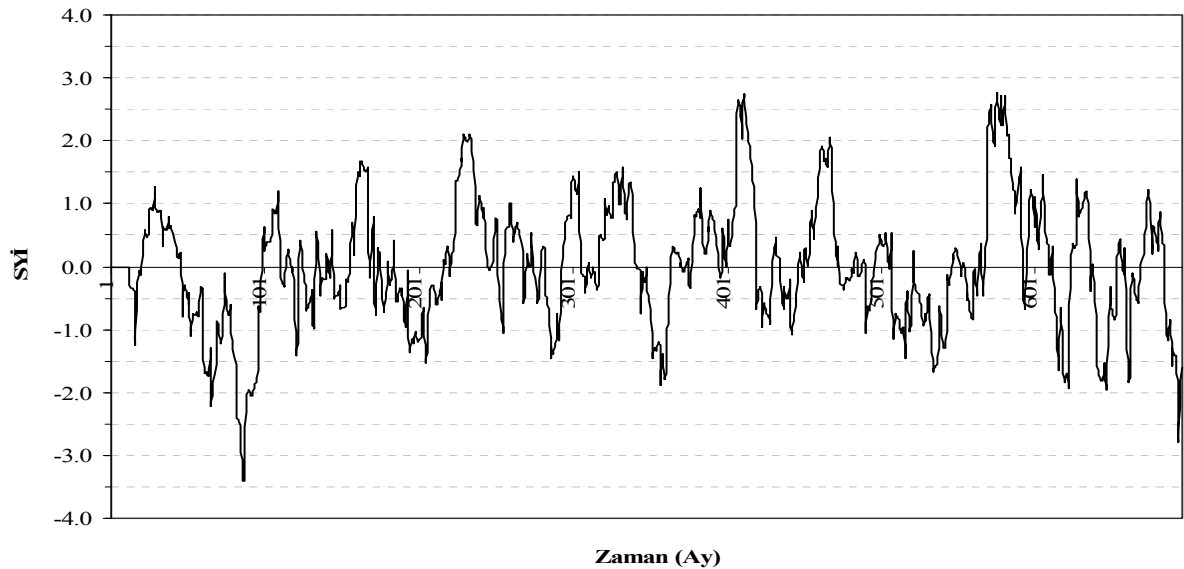
Yapılan çalışmada, Kırıkkale meteoroloji istasyonuna ait 58 yıllık yağış verileri kullanılarak hesaplanan 1 aylık ve 12 aylık SYİ zaman serileri sırasıyla Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Kırıkkale İstasyonu, 1950-2007 Dönemine Ait Yağış Verilerinin 1 Aylık SYİ Grafiği

Kırıkkale meteoroloji istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinden elde edilen 1 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 58 yıllık (696 ay) dönemin 338 ayında çeşitli şiddette kuraklık yaşandığı tespit edilmiştir. Dönem içerisinde yaşanan kuraklık olaylarının ortalama süresi yaklaşık olarak 2 ay olup, maksimum kuraklık süresi ise Mart 1956 ile Nisan 1957 dönemleri arasındaki 14 aylık zaman dilimidir. Şekil 3.2.'den de görüldüğü gibi, dönemin 1 aylık SYİ değerleri kullanılarak her ay için ayrı olarak hesaplanarak elde edilen kuraklık şiddetlerinin incelenmesi sonucunda; ortalama kuraklık şiddeti -0.78 olup; maksimum kuraklık şiddetleri ise Ocak 1992'de kuraklık şiddeti -3.08, Haziran 2003'de kuraklık şiddeti -3.01 ve Aralık 2006'da kuraklık şiddeti -3.06 olarak bulunmuştur.

58 yıllık dönemin bütününe bakıldığında ise; kesim seviyesi sıfır olarak kabul edildiğinde, Kırıkkale istasyonu için 1 aylık SYİ değerlerinden yararlanılarak hesaplanan istatistiksel parametrelere göre, yaşanan 160 adet dönemsel kuraklık olayının toplamda 14 ay süren maksimum kuraklık döneminin maksimum kuraklık genliği -11.49 ve bu döneme ait kuraklık şiddeti -0.82'dir. Ayrıca 160 adet dönemsel kuraklık olayının ortalama genliği -1.65, maksimum kuraklık şiddeti -2.75 (Kasım 1978) ve ortalama kuraklık şiddeti ise -0.77 olarak bulunmuştur.



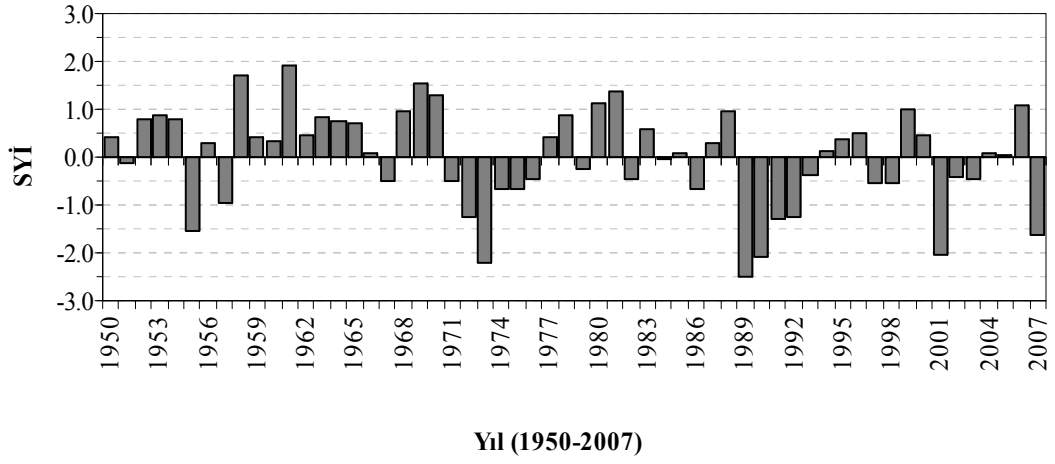
Şekil 3.3. Kırıkkale İstasyonu, 1950-2007 Dönemine Ait Yağış Verilerinin 12 Aylık SYİ Grafiği

Şekil 3.3.'deki 12 aylık SYİ grafiği incelendiğinde, 58 yıllık (696 ay) dönemin 29.58 yılında (355 ay) çeşitli şiddetlerde kuraklık yaşanmıştır. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 7 ay olup, Kasım 1953 ile Şubat 1958 dönemi arasında görülen 52 aylık kuraklık dönemi ise maksimum kuraklık süresi olarak bulunmuştur. Şekil 3.3.'de de görüldüğü gibi 1950 yılından itibaren 47. ayda başlayan maksimum kuraklık süresi 98. aya kadar devam etmektedir. Bu şiddetli uzun kuraklık dönemden sonra Haziran 1965'e kadar kısa süreli kuraklıklar meydana gelmiştir. Haziran 1965 ile Aralık 1967 arasında 31 aylık uzun dönemli kuraklık olmuştur. Yine Haziran 1993 ile Haziran 1995 döneminde de 25 ay kadar uzun kuraklık dönemi yaşanmıştır. 2000'li yıllara bakıldığında ise; 2001, 2003 yıllarının tamamı, 2004 yılının yaz ayları hariç, 2005 yılının Ekim ayına kadarki dönem ile 2007 yılının tamamında kuraklık görülmüştür.

58 yıllık dönemin bütününe bakıldığında; kesim seviyesi 0 olarak kabul edildiğinde, Kırıkkale istasyonu için 12 aylık SYİ değerlerinden yararlanılarak hesaplanan istatistiksel parametrelere göre toplamda 50 adet dönemsel kuraklık olayının maksimum genliği -68.95 (52 aylık maksimum kuraklık süresinin genliği) olup, bu dönemin kuraklık şiddeti -1.33'dür. Ayrıca 50 adet dönemsel kuraklık olayının ortalama genliği -5.31, maksimum kuraklık şiddeti -1.47 (2007 yılı) ve ortalama kuraklık şiddeti ise -0.43 olarak bulunmuştur.

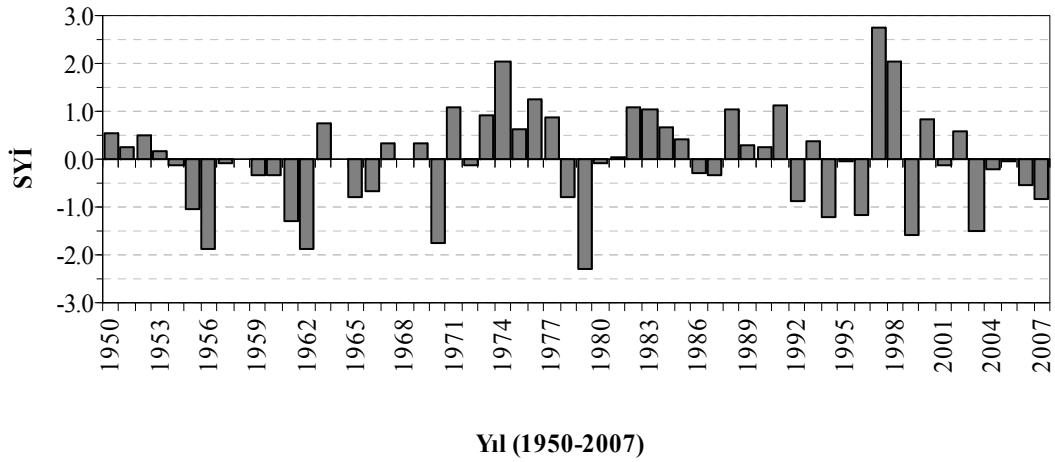
Bunun yanında, SYİ değerleri mevsimsel bazda incelendiğinde ise; yağışların hangi mevsimlerde artıp hangi mevsimlerde azaldığını görmek de mümkündür. Bu nedenle, Kırıkkale meteoroloji istasyonunun 58 yıllık yağış verilerine ait 3 aylık SYİ zaman serilerinden elde edilen her mevsimdeki kuraklık dönemlerini gösteren grafikler Şekil 3.4., Şekil 3.5., Şekil 3.6. ve Şekil 3.7.'de verilmiştir.

KIŞ



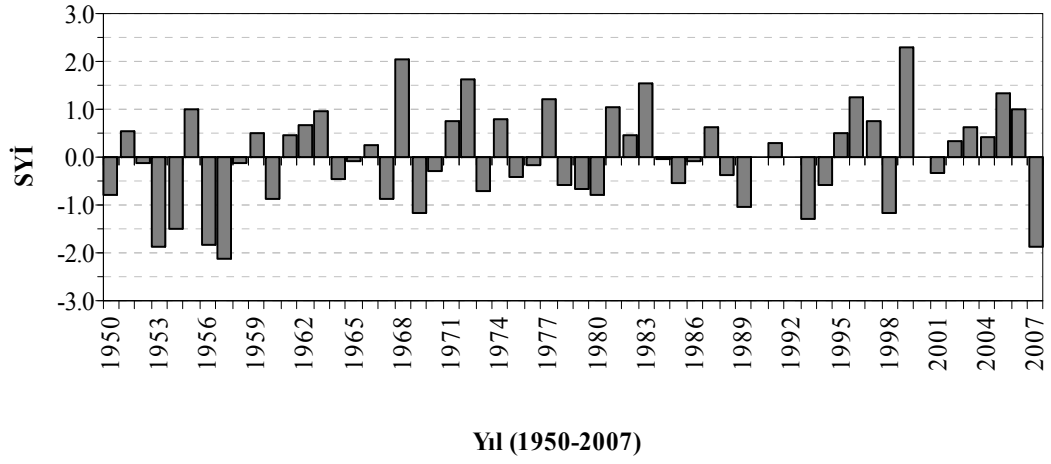
Şekil 3.4. Kırıkkale İstasyonu, 1950-2007 Yıllarındaki Kış Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemlerin Gösterimi

İLKBAHAR



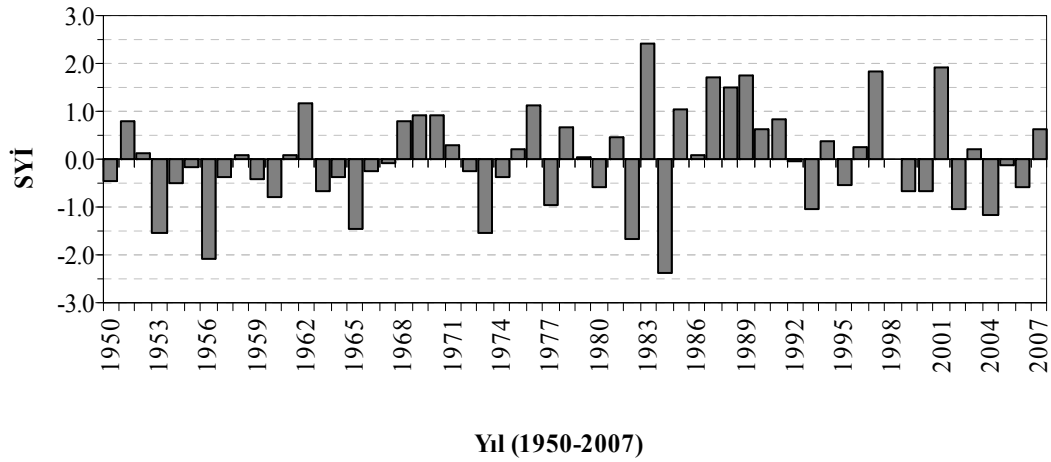
Şekil 3.5. Kırıkkale İstasyonu, 1950-2007 Yıllarındaki İlkbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemlerin Gösterimi

YAZ



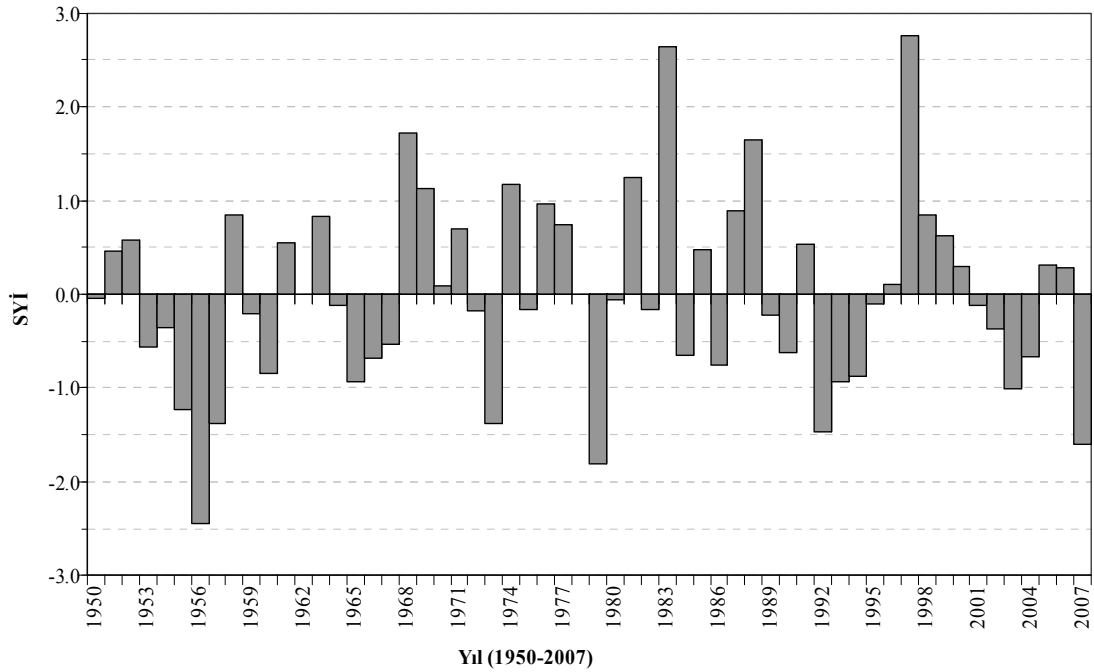
Şekil 3.6. Kırıkkale İstasyonu, 1950-2007 Yıllarındaki Yaz Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemlerin Gösterimi

SONBAHAR



Şekil 3.7. Kırıkkale İstasyonu, 1950-2007 Yıllarındaki Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemlerin Gösterimi

Şekiller incelendiğinde, yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. 58 yıllık dönemde en fazla kuraklığın yaz mevsiminde olduğu, en fazla yağışın ise kış mevsiminde meydana geldiği gözlemlenmiştir. Günümüze en yakın örnek olan 2007 kuraklığını incelersek eğer; bu dönemde kış mevsiminde şiddetli kuraklıklar olmuş, ilkbahar mevsiminde ise yağışlar biraz daha artarak hafif şiddette kuraklıklar meydana gelmiştir. Yaz aylarında ise şiddetli kuraklıkların olmasının ardından, sonbahar mevsiminde yağışlar artarak sulak dönemin başladığı gözlemlenmiştir. Ayrıca genelde kurak dönemlerin birbirini izlemesinden dolayı, 2007 yılında meydana gelen kış kuraklığını, 2006 sonbahar döneminde meydana gelmiş olan hafif şiddetli kuraklıktan tahmin edebilmek mümkündür.



Şekil 3.8. Kırıkkale İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Son olarak, Kırıkkale istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda Kırıkkale'nin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.8'de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 33 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 1 çok şiddetli, 2 şiddetli, 5 orta şiddetli ve 25 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2,20 yıl olup, 1953-1957 yılları arası görülen

maksimum kuraklık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,70 (hafif şiddetli) olup, 1956 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -2,44 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde, 1953-1957, 1964-1967, 1972-1973, 1992-1995, 2001-2004 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür.

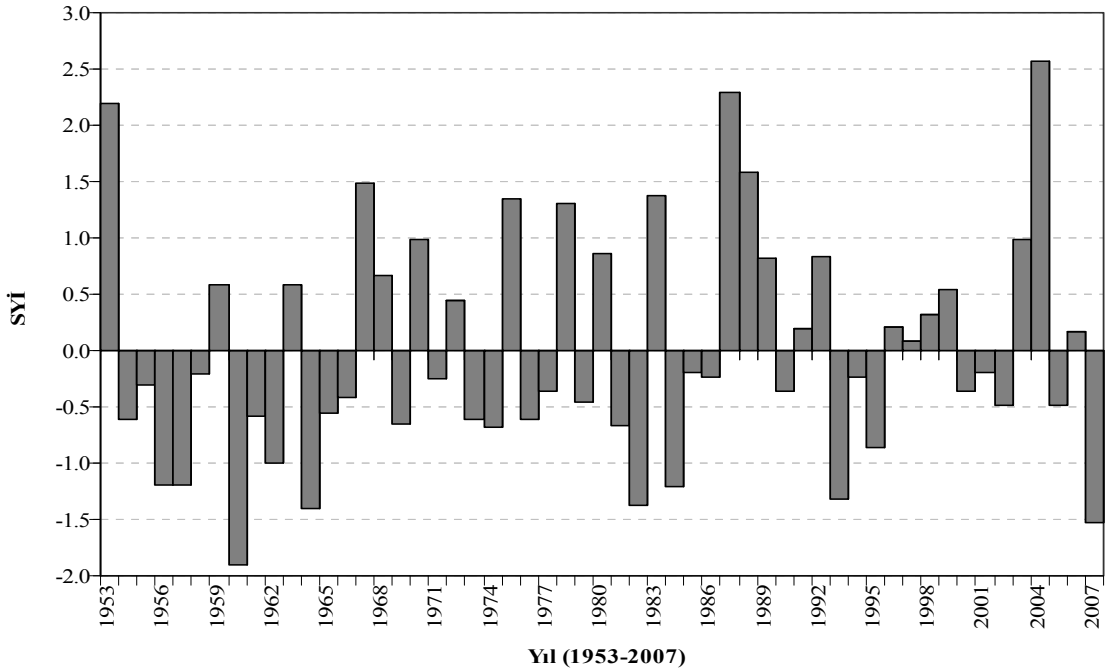
Böylelikle örnek olarak verilen Kırıkkale istasyonun farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Ayrıca, Kırıkkale istasyonundan elde edilen verilerin M, L ve I değerleri hesaplanmış ve bu değerlerin maksimum, minimum, ortalama, medyan, standart sapma, çarpıklık ve basıklık gibi istatistiksel parametreleri tablo haline getirilmiştir. Bu tablodan da yaşanan kuraklıkların şiddetleri, süreleri ve genlikleri yani kuraklık özellikleri hakkında bilgi edinebilir ve bu değerlerin birbirini nasıl etkilediğini görebiliriz.

Örneğin, Çizelge 3.2.'de Kırıkkale istasyonu aylık yağış verilerinden elde edilen 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda bulunan parametreler verilmiştir. Bu parametreler incelendiğinde; kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığının azalmakta olduğu, yine kısa dönemden uzun döneme doğru gidildikçe kuraklık genliklerinde ve kuraklık sürelerinde artış olmakla beraber, ortalama kuraklık şiddetlerinde azalışın meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 3.2. Kırıkkale İstasyonunun Analiz Sonucunda Elde Edilen İstatistiksel Parametreleri

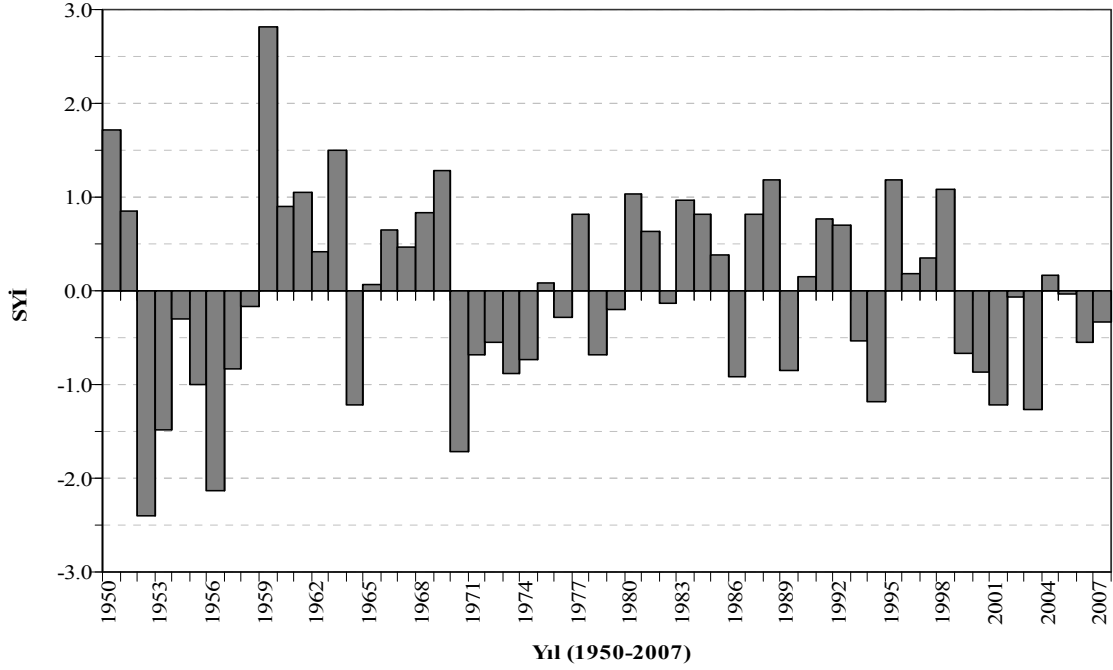
KIRIKKALE		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	160	11.49	0.01	1.20	1.65	1.60	2.47	9.77
		L	160	14	1	2	2.11	1.63	3.14	17.31
		I	160	2.75	0.01	0.67	0.77	0.50	1.15	1.92
3 Aylık	K.S : 0.0	M	94	19.82	0.01	1.42	2.91	3.37	2.13	6.50
		L	94	15	1	3	3.38	2.65	1.74	3.89
		I	94	1.92	0.01	0.62	0.70	0.46	0.41	-0.74
6 Aylık	K.S : 0.0	M	67	33.58	0.02	1.41	4.04	5.92	2.59	8.79
		L	67	23	1	3	4.91	4.95	1.96	4.02
		I	67	1.69	0.02	0.53	0.57	0.42	0.73	-0.06
9 Aylık	K.S : 0.0	M	56	36.78	0.01	1.27	4.80	7.38	2.25	5.70
		L	56	34	1	3	6.09	6.92	1.95	4.27
		I	56	1.75	0.01	0.46	0.52	0.37	1.08	1.43
12 Aylık	K.S : 0.0	M	50	68.95	0.01	0.98	5.31	11.01	4.30	22.93
		L	50	52	1	4	7.10	8.99	3.16	12.81
		I	50	1.47	0.01	0.35	0.43	0.37	1.14	0.67
24 Aylık	K.S : 0.0	M	34	86.35	0.01	0.82	7.92	17.31	3.36	12.92
		L	34	56	1	3	10.32	15.29	1.93	2.90
		I	34	1.54	0.01	0.26	0.35	0.35	1.51	2.55

Yukarıdaki Kırıkkale istasyonu için verilen detaylandırma, diğer 13 meteoroloji istasyonu için de yapılmıştır ve elde edilen bulgular ise ekler bölümünde verilmiştir. SYİ çalışmasının bu bölümünde ise, çalışma alanındaki mevcut 14 adet meteoroloji istasyonuna ait yağış verilerinin 12 aylık SYİ değerlerinden faydalanarak elde edilen her meteoroloji istasyonuna ait yıllık kuraklık değerlerinin sonuçları incelenecektir.



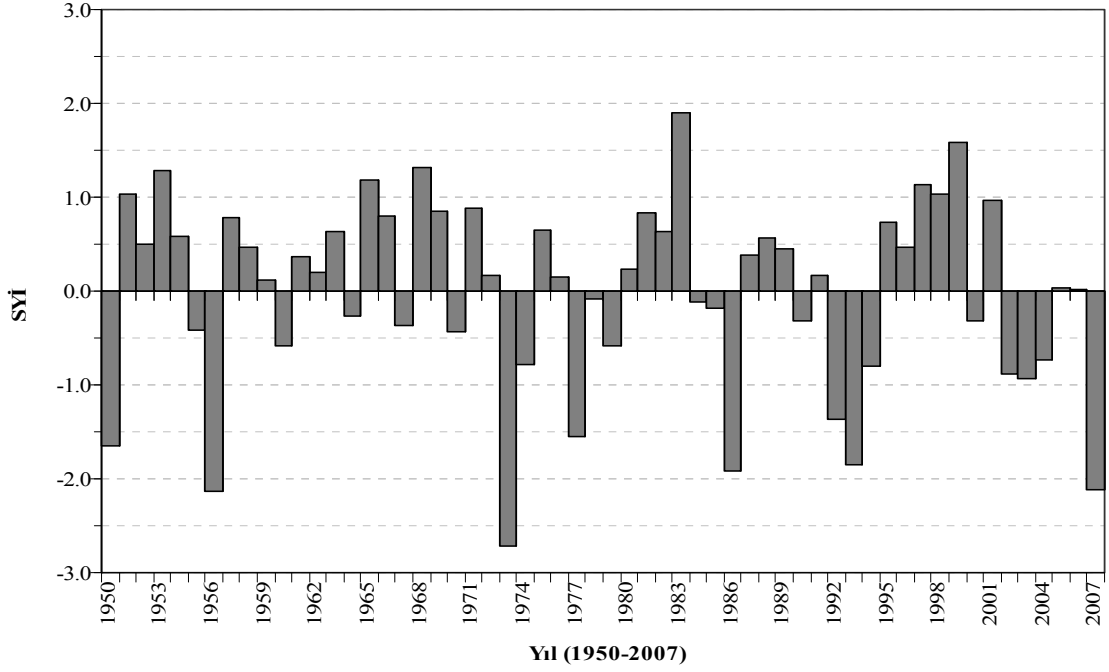
Şekil 3.9. Bafra İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bafra istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1953-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.9’da görüldüğü gibi, toplamda 55 yılda 32 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 2 şiddetli, 7 orta şiddetli ve 23 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi ise 2,13 yıl olup, 1954-1958 arası görülen maksimum kuraklık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti ise -0,68 (hafif şiddetli) olup, 1960 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -1.9 (şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde; 1954-1958, 1960-1962, 1964-1966, 1981-1982, 1984-1986, 1993-1995 ve 2000-2002 dönemlerinde uzun süreli farklı şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür.



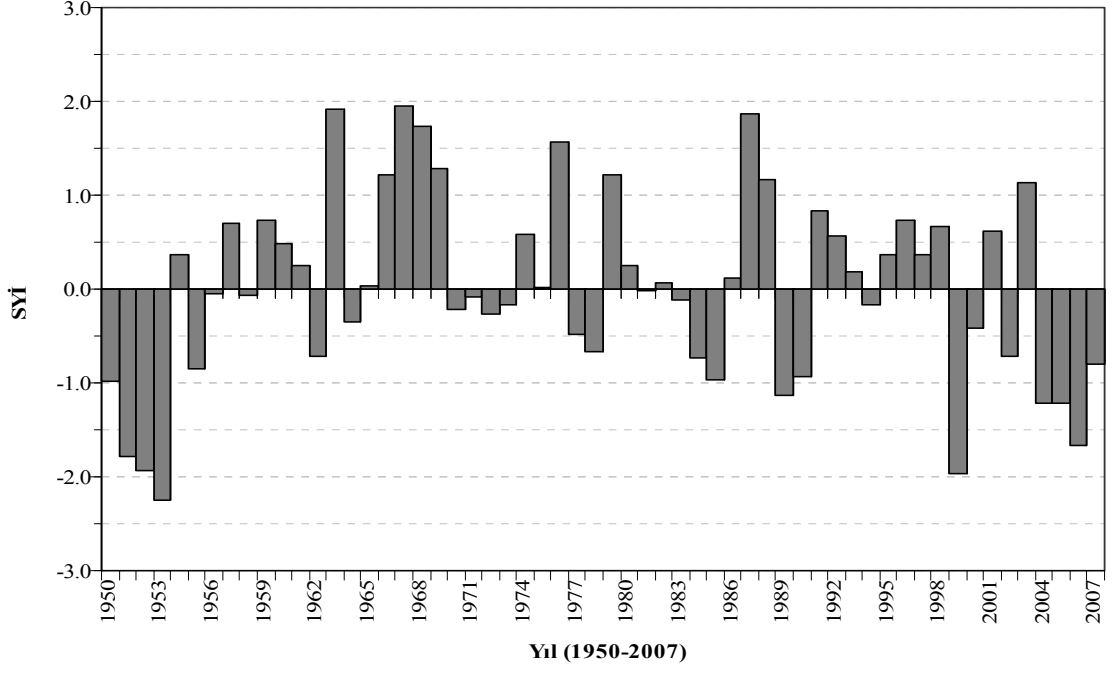
Şekil 3.10. Boğazlıyan İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Boğazlıyan istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.10’da görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 29 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 2 çok şiddetli, 1 şiddetli, 6 orta şiddetli ve 20 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2,64 yıl olup, 1952-1958 arası görülen maksimum kuraklık süresi 7 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,82 (hafif şiddetli) olup, 1952 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -2,4 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde; 1952-1958, 1970-1974 ve 1999-2003 dönemlerinde uzun süreli nispeten şiddetli kuraklıklar görülmüştür.



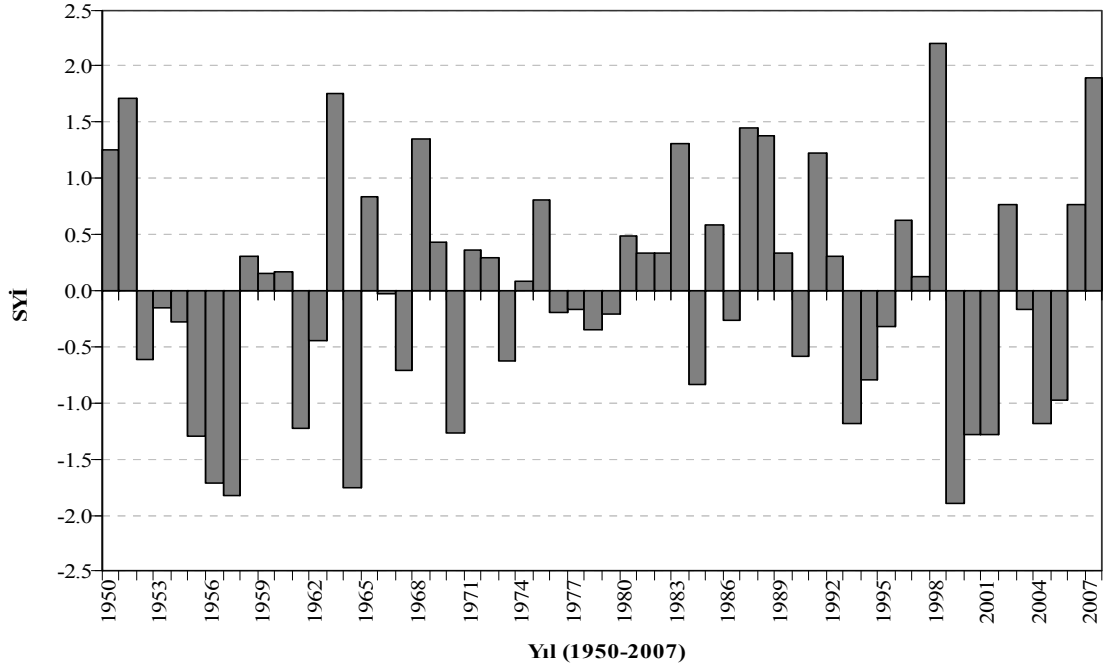
Şekil 3.11. Çankırı İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Çankırı istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.11’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 24 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 3 çok şiddetli, 4 şiddetli, 1 orta şiddetli ve 16 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1.71 yıl olup; 1977-1979, 1984-1986, 1992-1994 ve 2002-2004 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 3 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,96 (hafif şiddetli) olup, 1973 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -2,72 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır.



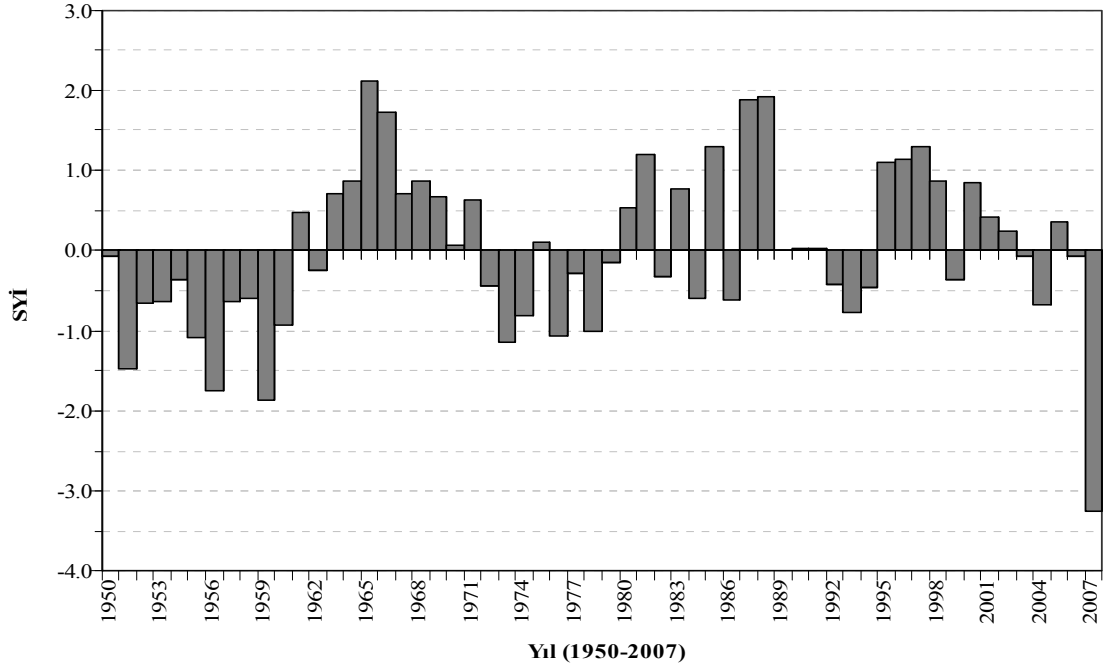
Şekil 3.12. Develi İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Develi istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.12’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 29 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 1 çok şiddetli, 4 şiddetli, 3 orta şiddetli ve 21 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.07 yıl olup; 1950-1953, 1970-1973 ve 2004-2007 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 4 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,79 (hafif şiddetli) olup, 1953 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -2,25 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1983-1985, 1989-1990 ve 1999-2000 dönemlerinde hafif ve orta şiddetli kuraklıklar görülmüştür.



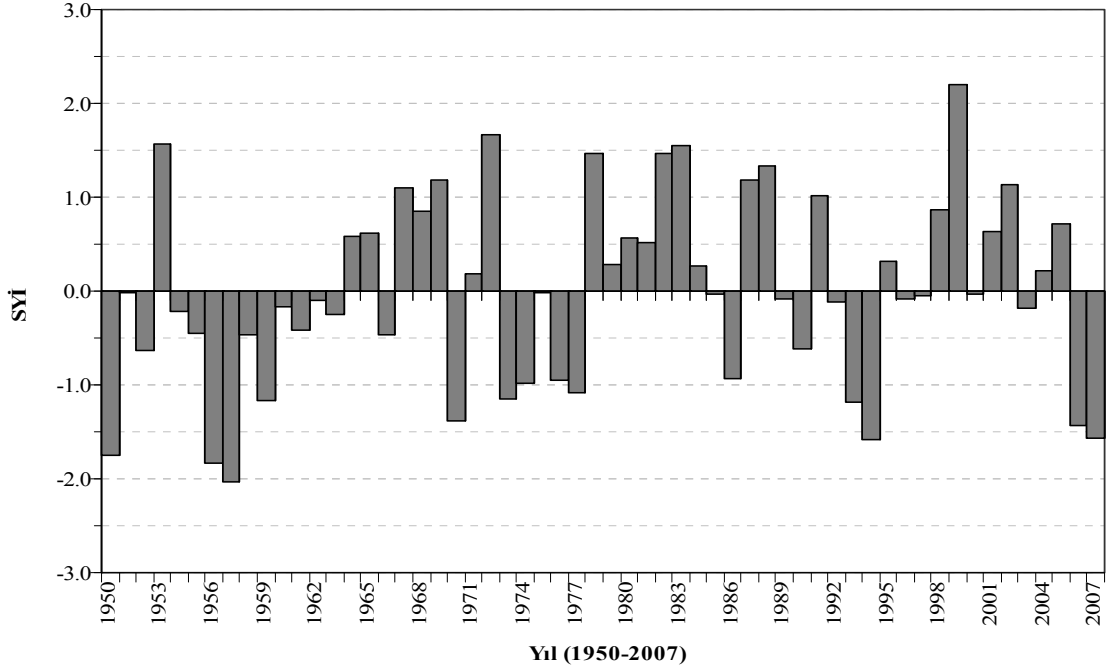
Şekil 3.13. Gemerek İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Gemerek istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.13’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 29 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 4 şiddetli, 7 orta şiddetli ve 18 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.23 yıl olup; 1952-1957 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 6 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,82 (hafif şiddetli) olup, 1999 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -1.9 (şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1976-1979, 1993-1995, 1999-2001 ve 2003-2005 dönemlerinde hafif ve orta şiddetli kuraklıklar görülmüştür.



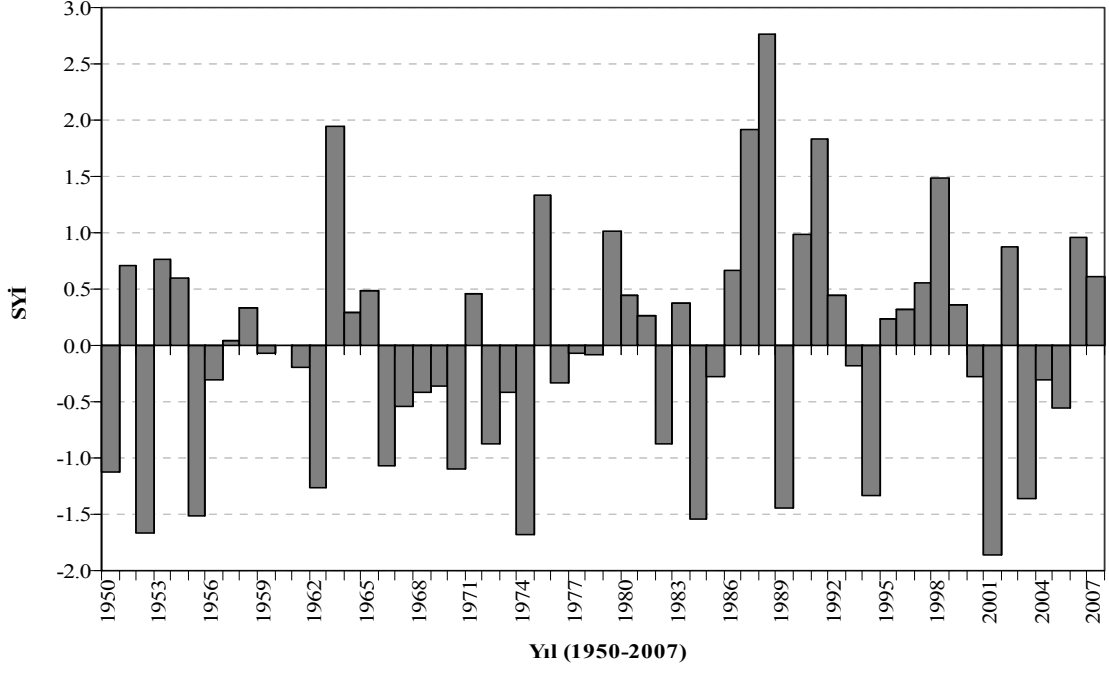
Şekil 3.14. Kaman İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Kaman istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.14’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 30 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 1 çok şiddetli, 2 şiddetli, 5 orta şiddetli ve 22 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.73 yıl olup; 1950-1960 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 11 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,76 (hafif şiddetli) olup, 2007 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -3.25 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1972-1974, 1976-1979 ve 1992-1994 dönemlerinde hafif ve orta şiddetli kuraklıklar görülmüştür.



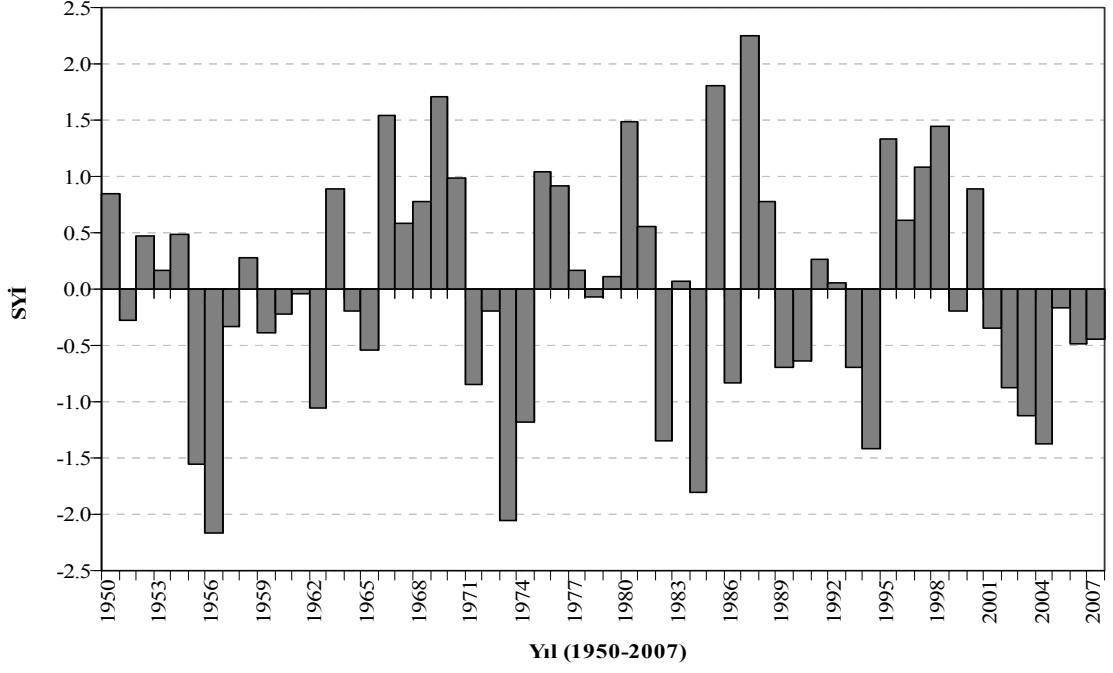
Şekil 3.15. Kastamonu İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Kastamonu istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.15’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 33 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 1 çok şiddetli, 4 şiddetli, 6 orta şiddetli ve 22 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.75 yıl olup; 1954-1963 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 10 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,71 (hafif şiddetli) olup, 1957 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -2.04 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1950-1952, 1973-1977, 1992-1994 ve 2006-2007 dönemlerinde çeşitli şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür.



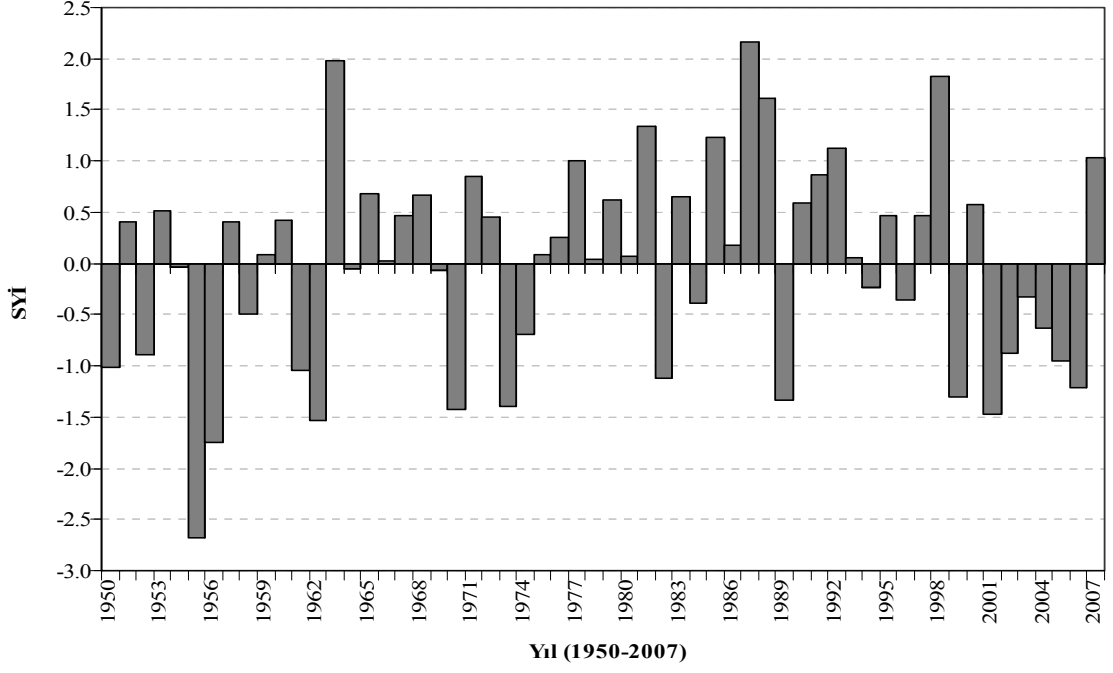
Şekil 3.16. Kayseri İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Kayseri istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.16'da görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 30 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 5 şiddetli, 7 orta şiddetli ve 18 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.31 yıl olup; 1966-1970 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,77 (hafif şiddetli) olup, 2001 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -1.86 (şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1959-1962, 1972-1974, 1992-1994 ve 2003-2005 dönemlerinde çeşitli şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür.



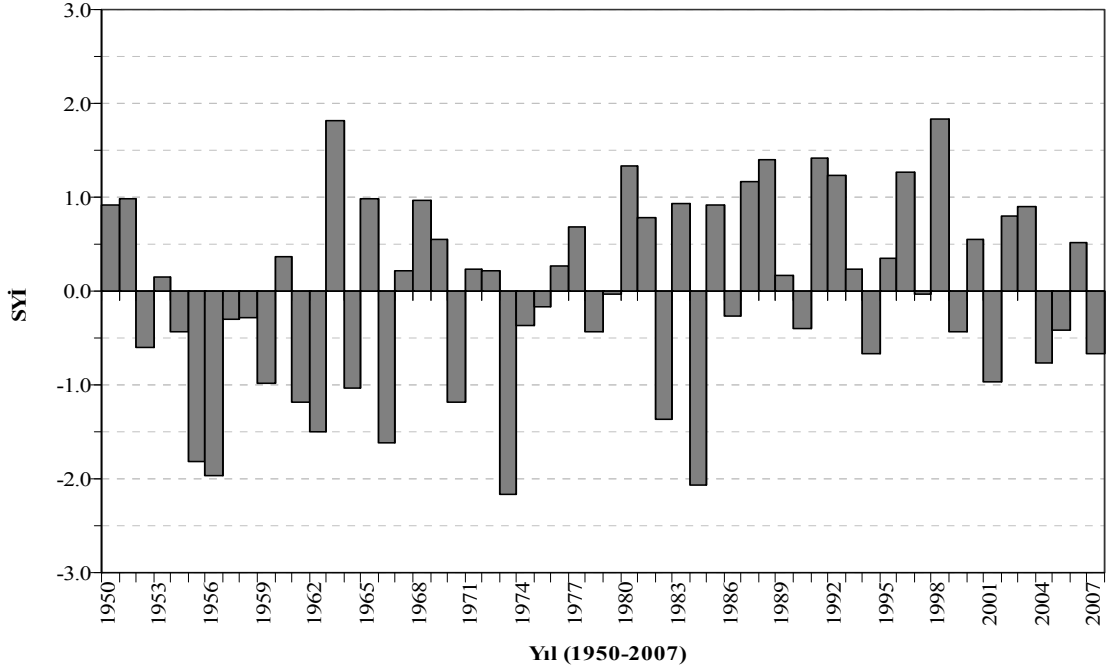
Şekil 3.17. Kırşehir İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Kırşehir istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.17’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 30 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 2 çok şiddetli, 2 şiddetli, 6 orta şiddetli ve 20 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2,31 yıl olup, 2001-2007 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 7 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,41 (hafif şiddetli) olup, 1956 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -2,16 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde, 1955-1957, 1959-1962, 1971-1974 ve 2001-2007 dönemlerinde uzun süreli farklı şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür.



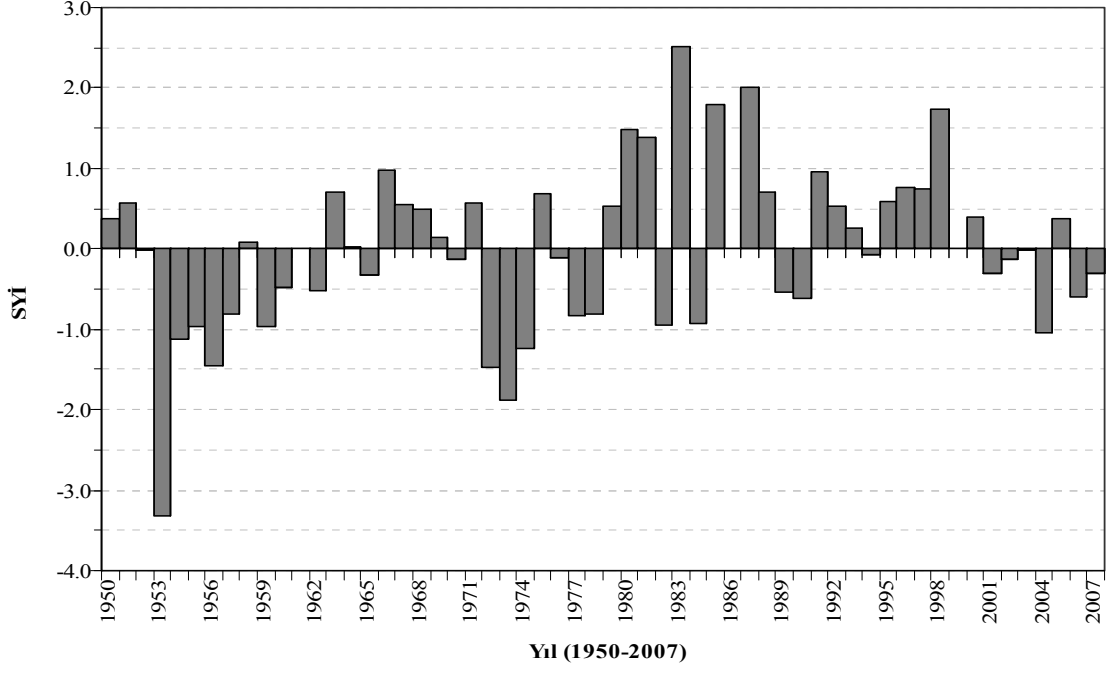
Şekil 3.18. Nevşehir İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Nevşehir istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.18’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 25 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 1 çok şiddetli, 2 şiddetli, 9 orta şiddetli ve 13 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1.67 yıl olup, 2001-2006 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 6 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,93 (hafif şiddetli) olup, 1955 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -2.68 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde, 1954-1956 ve 1961-1962 dönemlerinde uzun süreli farklı şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür.



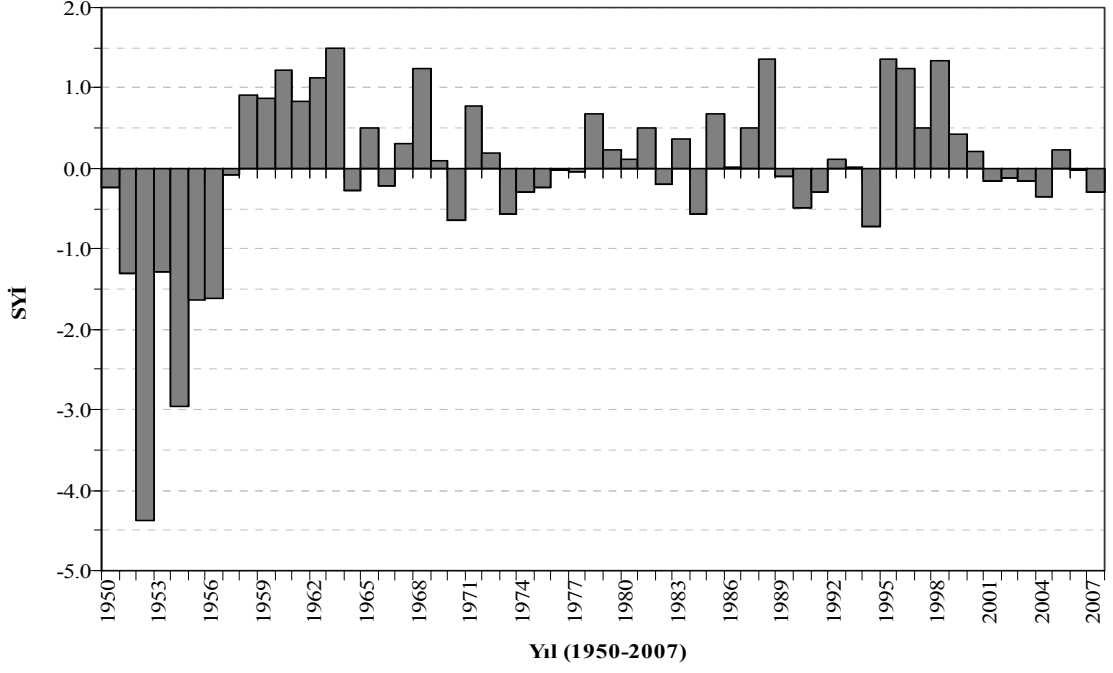
Şekil 3.19. Sivas İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Sivas istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.19’da görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 28 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 2 çok şiddetli, 4 şiddetli, 4 orta şiddetli ve 18 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1,56 yıl olup, 1954-1959 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 6 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,86 (hafif şiddetli) olup, 1973 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -2,16 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde, 1961-1962 ve 1973-1975 dönemlerinde uzun süreli farklı şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür.



Şekil 3.20. Yozgat İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Yozgat istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.20’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 29 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 1 çok şiddetli, 1 şiddetli, 5 orta şiddetli ve 22 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2,42 yıl olup, 1952-1957 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 6 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,76 (hafif şiddetli) olup, 1953 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -3.32 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde, 1959-1962, 1972-1974, 1976-1978 ve 2001-2004 dönemlerinde uzun süreli farklı şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür.



Şekil 3.21. Zira İstasyonu 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Zira istasyonu için 12 aylık SYİ serisi yıllık bazda incelendiğinde, 1950-2007 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda bölgenin çeşitli şiddette kuraklıklara maruz kaldığı görülmektedir. Şekil 3.21’de görüldüğü gibi, toplamda 58 yılda 28 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 2 çok şiddetli, 2 şiddetli, 2 orta şiddetli ve 22 hafif şiddetli biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2,55 yıl olup, 1950-1957 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 8 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,69 (hafif şiddetli) olup, 1952 yılında görülen maksimum kuraklık şiddeti -4.37 (çok şiddetli) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde, 1973-1977, 1989-19791 ve 2001-2004 dönemlerinde uzun süreli farklı şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür.

Yukarıdaki her istasyona ait yıllık kuraklık incelemelerinin sonuçları, istasyonlara ait değerlerin daha net görülebilmesi ve bazı kuraklık parametrelerinin birbirleri ile karşılaştırılabilmesi amacıyla bir araya getirilmiştir. Kızılırmak Havzası'ndaki 14 adet meteoroloji istasyonuna ait 58 yıllık zaman aralığındaki (Bafra istasyonu için 55 yıllık) 12 aylık SYİ değerlerinden faydalanılarak bulunan, yıl bazında hesaplanan kuraklıkların toplamdaki değerleri ile bu kuraklık değerlerinin sınıflandırılmaları sonucunda toplamda elde edilen değerler Çizelge 3.3'de ve istasyonların ortalama şiddet, ortalama süre, maksimum şiddet ve maksimum sürelerini gösteren değerler ise Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Havzadaki Mevcut İstasyonlara Ait Belirlenmiş Yıllık Kuraklıkların Sayısal Değerleri

Meteoroloji İstasyonları	Yıllık Kuraklıkların Topamları	Sınıflandırılmış Kuraklıkların Toplamdaki Değerleri			
		Çok Şiddetli	Şiddetli	Orta Şiddetli	Hafif Şiddetli
Bafra	32	0	2	7	23
	% Oran		6	22	72
Boğazlıyan	29	2	1	6	20
	% Oran	6	4	21	69
Çankırı	24	3	4	1	16
	% Oran	12	17	4	67
Develi	29	1	4	3	21
	% Oran	4	14	10	72
Gemerek	29	0	4	7	18
	% Oran		14	24	62
Kaman	30	1	2	5	22
	% Oran	3	7	17	73
Kastamonu	33	1	4	6	22
	% Oran	3	12	18	67
Kayseri	30	0	5	7	18
	% Oran		17	23	60
Kırıkkale	33	1	2	5	25
	% Oran	3	6	15	76
Kırşehir	30	2	2	6	20
	% Oran	7	7	20	66
Nevşehir	25	1	2	9	13
	% Oran	4	8	36	52
Sivas	28	2	4	4	18
	% Oran	7	14	14	65
Yozgat	29	1	1	5	22
	% Oran	3	3	17	76
Zara	28	2	2	2	22
	% Oran	7	7	7	79

Çizelge 3.4. Havzadaki Mevcut İstasyonların Yıllık Kuraklık Değerlerinin İstatiksel Parametrelerinin Karşılaştırılması

Meteoroloji İstasyonları	Ortalama Şiddet	Ortalama Süre	Maks. Şiddet	Maks. Süre
Bafra	-0.68	2.13	-1.9	5
Boğazlıyan	-0.82	2.64	-2.4	7
Çankırı	-0.96	1.71	-2.72	3
Develi	-0.79	2.07	-2.25	4
Gemerek	-0.82	2.23	-1.9	6
Kaman	-0.76	2.73	-3.25	11
Kastamonu	-0.71	2.75	-2.04	10
Kayseri	-0.77	2.31	-1.86	5
Kırıkkale	-0.70	2.20	-2.44	5
Kırşehir	-0.41	2.31	-2.16	7
Nevşehir	-0.93	1.67	-2.68	6
Sivas	-0.86	1.56	-2.16	6
Yozgat	-0.76	2.42	-3.32	6
Zara	-0.69	2.55	-4.37	8

Çizelgelerde mevcut olan, havzadaki 14 adet meteoroloji istasyonuna ait gösterilen parametreler incelendiğinde; istasyonların ortalama kuraklık süreleri 1.65 ile 2.75 yıl arasında değişmekte olup, maksimum kuraklık süreleri ise 3 ile 11 yıl arasında değişmektedir. Bunun yanında, yıllık ortalama kuraklık şiddetleri ise -0.41 ile -0.96 arasında değişerek, maksimum kuraklık şiddetleri ise -1.9 ile -4.37 değerleri arasında değişmektedir. Ayrıca toplamda yaşanan en fazla kuraklık 33 yıl olarak Kırıkkale ve Kastamonu illerinde, toplamda en az kuraklık 24 yıl olarak Çankırı ilinde görülmektedir. Bunun yanında; Bafra, Gemerek ve Kayseri istasyon bölgelerinde çok şiddetli kuraklıklara rastlanmamış olup, çok şiddetli kuraklıklara en fazla Çankırı istasyon bölgesinde rastlanmıştır. Ortalama kuraklık şiddetleri ile maksimum kuraklık şiddetleri değerleri incelendiğinde ise ortalama kuraklık şiddetlerinin hafif şiddetli, maksimum kuraklık şiddetlerinin ise şiddetli ve çok şiddetli olduğu görülmektedir. Bunun nedeni ise, havzada genel olarak hafif ve orta derecede kuraklığın hakim olması ve kurak-sulak dönemlerin zamanla belirli bir periyodiklik izlemesidir. Fakat bazı yıllarda da şiddetli ve çok şiddetli kuraklıkların yaşandığı da gözden kaçırılmamalıdır. Ayrıca, hafif şiddetli kuraklık değerleri ortalama kuraklık

şiddetini düşürürken, bazı yıllarda yaşanan çok şiddetli kuraklıklar ortalama kuraklık şiddetini yükseltmiştir. Örneğin, Zara istasyonunun değerlerine bakıldığında maksimum kuraklık şiddeti en yüksek olan istasyondur, fakat bunun yanında ortalama kuraklık şiddeti diğer istasyonlara göre daha düşüktür. Bu da, o bölgede hafif şiddetli ve orta şiddetli kuraklıkların daha fazla hakim olduğunu göstermektedir. Fakat istasyon için incelenen dönem içerisinde şiddetli ve çok şiddetli kuraklıklarında olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Aynı şekilde Çankırı istasyonunun değerlerine bakıldığında ise ortalama şiddet bakımından en yüksek değere sahip olan istasyondur, fakat maksimum kuraklık süresi ise diğer istasyonlara göre en düşüktür, yani bir kurak dönemin başlamasıyla en fazla üç yıl kurak dönem devam etmiştir. Bu da genel olarak, o bölgede ardı ardına uzun yıllar kuraklığın yaşanmadığı, fakat yaşanan kuraklıklarda ise şiddetli kuraklıkların hakim olduğu gözlemlenmiştir.

Son olarak da, mevcut istasyonların 1950-2007 yılları (Bafra istasyonu için 1953-2007 yılları kullanılmıştır) arasındaki aylık yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinden yararlanılarak bulunan kuraklıkların, mevsimsel dağılımlarının incelenmesi sonucu her mevsim için elde edilen toplam değerleri ile bu değerlerin kuraklık sınıflarına göre ayrımı Çizelge 3.5’de gösterilmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada, mevcut her istasyon için gözlemlenen kuraklıkların her yıla ait mevsimsel dağılımlarını ayrıntılı biçimde gösteren grafikler ise Ek-4’de (Bkz. Ek-4) verilmiştir.

Çizelge 3.5. Havzadaki Mevcut İstasyonlara Ait Kuraklıkların Mevsimsel Dağılımlarının Sonuçları

Meteoroloji İstasyonları	Bafra	Boğazlıyan	Çankırı	Develi	Gemerek	Kaman	Kastamonu	Kayseri	Kırıkkale	Kırşehir	Nevşehir	Sivas	Yozgat	Zara
İncelenen Zaman Aralığı	55 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl	58 yıl
<i>Kış mevsiminde gözlenen toplam kuraklıklar</i>	23	27	30	25	29	26	27	29	25	32	27	30	29	29
Çok Şiddetli Kuraklıklar	2	2	1	2	2	2	1	2	4	1	3	2	1	2
Şiddetli Kuraklıklar	1	3	5	1	3	3	3	0	2	3	1	2	4	1
Orta Şiddetli Kuraklıklar	7	1	4	3	4	3	5	7	3	7	5	3	3	6
Hafif Şiddetli Kuraklıklar	13	21	20	19	20	18	18	20	16	21	18	23	21	20
<i>İlkbahar mevsiminde gözlenen toplam kuraklıklar</i>	27	30	29	33	29	30	28	30	30	31	31	27	23	22
Çok Şiddetli Kuraklıklar	0	3	1	1	2	1	2	2	1	2	2	4	2	3
Şiddetli Kuraklıklar	1	2	4	0	1	4	2	1	4	2	3	1	3	3
Orta Şiddetli Kuraklıklar	9	2	5	10	8	7	7	5	5	3	3	3	6	4
Hafif Şiddetli Kuraklıklar	17	23	19	22	18	18	17	22	20	24	23	19	12	12
<i>Yaz mevsiminde gözlenen toplam kuraklıklar</i>	32	30	29	30	28	26	30	30	32	26	24	30	29	27
Çok Şiddetli Kuraklıklar	1	0	1	0	2	1	0	1	1	2	2	0	2	0
Şiddetli Kuraklıklar	2	4	2	3	0	5	4	2	4	3	4	4	2	6
Orta Şiddetli Kuraklıklar	4	5	10	9	6	4	7	6	4	4	4	6	6	6
Hafif Şiddetli Kuraklıklar	25	21	16	18	20	16	19	21	23	17	14	20	19	15
<i>Sonbahar mevsiminde gözlenen toplam kuraklıklar</i>	32	31	25	28	31	29	29	30	30	29	33	30	31	28
Çok Şiddetli Kuraklıklar	1	1	2	0	0	1	1	1	2	1	0	2	0	2
Şiddetli Kuraklıklar	2	5	4	3	4	4	4	3	3	3	4	3	4	2
Orta Şiddetli Kuraklıklar	4	3	3	9	7	4	3	6	4	4	5	4	9	2
Hafif Şiddetli Kuraklıklar	25	22	16	16	20	20	21	20	21	21	24	21	18	22

Çizelge 3.5. incelendiğinde, kış mevsiminde gözlenen kuraklıklar 23 yıl ile 32 yıl arasında değişmektedir. En fazla kış kuraklıkları Kırşehir istasyon bölgesinde 32 yıl, bunu takiben Çankırı ve Sivas istasyon bölgelerinde 30 yıl olarak görülmektedir. En az kış kuraklıkları ise Bafra istasyon bölgesinde 23 yıl, Develi ve Kırıkkale istasyon bölgelerinde 25 yıl olarak görülmektedir. İlkbahar mevsiminde gözlenen kuraklıklar 22 yıl ile 33 yıl arasında değişmekte olup, en fazla kuraklıkların Develi’de 33 yıl, Kırşehir’de ve Nevşehir’de ise 31 yıl, en az kuraklıkların ise Zara’da 22 yıl ve Yozgat’ta 23 yıl olarak yaşandığı görülmüştür. Yaz mevsiminde gözlenen kuraklıklar 24 yıl ile 32 yıl arasında değişmekte olup, en fazla kuraklık 32 yıl olarak Kırıkkale ve Bafra istasyon bölgelerinde, en az kuraklık ise 24 yıl olarak Nevşehir, 26 yıl olarak Kaman ve Kırşehir istasyon bölgelerinde meydana gelmiştir. Sonbahar mevsimine bakıldığında ise; gözlenen kuraklıklar 25 yıl ile 33 yıl arasında değişmekte olup, 33 yıl Nevşehir ve 32 yıl olarak Bafra istasyon bölgelerinde en fazla, 25 yıl Çankırı ve 28 yıl olarak Develi istasyon bölgelerinde ise en az kuraklıkların yaşandığı tespit edilmiştir.

Bununla beraber, yine kış mevsiminde çok şiddetli kuraklıkların en fazla Kırıkkale, şiddetli kuraklıkların en fazla Çankırı, orta şiddetli kuraklıkların en fazla Bafra, Kayseri ve Kırşehir, hafif şiddetli kuraklıkların ise en fazla Sivas istasyon bölgelerinde yaşandığı; ilkbahar mevsiminde çok şiddetli kuraklıkların en fazla Sivas, şiddetli kuraklıkların en fazla Çankırı, Kaman ve Kırıkkale, orta şiddetli kuraklıkların en fazla Develi ve Bafra, hafif şiddetli kuraklıkların ise en fazla Kırşehir istasyon bölgelerinde yaşandığı; yaz mevsiminde çok şiddetli kuraklıkların en fazla Gemerek, Kırşehir, Nevşehir ve Yozgat, şiddetli kuraklıkların en fazla Zara, orta şiddetli kuraklıklar en fazla Çankırı, hafif şiddetli kuraklıkların ise en fazla Bafra istasyon bölgelerinde yaşandığı; sonbahar mevsiminde ise çok şiddetli kuraklıkların en fazla Çankırı, Kırıkkale, Sivas ve Zara, şiddetli kuraklıkların en fazla Boğazlıyan, orta şiddetli kuraklıklar en fazla Develi ve Yozgat, hafif şiddetli kuraklıkların ise en fazla Bafra istasyon bölgelerinde yaşandığı görülmektedir.

Ayrıca kış mevsiminde tüm istasyon bölgelerinde çok şiddetli kuraklıklar yaşanırken; ilkbahar mevsiminde Bafra, yaz mevsiminde Boğazlıyan, Develi, Kastamonu, Sivas

ve Zara; sonbahar mevsiminde ise Develi, Gemerek, Nevşehir ve Yozgat istasyon bölgelerinde çok şiddetli kuraklıklar yaşanmamıştır.

Çizelge 3.5'deki kış mevsimi ve yaz mevsimi değerleri karşılaştırıldığında toplam kuraklık dağılımı içerisindeki çok şiddetli kuraklık değerleri Kırşehir ve Yozgat istasyonları haricinde diğer istasyonlarda ya aynı kalmış ya da daha fazla kış mevsiminde artış göstermiştir. Şiddetli kuraklık değerleri ise; Çankırı, Gemerek, Yozgat istasyonları haricinde yaz mevsiminde artış göstermiştir. Ayrıca, hafif ve orta şiddetli değerler ise istasyonların bir kısmında artarken bir kısmında azalma göstermiştir.

İlkbahar mevsimi ile sonbahar mevsimi değerleri karşılaştırıldığında ise toplam kuraklık dağılımı içerisindeki çok şiddetli kuraklık değerleri, Bafra, Çankırı ve Kırıkkale istasyonları haricinde diğer istasyonlarda ya aynı kalmış ya da daha fazla ilkbahar mevsiminde yükselme göstermiştir. Şiddetli kuraklık değerleri ise Kırıkkale ve Zara istasyonları haricinde diğer istasyonlarda ya aynı kalmış ya da daha fazla sonbahar mevsiminde yükselme göstermiştir. Ayrıca, hafif ve orta şiddetli değerler ise istasyonların bir kısmında artarken bir kısmında azalma göstermiştir.

Sonuç olarak her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Ayrıca, havza için kış mevsiminde daha az kuraklık veya yaz mevsiminde daha fazla kuraklık görülür şeklinde genellemeler yapılamamaktadır. Çünkü her istasyon bölgesinin coğrafi konumunun farklı olması, mevsimlerde farklı yağış rejimlerinin görülmesine ve kuraklık olaylarında düzensizliklere neden olmaktadır.

4. YAPAY SİNİR AĞLARI METODU İLE SYİ VERİLERİNİN TAHMİNİ

Çalışmanın bundan önceki bölümünde, Kızılırmak Havzası'nda mevcut 13 adet meteoroloji istasyonlarından elde edilen 1950 ile 2007 yılları arasındaki 58 yıllık döneme ait gözlenen aylık yağış verileri ile 1 adet meteoroloji istasyonundan elde edilen 1953 ile 2007 yılları arasındaki 55 yıllık döneme ait gözlenen aylık yağış verileri kullanılarak SYİ metodu ile kuraklık analizi yapılmıştır.

Tez çalışmasının bu kısmında ise, geçmiş yılların yağış verilerini kullanarak yapay sinir ağları (YSA) metodu ile gelecek yıllara yönelik kuraklık tahmini yapılmıştır. Literatürde benzer çalışmalar olmakla beraber bu çalışmada, sadece geçtiğimiz yılların yağış verileri kullanılarak geleceğe yönelik tahmin yapılmıştır. Çalışmada “*Matlab*” programı kullanılarak farklı ağ modelleri geliştirilip bunların denemeleri yapılmış ve bu denemeler sonucu en iyi ağ modeli belirlenmeye çalışılmıştır. Ağların eğitimi için 1950 ile 2006 yılları arasındaki aylık SYİ serileri kullanılmış olup, bu verilerin yaklaşık %75'i eğitim ve %25'i test verisi olarak ayrılmıştır. 2007 yılına ait veriler ise oluşturulan ağ modelinin, gelecek yıllara ait verileri ne kadar tahmin edebildiğini görebilmek amacıyla deneme verisi olarak kullanılmıştır.

Bu bölümün ilerleyen sayfalarında YSA hakkında genel bilgi verildikten sonra SYİ serilerinin tahmini için geliştirilen YSA modeli ve tahmin sonuçları üzerinde durulacaktır.

4.1. Yapay Sinir Ağları

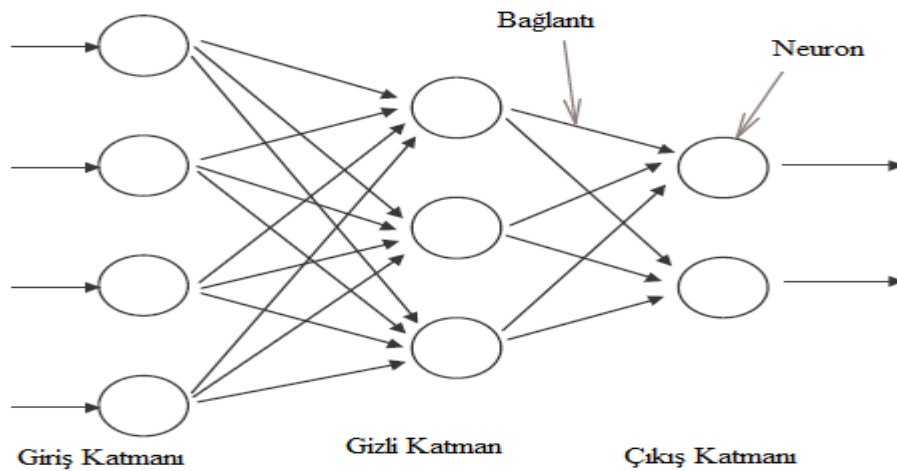
Yapay zeka, insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanır (69). Yapay zeka alanının bir alt dalını oluşturan YSA teknolojisi öğrenebilen sistemlerin temelini oluşturmaktadır. İnsan beyninin temel işlem elemanı olan nöronu (neuron) şekilsel ve işlevsel olarak basit bir şekilde taklit eden YSA'lar, bu yolla biyolojik sinir sisteminin basit bir simülasyonu için oluşturulan programlardır (70).

Günümüzde YSA'lar gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde oldukça geniş bir uygulama alanı kazanmışlardır. Bugün, birçok endüstride başarılı şekilde kullanılmaktadırlar. Uygulama alanları için bir sınır yoktur fakat öngörü, modelleme ve sınıflandırma gibi bazı alanlarda ağırlıklı olarak kullanılmaktadır (70).

Yapay sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde *ağ (network)* olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce yapay sinir hücresi bulunmaktadır. Yapay sinir hücrelerinin birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri yapay sinir ağını oluşturmaktadır.

Yapay sinir ağıyla aslında biyolojik sinir ağının bir modeli oluşturulmak istenmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik şekilde birbirleriyle bağlanmaları değişik ağ mimarilerini doğurur. YSA'lar üç katmadan oluşur.

Bu üç katmanın her birinde bulunan işlem elemanları ve katmanlar arası ilişkileri şematik olarak Şekil 4.1'de gösterilmektedir. Şekildeki yuvarlak şekiller işlem elemanlarını göstermektedir. Her katmanda birbirine paralel elemanlar söz konusudur. İşlem elemanları birbirine bağlayan çizgiler ise ağın bağlantılarını göstermektedir. İşlem elemanları ve bağlantıları bir yapay sinir ağını oluştururlar. Bu bağlantıların ağırlık değerleri öğrenme sırasında belirlenmektedir (71).



Şekil 4.1. Yapay Sinir Ağı Modeli

4.2. Yapay Sinir Ağının Eğitimi ve Testi

Yapay sinir ağı öğrenme sürecinde, gerçek hayattaki problem alanına ilişkin veri ve sonuçlardan, bir başka deyişle örneklerden yararlanır. Gerçek hayattaki problem alanına ilişkin değişkenler yapay sinir ağının girdi dizisini, bu değişkenlerle elde edilmiş gerçek hayata ilişkin sonuçlar ise yapay sinir ağının ulaşması gereken hedef çıktıların dizisini oluşturur.

Öğrenme süresinde, seçilen öğrenme yaklaşıma göre ağırlıklar değiştirilir. Ağırlık değişimi, öğrenmeyi ifade eder. YSA'da ağırlık değişimi yoksa öğrenme işlemi de durmuştur. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rastgele atanır. YSA'lar kendilerine örnekler gösterildikçe, bu ağırlık değerlerini değiştirirler. Amaç, ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında, genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması demektir. Bu genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine, “*ağın öğrenmesi*” denir.

Eğitim süreci sonucunda yapay sinir ağında hesaplanan hatanın kabul edilebilir bir hata oranına inmesi beklenir. Ancak hata kareleri ortalamasının düşmesi her zaman için yapay sinir ağının genellemeye (generalization) ulaştığını göstermez. Yapay sinir ağının gerçek amacı girdi-çıkı örnekleri için genellemeye ulaşmaktadır (69).

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra öğrenip öğrenmediğini (performansını) ölçmek için yapılan denemelere ise “*ağın test edilmesi*” denmektedir. Test etmek için ağın öğrenme sırasında görmediği örnekler kullanılır. Ağ eğitim sırasında belirlenen bağlantı ağırlıklarını kullanarak görmediği bu örnekleri için çıktılar üretir. Elde edilen çıktıların doğruluk değerleri ağın öğrenmesi hakkında bilgi verir. Eğitimde kullanılan örnek setine eğitim seti, test için kullanılan sete ise *test seti* adı verilmektedir. Yapay sinir ağlarının bu şekilde bilinen örneklerden belirli bilgileri çıkartarak bilinmeyen örnekler hakkında yorumlar yapabilme (genelleme yapabilme) yeteneğine *Adaptif öğrenme* denir (71).

4.3. SYİ Tahmini İçin Geliştirilen YSA Modeli

YSA ile yapılan çalışmalarda en önemli nokta, veri serisini en iyi temsil edebilecek ağ yapısının bulunabilmesidir. Bir bölgenin yağış durumu incelenirken, belirli bir ortalamadan bahsedilebilse de bilindiği gibi yağış, birçok değişkene bağlı stokastik bir olaydır. Bu nedenle sadece geçmiş döneme ait yağış verileri kullanılarak, gelecekte ne kadar yağış olacağının tahmini oldukça zordur. Bununla beraber YSA'nın özellikle lineer olmayan veri serilerinin analizindeki başarısı, yağış analizi ve diğer hidroloji konularında sıkça kullanılmasına yol açmış ve doğru ağın oluşturulabildiği durumlarda gelecekle ilgili yaklaşık fikirler edinmemizi sağlamıştır.

Doğru bir yapay sinir ağı modelinin oluşturulmasında en önemli noktalar ise; ağ yapısı, ağ için uygun parametrelerin seçimi, giriş ve ara katmandaki yapay sinir hücresi (nöron) sayıları ve aktivasyon fonksiyonlarının belirlenmesi olarak sayılabilir. Literatürde yapay sinir ağı özelliklerinin belirlenmesi ile ilgili bazı yaklaşımlar olmakla beraber, en iyi ağ genellikle, tasarlanan birçok modelin içinden kişinin tecrübesine bağlı olarak deneme-yanılma yoluyla en iyi ağ yapısı ve parametrelerin seçilmesi ile oluşturulabilir.

Geleceğe yönelik tahmin çalışmasında, Sivas istasyonu bir örnek olarak seçilmiştir. Bunun nedeni ise, en iyi ağ modelinin bulunması için giriş katmanındaki nöron sayısının denenerek bulunacağı, her bir istasyonun 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ analizlerinin sonuçlarının olması ve deneme-yanılma işleminin her bir analiz için ayrı ayrı yapılması gerektiğindedir.

4.4. Ağ Modelinin Belirlenmesi

En çok kullanılan yapay sinir ağı modellerinden birisi Çok Katmanlı Algılayıcılar (ÇKA)'dır. Ayrıca bu modele hata yayma modeli veya geriye yayılım modeli de denilmektedir. Bu çalışmada, İleri Beslemeli Geri Yayılmalı Yapay Sinir Ağı (İBGYYSA) kullanılmaktadır. Bu ağlar, bir çok katmanlı algılayıcı modeli olup, ÇKA ile aynı yapıya sahiptirler ve hata algoritması olarak genellikle türeve dayalı

Geriyeye Yayılım Algoritması (GYA) ile eğitilen ağlardır. Bu nedenle, bu ağlar ileri beslemeli ağlar sınıfına girmektedirler. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan ağ danışmalı öğrenme yöntemi kullanılmaktadır. YSA'nın bu türünün seçilmesinin temel sebebi ise, genellikle tahmin işlemlerinde kullanılan ve doğrusal olmayan yapılar için oldukça uygun bir tür olduğunun bilinmesidir.

Tipik bir ileri beslemeli geri yayılma ağ mimarisinde bir girdi katmanı, bir çıktı katmanı ve bu iki katman arasında en az bir adet arakatman bulunur. Ağ mimarisindeki her birim birçok hücreden oluşmaktadır. Birimler ise birbirlerine ağırlık kümeleri ile bağlanmakta olup, bağlanma şekilleri ve her kısımdaki hücre sayısı değişebilmektedir. Aynı kısımdaki hücreler arasında iletişim olmasına izin verilmemektedir. Hücreler girdiyi ya başlangıç girdilerinden ya da ara bağlantılardan alırlar. Geriyeye doğru hata yayılması; çıktı birimindeki çıktı bilgi sinyalinin hesaplamak için girdi hücrelerindeki dış girdi bilgisini ileriye doğru ileten bir ileriye doğru besleme etabı ile çıktı birimindeki hesaplanan ve gözlenen bilgi sinyalleri arasındaki farklara dayanarak bağlantı kuvvetleri üzerinde değişikliklerin yapıldığı bir geriyeye doğru ilerleme etabı olarak iki etaptan oluşmaktadır (72).

İBGYYSA yapısında, girdi katmanında yapay sinir hücrelerindeki veriler belirli ağırlık katsayılarıyla çarpılıp arakatmanda toplam ve aktivasyon fonksiyonlarından geçirilerek çıkış katmanına aktarılmaktadır. Başlangıçta, ağın eğitim sürecinin başında ağırlık katsayıları rastgele değerler olarak atanmaktadır. Daha sonra, ağın bulunduğu çıkış değerleri ile beklenen değerler arasındaki ortalama karesel hata hesaplanıp geriyeye doğru ilerlenerek ağırlık katsayıları değiştirilir. Bu işleme, ortalama karesel hatanın en düşük değere ulaştığı noktaya kadar iterasyon yapılarak devam edilir. Burada amaç, dögüsel bir işlemde hata minimizasyonu ile YSA'nın eğitilmesini sağlamak olup, böylelikle YSA'nın öğrenme işlemi kontrol edilen toplam hatanın belli bir değerin altına düştüğü noktada tamamlanmış olur. Bu değere ulaşıldığı zaman iterasyon durdurulur ve bu şekilde ağ modeli oluşturulmuş olur.

4.5. Ağ Modelinin Parametrelerinin Belirlenmesi

Bir YSA modelinde eğitime başlamadan önce ve çıktı tabakalarında kullanılan parametreleri normalize edilmesi, öğrenme süreci ve hatanın azaltılması açısından önemlidir. Ayrıca giriş değişkenleri sigmoid fonksiyonunun neden olduğu doyma etkisini önlemek amacıyla küçük tutulmalıdır. Bu sebeple, ağın eğitimine başlamadan önce giriş ve çıkış verileri normalize edilmelidir. Bu parametreleri boyutsuz büyüklükler cinsinden elde etmek için Formül 4.1. kullanılmıştır.

$$F = (F_i - F_{\min}) / (F_{\max} - F_{\min}) \quad (4.1)$$

Burada, F , herhangi bir boyutsuz değer; F_i , ölçümlerdeki i . değeri, F_{\max} ve F_{\min} ölçümlerdeki maksimum ve minimum değerlerdir.

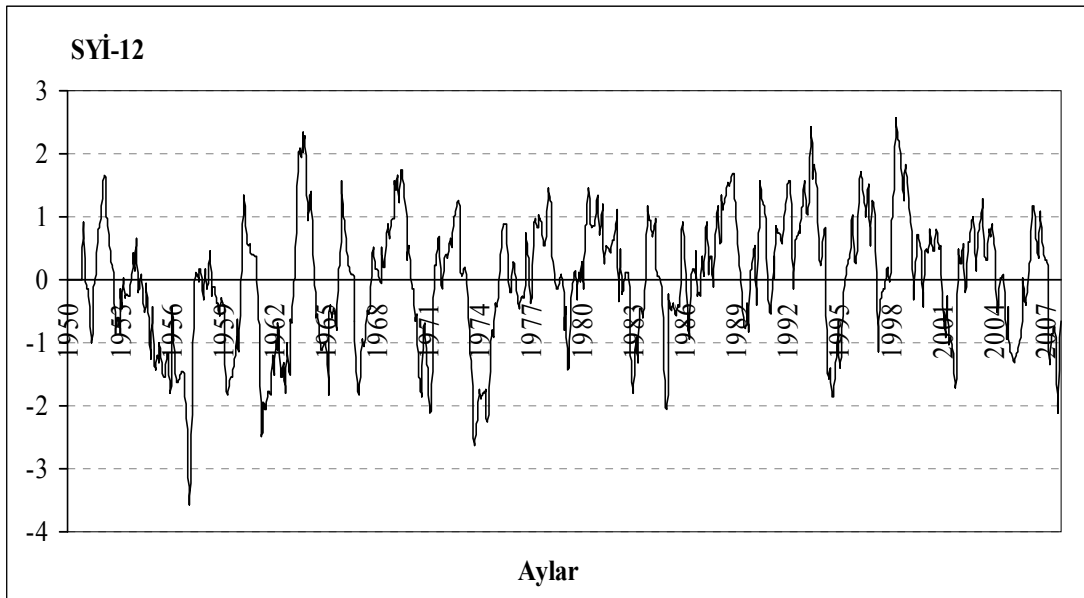
Bu çalışmada hem giriş hem de çıkış verileri yağışa bağlı, normalleştirilmiş SYİ değerleridir. Yani, ağın eğitimine başlamadan önce SYİ verileri 0~1 arasına indirgenmiş, böylelikle değişkenler boyutsuz hale getirilerek aralarındaki benzerliğin rastgele seçilmiş olma etkisi de ortadan kaldırılmıştır.

Bir t anındaki SYİ değerini hesaplamak için, t anından daha önceki dönemin SYİ değerleri kullanılmıştır. Yani bir veri serisinin t anına kadarki gidişindeki veriler kullanılarak bu andaki değeri kestirmeye çalışılmıştır. Bu değer bulunması sırasında, t anından ne kadar önceye kadarki veri serisini girdi olarak kullandığımızda t anındaki gerçek değere en yakın sonucu elde edeceğimiz denenerek bulunmuştur. Aynı zamanda yapılan her denemedeki girdi sayısı, bize ağ modelinin girdi katmanındaki yapay hücre (nöron) sayısını vermektedir. Böylece her ağ modelinin oluşturulması sırasında kullanılacak olan girdi sayısının değişmesiyle, modelin yapay hücre (nöron) sayısı da etkilenip değişmektedir.

Çalışmada geriye yayımlı öğrenme algoritması ve bu algorithmada yakınsama hızını etkileyen parametreler olan öğrenme oranı ve momentum katsayısı belirli aralıklarla sürekli değiştirilerek, farklı gizli tabaka nöron sayıları ile en iyi sonuç veren ağ

modeli bulunmaya çalışılmıştır. Ayrıca, transfer fonksiyonu olarak da tanjant sigmoid transfer fonksiyonu kullanılmıştır.

Ağ modelleri oluşturulurken herhangi bir t anındaki SYİ değeri ile; $(t-1)$ anındaki SYİ değeri, $(t-1)$ ve $(t-2)$ anlarındaki SYİ değerleri, $(t-1)$, $(t-2)$, $(t-3)$ anlarındaki SYİ değerleri ve bu şekilde ilerleyerek son olarak $(t-1)$ 'den $(t-12)$ 'ye kadarki tüm SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Sivas istasyonu için 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık tüm SYİ analizleri sonuçları kullanılarak bu işlem yapılmış; girdi ve çıktı verileri arasındaki en yaklaşık sonuçlar 12 aylık SYİ (SYİ-12) verilerinden elde edilmiştir. Şekil 4.2'de Sivas istasyonuna ait 12 aylık SYİ değerlerinin zamana bağlı gidişi görülmektedir.



Şekil 4.2. Sivas İstasyonunun 1950-2007 Yılları Arasındaki SYİ-12 Değerleri

Çizelge 4.1'de SYİ-12 değerleri için oluşturulacak en iyi ağ modelinin seçimi için kullanılan giriş verileri (girdi katmanındaki hücreler), ara (gizli) katmandaki hücre sayısı ve bu ağ modelinin bulunduğu eğitim ve test sonuçları ile gerçek değerler arasındaki korelasyon katsayıları verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sivas İstasyonuna Ait İstatistiksel Parametreler

Girdi Katmanındaki Hücreler	Gizli Katmandaki Hücre Sayısı	Eğitim Korelasyon Katsayısı	Test Korelasyon Katsayısı
(t-1)	1	0.9092	0.8845
	3	0.8814	0.8573
(t-1)(t-2)	2	0.9148	0.8906
	5	0.9168	0.8908
(t-1)(t-2)(t-3)	2	0.9587	0.8876
	7	0.9588	0.8881
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)	3	0.9173	0.8881
	9	0.8864	0.8811
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)	3	0.9180	0.8820
	11	0.9174	0.8755
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)(t-6)	4	0.9133	0.8822
	13	0.9064	0.8710
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)(t-6)(t-7)	4	0.9196	0.8810
	15	0.9215	0.8849
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)(t-6)(t-7)(t-8)	5	0.9218	0.8835
	17	0.9221	0.8812
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)(t-6)(t-7)(t-8)(t-9)	5	0.9218	0.8936
	19	0.9118	0.8737
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)(t-6)(t-7)(t-8)(t-9)(t-10)	6	0.9253	0.8937
	21	0.9248	0.8850
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)(t-6)(t-7)(t-8)(t-9)(t-10)(t-11)	6	0.9221	0.8906
	23	0.9209	0.8908
(t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)(t-6)(t-7)(t-8)(t-9)(t-10)(t-11)(t-12)	7	0.9086	0.8845
	25	0.9215	0.8994

Çizelge 4.1. incelendiğinde korelasyon katsayıları birbirine yakın olmakla beraber eğitim amacıyla kullanılan veriler arasında en yüksek korelasyon değerinin; 3, 10 ve 8 giriş nöronlu (yapay sinir hücreli) ağ modellerinde olduğu görülmektedir. Test verilerinde ise 12 ve 10 giriş nöronlu (yapay sinir hücreli) ağ modellerinin korelasyon katsayıları en yüksektir. Bunun yanında son yıllarda girdi katmanındaki nöron sayısının belirlenmesinde bir ilk yaklaşım olarak, girdi verileri ile çıktı verileri arasındaki korelasyon katsayısı dikkate alınmaktadır.

Çizelge 4.2. t Anı ile t Anından Önceki Girdiler Arasındaki Korelasyon Katsayıları

Çıktı	Girdi	R
t	(t-1)	0.91
	(t-2)	0.80
	(t-3)	0.70
	(t-4)	0.60
	(t-5)	0.53
	(t-6)	0.44
	(t-7)	0.36
	(t-8)	0.27
	(t-9)	0.18
	(t-10)	0.07
	(t-11)	-0.03
	(t-12)	-0.13

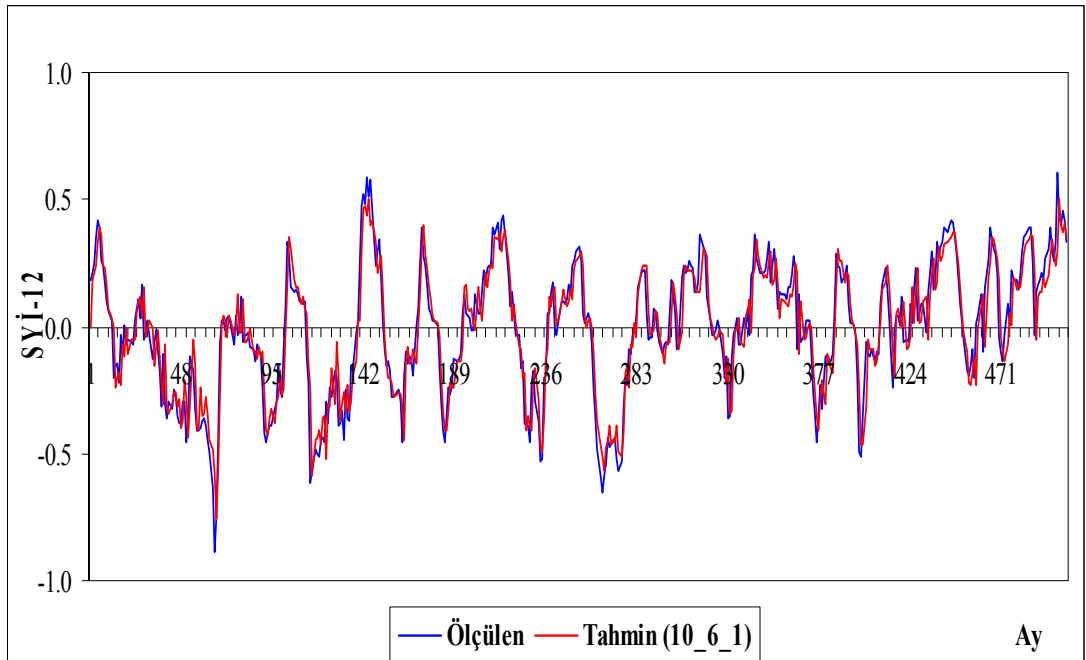
Çizelge 4.2.'de, t anından uzaklaştıkça aradaki bağlantının giderek düştüğünü görmekteyiz. Örneğin, t anındaki değerler ile (t-1) anındaki değerler arasında 0.91; t ile (t-5) anındaki değerler arasında korelasyon katsayı 0.53 oranında olarak hesaplanmıştır. Bunun yanında yine aynı tabloda, (t-10)'dan sonra korelasyon katsayısının negatif değerlere düştüğü görülmektedir. Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2. incelendiğinde, en iyi ağ yapısının 10 giriş nöronlu ((t-1)(t-2)(t-3)(t-4)(t-5)(t-6)(t-7)(t-8)(t-9)(t-10)) ağ modeli olduğu görülmüş olmakla beraber tüm ağ modelleri ile çalışma yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır.

Ayrıca, Çizelge 4.1.'de her girdi nöron sayısı için iki farklı gizli (ara) katman nöron sayısı denendiği görülmektedir. Bunun nedeni; son zamanlardaki çalışmalarda gizli katman nöron sayılarının belirlenmesinde kullanılan iki farklı yaklaşımdır. Girdi katmanında N tane nöron bulunan bir ağ modeli için 1. yaklaşım $(N+1)/2$ tane ve 2. yaklaşım $(2.N+1)$ tane gizli katman nöron sayısı olabileceğini ortaya konmuştur (46). Örneğin, Çizelge 4.1.'de de görüleceği gibi 3 girdi nöronu bulunan modelde; $((3+1)/2)=2$ ve $(2.3+1)=7$ olmak üzere iki farklı gizli katman nöron sayısına sahip ağ denenmiştir. Aynı şekilde en iyi ağ modeli olarak seçilen 10 giriş nöronlu model için 6 ve 21 gizli katman nöron sayısına sahip iki farklı ağ yapısı oluşmuştur.

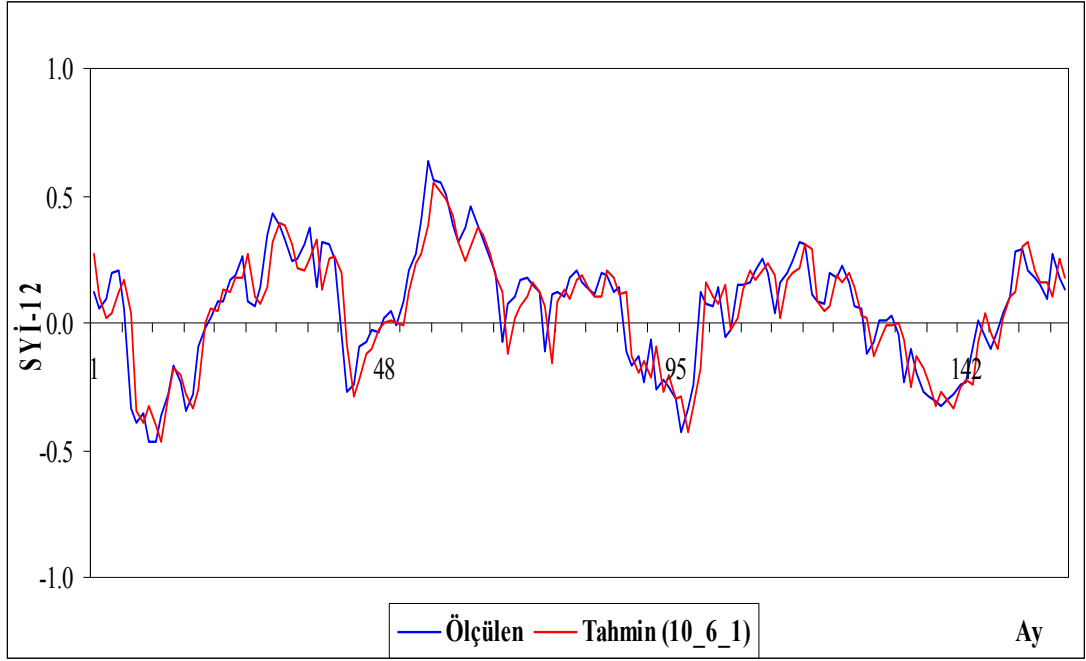
Sonuç olarak, yapılan denemeler ve çalışmalar neticesinde en iyi ağ yapısı olarak; girdi katmanında 10 adet, gizli katmanında 6 adet nöron bulunan ve 1 adet çıkış nöronuna sahip (10_6_1) "İleri Beslemeli Geriye Yayılmalı Ağ (İBGYA)" modeli

seçilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katmanda tanjant sigmoid ve çıkış katmanında lineer fonksiyonları kabul edilmiştir. Öğrenme katsayısı (λ), momentum katsayısı (α) ve iterasyon sayısı (*epochs*) gibi diğer parametreler her ağ için ayrı ayrı denenecek bulunmuştur. Deneme-yanılma sonucunda seçilen (10_6_1) ağ modelimiz için; öğrenme katsayısı, momentum katsayısı ve iterasyon sayısı sırasıyla; $\lambda=0.9$, $\alpha=0.7$, *epochs*=10000 olarak bulunmuştur.

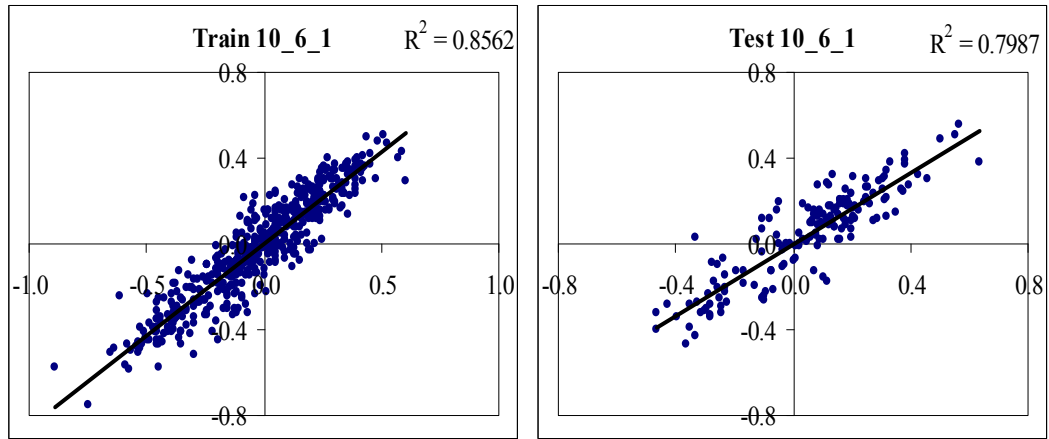
Şekil 4.3. ve Şekil 4.4., (10_6_1) ağ modelinde eğitim ve test verisi olarak kullanılan gerçek (ölçülmüş) değerler ile bu değerlere karşılık ağın bulduğu çıktı değerleri (tahmini) göstermektedir. Bu grafiklerde görüldüğü gibi ağ, gerçek değerlere oldukça yakın sonuçlar elde etmiştir. Şekil 4.5.'de de eğitim ve test verileri için, gerçek değerler ile ağın sonuç değerleri arasındaki korelasyon grafiği verilmiştir. Görüldüğü gibi eğitim ve test verilerinin gerçek değerleri ile (10_6_1) ağ modelinin bulduğu sonuçlar arasında belirlenme katsayıları sırasıyla 0.8562 ve 0.7987 olarak bulunmuştur.



Şekil 4.3. Model Eğitiminde Kullanılan Veriler İçin Gerçek Değerler İle Ağın Çıktı Değerleri



Şekil 4.4. Model Testinde Kullanılan Veriler İçin Gerçek Değerler İle Ağın Çıktı Değerleri



Şekil 4.5. Eğitim ve Test İçin Kullanılan Verilerin Gerçek Değerleri ile Ağın Çıktı Değerleri Arasındaki Korelasyon

4.6. Gelecek Yıllar İçin Tahmini Verilerin Bulunması

Şimdiye kadarki bölümde 1950 ile 2006 yılları arasındaki veriler kullanılmış; bu verilerin bir kısmı (%75'i) eğitim, bir kısmı da (%25'i) test amacıyla kullanılarak ağ modeli geliştirilmiştir. Daha önce de bahsedildiği gibi bu çalışmanın amaçlarında biri de, geçmiş yılların yağış verilerin elde edilen SYİ değerlerini kullanarak YSA ile gelecek yılların değerlerini tahmin edebilmektir. Bu tahminin ne kadar yaklaşık olacağını görebilmek amacıyla 2007 yılına ait SYİ değerleri eğitim ve test verilerinde kullanılmamıştır. Dolayısıyla 2006 yılına kadarki veriler geçmiş veriler olarak kullanılarak ağ modeli geliştirilmiş olup 2007 yılının bilinen (ölçülmüş) değerleri de gelecek yılın verisi gibi düşünülerek, ağın gelecek yılların tahminindeki başarısı test edilmiştir. Bu test, ağ modelinin oluşturulma aşamasında olduğu gibi, tek giriş nöronu bulunandan 12 giriş nöronluya kadar tüm ağ modelleri için tekrarlanmış ve hangi modelin gelecek yılların verisini daha iyi tahmin ettiği araştırılmıştır. Bu araştırmada, üç farklı yol izlenmiş ve ağ modelinin bulunduğu sonuçlar karşılaştırılmıştır.

İlk olarak, 2007 yılının 1. ayından önceki veriler, ağ giriş nöron sayısına göre girdi verisi olarak kullanılmış ve böylece ağın bulduğu tek çıkış değeri yani 2007 yılının 1. ayına ait değer elde edilmiştir. Daha sonra bulunan bu değer de girdi verilerinin arasına eklenerek bir sonraki ayın değeri elde edilmiş, bu şekilde 2007 yılına ait tüm veriler sırayla tahmin edilmiştir.

İkinci olarak, ise yine 2007 yılının 1. ayından önceki veriler, ağ giriş nöron sayısına göre girdi verisi olarak kullanılmış ve böylece ağın bulduğu tek çıkış değeri yani 2007 yılının 1. ayına ait değer elde edilmiştir. Bundan sonra 2007 yılının 2. ayına ait değer tahmin edilirken 1. ay için ağın bulduğu tahmin verisi değil, 1. ayın bilinen gerçek (ölçülmüş) değeri kullanılmıştır. Yine bu şekilde 2007 yılına ait tüm veriler sırayla tahmin edilmiştir.

Son olarak ise daha önce en iyi ağ olarak tespit edilen 10 giriş ve 6 gizli katman nöronlu ağ modeli kullanılmış fakat çıkış katmanının nöron sayısı değiştirilmiştir. Birbirini takip eden 10 ayın verisi girdi olarak kullanılarak (10_6_2) ağ modeli

oluşturulmuş ve daha sonra gelecek 2 ayın verisi birden tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu şekilde yapılandırılan (10_6_3) ve (10_6_4) ağ modelleri ile birbirini takip eden gelecek 3 ayın ve 4 ayın verileri de tahmin edilmiş ve sonuçları yine 2007 yılına ait gerçek değerleri ile karşılaştırılmıştır. İlk yöntemle elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3.'de sunulmuştur.

Çizelge 4.3. (6_13_1) Ağ Modeli İçin 2007 Yılına Ait Tahminlerde Kullanılan Veriler ve Gerçek Değerler

(6_13_1) Ağ Modeli	t-6	t-5	t-4	t-3	t-2	t-1	t	2007 Yılı
2006/12	0.2025	0.1750	0.1475	0.0925	0.2750	0.1775	0.1300	Gerçek
2007/1	0.1750	0.1475	0.0925	0.2750	0.1775	0.1300	0.1158	0.0800
2007/2	0.1475	0.0925	0.2750	0.1775	0.1300	0.1158	0.0369	0.0800
2007/3	0.0925	0.2750	0.1775	0.1300	0.1158	0.0369	0.0640	0.0200
2007/4	0.2750	0.1775	0.1300	0.1158	0.0369	0.0640	0.0069	-0.2000
2007/5	0.1775	0.1300	0.1158	0.0369	0.0640	0.0069	-0.0203	-0.3325
2007/6	0.1300	0.1158	0.0369	0.0640	0.0069	-0.0203	-0.0242	-0.2175
2007/7	0.1158	0.0369	0.0640	0.0069	-0.0203	-0.0242	-0.0538	-0.2175
2007/8	0.0369	0.0640	0.0069	-0.0203	-0.0242	-0.0538	-0.0426	-0.1825
2007/9	0.0640	0.0069	-0.0203	-0.0242	-0.0538	-0.0426	-0.0435	-0.2575
2007/10	0.0069	-0.0203	-0.0242	-0.0538	-0.0426	-0.0435	-0.0367	-0.5250
2007/11	-0.0203	-0.0242	-0.0538	-0.0426	-0.0435	-0.0367	-0.0180	-0.3100
2007/12	-0.0242	-0.0538	-0.0426	-0.0435	-0.0367	-0.0180	-0.0094	-0.1650

Çizelge 4.3.'de görüldüğü gibi 6 giriş nöronlu ağ modelinde, 2007 yılının 1. ayının tahmini için 2006 yılının son 6 ayının verisi girdi olarak kullanılmıştır. 2007'nin 2. ayının tahmininde ise 2007 yılının 1. ayı için yapılan tahmin ve 2006'nın son 5 ayının verisi kullanılmıştır. İşleme bu şekilde devam edilmiştir. İşlemin daha netleşmesi için son aylardan bir örnek daha verilirse 2007 yılının 7. aya geldiğinde (2007'nin 7. ayının verisinin tahmininde) daha önceki 6 ayın yapılmış olan tahmin değerleri kullanılmıştır. Bu şekilde tahmin verileri kullanılarak sonraki

ayların verileri tahmin edilmiştir. Çizelge 4.3.'den görüleceği gibi bu şekilde bulunan değerler ile 2007 yılının gerçek değerleri karşılaştırılmıştır.

Yukarıda anlatılan yöntem tüm farklı ağ modelleri için uygulanmış ve 2007 yılının verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda 2007 yılının gerçek değerlerine en yaklaşık tahminlerde bulunan ağlar belirlenmiştir. Çizelge 4.4.'de 2007 yılının her ayı için en yaklaşık sonucu veren ağ modelleri, gerçeğe en yakın sonuç olma sırasına göre sunulmuştur. Örnek olarak, 2007 yılının 8. ayına ait en yaklaşık sonucu (10_6_1) ağı vermiştir. En yaklaşık 2. sonucu (10_21_1), 3. sonucu (6_13_1), 4. sonucu (8_5_1) ve 5. en yaklaşık sonucu (9_5_1) ağ modelleri vermiştir.

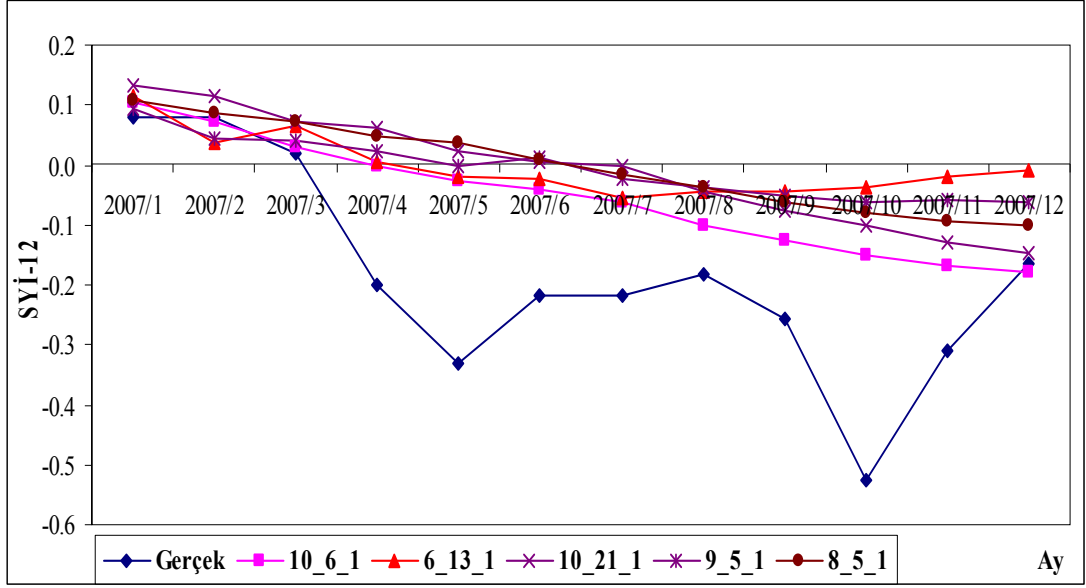
Çizelge 4.4. Ağ Modellerinin Gerçek Değerlere En Yaklaşık Sonuç Verme Sıraları

En Yaklaşık Sonuçlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2007/1	12_7_1	9_19_1	9_5_1	3_7_1	10_6_1	8_5_1	2_5_1	8_17_1	2_2_1	3_2_1
2007/2	6_4_1	3_7_1	8_5_1	10_6_1	11_6_1	8_17_1	12_7_1	9_19_1	11_23_1	2_5_1
2007/3	10_6_1	12_7_1	9_5_1	9_19_1	11_23_1	3_7_1	6_13_1	11_6_1	8_5_1	10_21_1
2007/4	10_6_1	6_13_1	9_5_1	11_23_1	12_7_1	3_7_1	11_6_1	8_5_1	10_21_1	9_19_1
2007/5	10_6_1	6_13_1	12_7_1	11_6_1	9_5_1	11_23_1	10_21_1	3_7_1	9_19_1	8_5_1
2007/6	10_6_1	6_13_1	11_23_1	10_21_1	8_5_1	11_6_1	9_5_1	3_7_1	12_7_1	8_17_1
2007/7	10_6_1	6_13_1	9_5_1	8_5_1	11_23_1	11_6_1	12_7_1	10_21_1	3_7_1	9_19_1
2007/8	10_6_1	10_21_1	6_13_1	8_5_1	9_5_1	11_23_1	11_6_1	12_7_1	3_7_1	8_17_1
2007/9	10_6_1	10_21_1	8_5_1	9_5_1	11_23_1	11_6_1	6_13_1	12_7_1	9_19_1	3_7_1
2007/10	10_6_1	10_21_1	8_5_1	11_6_1	9_5_1	11_23_1	6_13_1	12_7_1	3_7_1	8_17_1
2007/11	10_6_1	10_21_1	8_5_1	11_6_1	11_23_1	9_5_1	6_13_1	12_7_1	3_7_1	8_17_1
2007/12	10_6_1	10_21_1	8_5_1	11_6_1	11_23_1	9_5_1	6_13_1	3_7_1	7_4_1	8_17_1

Çizelge 4.4. incelendiğinde 2007 yılının tüm ayları için en yaklaşık sonuçları veren ağlar genellikle (10_6_1), (10_21_1), (6_13_1), (8_5_1) ve (9_5_1) ağlarıdır. Çizelge 4.5.'de 2007 yılının gerçek değerleri ile bu beş ağın tahmin sonuçları verilmiş; Şekil 4.6. 'da da bu sonuçlar grafiksel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. 2007 Yılı'nın Gerçek Değerleri ve (10_6_1), (10_21_1),(6_13_1), (8_5_1) ve (9_5_1) Ağ Modellerinin Tahmin Sonuçları-I

2007 Yılı	Gerçek Değerler	10_6_1	6_13_1	10_21_1	9_5_1	8_5_1
2007/1	0.0800	0.1056	0.1158	0.1343	0.0955	0.1084
2007/2	0.0800	0.0712	0.0369	0.1154	0.0460	0.0879
2007/3	0.0200	0.0314	0.0640	0.0717	0.0401	0.0716
2007/4	-0.2000	-0.0006	0.0069	0.0623	0.0215	0.0469
2007/5	-0.3325	-0.0263	-0.0203	0.0243	-0.0006	0.0361
2007/6	-0.2175	-0.0406	-0.0242	0.0050	0.0108	0.0088
2007/7	-0.2175	-0.0632	-0.0538	-0.0008	-0.0223	-0.0160
2007/8	-0.1825	-0.1004	-0.0426	-0.0456	-0.0385	-0.0387
2007/9	-0.2575	-0.1271	-0.0435	-0.0770	-0.0505	-0.0604
2007/10	-0.5250	-0.1494	-0.0367	-0.0999	-0.0622	-0.0783
2007/11	-0.3100	-0.1670	-0.0180	-0.1280	-0.0594	-0.0926
2007/12	-0.1650	-0.1791	-0.0094	-0.1480	-0.0607	-0.1018



Şekil 4.6. 2007 Yılıının Gerçek Değerleri ve (10_6_1), (10_21_1), (6_13_1), (8_5_1) ve (9_5_1) Ağ Modellerinin Tahmin Sonuçları-I

Çizelge 4.5. ve Şekil 4.6.'dan görüldüğü gibi tüm ağ modelleri ilk üç ay da oldukça yakın sonuçlar bulmuştur. Önemli sonuçlardan biri de, hem girdi katmanı nöron sayısını belirlemek için yapılan korelasyon analizinde, hem de eğitim ve test verilerinin sonuçları incelendiğinde yani geçmiş dönem verilerine bakıldığında en iyi ağ olarak tespit edilen (10_6_1) ağının gelecek tahmininde de en iyi sonuçları vermesidir.

Burada sonuç olarak ilk üç ayın tahminin gerçek değerlere oldukça yakın olup daha sonraki verilerde gerçek değerden uzaklaştığı gözlemlenmiştir. Bu olayın en önemli nedeni ise, bu metotta tahminden tahmin yapılmasından kaynaklanmıştır. Geçmiş aylara bakılarak yapılan tahmin bir sonraki ayın tahmininde girdi olarak kullanılmakta bu da hatanın giderek büyümesine ve ilerleyen aylarda gerçek değerden daha fazla uzaklaşmaya neden olmaktadır. Bu sorunu gidermek için daha önce kısaca bahsedilen 2. yöntem denenmiştir.

İkinci yöntemde yine 2006 yılının son verileri girdi olarak kullanılarak 2007 yılının 1. ayının verisi tahmin edilmeye çalışılmış; daha sonra tahmin için kullanılan girdi verilerinin arasına 2007 yılına ait gerçek değerler de eklenmiştir. Örnek olarak; 6

adet girdi nöronuna sahip modelde 2007 yılının 2. ayına ait değer tahmin edilirken, 2006 yılının son 5 ayı ve 2007 yılının 1. ayına ait gerçek (ölçülmüş) değerler girdi olarak kullanılmıştır. Aynı şekilde 2007 yılının 7. ayına ait değer tahmin edilirken oluşturulmuş ağ modelinde 2007 yılının ilk 6 ayına ait değerler girdi olarak kullanılmıştır. Bu şekilde ağ modellerinin sonuçları elde edilmiş ve yine 2007 yılının gerçek değerleri ile karşılaştırılmıştır.

İki yöntemde kullanılan (10_6_1), (10_21_1), (6_13_19), (8_5_1) ve (9_5_1) ağlarının sonuçları karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.6.'da gerçek değerler, Çizelge 4.7.'de de ağ modelleri sonuçlarının, gerçek değerlere olan yakınlıkları gösterilmiştir.

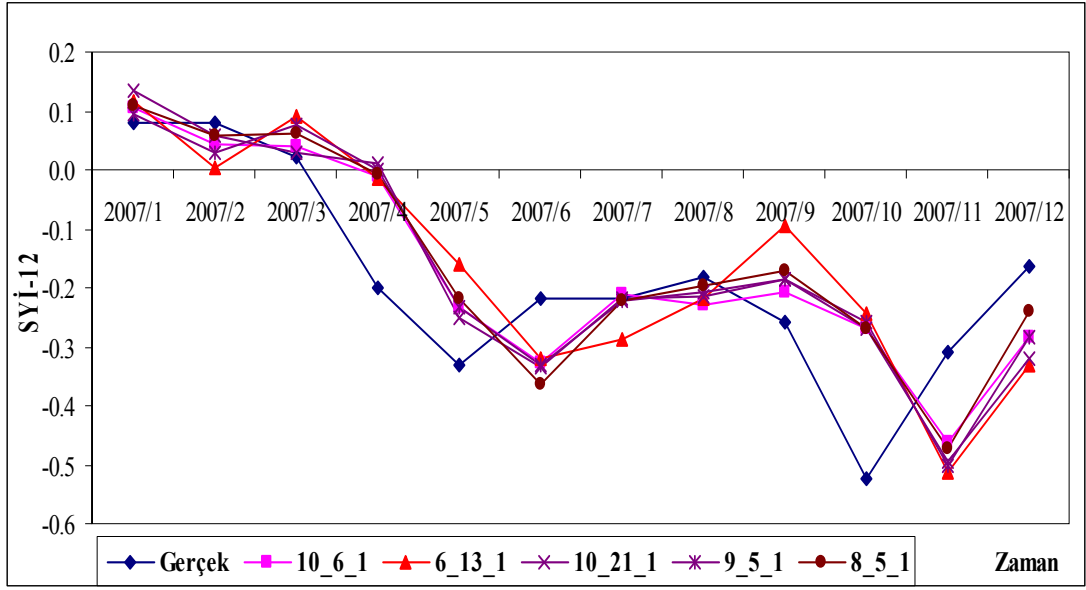
Çizelge 4.6. 2007 Yılı Gerçek Değerleri ve (10_6_1), (10_21_1), (6_13_19), (8_5_1) ve (9_5_1) Ağ Modellerinin Tahmin Sonuçları-II

2007 Yılı	Gerçek Değerler	10_6_1	6_13_1	10_21_1	9_5_1	8_5_1
2007/1	0.0800	0.1056	0.1158	0.1343	0.0955	0.1084
2007/2	0.0800	0.0447	0.0054	0.0592	0.0298	0.0592
2007/3	0.0200	0.0382	0.0892	0.0305	0.0757	0.0617
2007/4	-0.2000	-0.0098	-0.0161	0.0114	0.0006	-0.0057
2007/5	-0.3325	-0.2323	-0.1618	-0.2510	-0.2320	-0.2173
2007/6	-0.2175	-0.3256	-0.3202	-0.3344	-0.3302	-0.3641
2007/7	-0.2175	-0.2097	-0.2885	-0.2173	-0.2210	-0.2201
2007/8	-0.1825	-0.2283	-0.2194	-0.2161	-0.2070	-0.1963
2007/9	-0.2575	-0.2064	-0.0928	-0.1849	-0.1857	-0.1699
2007/10	-0.5250	-0.2678	-0.2419	-0.2685	-0.2580	-0.2692
2007/11	-0.3100	-0.4634	-0.5117	-0.4959	-0.5007	-0.4727
2007/12	-0.1650	-0.2834	-0.3308	-0.3211	-0.2851	-0.2404

Çizelge 4.7. Ağ Modellerinin Gerçek Değerlere En Yaklaşık Sonuç Verme Sıraları

En Yaklaşık Sonuçlar	1	2	3	4	5
2007/1	9_5_1	10_6_1	8_5_1	6_13_1	10_21_1
2007/2	6_13_1	9_5_1	10_6_1	10_21_1	8_5_1
2007/3	10_21_1	10_6_1	8_5_1	9_5_1	6_13_1
2007/4	6_13_1	10_6_1	8_5_1	9_5_1	10_21_1
2007/5	10_21_1	10_6_1	9_5_1	8_5_1	6_13_1
2007/6	8_5_1	10_21_1	9_5_1	10_6_1	6_13_1
2007/7	6_13_1	9_5_1	8_5_1	10_21_1	10_6_1
2007/8	10_6_1	6_13_1	10_21_1	9_5_1	8_5_1
2007/9	10_6_1	9_5_1	10_21_1	8_5_1	6_13_1
2007/10	8_5_1	10_21_1	10_6_1	9_5_1	6_13_1
2007/11	6_13_1	9_5_1	10_21_1	8_5_1	10_6_1
2007/12	6_13_1	10_21_1	9_5_1	10_6_1	8_5_1

Bu iki tablo incelendiğinde ağ modellerinin bulduğu sonuçların birbirine çok yakın olduğu, bununla birlikte küçük farklar dikkate alındığında gerçek değerlere en yakın sonuçları yine (10_6_1) ağının verdiği görülmektedir. Sırayla; (9_5_1), (10_21_1), (6_13_1) ve (8_5_1) ağlarının da küçük farklarla gerçek değerlere yaklaştıkları görülmektedir. Şekil 4.7., 2. metot ile yani 2007 yılının gerçek değerlerini kullanarak yapılan tahminlerin gerçek değerler ile karşılaştırmasını göstermektedir.



Şekil 4.7. 2007 yılının gerçek değerleri ve (10_6_1), (10_21_1), (6_13_19), (8_5_1) ve (9_5_1) Ağ Modellerinin Tahmin Sonuçları-II

Buraya kadar yapılan çalışmaların sonuçları incelendiğinde; geçmiş yılların verileri kullanılarak YSA ile gelecek yıllara ait bir fikir elde edilebileceği görülmektedir. Özellikle gelecek ilk 3 ayda oldukça yaklaşık tahminde bulunulabilmekte; daha sonra ağ modelleri ile elde edilen tahmin değerleri ve gerçek değerler arasındaki fark büyümektedir. Tahmin edilmiş verilerin, daha sonraki ayların tahmininde kullanıldığı metoda ait Şekil 4.6.'da aradaki bu farkın daha büyük olduğu ve gerçek değerlere ait görülen iniş çıkışların yakalanamadığı görülmektedir. Bunun sebebi daha önce de bahsedildiği gibi belirli bir hata payına sahip tahmin verilerinin tekrar girdi olarak kullanılmasıyla hata payının giderek büyümesidir. Şekil 4.7., incelendiğinde daha yaklaşık sonuçlar elde edildiği ve gerçek değerlerin iniş çıkışlarının bir ölçüde yakalandığı görülmektedir. Bu bize, içinde bulunduğumuz ayın yağış verisini gerekli dönüşümleri yaparak girdi olarak kullandığımızda gelecek 10 ayın verisi ile ilgili tahminde bulunabileceğimizi göstermektedir.

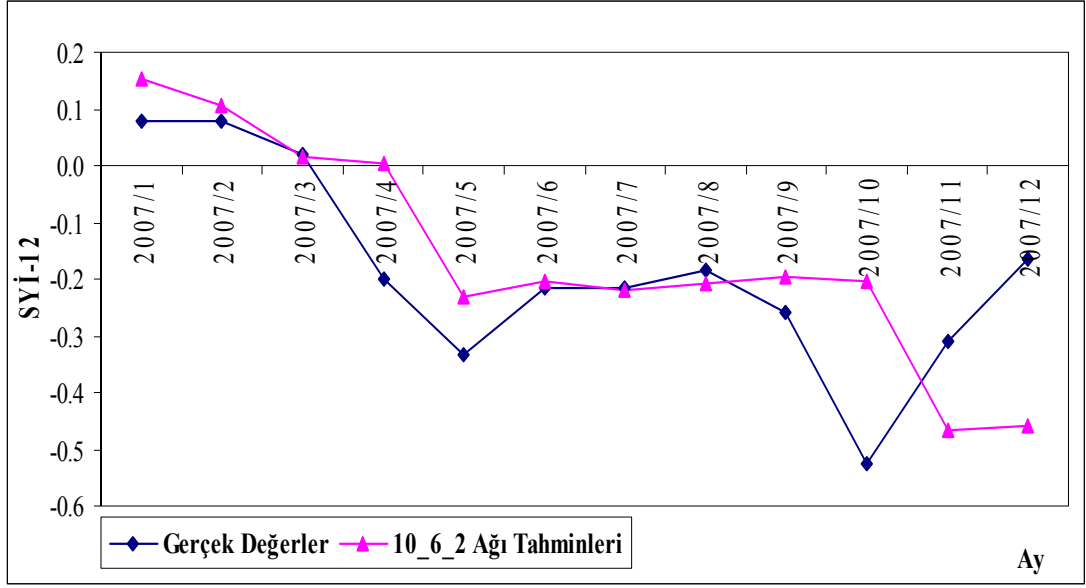
Yukarıda bahsedilen 3. yöntemde ise daha önce en iyi ağ olarak tespit edilen 10 giriş ve 6 ara katman nöronlu ağ yapısı kullanılmış ancak çıkış katmanı nöron sayısı değiştirilmiştir. Birbirini takip eden 10 ayın verisi girdi olarak; bunları takip eden 2 ayın verisi de çıktı katmanı nöron verileri olarak kullanılarak (10_6_2) ağı oluşturulmuş ve bu şekilde daha sonra gelecek 2 ayın verisi birden tahmin edilmeye

çalışılmıştır. Aynı şekilde kurulan (10_6_3) ve (10_6_4) ağ modelleri ile gelecek 3 ayın ve gelecek 4 ayın verileri de tahmin edilmiş ve sonuçları yine 2007 yılı değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 4.8.'de (10_6_2) ağ modelinin girdi katmanında kullanılan nöron verileri ile bu girdilere karşılık elde edilen çıktı katmanı nöronları gösterilmiştir. Örnek olarak; 2006 yılının 3. ile 12. ayları arasındaki 10 veri girdi olarak kullanılarak 2007 yılının 1. ve 2. aylarına ait değerler tahmin edilmiş ve bu değerler 2007 yılının 1. ve 2. yılına ait gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır. Aynı şekilde 2007 yılının 1. ve 10. ayları arasındaki 10 veri girdi olarak kullanılmış ve 11. ve 12. ayların değerleri tahmin edilerek gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır. Şekil 4.8.'de de gerçek değerler ile ağın bulunduğu tahminlerin karşılaştırılması gösterilmektedir.

Çizelge 4.8. (10_6_2) Ağ Modeli İçin Girdi ve Çıktı Katmanlarının Nöron Değerleri

	Nöron Numarası	2007 Yılı Değerleri Tahmininde Verilerin Giriş Sırası					
		1.	2.	3.	4.	5.	6.
Girdi Katmanı Nöronları	1	2006/3	2006/5	2006/7	2006/9	2006/11	2007/1
	2	2006/4	2006/6	2006/8	2006/10	2006/12	2007/2
	3	2006/5	2006/7	2006/9	2006/11	2007/1	2007/3
	4	2006/6	2006/8	2006/10	2006/12	2007/2	2007/4
	5	2006/7	2006/9	2006/11	2007/1	2007/3	2007/5
	6	2006/8	2006/10	2006/12	2007/2	2007/4	2007/6
	7	2006/9	2006/11	2007/1	2007/3	2007/5	2007/7
	8	2006/10	2006/12	2007/2	2007/4	2007/6	2007/8
	9	2006/11	2007/1	2007/3	2007/5	2007/7	2007/9
	10	2006/12	2007/2	2007/4	2007/6	2007/8	2007/10
Çıktı Katmanı Nöronları	1	2007/1	2007/3	2007/5	2007/7	2007/9	2007/11
	2	2007/2	2007/4	2007/6	2007/8	2007/10	2007/12

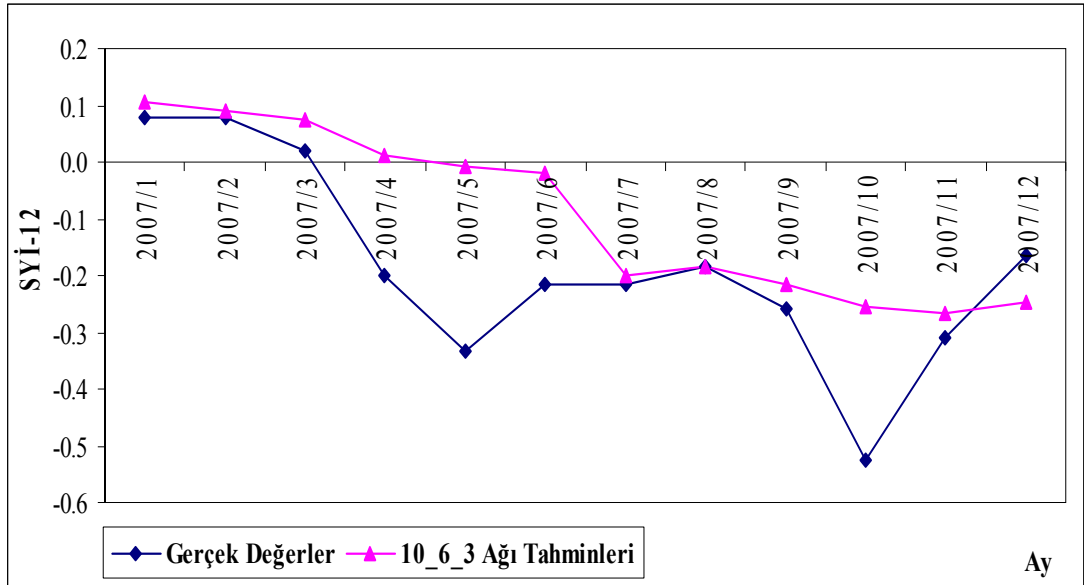


Şekil 4.8. (10_6_2) Ağ Modeli İçin Gerçek ve Tahmin Değerlerinin Karşılaştırması

Bu metot ile (10_6_3) ve (10_6_4) ağları da oluşturulmuştur. Çizelge 4.9.'da (10_6_3) ağının girdi katmanında kullanılan veriler ve çıktı katmanı nöronları verilmiş; Şekil 4.9.'da da çıktı değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırılması sunulmuştur. Bu modelde de (10_6_2) ağında olduğu gibi girdi katmanında 10 nöron bulunmaktadır. Çıktı katmanı nöron sayısı ise 3 yapılmıştır. Dolayısıyla (10_6_2) ağında olduğu gibi 2006 yılının 3. ile 12. ayları arasındaki 10 veri girdi olarak kullanılmış fakat bu sefer 2007 yılının 1. 2. ve 3. aylarına ait değerler tahmin edilmiştir. Aynı şekilde Çizelge 4.10.'da (10_6_4) ağ modelinin girdi ve çıktı tabakası nöron verilerini; Şekil 4.10.'da bu modelin tahmin ettiği çıktı değerleri ile gerçek değerlerin karşılaştırmasını göstermektedir.

Çizelge 4.9. (10_6_3) Ağ Modeli İçin Girdi ve Çıktı Katmanlarının Nöron Değerleri

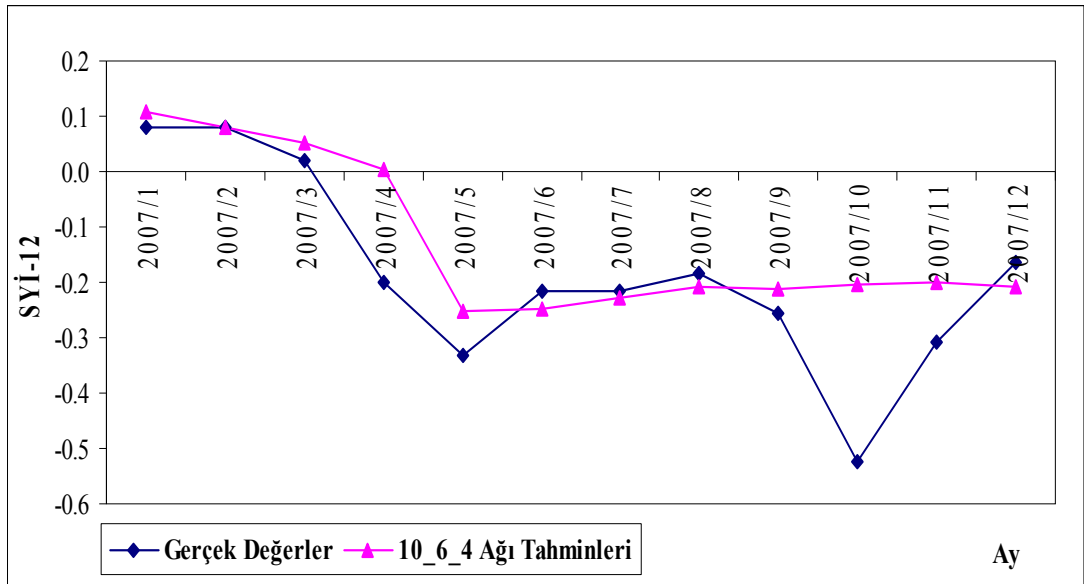
	Nöron Numarası	2007 Yılı Değerlerinin Tahmin Sırası			
		1	2	3	4
Girdi Katmanı Nöronları	1	2006/3	2006/6	2006/9	2006/12
	2	2006/4	2006/7	2006/10	2007/1
	3	2006/5	2006/8	2006/11	2007/2
	4	2006/6	2006/9	2006/12	2007/3
	5	2006/7	2006/10	2007/1	2007/4
	6	2006/8	2006/11	2007/2	2007/5
	7	2006/9	2006/12	2007/3	2007/6
	8	2006/10	2007/1	2007/4	2007/7
	9	2006/11	2007/2	2007/5	2007/8
	10	2006/12	2007/3	2007/6	2007/9
Çıktı Katmanı Nöronları	1	2007/1	2007/4	2007/7	2007/10
	2	2007/2	2007/5	2007/8	2007/11
	3	2007/3	2007/6	2007/9	2007/12



Şekil 4.9. (10_6_3) Ağ Modeli İçin Gerçek ve Tahmin Değerlerinin Karşılaştırması

Çizelge 4.10. (10_6_4) Ağ Modeli İçin Girdi ve Çıktı Katmanlarının Nöron Değerleri

	Nöron Numarası	2007 Yılı Değerlerinin Tahmin Sırası		
		1	2	3
Girdi Katmanı Nöronları	1	2006/3	2006/7	2006/11
	2	2006/4	2006/8	2006/12
	3	2006/5	2006/9	2007/1
	4	2006/6	2006/10	2007/2
	5	2006/7	2006/11	2007/3
	6	2006/8	2006/12	2007/4
	7	2006/9	2007/1	2007/5
	8	2006/10	2007/2	2007/6
	9	2006/11	2007/3	2007/7
	10	2006/12	2007/4	2007/8
Çıktı Katmanı Nöronları	1	2007/1	2007/5	2007/9
	2	2007/2	2007/6	2007/10
	3	2007/3	2007/7	2007/11
	4	2007/4	2007/8	2007/12



Şekil 4.10. (10_6_4) Ağ Modeli İçin Girdi ve Çıktı Katmanlarının Nöron Değerleri

Son yöntemin diğer iki yöntemden temel farkı ağ modelindeki değişikliktir. En son yöntemde çıktı katmanı nöron sayısı değiştirilerek gelecek dönemin verilerinin toplu olarak tahmin edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Özellikle Şekil 4.8., 4.9. ve 4.10. incelendiğinde; çıktı katmanı nöron sayısı arttıkça, yapılan tahminlerin gerçek değerlerden daha fazla uzaklaştığı görülmektedir. Başka bir deyişle; (10_6_2) ağ modelinin sonuçları, (10_6_4) ağ modelinin sonuçlarına göre gerçek değerlere daha yakındır. Bunun sebebi; girdi verisi olarak kullanılan, birbirini takip eden 10 aylık bilinen değerlerden uzaklaştıkça tahminin güçleşmesi ve hata payının giderek büyümesidir.

5. SONUÇ

5.1. SYİ Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Türkiye, genel olarak yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz ikliminin özelliklerine sahip olup, bu özelliğiyle dünyanın yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Türkiye'nin yıllık yenilenebilir yerüstü su potansiyeline, 12 milyar m³ hacmindeki güvenli çekim sınırlarındaki yeraltı suyu eklendiği zaman, ülkenin su potansiyelinin 120 milyar m³'e ulaştığı gözlemlenmiştir. Kişi başına ortalama yıllık 1700 m³ su düştüğü görülür ki, bu tutar dünya ortalamasının yaklaşık beşte birine karşılık gelmekte ve bu da Türkiye'nin kurak dönemlerde ciddi sorunlarla karşılaşabileceğini açıkça göstermektedir.

Türkiye'de kuraklığın ortaya çıkmasında; doğal kaynakların hızlı biçimde tüketilmesi ve tahribatı, sürekli artan nüfus ve buna bağlı olarak meydana gelen çarpık kentleşme, taşıt sayılarının artması, ormanların giderek azalması, yanlış arazi kullanımı, tarımda kullanılan yanlış yöntemler, insan kaynaklı çevre kirliliği, özellikle sera gazlarının salınımdan kaynaklanan hava kirlilikleri, çeşitli nedenlerden dolayı doğadaki ekosistemin bozulması, sanayi bölgelerinin yaygınlaşmaya başlaması ve yanlış yerlere inşa edilmesi gibi birçok olumsuz unsur rol oynamaktadır. Bu etkenlerin zaman içinde artarak yayılması ise, tüm canlıların yaşamını etkileyebilecek olan iklim değişikliklerinin hızla ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Böylelikle yağış ve sıcaklıklarda beklenmeyen derecede meydana gelebilecek artış veya azalışlar kuraklığı tetikleyerek bir doğa olayı olan kuraklığın felakete dönüşmesini sağlamaktadır.

Fakat yavaş gelişmesinden dolayı, kuraklık izlenebilir ve tahmin edilebilir bir unsur olduğu için çeşitli önlemler alarak meydana gelebilecek olan zararları en aza indirmek mümkündür. En genel nedeni yağış eksikliği olan kuraklık, meteorolojik kuraklıkla başlamaktadır. Meteorolojik kuraklık süresinin uzamasına bağlı olarak tarımsal, hidrolojik ve su kaynakları kuraklık tipleri ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple, kuraklığa karşı alınabilecek önlemlerin başında, ulusal kuraklık inceleme merkezleri

kurularak noktasal bazda elde edilen bulgular alansal değerlere dönüştürülmesi, çalışma alanındaki bitki örtüsünün incelenmesi, tarım alanlarının kullanımına dikkat çekilmesi, bölgesel olarak yağış analizi yapılması, kuraklığı izlemek amacıyla kullanılan indislerin sürekli geliştirilmesi, meteorolojik kuraklık rejiminin belirlenmesi ve bunlardan faydalanarak acil kuraklık eylem planları hazırlanıp uygulamaya konulması gelmektedir.

Bu çalışmada kuraklık analizi ve tahmini yapılırken ülkemizin kuraklık açısından en riskli akarsu havzalarından biri olan Kızılırmak Havzası'na karar verilmiştir. Çalışmanın ilk kısmında, Kızılırmak Havzası sınırlarındaki Devlet Meteoroloji İlerine ait yağış ölçüm istasyonlarından 14 tanesi seçilerek, bu istasyonların 13 adetinin (Boğazlıyan, Çankırı, Develi, Gemerek, Kaman, Kastamonu, Kayseri, Kırıkkale, Kırşehir, Nevşehir, Sivas, Yozgat ve Zara) 1950 ile 2007 yılları arasındaki 58 yıllık dönemin aylık yağış verileri ile diğer 1 adetinin (Bafra meteoroloji istasyonu) 1953 ile 2007 yılları arasındaki 55 yıllık dönemin aylık yağış verilerine SYİ metodu uygulanarak, bu değerlerin farklı zaman dilimlerindeki kuraklık özellikleri incelenmiştir. Yani, kuraklıkla ilgili olarak yağıın takibi için önemli elemanlar olan kuraklığın süresi, Şiddeti ve genliği farklı zaman dilimlerinde hesaplanarak istasyonların kuraklık dönemleri, kuraklık özellikleri ve bu özelliklerin farklı zaman dilimlerinde birbirleri ile karşılaştırılması ve ilikilendirilmesinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesiyle yağıtaki dnn su kaynaklarını nasıl etkilediği hakkında bilgi sahibi olunma imkanı ortaya çıkmıştır.

Daha öncede bahsedildiği gibi kuraklık olaylarının en Şiddetli ve geniş yayılılı olanları; 1971-1974 dönemi, 1977, 1983, 1984, 1989, 1990, 1991 ve 1996 yıllarında oluşmuştur. 1994-1998 döneminde ise, Doğu Anadolu Bölgesi dışında Türkiye'nin büyük bir bölümünde önemli bir yağış azlığı gözlenmemiştir. Bu dönemin hemen ardından 1999-2000 yıllarında ve 2001 yılının ilk üç ayında ise, Türkiye'nin büyük bir bölümünde yeniden kuraklık olayları yaanmıtır. 2001 sonrası dönemde yağışların, genel olarak normalin altında ve 2006 yılı ortalarından itibaren 2007 ki, ilkbahar ve yaz aylarında Türkiye'nin birçok yöresinde uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların oluşmasına neden olmuştur.

Her yılın aynı zaman periyodundaki verilerinin değerlendirilmesiyle elde edilen sonuçlar, yıllar itibari ile kuraklık gidişini görmekte yarar sağlamaktadır. Bu sebeple, Kızılırmak Havzası'nın kuraklık olaylarını incelemek amacıyla yapılan çalışmadaki mevcut meteoroloji istasyonlarının 1950-2007 dönemindeki (Bafra istasyonu için 1953-2007 yılları) her yılda görülen sulak-kurak dönemler ve kuraklık kategorileri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Çalışma sonucunda yıl bazında genel bir değerlendirme yapıldığında; Çizelge 5.1'de de gösterildiği gibi; 1955, 1956, 1973 ve 1994 yıllarında havzanın tamamında mevcut olan tüm istasyonlarda çeşitli şiddetlerde kuraklıklar görülmüştür. Özellikle 1950'li yıllarda çok şiddetli ve şiddetli kuraklıklar sıklıkla görülmüştür. Havzanın tamamında meydana gelen 1955 ve 1956 yıllarındaki kuraklıkların temelini; özellikle 1952, 1953, 1954 yıllarında havzanın yukarı kısmının tamamında ve orta kısmın belirli bir bölümünde meydana gelen çeşitli şiddetlerdeki kuraklıklar oluşturmuştur. 1957 yılından itibaren yağışlarda artış meydana gelerek kuraklık şiddetlerinde azalma meydana gelmiş ve hatta bazı bölgelerde sulak durumlar oluşmuştur. 1960'lı yıllarda ise çok şiddetli kuraklık yaşanmamıştır. Genel olarak ardı ardına kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp arada sulak dönemlerinde var olduğu, orta veya hafif şiddetli kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Yine 1973 ve 1974 döneminde bütün ülkede hakim olan kuraklıklardan Kızılırmak Havzası da etkilenmiştir. Özellikle 1972 yılından itibaren etkisini göstermeye başlayan ve 1973 yılında ise havzanın tamamında çeşitli şiddetlerde kuraklıklar meydana gelmiş olup, devamında 1974 yılında da özellikle orta ve aşağı Kızılırmak bölümlerinde şiddetini devam ettirdiği görülmüştür. 1984 yılına kadar genelde hafif şiddetli kuraklıklar ve sulak dönemler oluşmuş, bu yılda ise hafif kuraklıkların yanı sıra şiddetli ve çok şiddetli kuraklıklar görülmüştür. Bu yıldan itibaren yağışlarda yine artma meydana gelerek, 1987 ve 1988 yılında havzada hiç kuraklık yaşanmamıştır. 1990, 1991, 1996 ve 1997 yıllarında ülke genelinde geniş yayımlı ve şiddetli kuraklıklar olmasına rağmen havzada hafif şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. Fakat 1994 yılında ise, havzanın tamamında hafif, orta ve şiddetli kuraklıklar yaşanmış ve 1995 yılında bazı istasyon bölgelerinde kuraklıklar hafif şiddetli olarak etkisini devam ettirmiştir.

Ülke genelinde olduğu gibi, 1995'den itibaren 1998 yılının ise tamamında önemli bir yağış azlığı gözlenmemiş olup sulak bir dönem olmuştur. 1999 yılından 2000'li

yıllara geçerken kuraklık sıklıkları ve şiddetlerinde artış meydana gelerek, sulak dönemlerden sonra kurak dönemlerin başlayışı ve özellikle ortalama sıcaklıklarda güneye doğru bir artma eğiliminden dolayı güneye daha yakın istasyonlarda son dönemlerde kuraklık artışı gözlenmiştir. Ayrıca, 2007 yılında Kaman, Kırıkkale, Çankırı, Kastamonu ve Bafra'da şiddetli kuraklıklar meydana gelmiştir. Bu da, 2007 yılı kuraklığından havzanın bazı bölgelerinin şiddetli bir şekilde etkilendiğinin göstergesi olmuştur. Ayrıca her döneme ait yapılan incelemeler sonucunda, özellikle son yıllarda kuraklık yönünde bir artma eğilimi olduğunu gözlemlenmiştir.

58 yıllık dönemdeki aylık yağış verileri (Bafra istasyonu için 55 yıllık) esas alınarak yapılan 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ çalışmalarının bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda ise; Kızılırmak Havzası'nda çok sık yağış eksikliğine bağlı olarak çeşitli şiddetlerde çok sık kuraklık yaşandığı, kuraklık dönemlerinin zamanla belirli bir periyodiklik izlediği ve son yıllarda da kuraklık yönünde bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmektedir. Ayrıca, genel olarak Kızılırmak Havzası'nda istasyon verileri arasında farklılıklar görülmüş olup, belirli dönemlerde görülen şiddetli ve çok şiddetli kuraklıkların yanısıra, havzada hafif ve orta şiddetli kuraklıkların sıklıklarının daha fazla hakim olduğu, her istasyona ait değerlendirilen zaman aralığının yarıdan fazlasında kuraklıkların görüldüğü ve mevsimlerdeki kuraklık dağılımına bakıldığında ise, her mevsimde kuraklık meydana gelerek yaz aylarında olduğu kadar kış aylarında da kuraklığın görülerek kuraklık olayları toplamlarının bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermekte olduğu tespit edilmiştir. Bunlar da her istasyon bölgesindeki iklim farklılıkları ve yükseklik değişimi, her istasyona ait bölgeyi çevreleyen dağların sıklıkları, istasyonların dağların denize bakan yamaçlarına yakınlık dereceleri ve düzensiz yağış rejimleri gibi coğrafi ve atmosferik etkilerden kaynaklanmaktadır. Böylelikle, SYİ analizlerine göre bulunan değerlerin bölgenin iklim şartlarını ve coğrafi konumunu temsil ettiği görülmüştür.

Sonuç olarak, iklimin kendi doğal değişkenliği açısından Türkiye'de su kaynakları üzerindeki en büyük etkiyi, Akdeniz ikliminin bir özelliği olan yaz kuraklığı ile diğer mevsimlerde hava olaylarının yağışlarda neden olduğu yüksek rastgele değişkenlik ve kuraklık olayları oluşturmaktadır. Ayrıca, ilerde kurak ve yarıkurak alanların genişlemesi ile tarım alanlarının azalarak tarımsal kuraklığın meydana gelmesi,

özellikle kentlerdeki su kaynakları sorunlarına yenileri eklenerek tarımsal ve içme amaçlı su gereksiniminin artması, yaz kuraklığının süresinde ve şiddetindeki artışlar ile de çölleşme süreçlerinin başlayarak, tuzlanma ve erozyon tehlikelerinin artması ile sıcak ve kurak devrenin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak, orman yangınlarının frekansının, etki alanının ve süresinin artması gibi felaketlerle karşı karşıya kalınacaktır.

Bu sebeple; kısa, orta ve uzun vadede yapılan çalışmalar bütün haline getirilmesi ve sürekli olarak değişik indislerle izlenmesi sonuçlarından yola çıkarak ileriki dönemlerle ilgili kuraklık tahmini yapıp çeşitli önlemler alınabilir. Özellikle kuraklık şiddeti indisi, havzada yer alması öngörülen su yapılarının öncelik sıralarının yeniden belirlenmesi konusuna ışık tutabilir ve Türkiye'nin tüm havzalarına genişletilebilirse eğer, ülke bazındaki proje önceliklerinin saptanmasına yeni bir bakış açısı getirilebilir. Ayrıca kuraklık-sulaklık durumunun belirlenmesi, ilgili yöredeki bitki dokusunun yeniden gözden geçirilmesine olanak tanıyabilir. Sonuçta kuraklığın gelişimi sürekli izlenerek, kurak ve sulak alanların dağılımına ilişkin zamanında ve güvenilir bilgi temin edinebilmek adına, ülkemizde kuraklık izleme ve erken uyarı sisteminin kurulması gerekmektedir.

Çizelge 5.1. Kızılırmak Havzası Meteoroloji İstasyonlarının Yıllık Kuraklık Sınıfları (1. Bölüm)

Yıllar	Zara	Sivas	Gemerek	Boğazlıyan	Yozgat	Kayseri	Develi	Nevşehir	Kırşehir	Kaman	Kırıkkale	Çankırı	Kastamonu	Bafra
1950	-0.23					-1.13	-0.98	-1.01		-0.07	-0.04	-1.65	-1.75	
1951	-1.3						-1.79		-0.28	-1.48			-0.01	
1952	-4.37	-0.6	-0.61	-2.4	-0.01	-1.66	-1.94	-0.89		-0.65			-0.64	
1953	-1.29		-0.16	-1.48	-3.32		-2.25			-0.63	-0.56			
1954	-2.96	-0.44	-0.28	-0.3	-1.12			-0.03		-0.37	-0.35		-0.22	-0.61
1955	-1.64	-1.81	-1.29	-1	-0.96	-1.52	-0.85	-2.68	-1.55	-1.08	-1.23	-0.42	-0.45	-0.31
1956	-1.62	-1.97	-1.72	-2.13	-1.45	-0.31	-0.05	-1.74	-2.16	-1.74	-2.44	-2.13	-1.84	-1.19
1957	-0.08	-0.3	-1.82	-0.84	-0.82				-0.34	-0.64	-1.38		-2.04	-1.19
1958		-0.28		-0.16			-0.07	-0.5		-0.59			-0.46	-0.21
1959		-0.98			-0.97	-0.07			-0.39	-1.86			-1.16	
1960					-0.48	0			-0.22	-0.93	-0.84	-0.59	-0.17	-1.9
1961		-1.19	-1.23		0	-0.19		-1.04	-0.04				-0.41	-0.58
1962		-1.5	-0.45		-0.52	-1.27	-0.72	-1.54	-1.05	-0.24	0		-0.1	-1
1963													-0.25	
1964	-0.27	-1.03	-1.75	-1.21			-0.35	-0.05	-0.2		-0.12	-0.27		-1.4
1965					-0.32				-0.54		-0.93			-0.55
1966	-0.21	-1.62	-0.03			-1.07					-0.68		-0.47	-0.41
1967			-0.71			-0.54					-0.53	-0.36		
1968						-0.42								
1969						-0.36		-0.06						-0.65
1970	-0.64	-1.19	-1.27	-1.71	-0.13	-1.1	-0.22	-1.42				-0.44	-1.38	
1971				-0.69			-0.08		-0.85					-0.25
1972				-0.55	-1.47	-0.87	-0.27		-0.2	-0.44	-0.18			
1973	-0.56	-2.16	-0.62	-0.88	-1.88	-0.41	-0.16	-1.39	-2.05	-1.14	-1.38	-2.72	-1.15	-0.61
1974	-0.3	-0.36		-0.73	-1.24	-1.68		-0.69	-1.18	-0.81		-0.78	-0.98	-0.68
1975	-0.24	-0.17									-0.17		-0.02	
1976	-0.03		-0.2	-0.29	-0.11	-0.33				-1.07			-0.95	-0.61
1977	-0.05		-0.17		-0.83	-0.07	-0.49			-0.28		-1.55	-1.08	-0.36
1978		-0.44	-0.35	-0.68	-0.82	-0.08	-0.66		-0.07	-1	0	-0.08		
1979		-0.03	-0.21	-0.2						-0.15	-1.8	-0.58		-0.46
1980											-0.06			

Kuraklık Kategorisi	
Kuraklık Yok	
Hafif Şiddetli	
Orta Şiddetli	
Şiddetli	
Çok Şiddetli	

Çizelge 5.1. Kızılırmak Havzası Meteoroloji İstasyonlarının Yıllık Kuraklık Sınıfları (2. Bölüm)

Yıllar	Zara	Sivas	Gemerek	Boğazlıyan	Yozgat	Kayseri	Develi	Nevşehir	Kırşehir	Kaman	Kırkkale	Çankırı	Kastamonu	Bafra
1981							-0.02							-0.67
1982	-0.19	-1.37		-0.14	-0.95	-0.87		-1.12	-1.35	-0.32	-0.17			-1.38
1983							-0.12							
1984	-0.57	-2.06	-0.83		-0.93	-1.54	-0.73	-0.38	-1.81	-0.6	-0.65	-0.11		-1.21
1985						-0.28	-0.97					-0.18	-0.03	-0.19
1986		-0.26	-0.26	-0.91					-0.84	-0.61	-0.76	-1.92	-0.93	-0.23
1987														
1988														
1989	-0.1			-0.85	-0.53	-1.45	-1.13	-1.33	-0.7		-0.22		-0.09	
1990	-0.48	-0.4	-0.59		-0.61		-0.94		-0.64		-0.62	-0.31	-0.61	-0.36
1991	-0.29													
1992									-0.42	-1.47	-1.37	-0.11		
1993			-1.19	-0.53		-0.18			-0.69	-0.77	-0.94	-1.85	-1.18	-1.32
1994	-0.73	-0.66	-0.79	-1.19	-0.08	-1.33	-0.17	-0.23	-1.42	-0.46	-0.87	-0.8	-1.58	-0.24
1995			-0.32								-0.1			-0.86
1996								-0.35					-0.09	
1997		-0.03											-0.05	
1998														
1999		-0.43	-1.9	-0.67			-1.97	-1.31	-0.19	-0.36				
2000			-1.28	-0.87		-0.28	-0.42					-0.32	-0.03	-0.36
2001	-0.16	-0.97	-1.28	-1.21	-0.31	-1.86		-1.47	-0.35		-0.12			-0.2
2002	-0.11			-0.06	-0.13		-0.72	-0.88	-0.87		-0.37	-0.88		-0.48
2003	-0.15		-0.17	-1.26	-0.02	-1.36		-0.32	-1.12	-0.08	-1	-0.93	-0.18	
2004	-0.36	-0.77	-1.19		-1.05	-0.31	-1.21	-0.63	-1.37	-0.68	-0.66	-0.73		
2005		-0.41	-0.98	-0.04		-0.55	-1.21	-0.96	-0.16					-0.48
2006	-0.02			-0.55	-0.59		-1.66	-1.22	-0.48	-0.08			-1.43	
2007	-0.29	-0.66		-0.34	-0.31		-0.8		-0.44	-3.25	-1.6	-2.12	-1.56	-1.53

Kuraklık Kategorisi	
Kuraklık Yok	
Hafif Şiddetli	
Orta Şiddetli	
Şiddetli	
Çok Şiddetli	

5.2. YSA Model Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmanın bundan önceki bölümünde, Kızılırmak Havzası'nda mevcut meteoroloji istasyonlarından elde edilen her bir istasyon için incelenen döneme ait gözlenen aylık yağış verileri kullanılarak SYİ metodu ile kuraklık analizi sonucunda bulunan havzada yaşanan kuraklıklar hakkında bilgi verilmiş ve havza bütününde kuraklık değerlendirilmesi açıklanmıştır. Bu bölümde ise, geçmiş yılların yağış verilerini kullanarak yapay sinir ağları (YSA) metodu ile gelecek yıllara yönelik yapılan kuraklık tahmini sonuçları açıklanacaktır.

Sivas istasyonu için yapılan deneme ve çalışmalar neticesinde, tek çıkış katmanlı ağ modeli için en iyi ağ yapısı olarak; girdi katmanında 10 adet, gizli katmanında 6 adet nöron bulunan ve 1 adet çıkış nöronuna sahip (10_6_1) “İleri Beslemeli Geriye Yayılmalı Ağ (İBGYA)” modeli seçilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak gizli katmanda tanjant sigmoid ve çıkış katmanında lineer fonksiyonları kabul edilmiştir. Öğrenme katsayısı (λ), momentum katsayısı (α) ve iterasyon sayısı (*epochs*) gibi diğer parametreler her ağ için ayrı ayrı denenerek bulunmuştur. Deneme-yanılma sonucunda seçilen (10_6_1) ağ modelimiz için; öğrenme katsayısı, momentum katsayısı ve iterasyon değerleri, $\lambda=0.9$, $\alpha=0.7$, *epochs*=10000 olarak bulunmuştur.

Geleceğe yönelik tahminin ne kadar yaklaşık olacağını görebilmek amacıyla 2007 yılının değerleri eğitim ve test verilerinde kullanılmamıştır. Dolayısıyla 2006 yılına kadarki veriler geçmiş veriler olarak kullanılarak ağ modeli geliştirilmiş, 2007 yılının bilinen (ölçülmüş) değerleri de gelecek yılın verisi gibi düşünülerek, ağın gelecek yılların tahminindeki başarısı test edilmiştir. Bu test, ağ modelinin oluşturulma aşamasında olduğu gibi, tek giriş nöronu bulunandan 12 giriş nöronluya kadar tüm ağ modelleri için tekrarlanmış ve hangi modelin gelecek yılların verisini daha iyi tahmin ettiği araştırılmıştır. Bu araştırmada, üç farklı metot izlenmiş ve ağın bulduğu sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu metotlar ilgili bölümde ayrıntılı olarak açıklanmakla beraber özetle; 1. metotta tahminden tahmin yapılmış, 2. metotta gerçek değerlerden tahmin yapılmış ve sonuçta her iki metodun sonuçları ile gerçek değerler karşılaştırılmıştır. 3. metotta ise ağ yapısı değiştirilerek geleceğe yönelik toplu olarak yapılacak tahminlerin başarısı test edilmiştir. Bu amaçla, çıkış katmanı nöron sayısı

değiştirilerek (10_6_2), (10_6_3) ve (10_6_4) ağ modelleri oluşturularak gelecek 2, 3 ve 4 ayın verileri tahmin edilmiştir.

YSA ile gelecek verilerin tahmini, birçok yönden ayrıntılı olarak incelenmiş ve bu amaçla birçok deneme yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda Sivas istasyonunun 12 aylık SYİ değerleri ile oluşturulan seriyi en iyi temsil eden ağın (10_6_1) ağ modeli olduğu görülmüştür.

Çalışmanın en önemli sonucu ise geçmiş yılların verileri kullanılarak YSA ile gelecek yıllara ait bir fikir elde edilebileceğinin görülmesidir. Özellikle gelecek ilk 3 ayda oldukça yaklaşık tahminde bulunulabilmektedir. Daha ileri gidildikçe, ağ modelleri ile elde edilen tahmin değerleri ve gerçek değerler arasındaki fark büyümekte ancak genel olarak veri serisinin gidişi yakalanmaktadır.

Geleceğe yönelik tahminde bulunup, daha sonra elde edilmiş bu tahmini verilerin kullanılması ile daha sonraki dönem verilerin tahmin edildiği durumda (1.metot) ise; özellikle ilk 3 aydan sonra gerçek ve tahmini değerler arasındaki farkın giderek büyüdüğü gözlenmiştir. Bu durum, belirli bir hata payına sahip tahmini verilerin tekrar girdi olarak kullanılmasıyla hata payının giderek büyümesi olarak açıklanmıştır.

Gelecek verilerinin toplu olarak yapılabilirliğinin denendiği çalışma sonucunda ise, aynı sayıda girdi katmanı nöronu kullandığımızda; çıkış katmanı nöron sayısı arttıkça, gerçek değerlerin gidişi ile tahmini verilerin gidişi arasındaki farkın büyüdüğü görülmüştür. Bir başka deyişle, (10_6_2) ağ modelinin geleceğe yönelik tahmin sonuçları, (10_6_4) ağ modelinin sonuçlarına göre gerçek değerlere daha yakındır. Ya da geçmiş verilere bakarak gelecek 2 aya ait verilerin, gelecek 4 aya ait verilere göre daha iyi tahmin edildiği görülmüştür. Bununla birlikte, yine doğru modelleme yapıldığında, gelecek dönemin kuraklık durumu ya da yağış gidişi ile ilgili bir fikir edinilebileceği görülmektedir.

Daha önce de bahsedildiği gibi literatürde bu tür benzer çalışmalar olmakla beraber bu çalışmada, sadece geçtiğimiz yılların SYİ verileri kullanılarak geleceğe yönelik

tahmin çalışılması yapılmış, ne kadar yaklaşık tahminlerde bulunulabileceği araştırılmıştır.

Bu araştırma sonucunda gerekli analizlerin ve deneme-yanılmaların yapılarak doğru modelin oluşturulabildiği; böylece SYİ serilerini temsil edebilecek ağ modellerinin oluşturulabildiği görölmüştür. Bu ağ modellerinin kullanılması ile de gelecek döneme ait SYİ ile ilgili olarak, yaklaşık tahminlerde bulunulabileceği sonucuna varılmıştır. Elde edilen sonuçlara dayanarak, yağış verileri ile birlikte; sıcaklık, nem, buharlaşma gibi verilerinde kullanılmasıyla oluşturulacak daha farklı ağ modelleri ile geleceğe yönelik daha yaklaşık tahminlerde bulunulabileceği düşünölmektedir.

KAYNAKLAR

- (1) Özgürel, M., Pamuk, G., Topçuoğlu, K., Ege Bölgesi Koşullarında Farklı İki Kuraklık İndisinin Karşılaştırılması. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 40 (1): 95-102, 2003.
- (2) Tümertekin, E., İktisadi Coğrafya, Kurak Bölgelerde Ziraat, Ankara, 1957.
- (3) Türkeş, M., Türkiye’de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. İstanbul Üniversitesi. Doktora Tezi, İstanbul, 1990.
- (4) Çelenk, Ş., Türkiye’nin Kuraklık Etüdü. DMİ, Ankara, 1973.
- (5) Koçman, A., Türkiye’de Yağış Yetersizliğine Bağlı Kuraklık Sorunu. Ege Coğrafya Dergisi, 7, 77-88, 1993.
- (6) Şen, Z., Run-Sums of Annual Flow Series. Journal of Hydrology, 35, 311-324, 1977.
- (7) Sırdaş, S., Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2002.
- (8) Aydeniz, A., Aydeniz Metodu ile Türkiye'nin Kuraklık Değerlendirilmesi. DMİ Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1988.
- (9) Altıparmak, İ., Büyük Menderes Havzasında Kuraklık Sorunu Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, 1999.
- (10) Erkuş, M. K., İstanbul Yıllık Yağışlarının Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2001.

- (11) Sırdaş, S., Şen Z., Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. İTÜ Dergisi, 2 (2): 95-103, 2003.
- (12) Topçuoğlu, K., Özgürel, M., Pamuk G., Meteorolojik Türkiye İçin Yeni Bir Kuraklık İndisi Denemesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 41(3):145-153, 2004.
- (13) Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu, K., Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 41(1):99-106, 2004.
- (14) Yeğnidemir, M. K., İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu ile Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2005.
- (15) Yaltay, N., Bitlis İli Ahlat İlçesi Kuraklık Risk Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 2006.
- (16) Keskin, M. E., Terzi Ö., Taylan E. D. ve Yılmaz A. G., Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Nisan 2007, İTÜ-İstanbul, s. 350-359, 2007.
- (17) Yıldız, O., Evaluating Temporal and Spatial Characteristics of Droughts in the Central Anatolian Region, Turkey., 2007.
- (18) Yıldız, O., Yukarı Kızılırmak Havzası'nda SYİ Metodu ile Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi. 5. Ulusal Hidroloji Kongresi, Eylül 2007, ODTÜ-Ankara, s. 143-151, 2007.
- (19) Yıldız, O., Kılınç M. Y., Yeğnidemir M. K., Akgüngör A. P., Hirfanlı Baraj Havzasında Kuraklık Frekans ve Alansal Özelliklerinin İncelenmesi. III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Eylül 2007, Gümüşhane-İzmir, 2007.
- (20) Yıldız, O., Standart Yağış İndisi (SYİ) ile Kırıkkale İlinde Kuraklık Analizi. 21. Yüzyılın Başında II. Kırıkkale Sempozyumu, Mart-2008, Kırıkkale, 2008.

- (21) Tatlı, H., Türkeş, M., Türkiye'deki 2006/2007 Kuraklığı ile Geniş Ölçekli Atmosferik Değişkenler Arasındaki Bağlantının Lojistik Regresyonla Belirlenmesi. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, Mart 2008, s. 516-527, İstanbul, 2008.
- (22) Türkeş, M., Tatlı, H., Aşırı Kurak ve Nemli Koşulların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Yeni-SPI): Türkiye'ye Uygulanması. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, Mart 2008, s. 528-538, İstanbul, 2008.
- (23) Hınıs, M. A., Standart Yağış İndeksi ile Konya'nın Geçmişten Günümüze Kuraklık Değerlendirilmesi. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, Eylül-2008, s. 238-245, Konya, 2008.
- (24) Yürekli, K., Anlı, S., Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Karaman İli Kuraklığının Analizi, 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, Eylül-2008, s. 246-251, Konya, 2008.
- (25) Deniz, D., Türkiye'deki Kuraklığın Standart Yağış İndeksi (SPI) ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2009.
- (26) Yıldız, O., Assessing Temporal and Spatial Characteristics of Droughts in the Hirfanli Dam Basin, Turkey. Scientific Research and Essays, 4(4): 249-255, 2009.
- (27) Rogers, L. L. and Dowla, F. U., Optimization of Groundwater Remediation Using Artificial Neural Networks with Parallel Solute Transport Modeling. Water Resources Research, 30(2): 457-481, 1994.

- (28) Golob, R., Stokelj, T., Grgic, D., Neural Network-Based Inflow Forecasting. Control Engineering Practice 6, s. 593-600, 1998.
- (29) Baylar, A., Emiroğlu, M. E., Arslan, A., Geriye Yayılma Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Yanal Su Alma Yapısına Yönelecek Olan Sürüntü Maddesi Oranının Bulunması. D.E.Ü. Fen ve Mühendislik Dergisi, İzmir, 1(2): 1-12, 1999.
- (30) Dawson, C. W. and Wilby, R. L., Hydrological Modelling Using Artificial Neural Networks, Progress in Physical Geography, 25(1): 80-108, 2001.
- (31) Dibike, Y. B. and Solomatine, D.P., River Flow Forecasting Using Artificial Neural Networks. Physics Chemical Earth (B), 26(1): 1-7, 2001.
- (32) Keskin, M. E. ve Terzi, Ö., Yapay Sinir Ağları Metodu İle Buharlaşma Miktarının Belirlenmesi. Mühendislikte Modern Yöntemler Sempozyumu, Eylül 2001, İstanbul, s. 107-113, 2001.
- (33) Rajurkar, M. P., Kothyari U.C., Chaube U.C., Modeling of The Daily Rainfall-Runoff Relationship With Artificial Neural Network, Journal of Hydrology 285 (2004), s. 196-113, 2002.
- (34) Alp, M. ve Cığızoğlu, H.K., Farklı Yapay Sinir Ağı Metotları ile Yağış Akış İlişkisinin Modellenmesi, İTÜ Dergisi, 3 (1): 80-88, 2004.
- (35) Kayaalp, N., Hamidi, N., Dicle Nehri'nde Taşınan Süspanse-sediment Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi, IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, Haziran 2004, İstanbul, 2004.
- (36) Terzi, Ö., Keskin, M. E., Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı Kullanarak Günlük Tava Buharlaşması Tahmini. İMO Teknik Dergi, 243, s. 3683-3693, 2005.

- (37) Kişi Ö., Yapay Sinir Ağları ile Meteorolojik Verileri Kullanarak Buharlaşmanın Modellenmesi. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, Kasım 2005, Kocaeli, s. 790-797, 2005.
- (38) Doğan, E. ve Işık, S., Sapanca Gölü Günlük Buharlaşma Miktarının Radyal Temelli Yapay Sinir Ağı Modeli Kullanarak Tahmin Edilmesi. Bilimde Modern Yöntemler Sempozyumu, Kasım 2005, Kocaeli, s. 807-814, 2005.
- (39) Parida, B.P., Moalafhi D.B., Kenabatho P.K., Forecasting Runoff Coefficients Using ANN for Water Resources Management: The Case of Notwane Catchment in Eastern Botswana, Physics and Chemistry of the Earth, 31 (2006) Botswana, s. 928-934, 2006.
- (40) Yerdelen, C., Mevsimlik Kar Erimesinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Tahmin Edilmesi. Selçuk Üniversitesi Müh.-Mim. Fak. Derg., 21, s. 3-4, 2006.
- (41) Yurdusev, M. L., Acı M., Turan M. E., İçağa Y., Akarçay Nehri Aylık Akımlarının Yapay Sinir Ağları İle Tahmini, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4.1 (2008), s. 73-88, 2007.
- (42) şahin, M., Karadeniz Bölgesindeki Yağış-Akış İlişkisinin YSA Metotlarıyla Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2007.
- (43) Öcal, O., Yapay Sinir Ağları Algoritması Kullanılarak Havzalarda Yağış-Akış-Katı Madde İlişkisinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2007.
- (44) Yüksel, İ., Sandalcı M., Öncül M., “Aşağı Sakarya Havzası’ndaki Küçük Akarsuların Enerji Potansiyellerinin Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Tespiti”. VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, Aralık 2008, İstanbul, s. 451-458, 2008.

- (45) Partal, T., Kahya E., Cıgızoğlu K., Yağış Verilerinin Yapay Sinir Ağları ve Dalgacık Dönüşümü Yöntemleri ile Tahmini. İTÜ Dergisi, 7 (3): 73-85, İstanbul, 2008.
- (46) Öztopal, A. ve şen, Z., Kısa Vadeli Yağış Modellemesi İçin Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı. İTÜ Dergisi, 8 (1): 83-89, İstanbul, 2009.
- (47) Önal, S., Yapay Sinir Ağları Metodu İle Kızılırmak Nehri'nin Akım Tahmini. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2009.
- (48) Bacanlı, Ü. G., Fırat M., Dikbaş F., Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System for Drought Forecasting. Stoch Environ Res Risk Assess, 23, s. 1143-1154, 2009.
- (49) Silay, A. E., Tomar A., Kuraklığın Etkileri ve Su Kaynakları Yatırımlarının İzmir Ölçeğinde İrdelenmesi. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, Ocak 2009, İzmir, s. 299-313, 2009.
- (50) WWF, 2008 Türkiye Kuraklık Değerlendirme Raporu, 2008.
- (51) Kadioğlu, M., Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi. Ed: Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 277-300, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara, 2008.
- (52) şen, Z., İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi. 22 Mart Dünya Su Günü, "İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi" Paneli, 2005.
- (53) Baykan, O., Büyük Menderes Havzası Kuraklık Eğilimleri. Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, PAÜ, Eylül 1994, s. 383-397, Denizli, 1994.
- (54) Kodal S., Tüzün A.M., "GAP'ta Tarımsal Kuraklık ve Alınabilecek Önlemler", Türkiye'de Kuraklık ve Su Kaynaklarımız konulu panel konuşma metni.

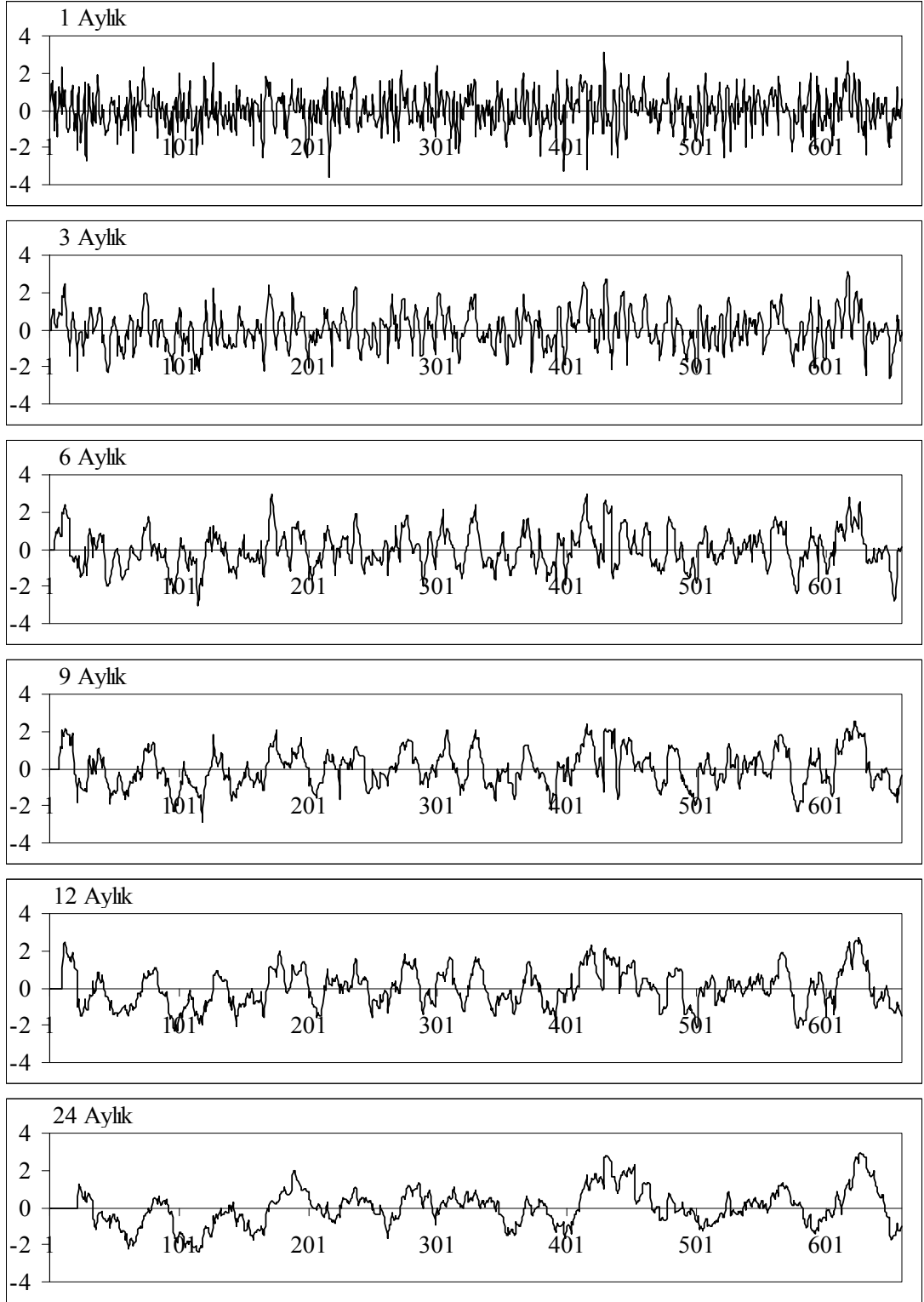
- (55) Çaldağ B., Sırdaş S., Şaylan L., Trakya Bölgesinde Kuraklık Durumunun Standart Yağış İndeksi ile Belirlenmesi. İ.T.Ü Uçak ve Uzay Bil. Fak. Meteoroloji Müh. Böl., İstanbul, 2002.
- (56) Şensoy S., Demircan M., Ulupınar Y., Balta İ., Türkiye İklimi. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- (57) Türkeş, M., Vulnerability of Turkey to desertification with respect to precipitation and aridity conditions. Tr. J. of Engineering and Environmental Science, 23 (1999) , s. 363 – 380, 1999.
- (58) Türkeş, M., Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. International Journal of Climatology, 16, s. 1057-1076, 1996.
- (59) Kömüşçü A. Ü., Erkan A., Kuraklık ve Türkiye Açısından Genel Bir Değerlendirme. Çevre ve İnsan Dergisi, (2008)/4, sayı:75, s. 38-41, 2008.
- (60) Türkeş, M., Türkiye'nin Kuraklığa, Çölleşmeye Eğilimi ve İklim Değişikliği Açısından Değerlendirilmesi. Pankobirlik 91, s. 38-47, 2007.
- (61) Ogollo L. J., Drought and Desertification Report of the CCL Rapportuer on Drought and Desertification in Warm Climates to the tenth Session of the Commission for Climatology, Lisbon, 1989.
- (62) Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA, s.179-184, 1993.
- (63) Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales, January 15-20, 1995. American Meteorological Society, Proceeding of The 9th Conference on Applied Climatology, Boston, pp.233-236, 1995.

- (64) Anonim, Devlet Su İşleri Haritalı İstatistik Bülteni. DSİ Genel Müdürlüğü, APK Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1997.
- (65) <http://www.kultur.gov.tr/kizirmak> (Erişim tarihi: 05.05.2010)
- (66) Yılmaz, C., Kızılırmak Deltasında Meydana Gelen Erozyonun Coğrafi Analizi, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, Haziran 2005, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü- İstanbul, s. 227-234, 2005.
- (67) [http://www\(.cedgm.gov.tr/cevreatlasi/dogalkaynaklar.pdf\)](http://www(.cedgm.gov.tr/cevreatlasi/dogalkaynaklar.pdf))
(Erişim tarihi: 25.05.2010)
- (68) Asan, T., Erden, Y. K., Özoral, E., Bafra Ovası Deltası Kızılırmak Nehri-Karadeniz Birleşimindeki Kıyı Erozyonunda Alınan Önlemler”, IV: Kıyı Mühendisliği Ulusal Semp., Bildiriler Kitabı, Cilt: I, Antalya, s. 189-199, 2002.
- (69) Saraç T., Yapay Sinir Ağları. Gazi Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Ana Bilim Dalı Seminer Projesi, Haziran 2004, Ankara, 2004.
- (70) Yurtoğlu, H., Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği, DPT, EMSAGM Şubat 2005, Rapor No:2683, s. 104, 2005.
- (71) Öztemel E., Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayınları, İstanbul, 2006.
- (72) Eberhart, R.C. ve Dobbins, R.W., Neural Network PC Tools. A Practical Guide, Academic Press, San Diego, 1990.

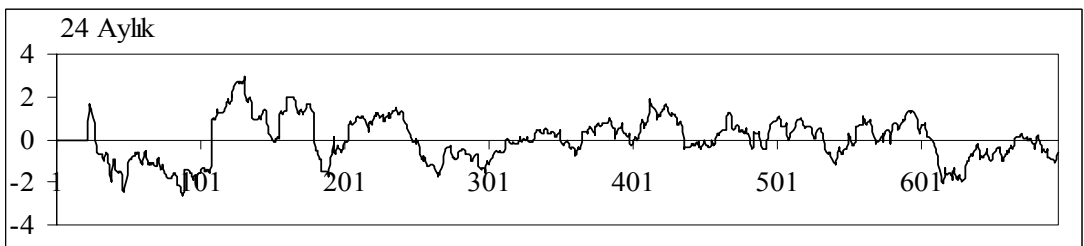
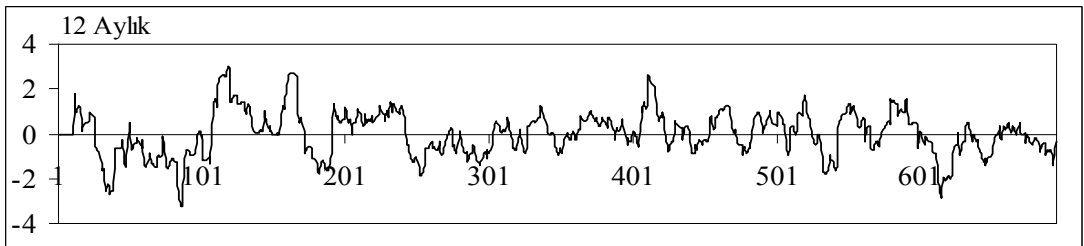
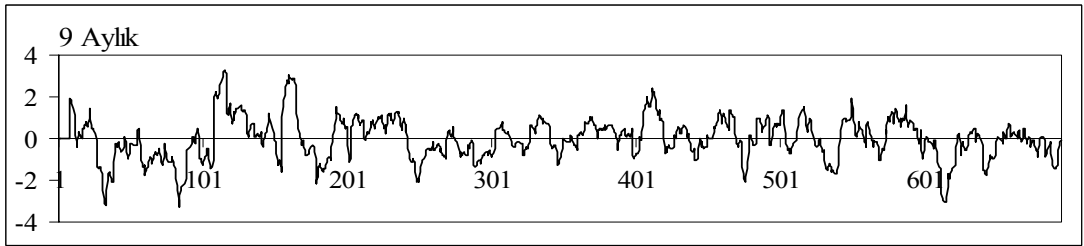
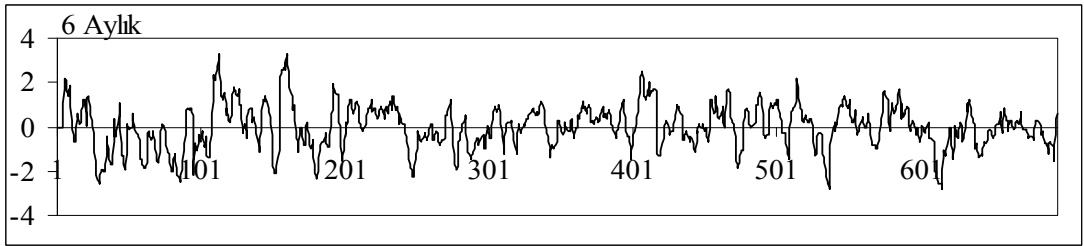
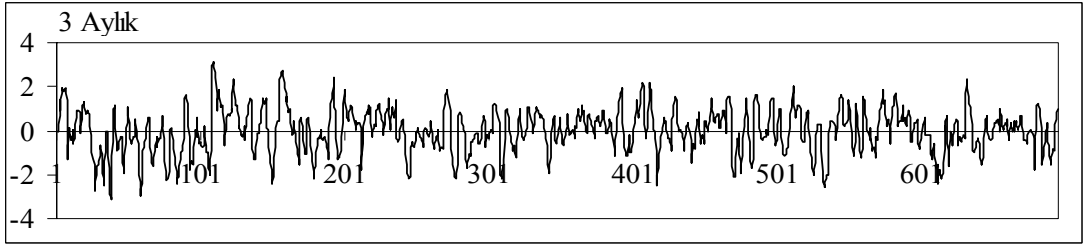
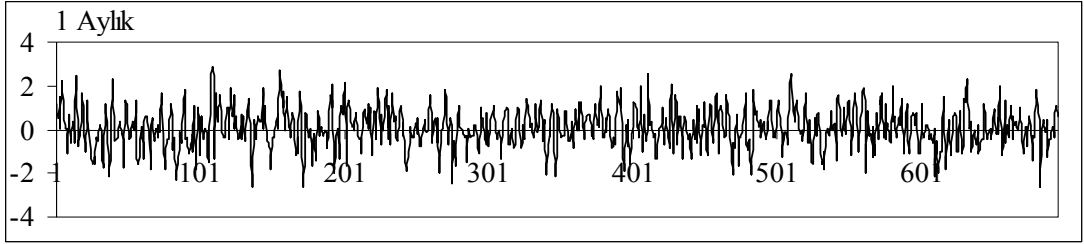
EKLER

- EK-1 Kızılırmak Havzası meteoroloji istasyonlarının aylık yağış verilerine ait 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri.
- EK-2 Kızılırmak Havzası istasyonlarının analizler sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri.
- EK-3 Kızılırmak Havzası meteoroloji istasyonlarının farklı zaman dilimlerine ait M-L ilişkisini gösteren doğrusal denklemlerin elde edildiği nokta grafikleri.
- EK-4 Kızılırmak Havzası meteoroloji istasyonlarının mevsimsel kuraklıkları gösteren grafikler.

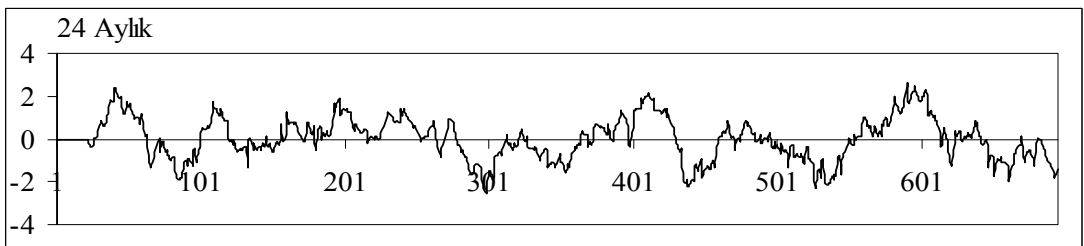
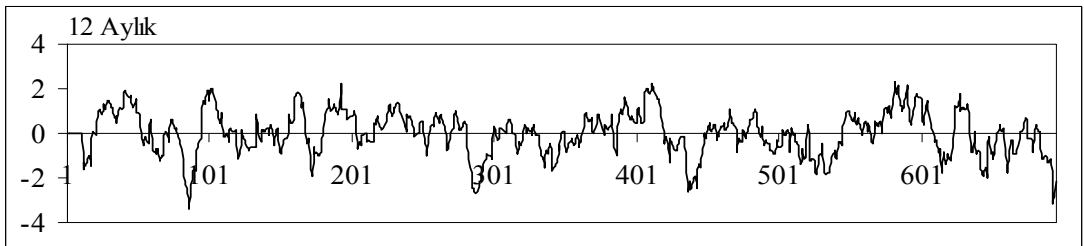
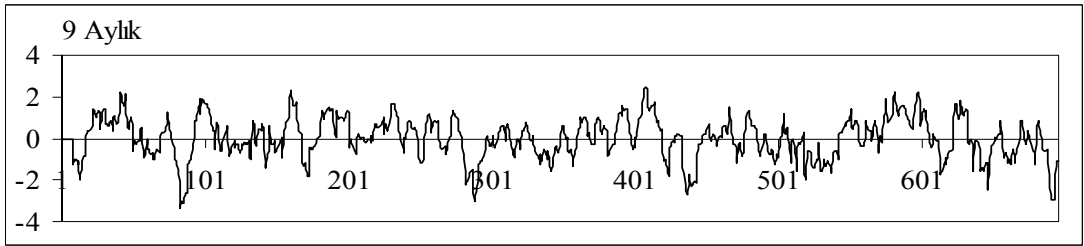
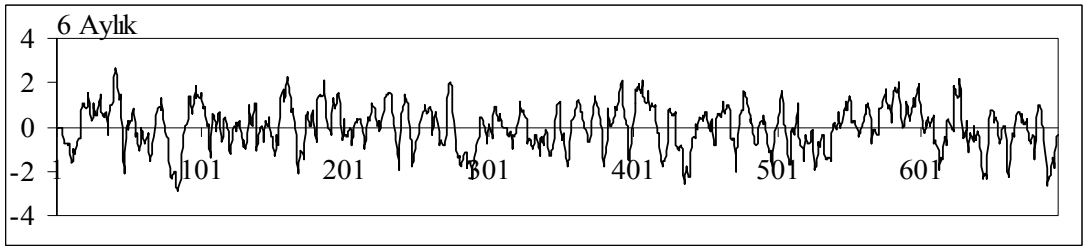
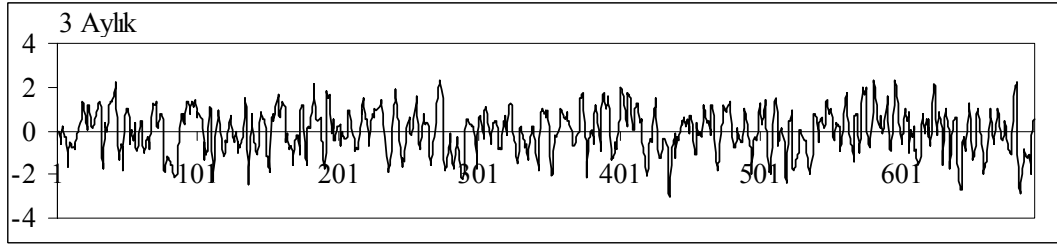
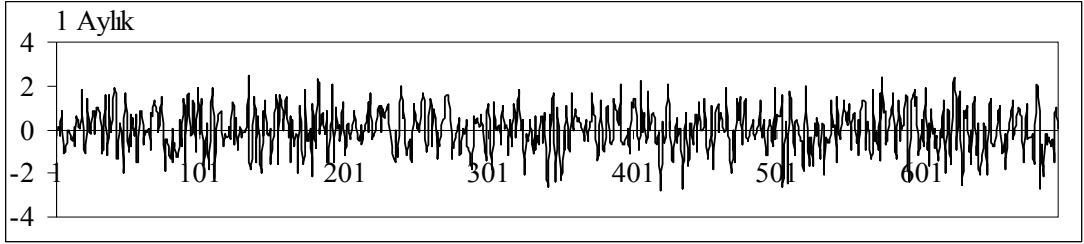
Ek 1.1. Bafra istasyonu, 1953-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



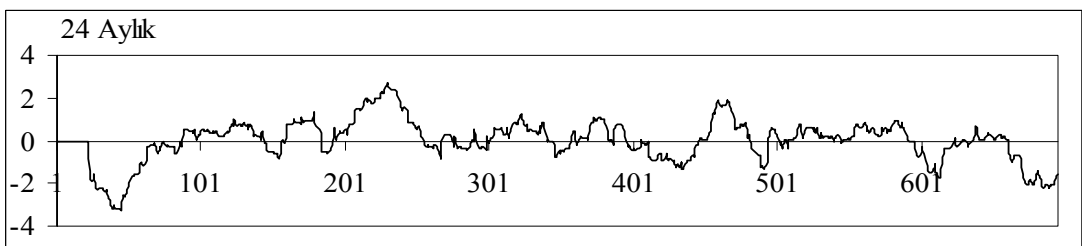
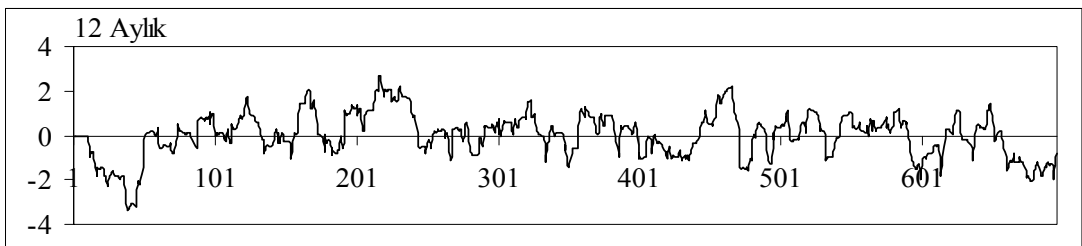
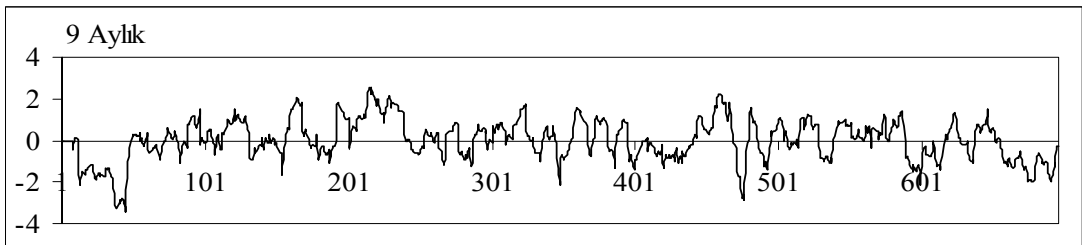
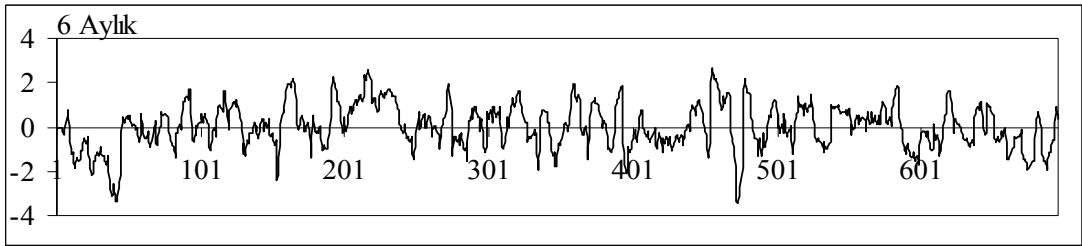
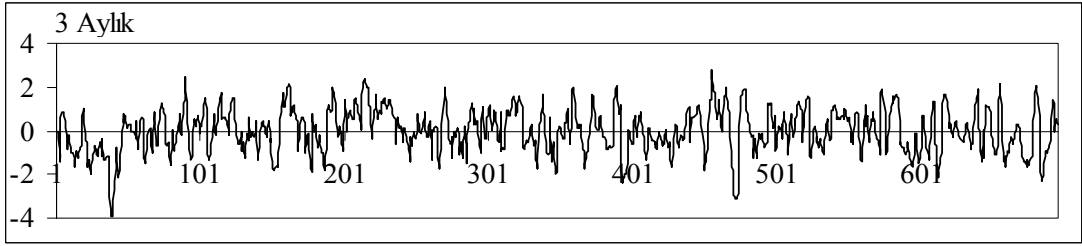
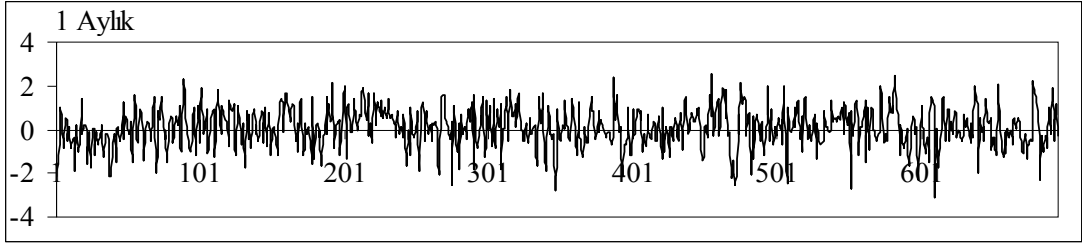
Ek 1.2. Boğazlıyan istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



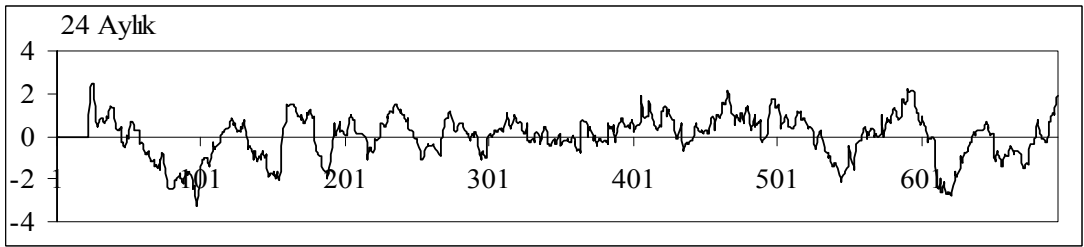
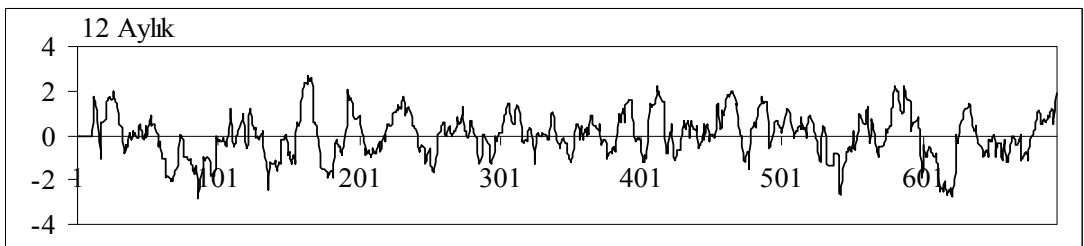
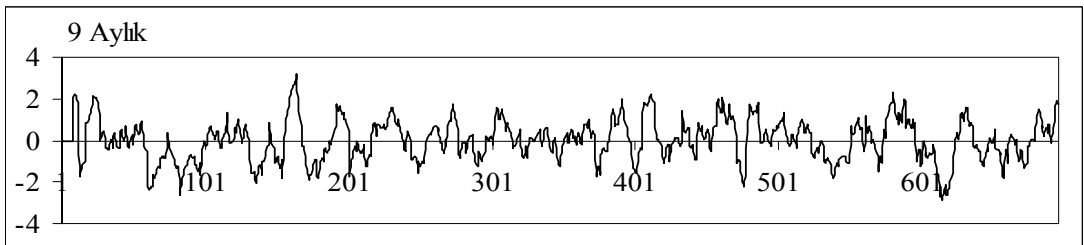
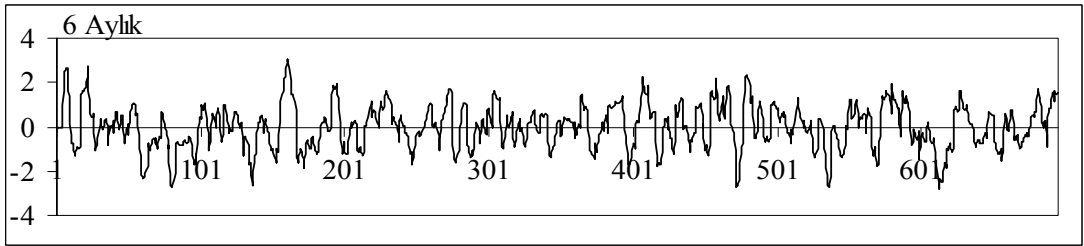
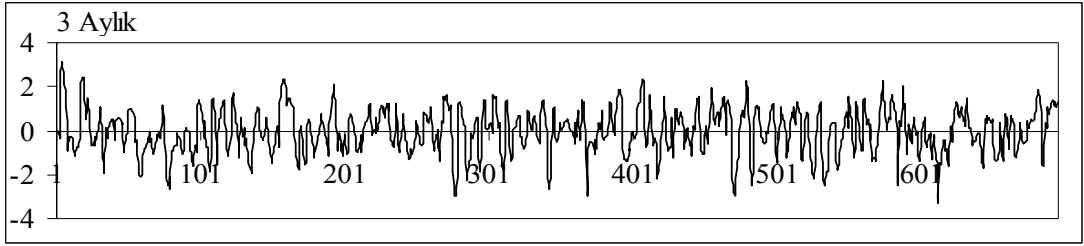
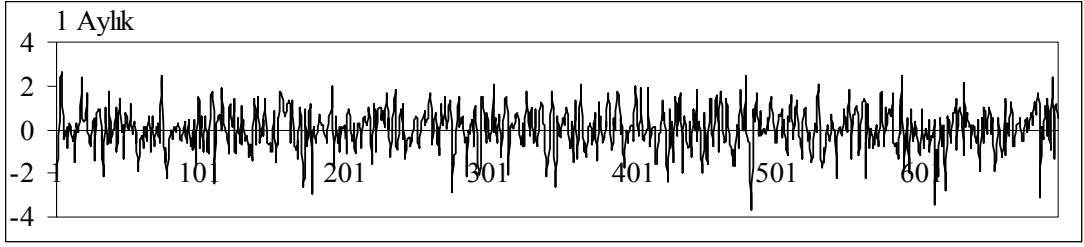
Ek 1.3. Çankırı istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



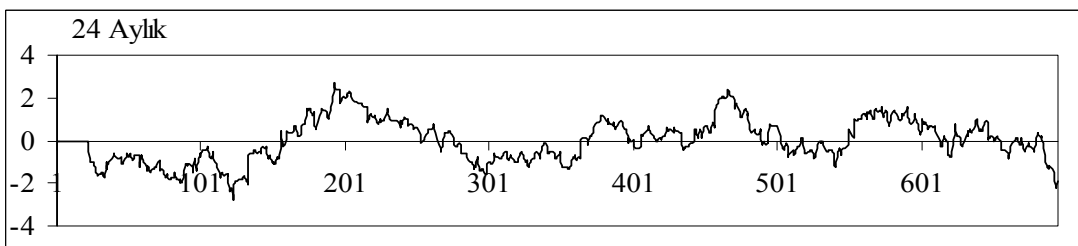
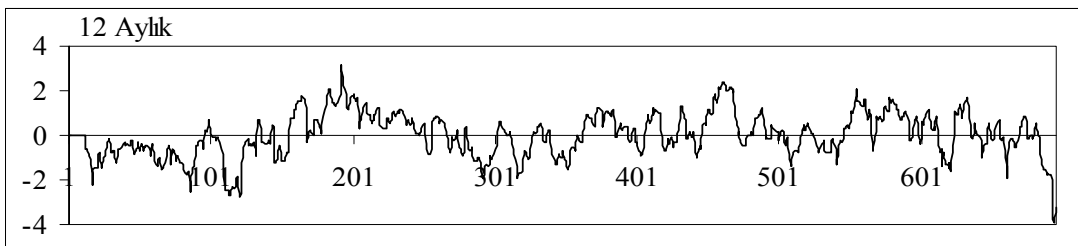
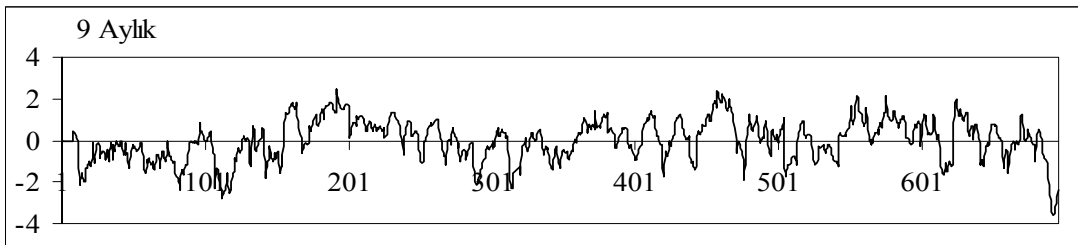
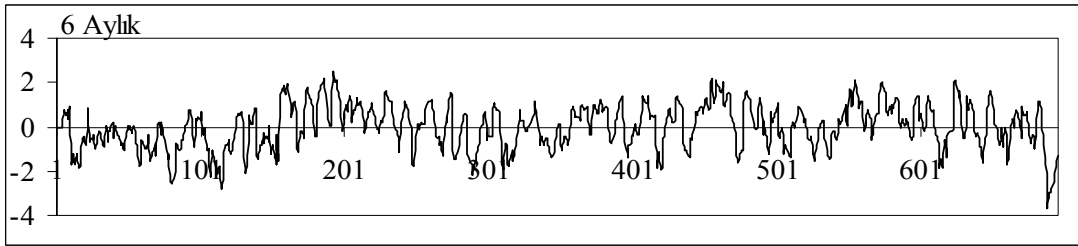
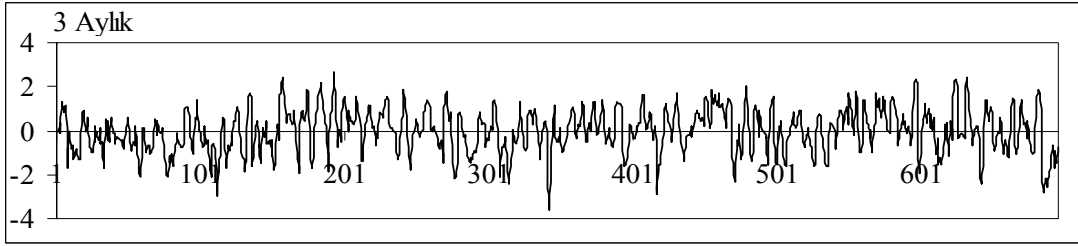
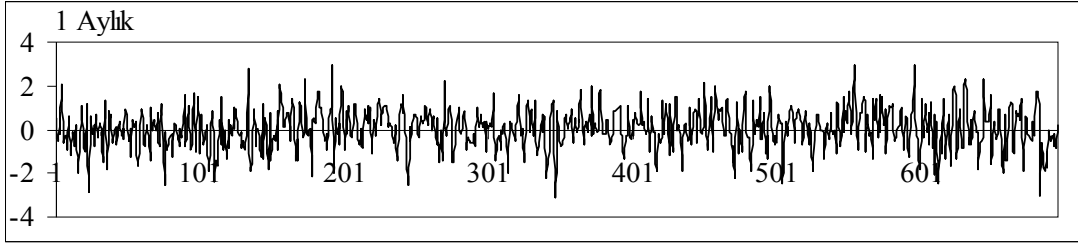
Ek 1.4. Develi istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



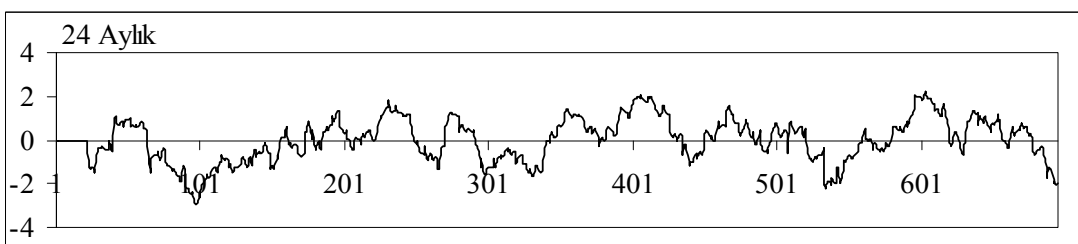
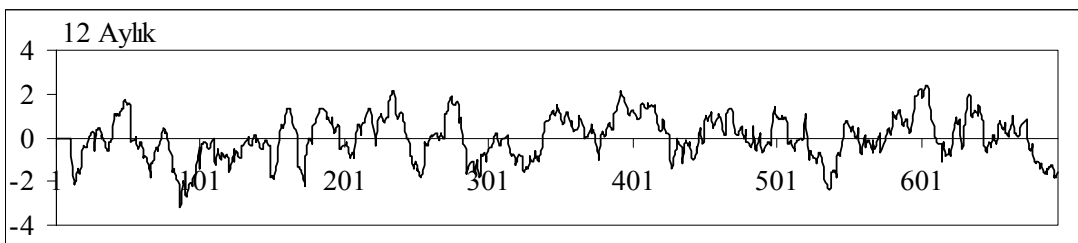
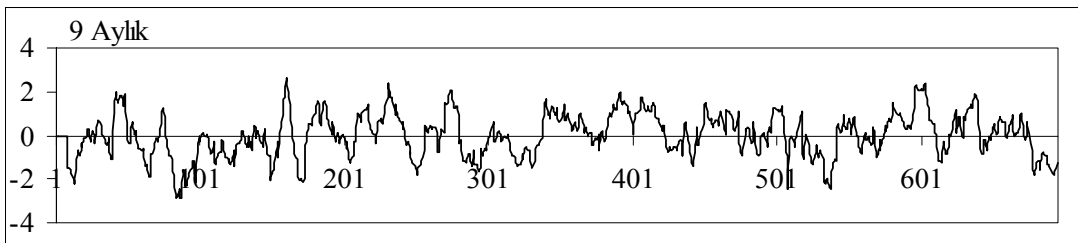
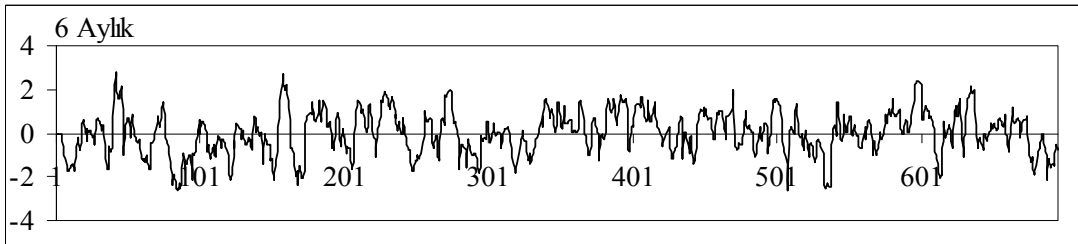
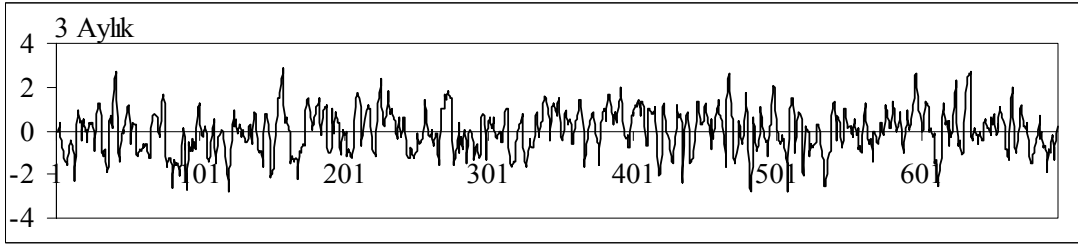
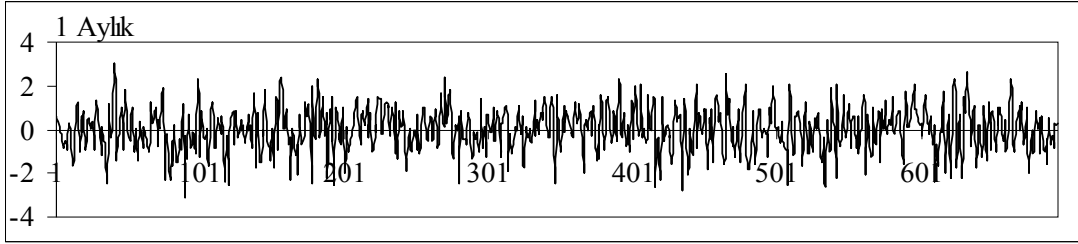
Ek 1.5. Gemerek istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



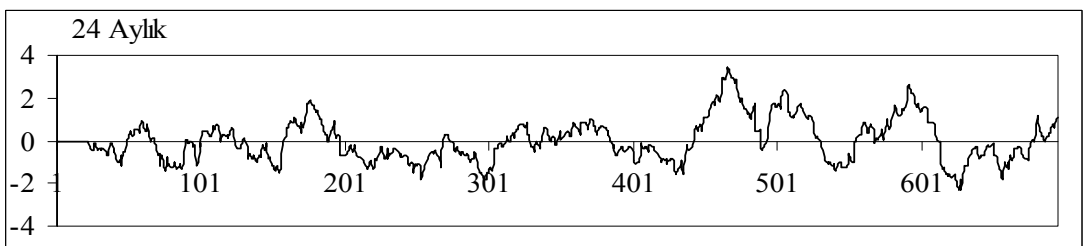
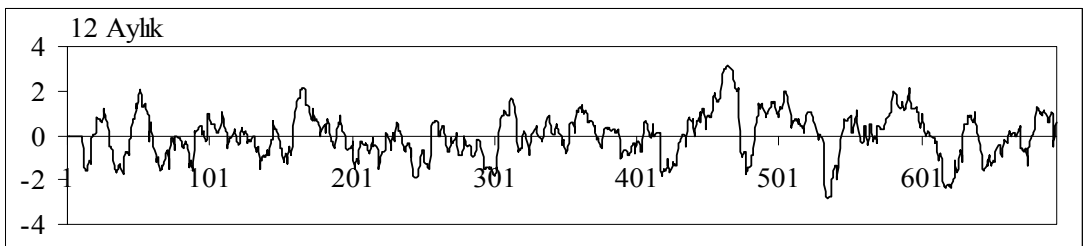
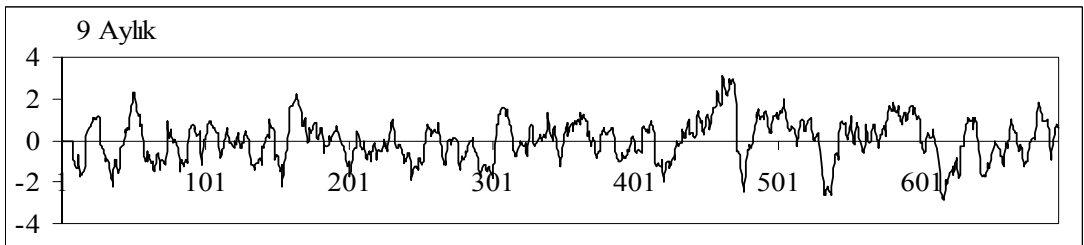
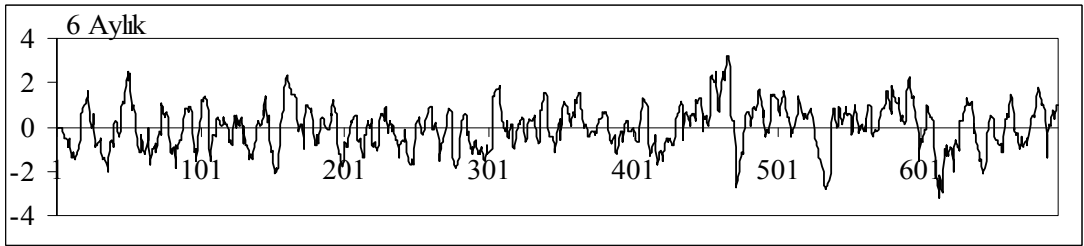
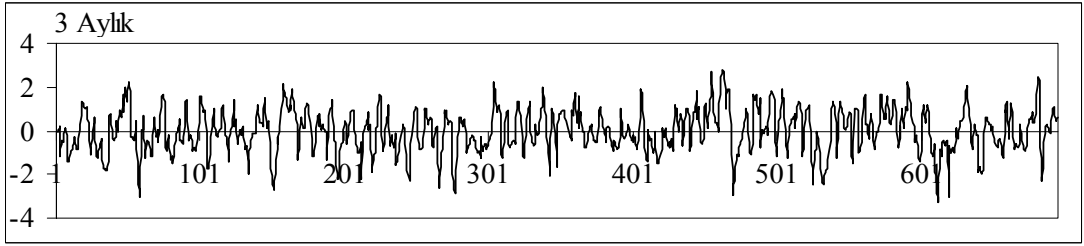
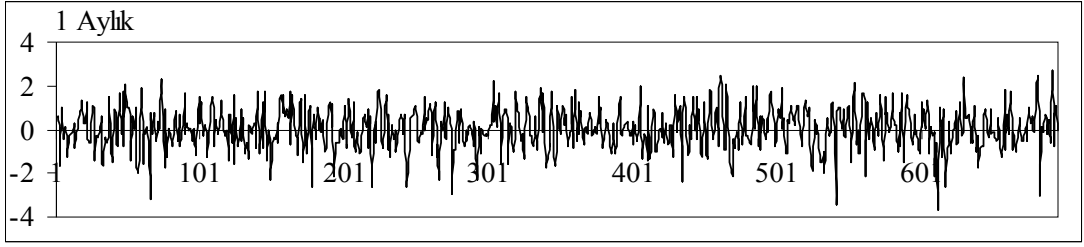
Ek 1.6. Kaman istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



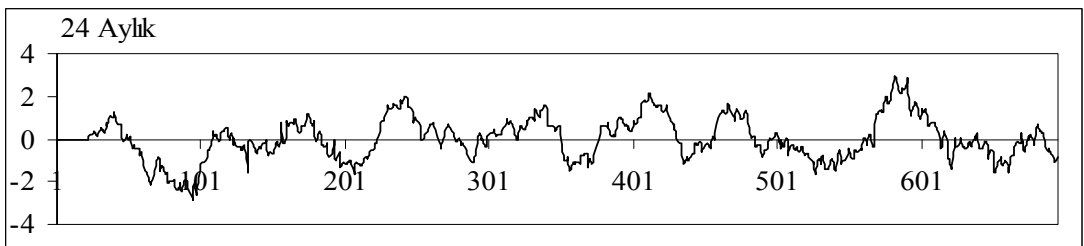
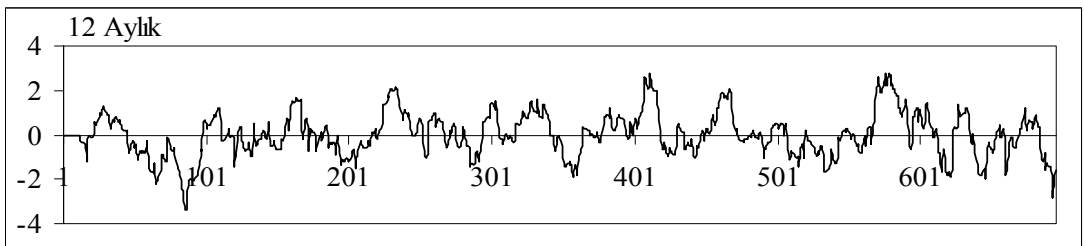
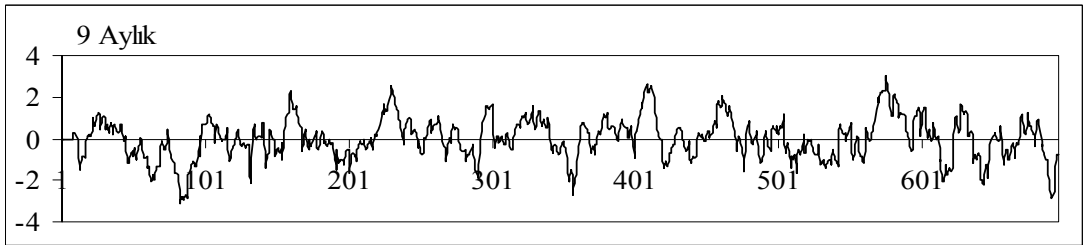
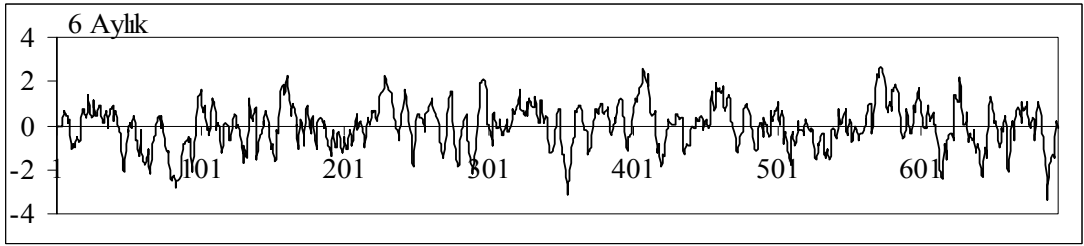
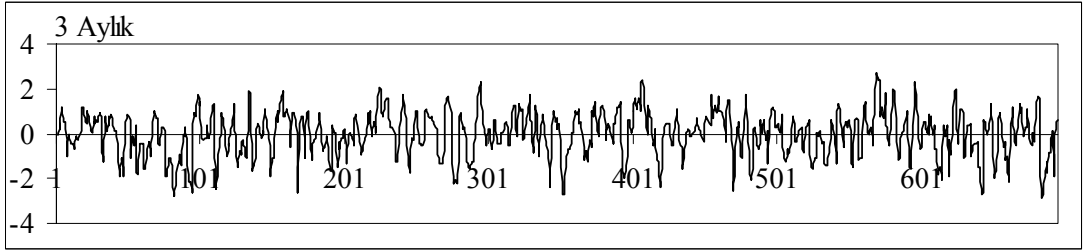
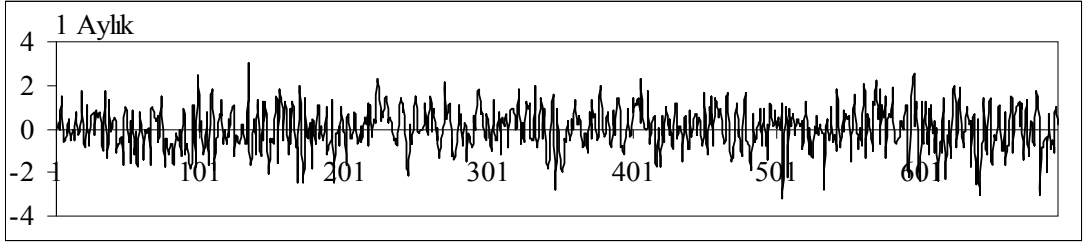
Ek 1.7. Kastamonu istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



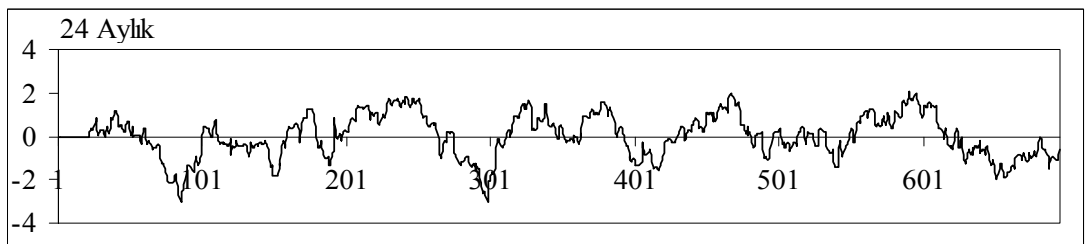
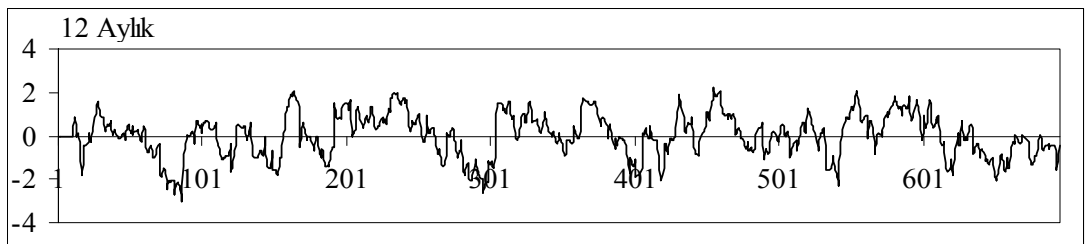
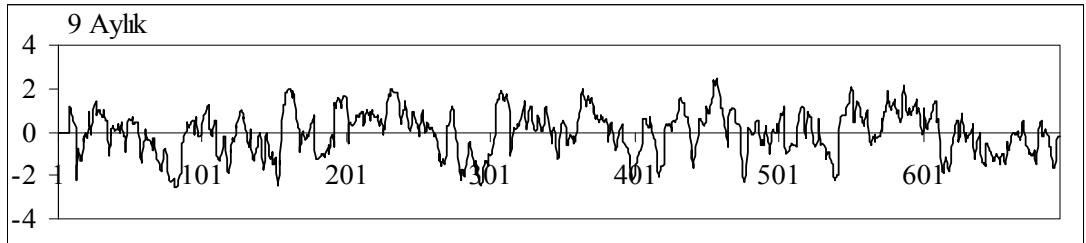
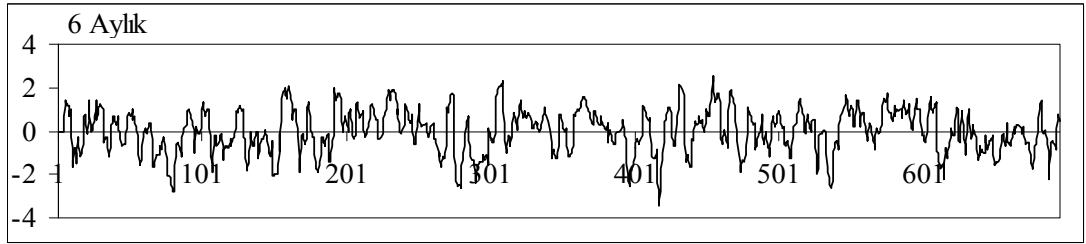
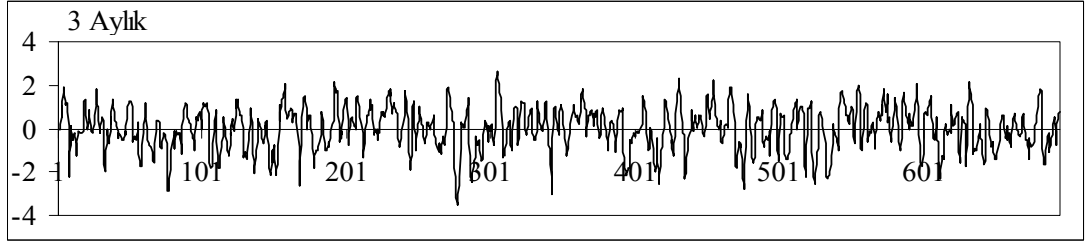
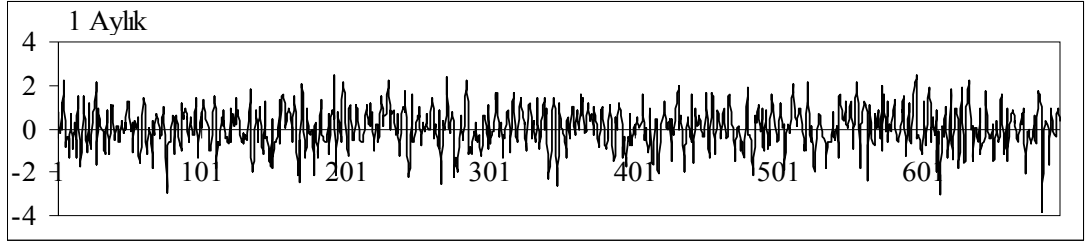
Ek 1.8. Kayseri istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



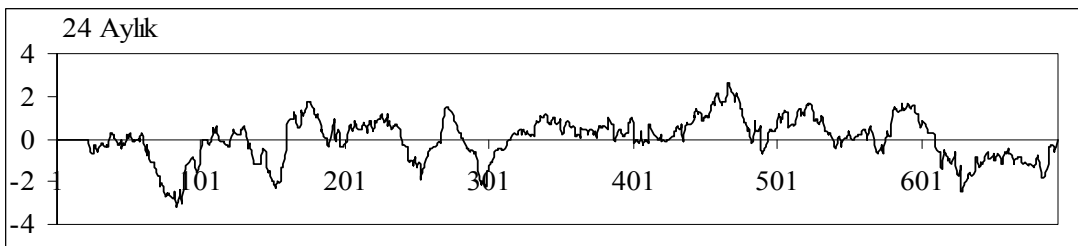
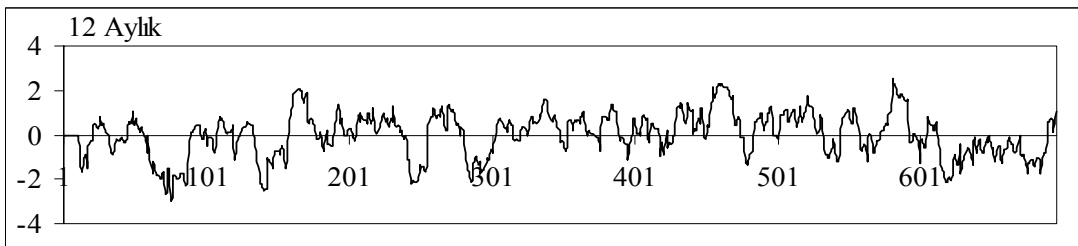
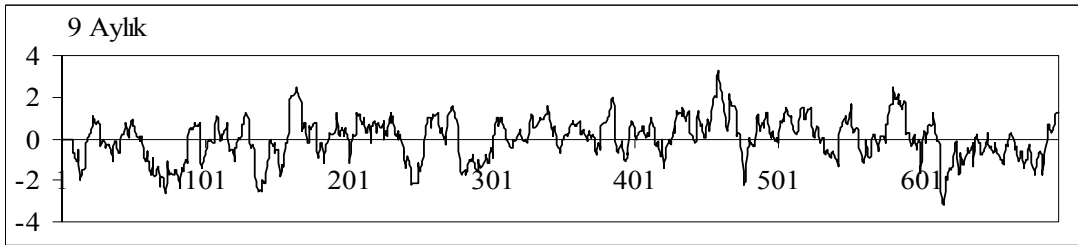
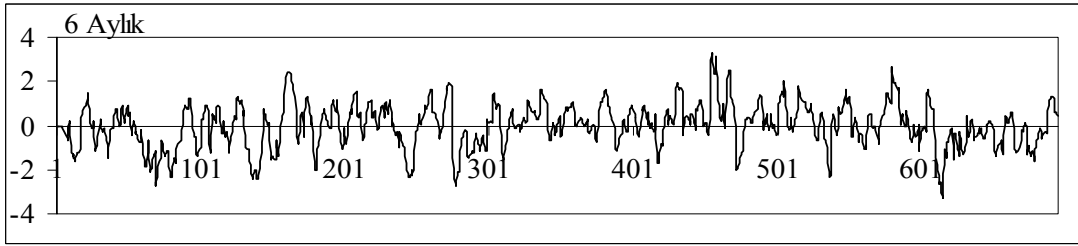
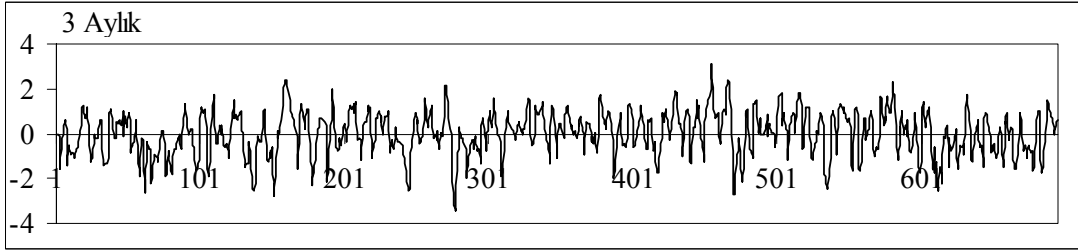
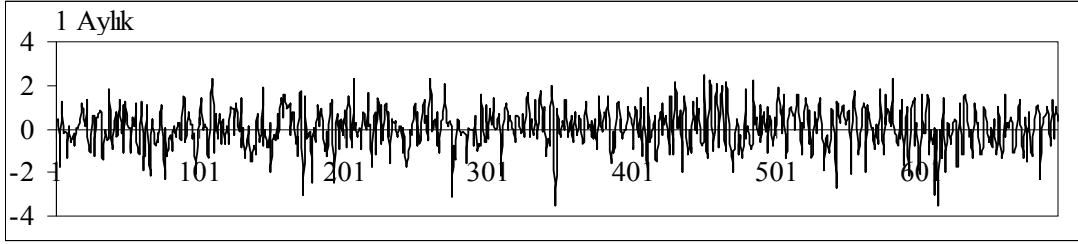
Ek 1.9. Kırıkkale istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



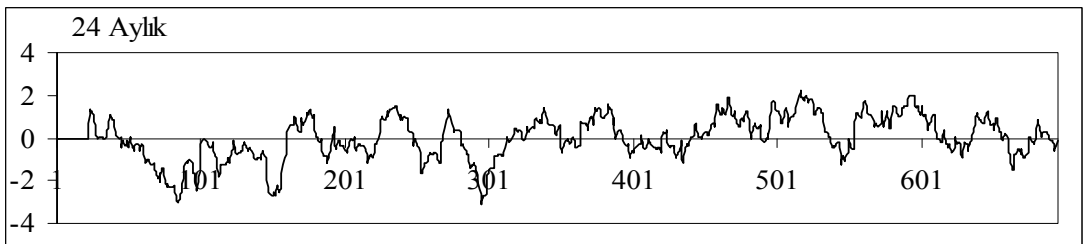
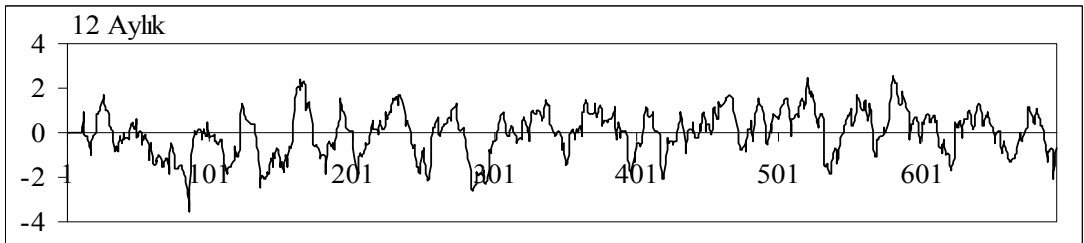
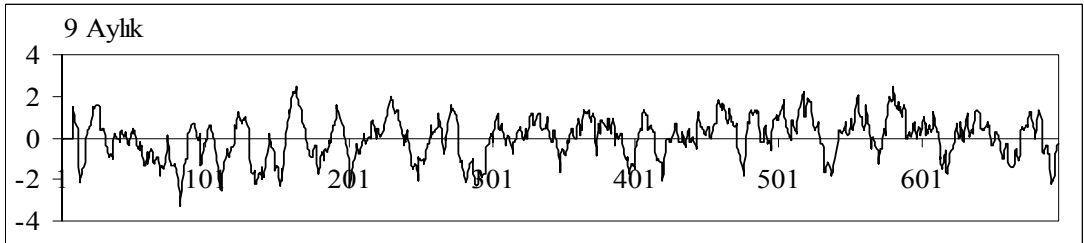
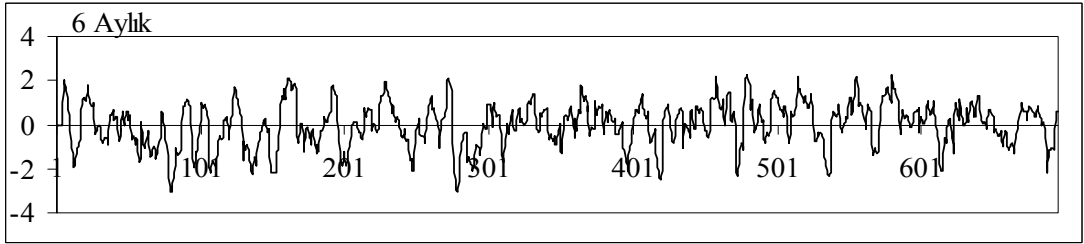
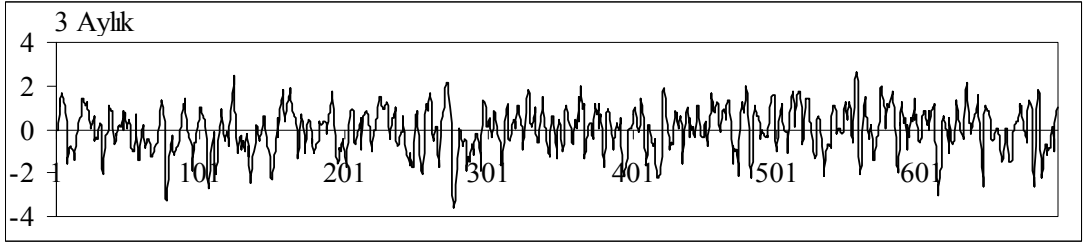
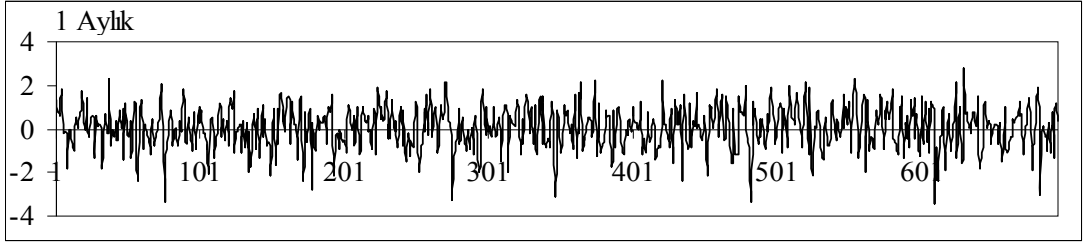
Ek 1.10. Kırşehir istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



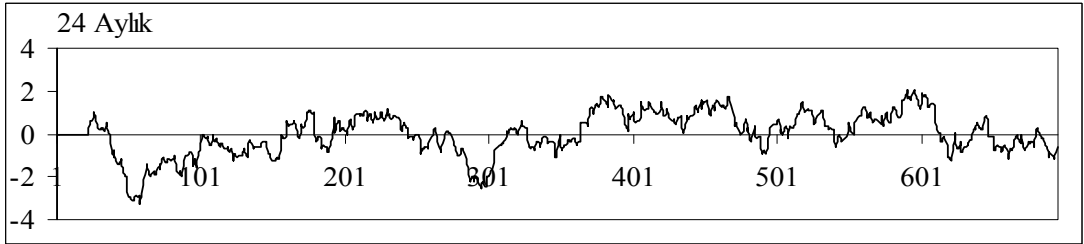
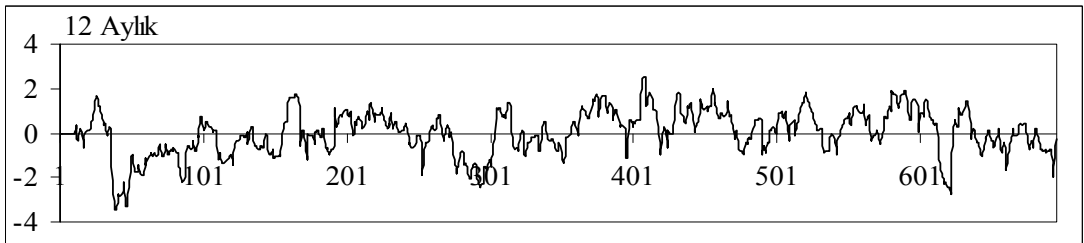
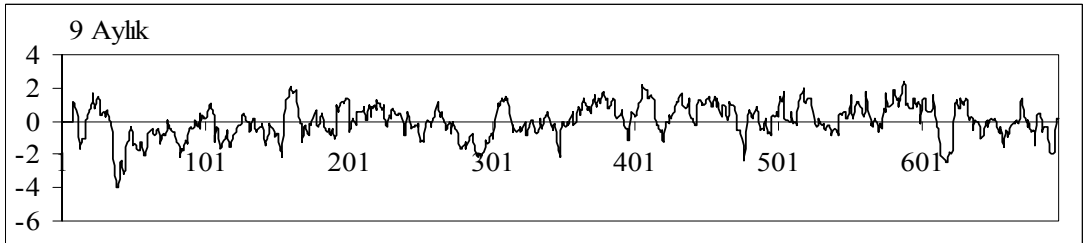
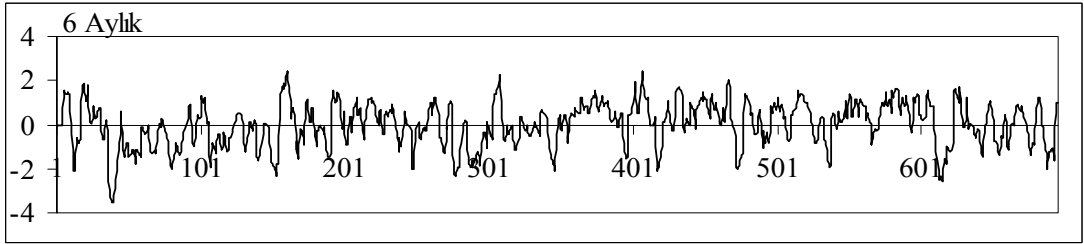
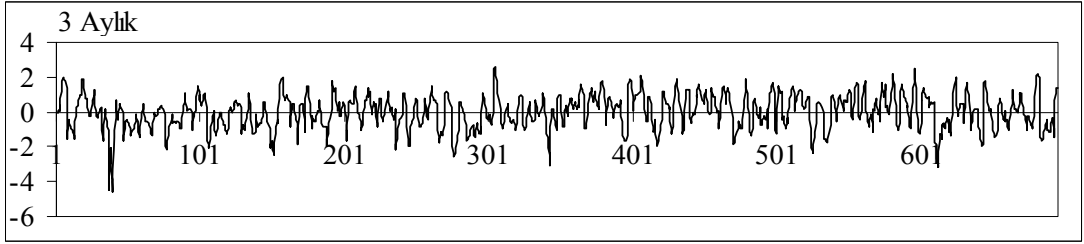
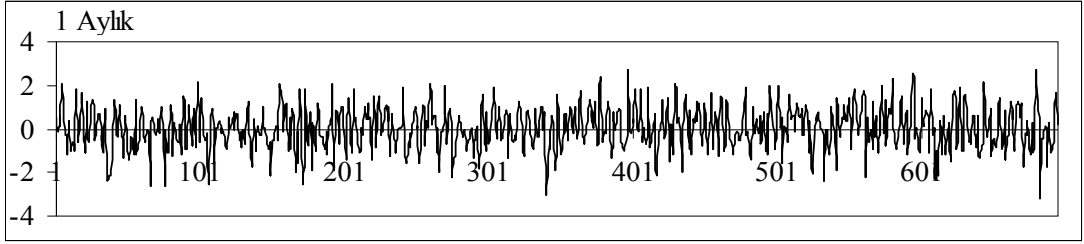
Ek 1.11. Nevşehir istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



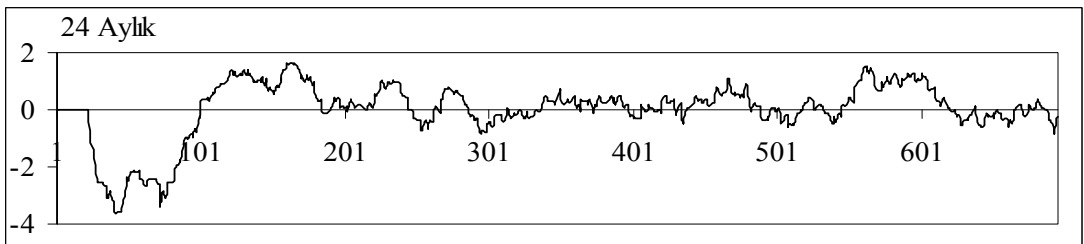
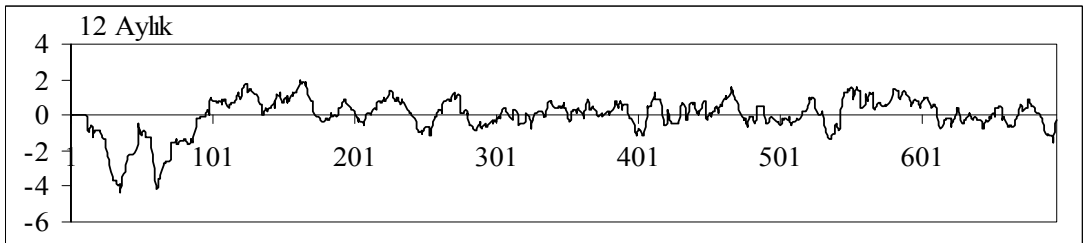
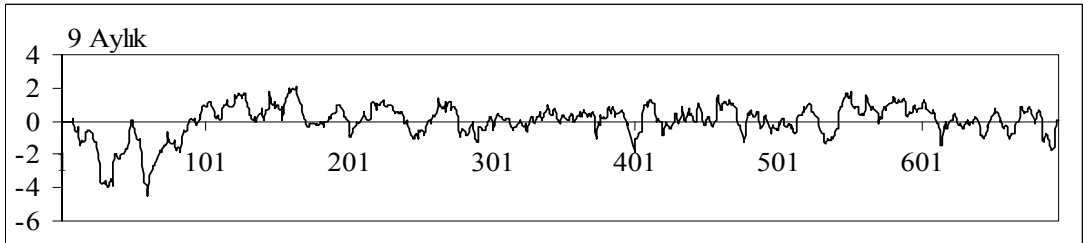
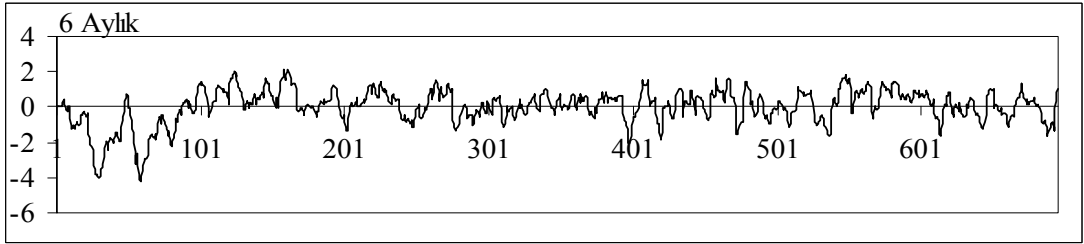
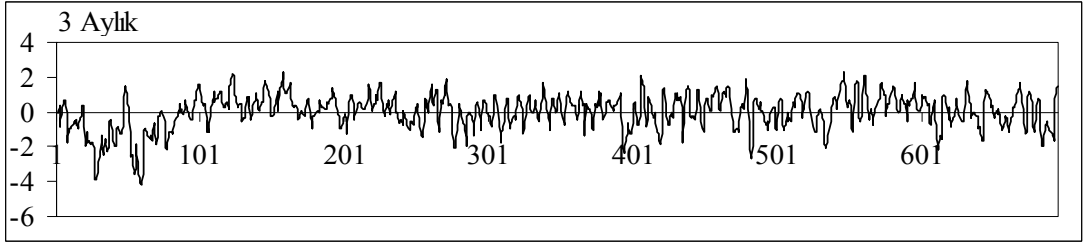
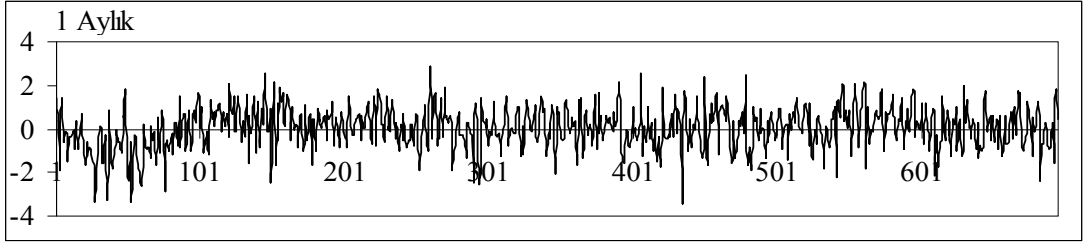
Ek 1.12. Sivas istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



Ek 1.13. Yozgat istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



Ek 1.14. Zara istasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık SYİ grafikleri



Ek 2.1. Bafra istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

BAFRA		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	171	5.99	0.01	1.19	1.52	1.26	1.21	1.12
		L	171	6	1	1	1.88	1.10	1.17	0.80
		I	171	3.20	0.01	0.71	0.80	0.51	1.09	2.13
3 Aylık	K.S : 0.0	M	90	11.09	0.01	2.07	2.91	2.80	1.31	1.15
		L	90	13	1	3	3.67	2.76	1.42	1.82
		I	90	2.01	0.01	0.64	0.70	0.41	0.71	0.89
6 Aylık	K.S : 0.0	M	64	16.97	0.02	1.74	4.08	4.73	1.23	0.30
		L	64	18	1	3	5.36	4.74	0.97	-0.13
		I	64	1.75	0.02	0.59	0.62	0.39	0.64	0.08
9 Aylık	K.S : 0.0	M	49	24.48	0.03	1.87	5.45	6.56	1.20	0.49
		L	49	25	1	4	7.02	6.42	0.87	-0.17
		I	49	1.37	0.03	0.51	0.54	0.37	0.49	-0.68
12 Aylık	K.S : 0.0	M	41	44.47	0.01	0.80	6.54	9.82	2.03	4.71
		L	41	40	1	2	8.15	9.83	1.64	2.28
		I	41	1.38	0.01	0.39	0.48	0.37	0.72	-0.46
24 Aylık	K.S : 0.0	M	31	57.51	0.01	0.85	8.07	13.70	2.27	5.39
		L	31	47	1	5	10.65	13.28	1.59	1.73
		I	31	1.22	0.01	0.24	0.39	0.35	0.85	-0.47

Ek 2.2. Boğazlıyan istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

BOĞAZLIYAN		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	166	9.29	0.01	0.87	1.42	1.44	2.14	6.28
		L	166	11	1	2	2.07	1.52	2.35	8.15
		I	166	2.11	0.01	0.57	0.65	0.41	0.90	0.71
3 Aylık	K.S : 0.0	M	92	20.23	0.01	1.54	2.96	3.52	2.17	6.47
		L	92	15	1	3	3.70	2.80	1.66	3.76
		I	92	1.70	0.01	0.51	0.62	0.41	0.62	-0.45
6 Aylık	K.S : 0.0	M	59	22.75	0.02	1.55	4.56	6.04	1.68	2.09
		L	59	19	1	4	5.73	5.15	1.12	0.12
		I	59	1.63	0.02	0.42	0.55	0.40	0.81	-0.03
9 Aylık	K.S : 0.0	M	42	43.57	0.02	2.84	6.34	9.60	2.18	4.90
		L	42	36	1	5	7.98	8.63	1.60	2.14
		I	42	1.32	0.02	0.44	0.52	0.35	0.66	-0.43
12 Aylık	K.S : 0.0	M	36	51.50	0.02	2.20	7.52	11.68	2.14	4.90
		L	36	47	1	4.5	9.28	10.62	1.74	3.26
		I	36	1.29	0.02	0.52	0.50	0.37	0.51	-0.55
24 Aylık	K.S : 0.0	M	26	108.25	0.05	0.57	10.57	24.81	3.10	9.91
		L	26	80.00	1.00	4.00	12.69	20.95	2.36	4.80
		I	26	1.35	0.05	0.22	0.36	0.37	1.53	1.38

Ek 2.3. Çankırı istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

ÇANKIRI		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	161	10.22	0.01	1.19	1.68	1.54	1.74	5.11
		L	161	11	1	2	2.11	1.50	2.16	7.50
		I	161	2.38	0.01	0.76	0.78	0.50	0.81	0.51
3 Aylık	K.S : 0.0	M	85	17.73	0.02	2.62	3.35	3.70	2.14	5.24
		L	85	16	1	3	3.88	3.11	1.82	4.28
		I	85	1.59	0.02	0.69	0.73	0.39	0.26	-0.66
6 Aylık	K.S : 0.0	M	60	23.22	0.02	2.40	4.63	5.89	1.87	2.98
		L	60	23	1	4	5.53	4.82	1.72	3.06
		I	60	1.65	0.02	0.60	0.63	0.41	0.51	-0.50
9 Aylık	K.S : 0.0	M	54	26.69	0.03	1.47	5.08	7.19	1.85	2.67
		L	54	24	1	3.5	6.22	5.70	1.10	0.52
		I	54	1.72	0.03	0.47	0.54	0.40	1.14	1.15
12 Aylık	K.S : 0.0	M	50	30.47	0.02	1.84	5.41	8.29	1.96	3.03
		L	50	29	1	4	6.58	6.68	1.48	1.89
		I	50	1.60	0.02	0.37	0.50	0.42	1.00	0.41
24 Aylık	K.S : 0.0	M	37	54.81	0.03	0.68	7.30	13.76	2.18	3.95
		L	37	54	1	3	9.03	12.76	2.04	3.72
		I	37	1.30	0.03	0.25	0.39	0.37	1.09	-0.02

Ek 2.4. Develi istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

DEVELİ		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	165	10.11	0.05	0.89	1.35	1.47	3.24	15.21
		L	165	10	1	1	1.94	1.47	2.61	9.01
		I	165	3.12	0.05	0.56	0.69	0.53	1.83	4.22
3 Aylık	K.S : 0.0	M	90	36.13	0.02	1.86	3.10	4.66	4.58	28.62
		L	90	26	1	3	3.83	3.78	3.00	13.39
		I	90	2.32	0.02	0.61	0.67	0.39	1.04	2.35
6 Aylık	K.S : 0.0	M	63	58.09	0.01	1.00	4.36	8.71	4.37	23.81
		L	63	36	1	3	5.41	7.21	2.74	7.98
		I	63	2.18	0.01	0.40	0.51	0.39	1.58	4.39
9 Aylık	K.S : 0.0	M	48	68.89	0.01	1.17	5.67	12.26	3.98	17.43
		L	48	42	1	3	6.83	9.08	2.60	7.17
		I	48	1.81	0.01	0.44	0.47	0.39	1.33	2.40
12 Aylık	K.S : 0.0	M	36	77.04	0.02	2.06	7.48	15.64	3.47	12.74
		L	36	40	1	5	8.44	10.19	2.02	3.77
		I	36	1.93	0.02	0.41	0.48	0.41	1.59	3.30
24 Aylık	K.S : 0.0	M	24	93.77	0.04	1.55	10.32	22.04	2.99	9.33
		L	24	65	1	6.5	11.88	15.71	2.17	4.95
		I	24	1.61	0.04	0.32	0.41	0.41	1.86	3.32

Ek 2.5. Gemerek istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

GEMEREK		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	176	6.61	0.01	0.98	1.45	1.33	1.62	2.74
		L	176	8	1	1	1.85	1.28	2.02	4.68
		I	176	3.15	0.01	0.67	0.77	0.53	1.48	3.43
3 Aylık	K.S : 0.0	M	86	16.30	0.01	2.12	3.24	3.27	1.90	4.25
		L	86	18	1	3	3.91	3.27	2.17	6.21
		I	86	1.86	0.01	0.75	0.76	0.39	0.51	0.09
6 Aylık	K.S : 0.0	M	76	25.34	0.01	1.12	3.64	5.34	2.30	5.82
		L	76	23	1	3	4.51	4.58	1.82	3.54
		I	76	1.40	0.01	0.43	0.53	0.40	0.45	-0.93
9 Aylık	K.S : 0.0	M	58	36.51	0.02	0.74	4.70	7.77	2.39	5.87
		L	58	28	1	3	6.07	6.76	1.92	3.40
		I	58	1.44	0.02	0.30	0.46	0.38	0.92	-0.11
12 Aylık	K.S : 0.0	M	54	40.06	0.01	1.10	5.04	8.65	2.58	6.85
		L	54	33	1	3	6.20	7.09	1.77	3.20
		I	54	1.60	0.01	0.39	0.48	0.39	0.82	-0.02
24 Aylık	K.S : 0.0	M	31	81.26	0.02	1.08	8.55	17.49	2.97	9.85
		L	31	57	1	5	9.48	12.75	2.25	5.59
		I	31	1.43	0.02	0.26	0.43	0.42	1.28	0.40

Ek 2.6. Kaman istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

KAMAN		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	168	12.54	0.02	1.01	1.44	1.52	3.25	17.80
		L	168	12	1	2	1.99	1.51	2.98	13.28
		I	168	2.83	0.02	0.60	0.71	0.50	1.25	1.83
3 Aylık	K.S : 0.0	M	93	20.65	0.02	1.75	2.97	3.54	2.46	7.83
		L	93	15	1	3	3.58	2.80	1.82	3.82
		I	93	1.82	0.02	0.63	0.67	0.40	0.64	0.03
6 Aylık	K.S : 0.0	M	58	28.46	0.01	2.64	4.85	6.10	2.01	4.54
		L	58	22	1	4	5.66	4.79	1.17	1.28
		I	58	2.26	0.01	0.58	0.62	0.43	1.11	2.26
9 Aylık	K.S : 0.0	M	37	67.20	0.05	2.00	7.39	12.87	3.25	12.85
		L	37	85	1	5	9.03	14.48	4.28	21.75
		I	37	2.03	0.03	0.53	0.55	0.46	1.26	1.89
12 Aylık	K.S : 0.0	M	38	75.98	0.03	1.66	7.18	14.23	3.57	15.04
		L	38	85	1	5	9.13	14.47	4.20	21.03
		I	38	1.90	0.03	0.35	0.47	0.41	1.47	2.56
24 Aylık	K.S : 0.0	M	22	153.70	0.01	1.01	12.71	35.09	3.62	13.60
		L	22	132	1	4.5	15.45	32.19	3.07	9.17
		I	22	1.31	0.01	0.25	0.35	0.34	1.76	2.84

Ek 2.7. Kastamonu istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

KASTAMONU		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	167	8.54	0.02	1.23	1.64	1.55	1.85	4.18
		L	167	8	1	2	1.99	1.35	1.85	3.87
		I	167	2.80	0.02	0.74	0.81	0.55	1.12	1.49
3 Aylık	K.S : 0.0	M	92	19.06	0.03	1.65	3.03	3.53	1.89	4.39
		L	92	12	1	3	3.66	3.08	1.26	0.83
		I	92	1.76	0.03	0.63	0.66	0.39	0.62	0.28
6 Aylık	K.S : 0.0	M	59	33.38	0.02	1.47	4.65	6.82	2.21	5.25
		L	59	22	1	4	5.68	5.74	1.56	1.73
		I	59	1.52	0.02	0.51	0.57	0.37	0.72	-0.09
9 Aylık	K.S : 0.0	M	48	38.55	0.05	1.52	5.75	8.58	2.03	4.10
		L	48	24	1	4	6.98	6.91	1.30	0.62
		I	48	1.61	0.05	0.38	0.53	0.38	1.00	0.25
12 Aylık	K.S : 0.0	M	39	44.58	0.04	1.83	7.11	10.32	1.92	3.77
		L	39	31	1	5	8.92	8.60	0.96	-0.23
		I	39	1.44	0.04	0.35	0.50	0.37	0.84	-0.13
24 Aylık	K.S : 0.0	M	23	114.09	0.02	1.24	12.09	25.81	3.23	11.51
		L	23	92	1	5	14.04	21.41	2.68	7.88
		I	23	1.24	0.02	0.29	0.42	0.37	0.90	-0.26

Ek 2.8. Kayseri istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

KAYSERİ		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	179	8.28	0.02	1.00	1.43	1.45	2.10	5.31
		L	179	8	1	1	1.93	1.36	1.83	3.46
		I	179	2.29	0.02	0.62	0.70	0.45	0.98	0.94
3 Aylık	K.S : 0.0	M	90	20.19	0.01	2.07	3.08	3.50	2.24	6.59
		L	90	19	1	3	3.79	3.16	2.35	7.83
		I	90	1.82	0.01	0.66	0.68	0.42	0.58	-0.02
6 Aylık	K.S : 0.0	M	59	27.14	0.02	2.17	4.71	6.04	1.70	2.79
		L	59	19	1	4	5.63	5.08	1.15	0.43
		I	59	1.78	0.02	0.60	0.60	0.43	0.80	0.19
9 Aylık	K.S : 0.0	M	45	28.90	0.01	2.45	6.12	7.36	1.33	1.07
		L	45	22	1	6	7.56	6.32	0.73	-0.53
		I	45	1.81	0.01	0.53	0.56	0.41	0.85	0.51
12 Aylık	K.S : 0.0	M	43	30.15	0.02	1.49	6.29	8.52	1.34	0.66
		L	43	29	1	4	7.86	7.96	1.27	0.68
		I	43	1.74	0.01	0.40	0.51	0.40	0.95	0.60
24 Aylık	K.S : 0.0	M	22	60.41	0.01	1.20	12.23	18.76	1.61	1.78
		L	22	72	1	4.5	16.86	22.38	1.47	1.09
		I	22	0.99	0.01	0.25	0.37	0.35	0.62	-1.24

Ek 2.9. Kırıkkale istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

KIRIKKALE		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	160	11.49	0.01	1.20	1.65	1.60	2.47	9.77
		L	160	14	1	2	2.11	1.63	3.14	17.31
		I	160	2.75	0.01	0.67	0.77	0.50	1.15	1.92
3 Aylık	K.S : 0.0	M	94	19.82	0.01	1.42	2.91	3.37	2.13	6.50
		L	94	15	1	3	3.38	2.65	1.74	3.89
		I	94	1.92	0.01	0.62	0.70	0.46	0.41	-0.74
6 Aylık	K.S : 0.0	M	67	33.58	0.02	1.41	4.04	5.92	2.59	8.79
		L	67	23	1	3	4.91	4.95	1.96	4.02
		I	67	1.69	0.02	0.53	0.57	0.42	0.73	-0.06
9 Aylık	K.S : 0.0	M	56	36.78	0.01	1.27	4.80	7.38	2.25	5.70
		L	56	34	1	3	6.09	6.92	1.95	4.27
		I	56	1.75	0.01	0.46	0.52	0.37	1.08	1.43
12 Aylık	K.S : 0.0	M	50	68.95	0.01	0.98	5.31	11.01	4.30	22.93
		L	50	52	1	4	7.10	8.99	3.16	12.81
		I	50	1.47	0.01	0.35	0.43	0.37	1.14	0.67
24 Aylık	K.S : 0.0	M	34	86.35	0.01	0.82	7.92	17.31	3.36	12.92
		L	34	56	1	3	10.32	15.29	1.93	2.90
		I	34	1.54	0.01	0.26	0.35	0.35	1.51	2.55

Ek 2.10. Kırşehir istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

KIRŞEHİR		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	163	6.51	0.01	1.18	1.53	1.30	1.37	1.97
		L	163	7	1	2	2.05	1.30	1.34	1.45
		I	163	2.64	0.01	0.61	0.76	0.52	1.10	1.49
3 Aylık	K.S : 0.0	M	93	14.26	0.01	1.82	2.97	3.10	1.53	2.10
		L	93	16	1	3	3.55	2.76	1.70	4.05
		I	93	1.74	0.01	0.71	0.71	0.41	0.29	-0.41
6 Aylık	K.S : 0.0	M	64	29.55	0.01	1.66	4.35	5.80	1.98	4.84
		L	64	22	1	3.5	5.22	4.99	1.65	2.73
		I	64	1.71	0.01	0.53	0.57	0.42	0.63	-0.26
9 Aylık	K.S : 0.0	M	54	37.04	0.01	1.51	5.21	8.37	2.46	6.34
		L	54	27	1	3.5	6.00	6.85	1.85	3.00
		I	54	1.56	0.01	0.47	0.56	0.41	0.54	-0.69
12 Aylık	K.S : 0.0	M	45	43.10	0.04	0.73	6.12	10.34	2.38	5.53
		L	45	29	1	3	7.36	8.19	1.48	1.36
		I	45	1.49	0.04	0.37	0.47	0.39	1.06	0.42
24 Aylık	K.S : 0.0	M	29	68.22	0.01	0.50	9.48	18.46	2.21	3.97
		L	29	71	1	2	11.21	17.70	2.10	3.99
		I	29	1.41	0.01	0.35	0.41	0.37	1.24	1.16

Ek 2.11. Nevşehir istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

NEVŞEHİR		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	170	9.11	0.02	1.08	1.49	1.41	1.73	4.70
		L	170	6	1	1	1.94	1.28	1.40	1.13
		I	170	3.06	0.02	0.64	0.73	0.50	1.14	2.18
3 Aylık	K.S : 0.0	M	90	17.24	0.02	1.64	3.09	3.77	1.84	2.97
		L	90	16	1	3	3.67	3.20	1.91	3.83
		I	90	1.78	0.02	0.67	0.67	0.44	0.34	-0.63
6 Aylık	K.S : 0.0	M	70	41.63	0.01	0.96	3.88	7.33	3.25	11.91
		L	70	34	1	2	4.67	5.82	2.99	10.75
		I	70	1.71	0.01	0.41	0.50	0.39	1.03	0.47
9 Aylık	K.S : 0.0	M	47	48.95	0.01	1.25	5.79	10.41	2.55	6.60
		L	47	32	1	3	6.87	8.11	1.69	2.11
		I	47	1.53	0.01	0.33	0.46	0.40	1.11	0.36
12 Aylık	K.S : 0.0	M	36	53.85	0.01	1.93	7.58	13.09	2.17	4.10
		L	36	39	1	5	8.78	9.97	1.88	2.90
		I	36	1.68	0.01	0.38	0.48	0.43	1.26	1.01
24 Aylık	K.S : 0.0	M	26	91.32	0.01	0.58	10.17	22.78	2.75	7.30
		L	26	86	1	4	11.58	19.22	2.81	8.80
		I	26	1.49	0.01	0.19	0.36	0.39	1.67	2.01

Ek 2.12. Sivas istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

SİVAS		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	158	7.38	0.02	1.22	1.68	1.50	1.56	2.72
		L	158	10	1	2	2.10	1.44	1.96	5.67
		I	158	2.77	0.02	0.72	0.77	0.46	0.86	1.44
3 Aylık	K.S : 0.0	M	90	14.21	0.04	1.60	3.07	3.47	1.59	1.75
		L	90	16	1	3	3.66	2.94	1.79	3.83
		I	90	2.23	0.04	0.61	0.69	0.40	0.70	0.98
6 Aylık	K.S : 0.0	M	63	29.79	0.01	1.29	4.45	6.00	1.88	4.24
		L	63	21	1	3	4.98	4.77	1.35	1.21
		I	63	1.51	0.01	0.52	0.62	0.44	0.40	-1.14
9 Aylık	K.S : 0.0	M	56	31.92	0.02	0.66	4.95	7.29	1.68	2.59
		L	56	22	1	2	5.70	5.96	1.18	0.32
		I	56	1.71	0.02	0.34	0.50	0.44	0.83	-0.22
12 Aylık	K.S : 0.0	M	46	47.72	0.03	0.76	6.01	10.33	2.50	6.62
		L	46	37	1	3	6.85	7.92	1.92	4.02
		I	46	1.46	0.03	0.33	0.48	0.40	0.91	-0.26
24 Aylık	K.S : 0.0	M	30	133.66	0.04	1.96	8.95	24.91	4.70	23.45
		L	30	108	1	6.5	11.43	19.72	4.32	21.12
		I	30	1.30	0.03	0.28	0.36	0.33	1.49	2.18

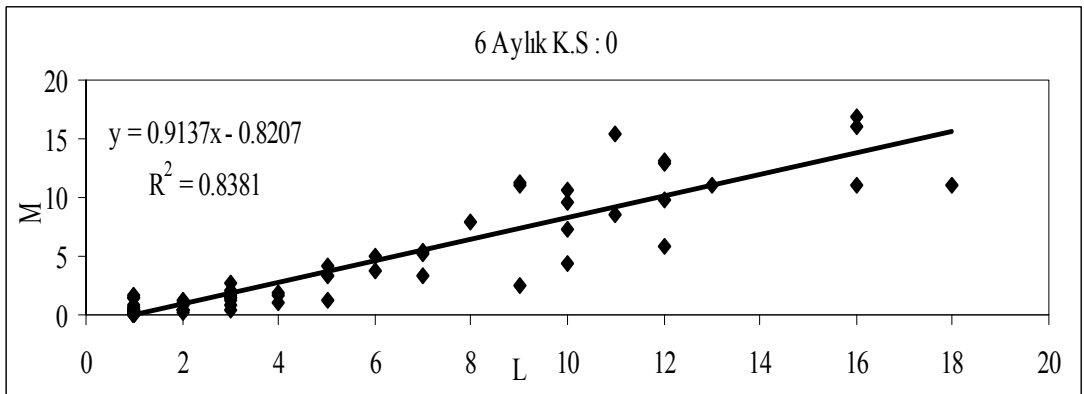
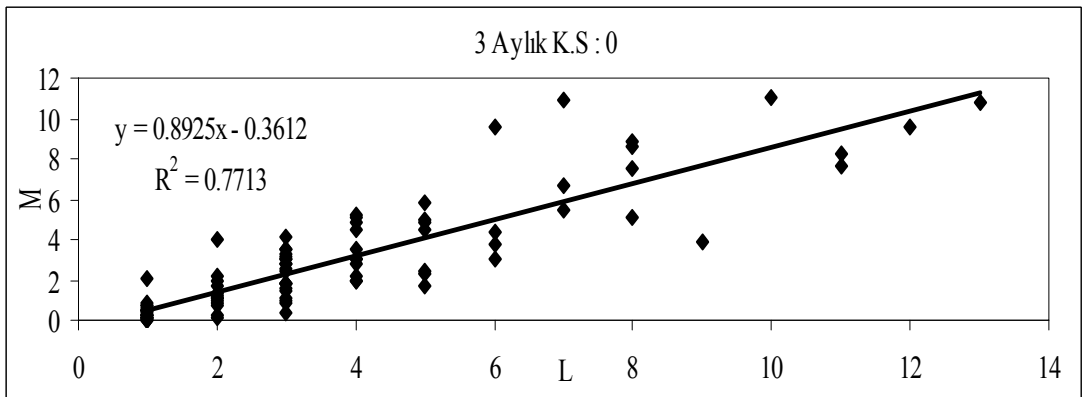
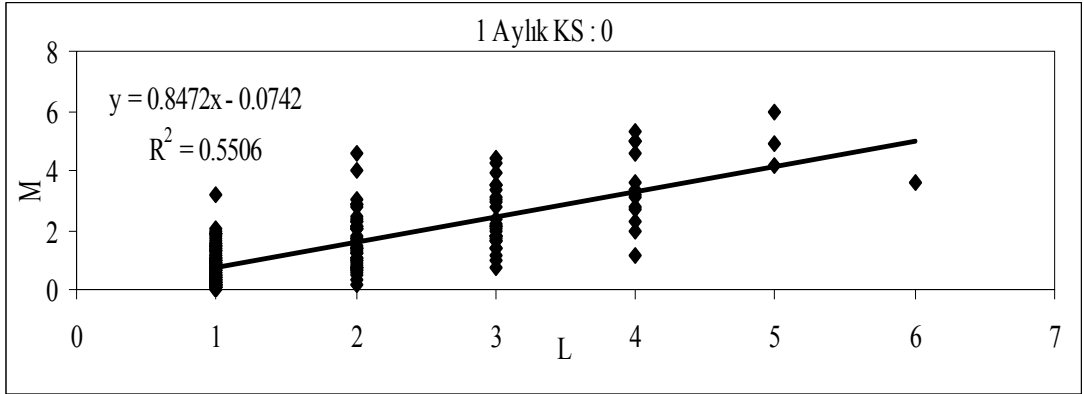
Ek 2.13. Yozgat istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

YOZGAT		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	159	10.10	0.05	1.35	1.63	1.40	2.24	8.40
		L	159	10	1	2	2.21	1.47	1.84	5.04
		I	159	2.23	0.05	0.71	0.74	0.41	0.85	1.05
3 Aylık	K.S : 0.0	M	89	15.20	0.03	1.98	3.13	3.50	1.71	2.63
		L	89	14	1	3	3.60	3.00	1.64	2.75
		I	89	2.40	0.03	0.67	0.72	0.40	0.87	2.14
6 Aylık	K.S : 0.0	M	60	22.73	0.01	2.13	4.62	5.58	1.63	2.13
		L	60	18	1	4	5.38	4.25	1.14	0.97
		I	60	2.53	0.01	0.47	0.63	0.49	1.28	2.50
9 Aylık	K.S : 0.0	M	47	58.85	0.09	1.94	5.85	10.68	3.49	14.14
		L	47	40	1	4	7.21	8.03	2.17	5.67
		I	47	1.73	0.05	0.46	0.53	0.36	1.35	2.08
12 Aylık	K.S : 0.0	M	42	86.61	0.09	2.19	6.50	14.91	4.41	21.61
		L	42	63	1	4.5	7.71	10.72	3.74	17.43
		I	42	1.79	0.04	0.43	0.51	0.39	1.42	2.24
24 Aylık	K.S : 0.0	M	20	141.71	0.01	3.66	13.52	32.33	3.70	14.47
		L	20	119	1	9.5	16.40	27.02	3.19	11.61
		I	20	1.31	0.01	0.39	0.41	0.36	1.25	1.53

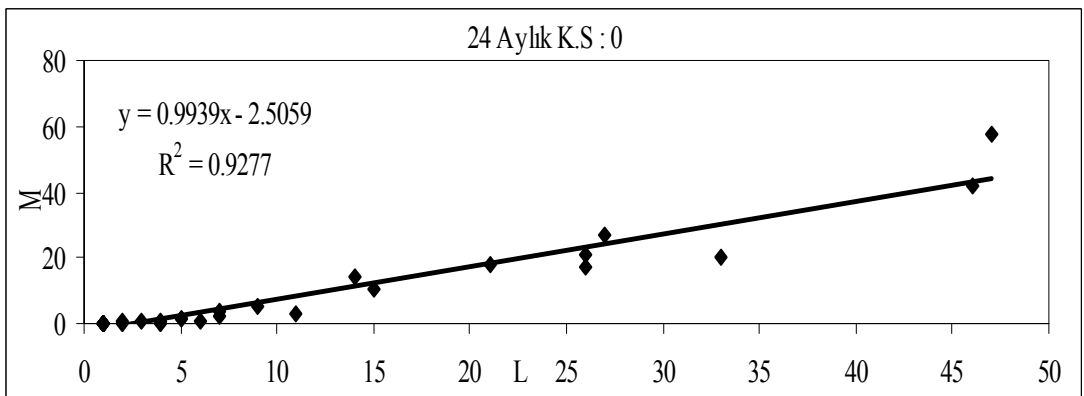
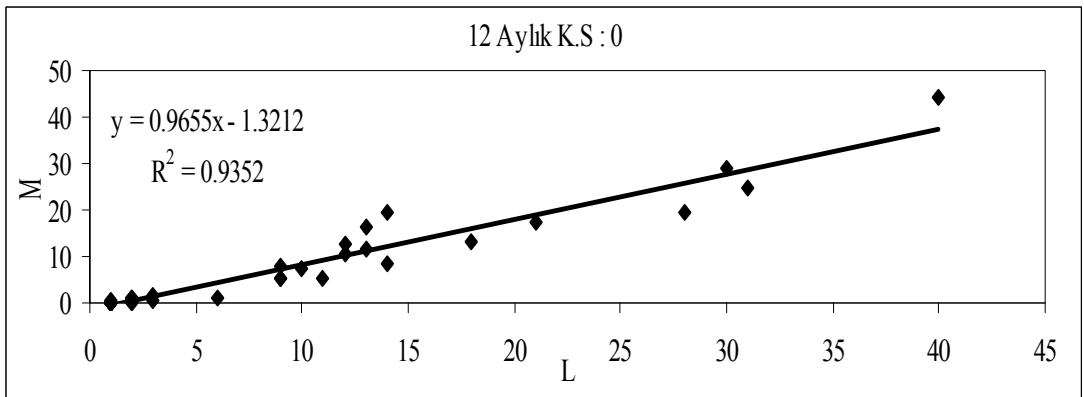
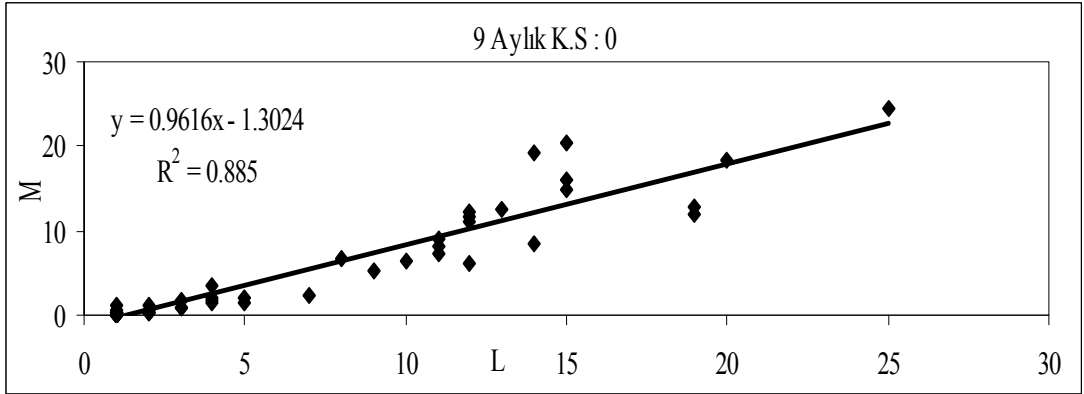
Ek 2.14. Zara istasyonunun analiz sonucunda elde edilen istatistiksel parametreleri

ZARA		Olay Sayısı	Maksimum	Minimum	Medyan	Ortalama	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	
1 Aylık	K.S : 0.0	M	157	19.21	0.02	1.00	1.60	2.32	4.82	30.65
		L	157	12	1	1	2.07	1.89	2.89	10.37
		I	157	2.26	0.02	0.62	0.70	0.46	0.92	0.97
3 Aylık	K.S : 0.0	M	77	47.93	0.04	1.61	3.50	7.35	5.07	27.61
		L	77	27	1	3	4.05	4.30	3.33	14.17
		I	77	1.86	0.02	0.51	0.62	0.40	0.89	0.66
6 Aylık	K.S : 0.0	M	54	68.65	0.01	1.06	4.72	12.63	4.61	21.33
		L	54	38	1	3	5.59	7.35	3.36	12.94
		I	54	1.81	0.01	0.34	0.44	0.38	1.67	3.52
9 Aylık	K.S : 0.0	M	39	75.95	0.02	1.30	6.38	15.95	3.92	15.04
		L	39	40	1	4	7.62	9.10	2.38	6.38
		I	39	1.95	0.02	0.28	0.41	0.42	2.16	5.30
12 Aylık	K.S : 0.0	M	30	154.37	0.04	1.89	8.24	27.85	5.32	28.80
		L	30	85	1	6	9.97	15.67	4.04	19.06
		I	30	1.82	0.04	0.29	0.36	0.35	2.66	9.43
24 Aylık	K.S : 0.0	M	28	174.79	0.01	0.60	8.12	32.77	5.24	27.60
		L	28	76	1	4	9.39	14.70	3.70	16.28
		I	28	2.30	0.01	0.16	0.26	0.42	4.54	22.57

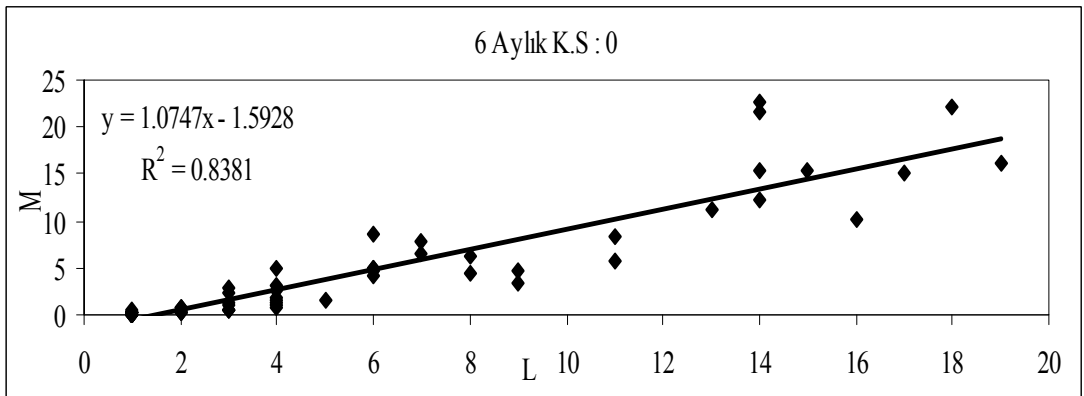
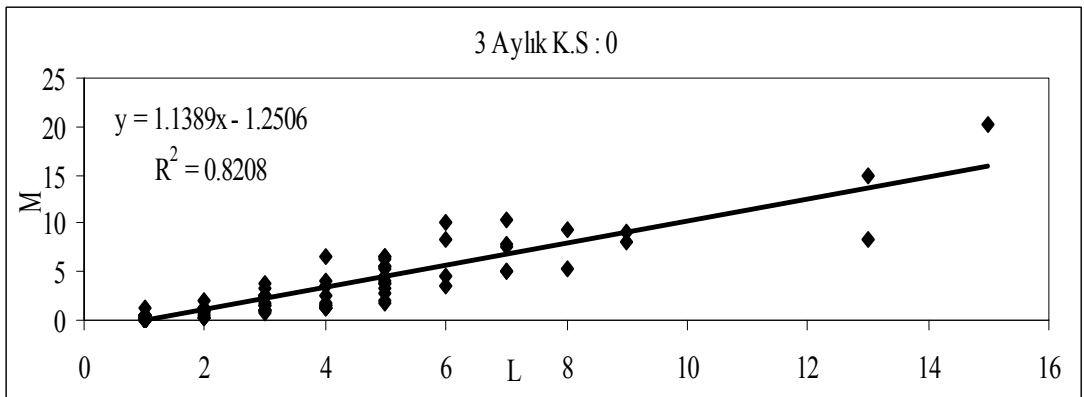
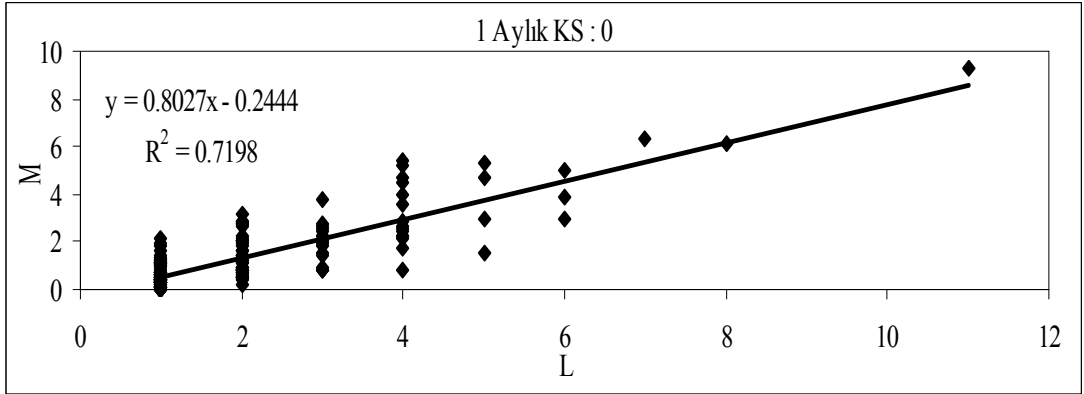
Ek 3.1. Bafra istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



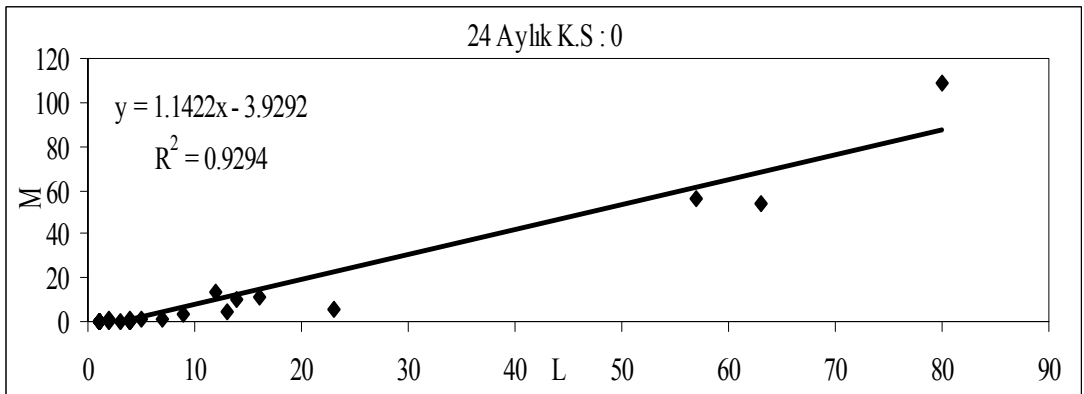
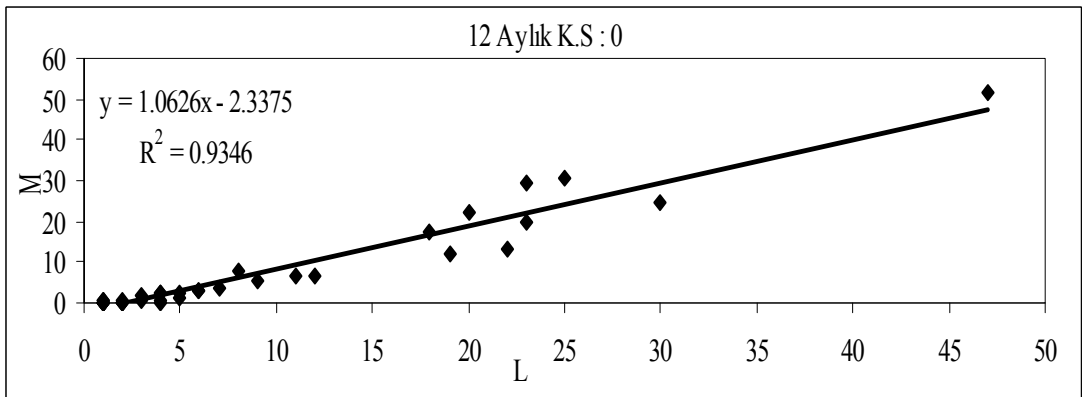
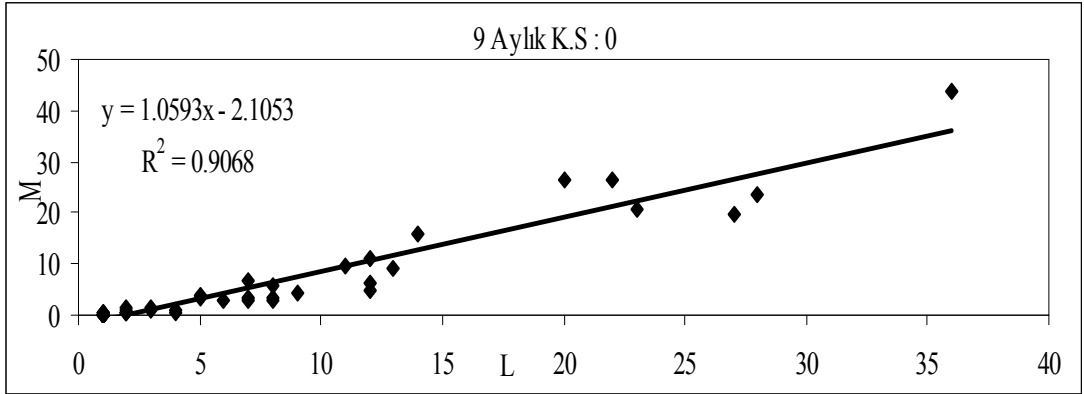
Ek 3.1 Bafra istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



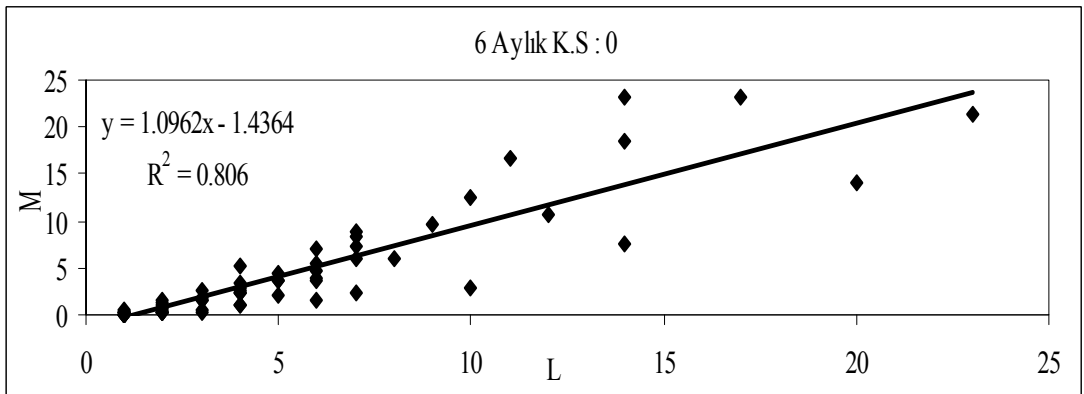
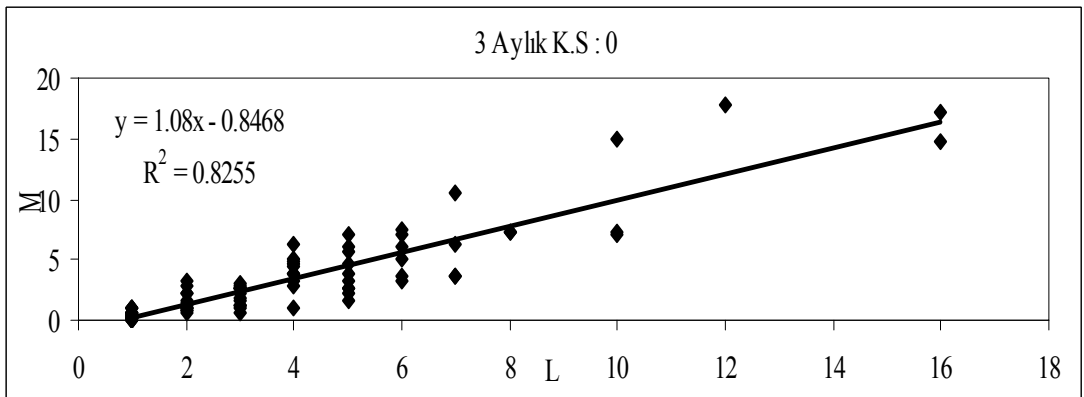
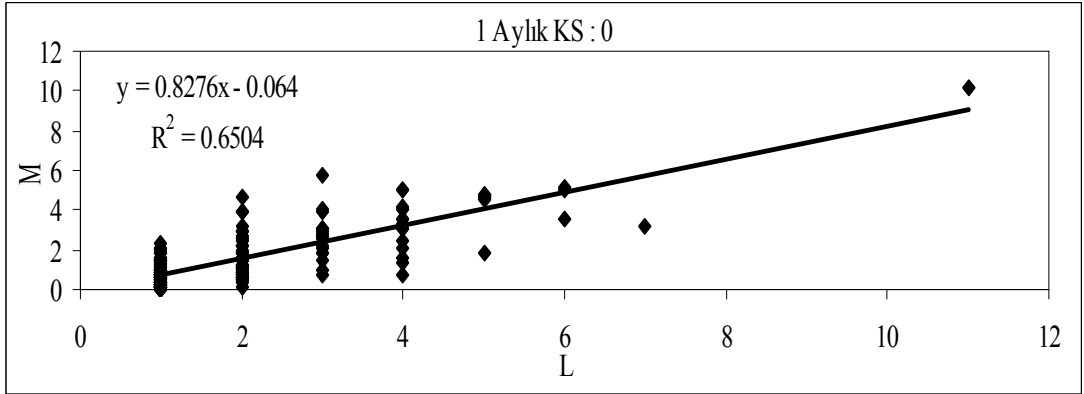
Ek 3.2. Boğazlıyan istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



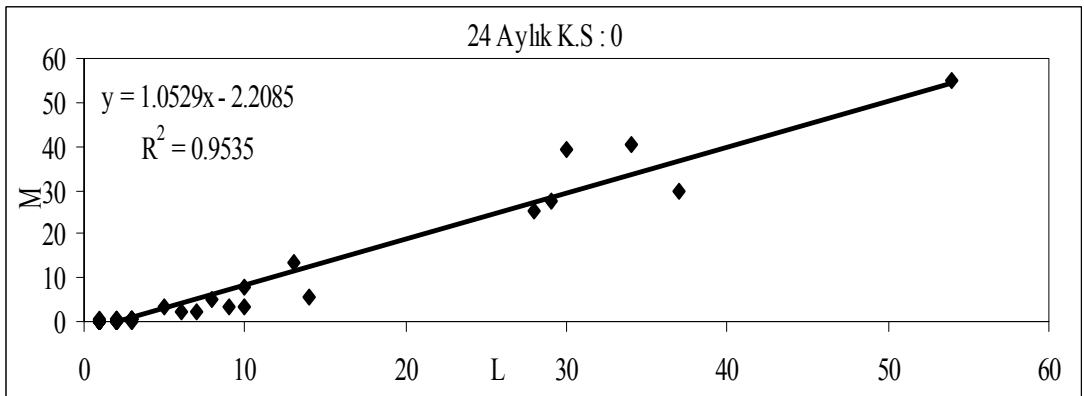
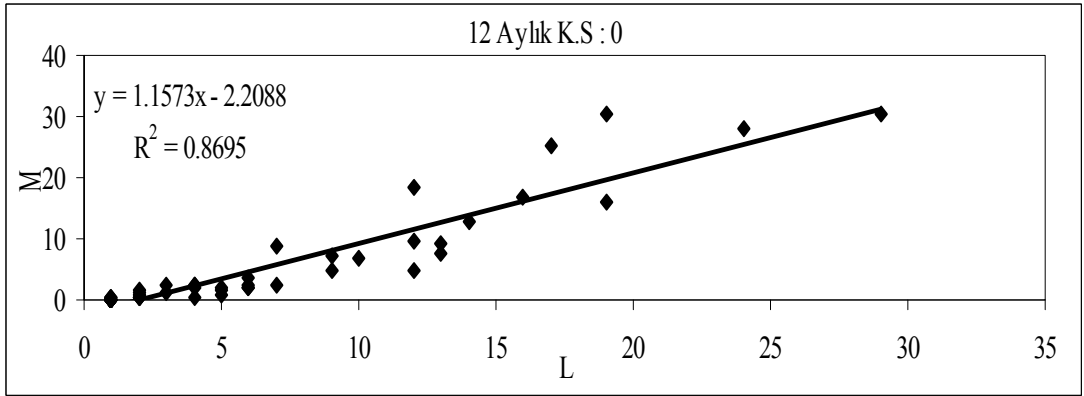
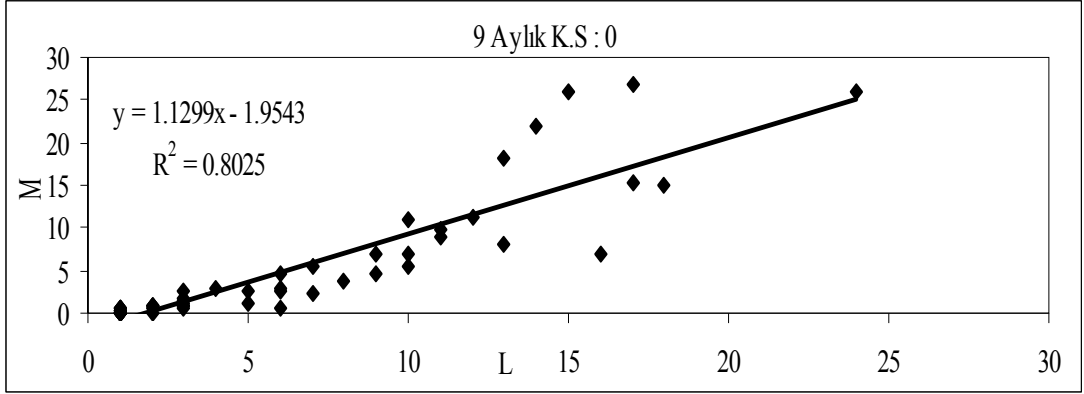
Ek 3.2. Boğazlıyan istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



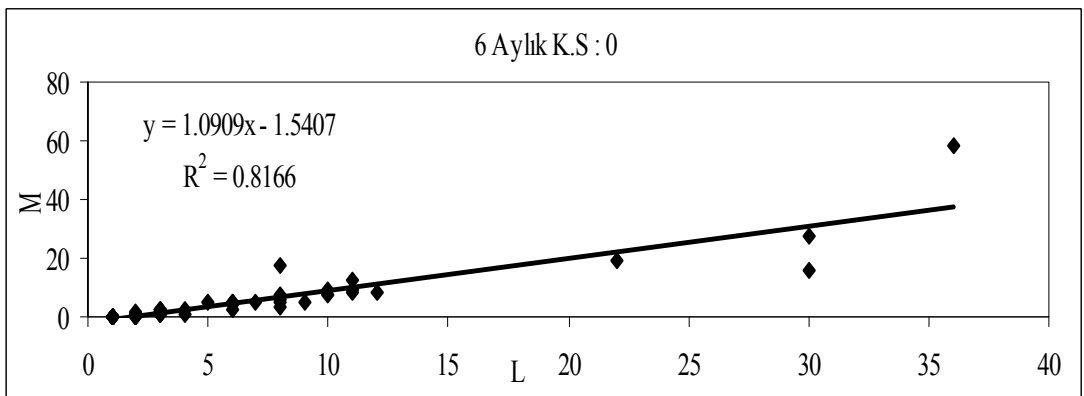
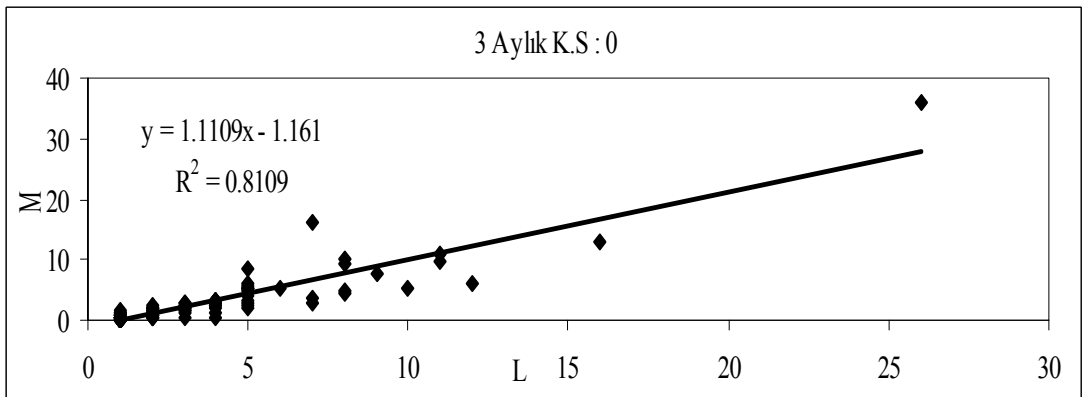
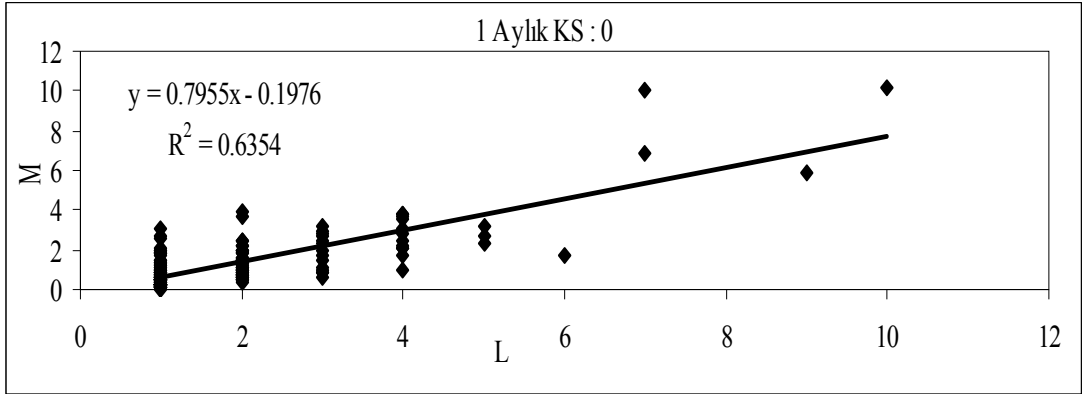
Ek 3.3. Çankırı istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



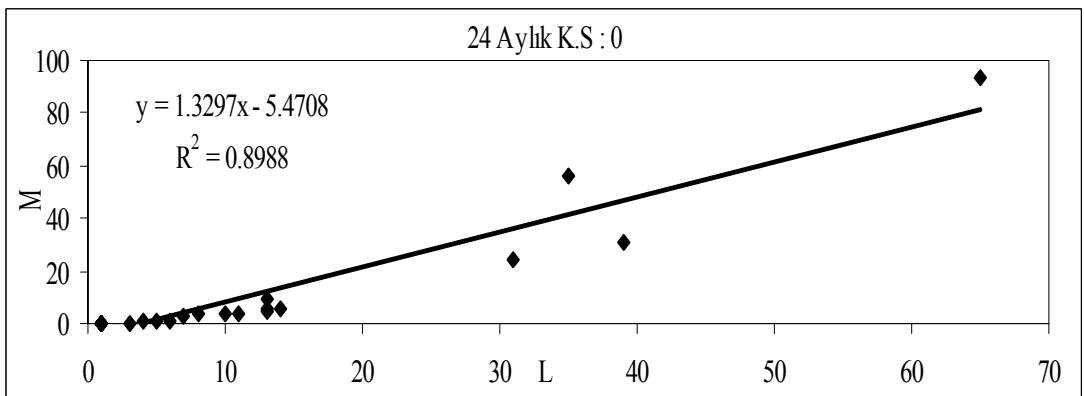
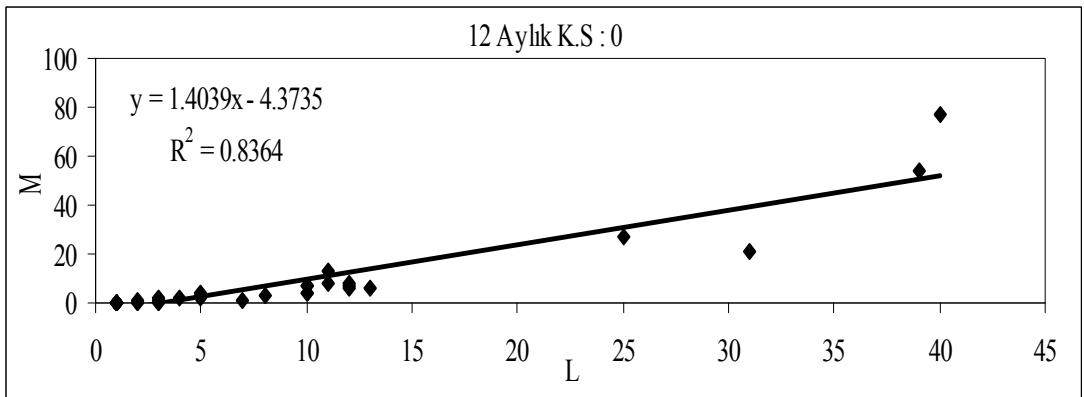
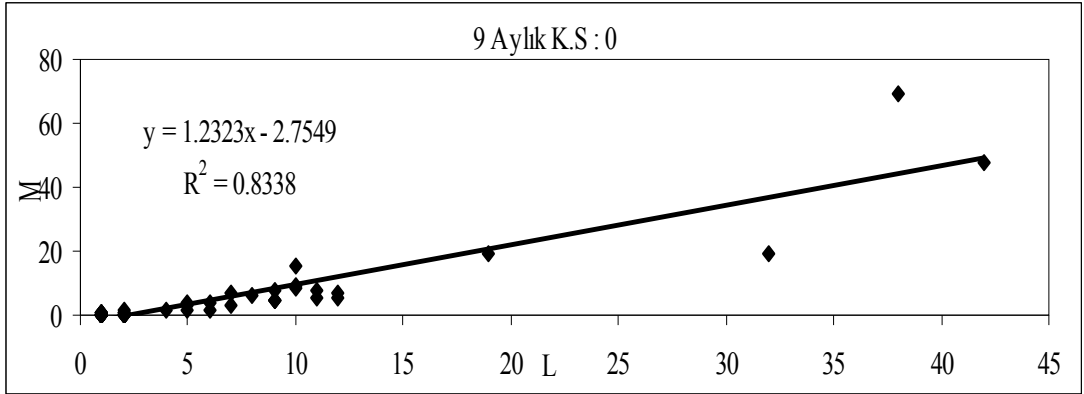
Ek 3.3. Çankırı istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



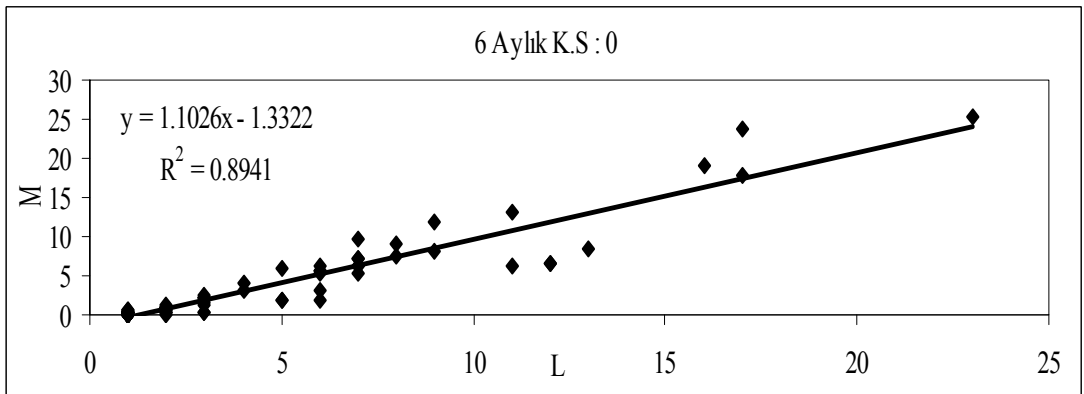
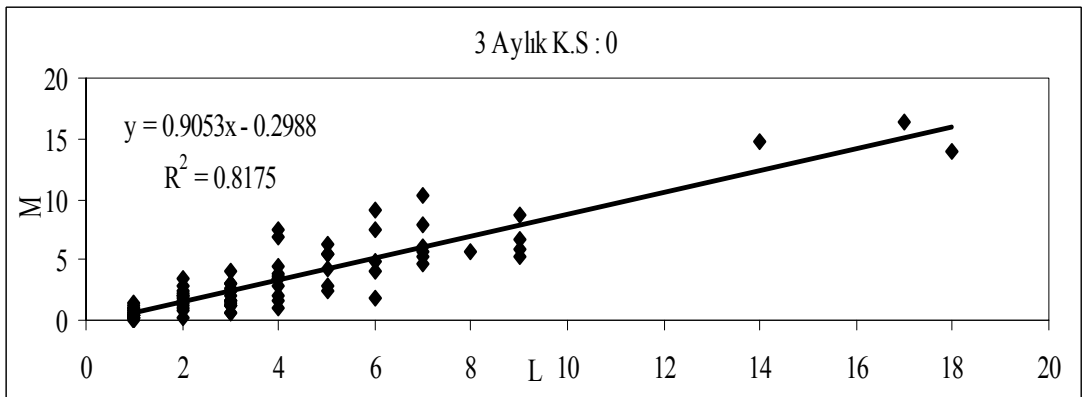
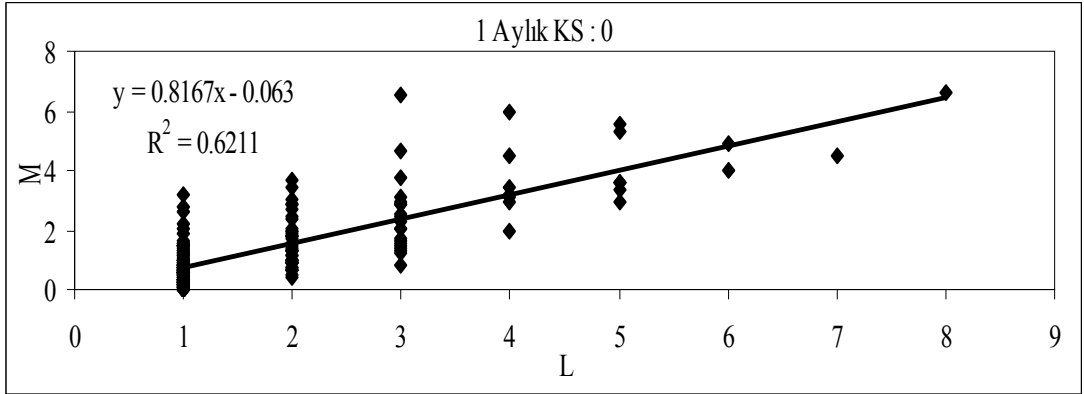
Ek 3.4. Develi istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



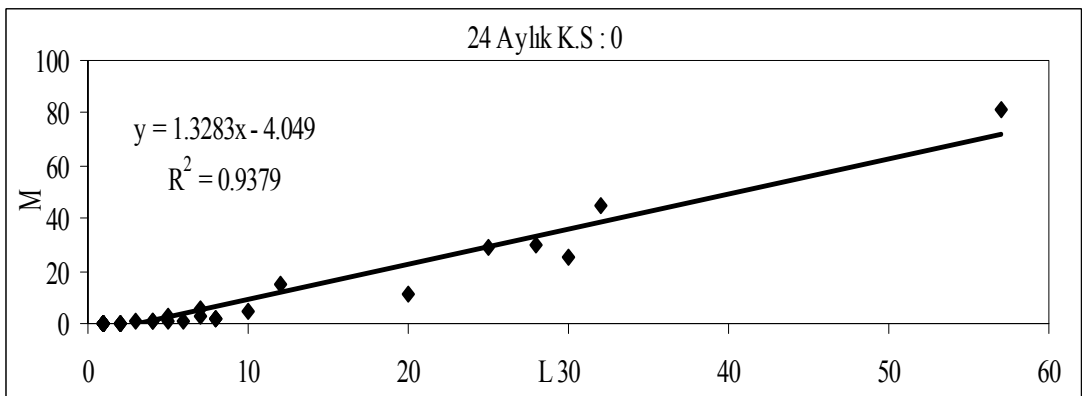
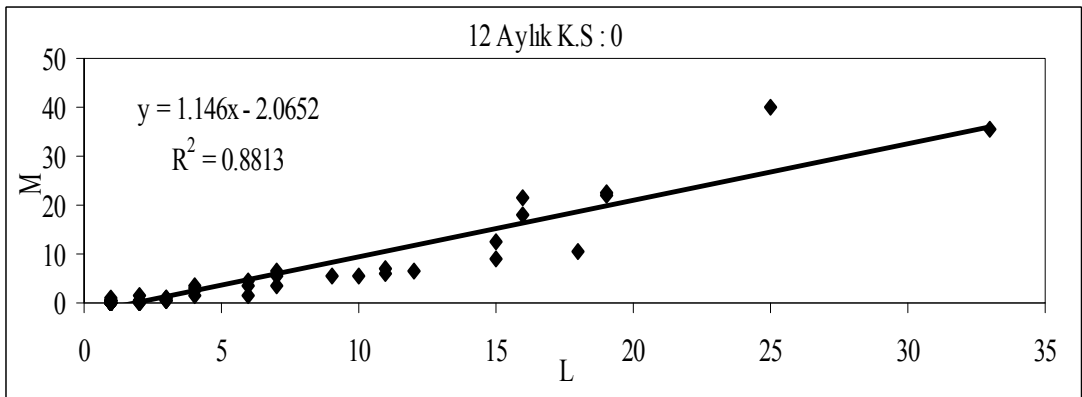
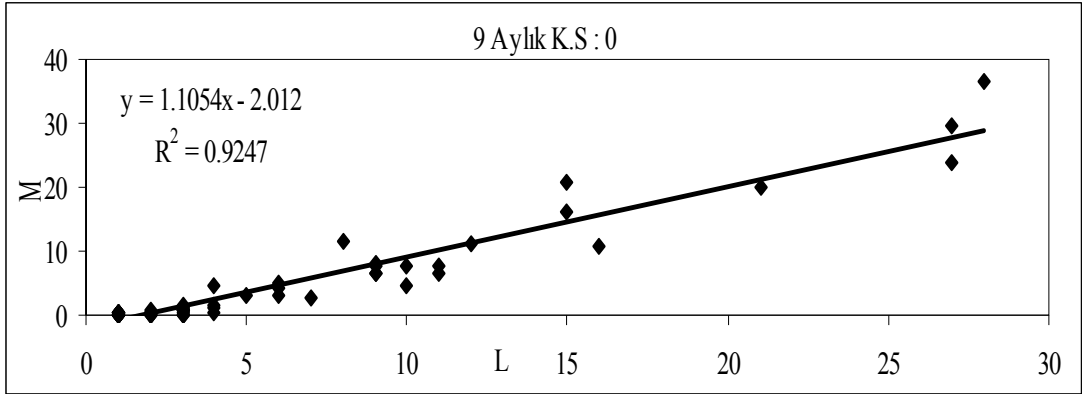
Ek 3.4. Develi istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



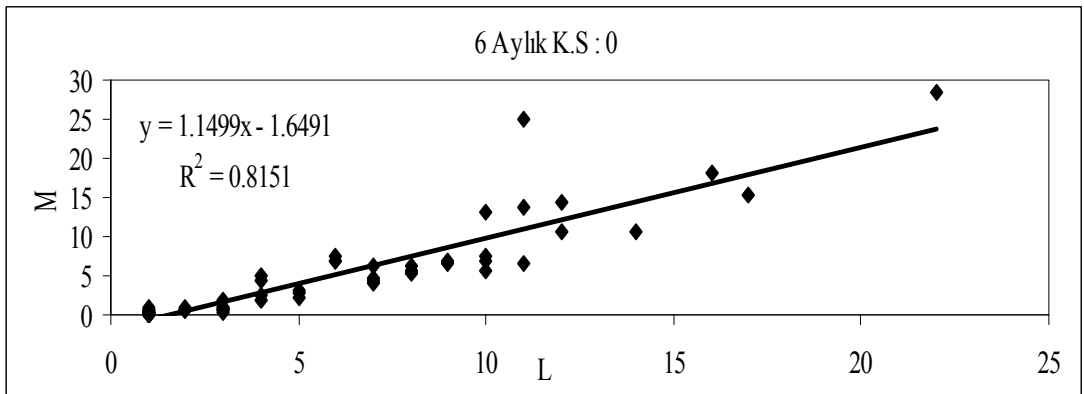
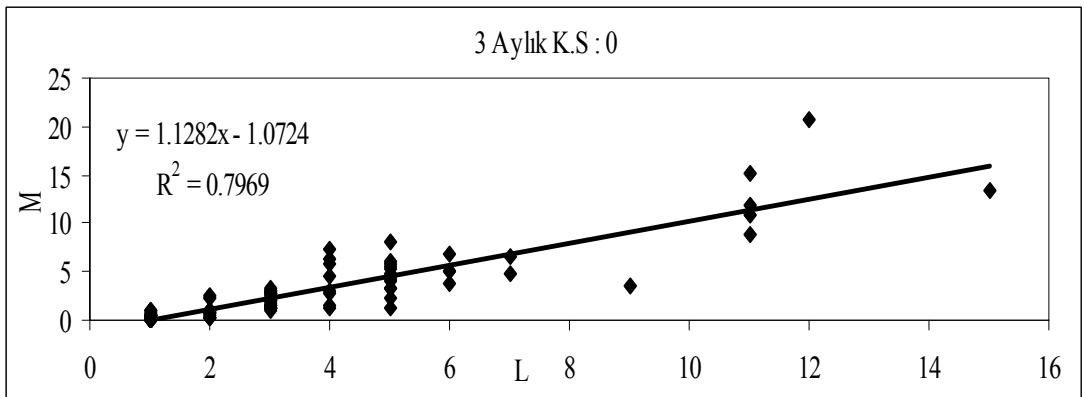
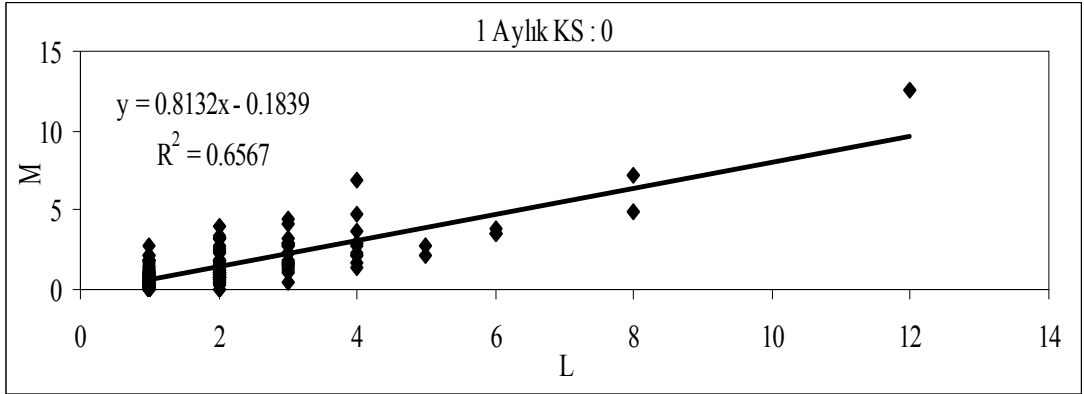
Ek 3.5. Gemerek istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



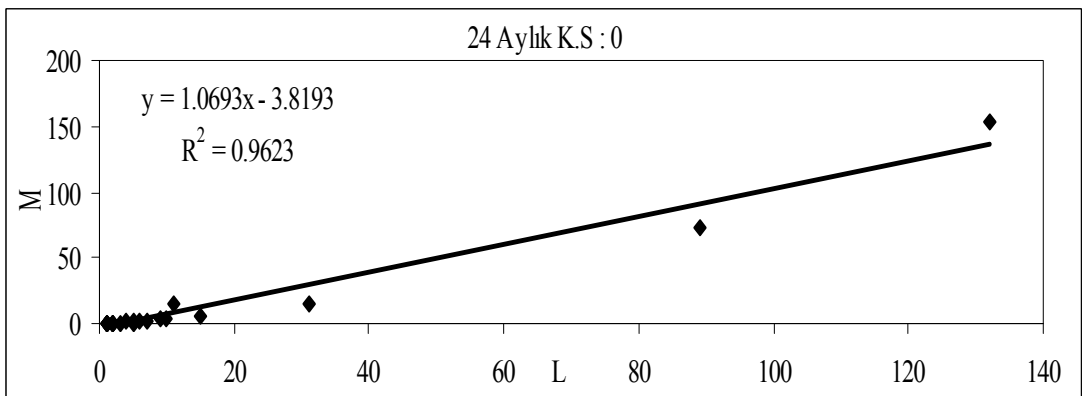
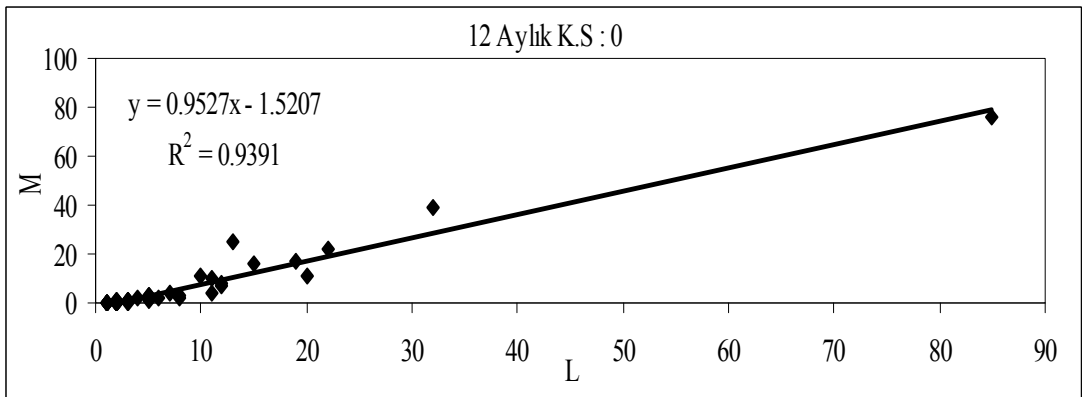
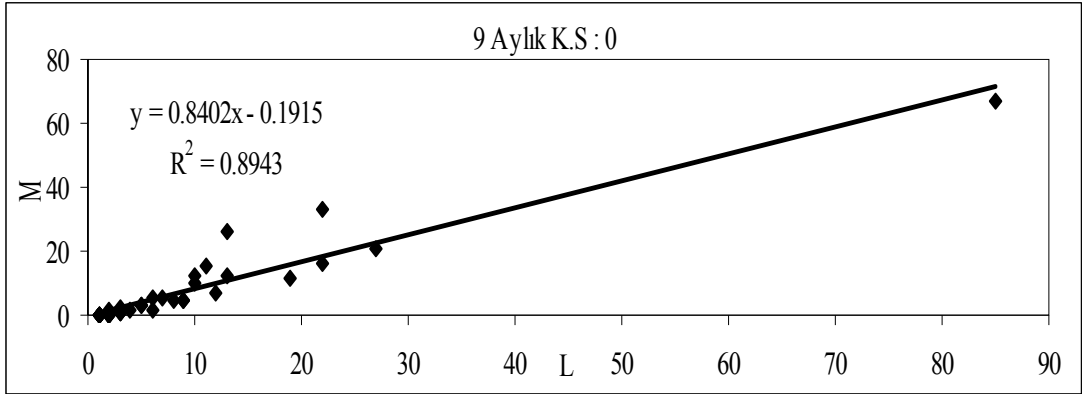
Ek 3.5. Gemerek istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



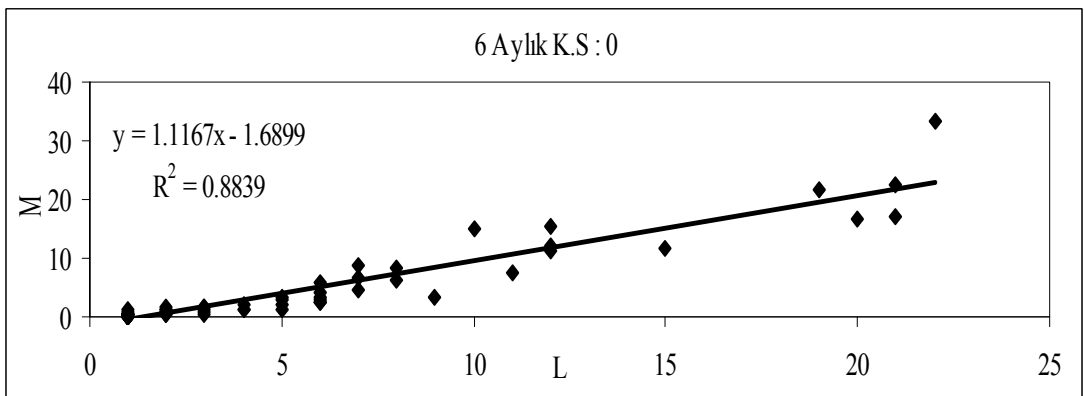
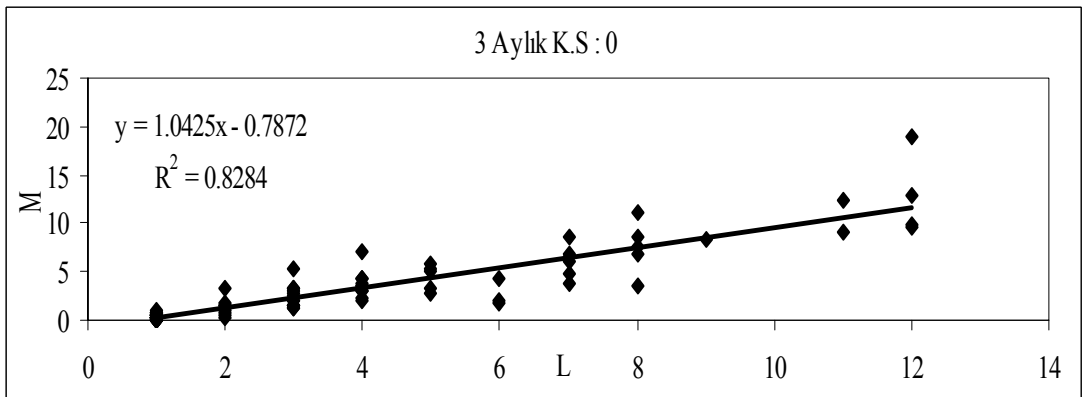
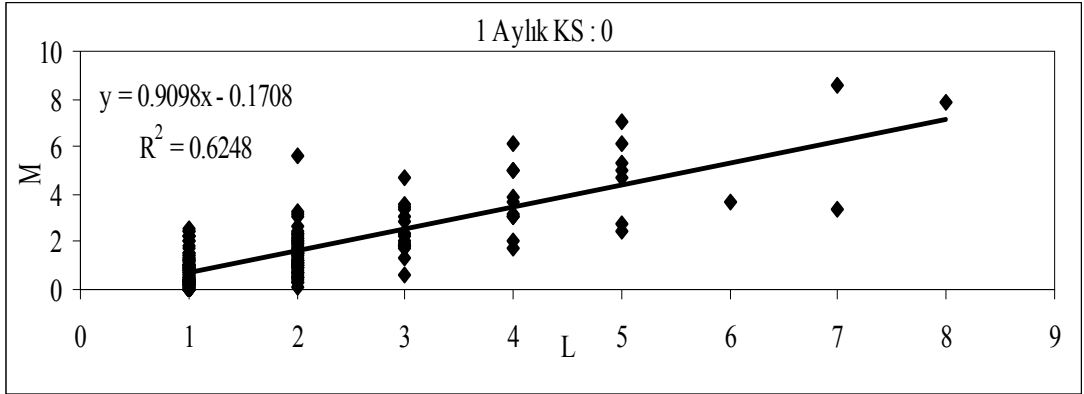
Ek 3.6. Kaman istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



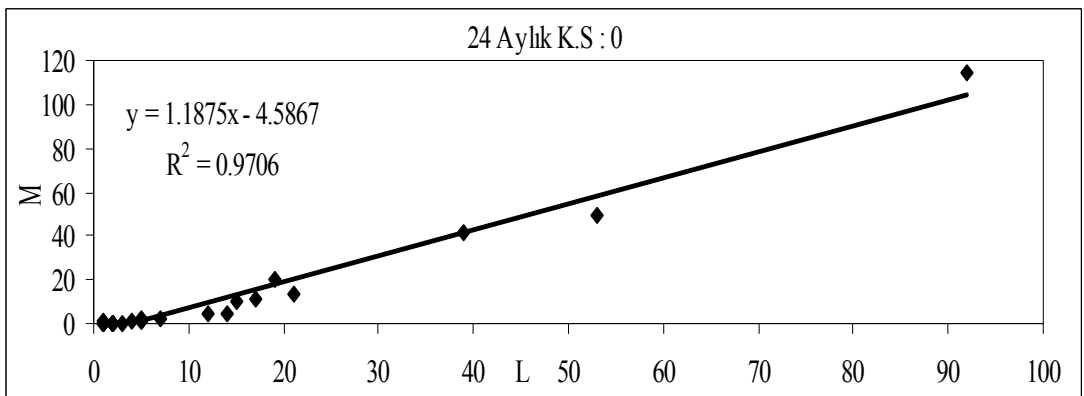
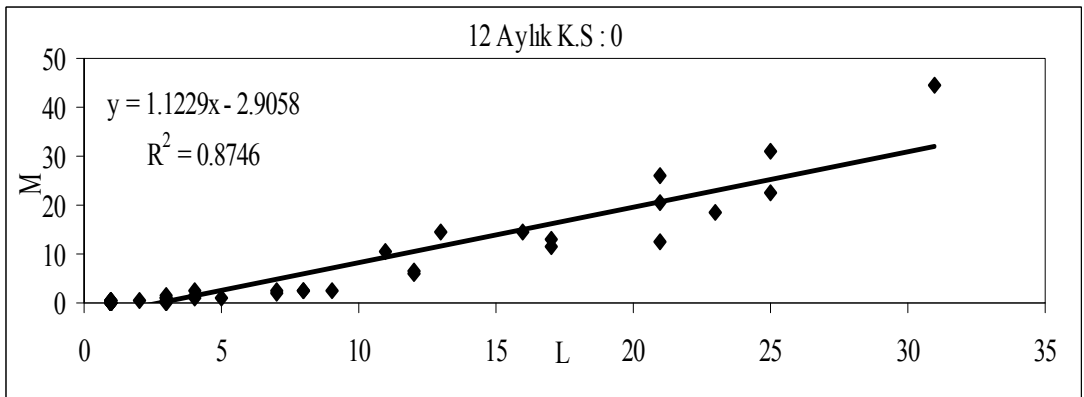
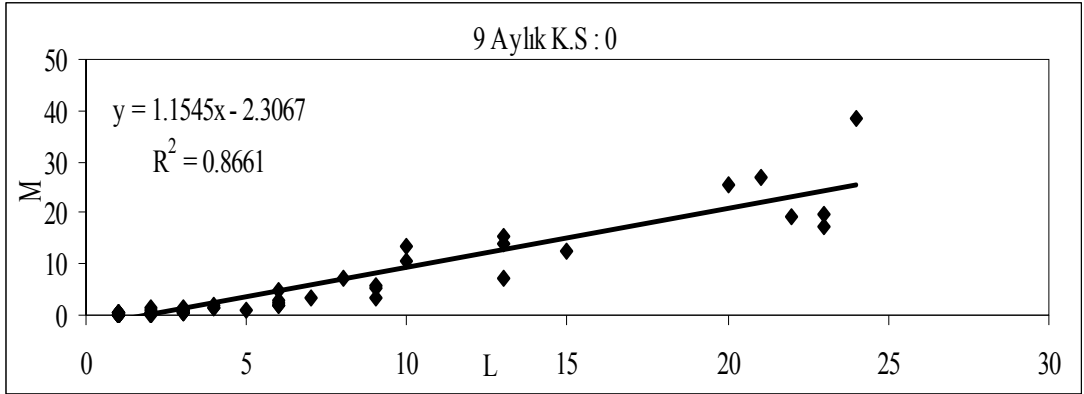
Ek 3.6. Kaman istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



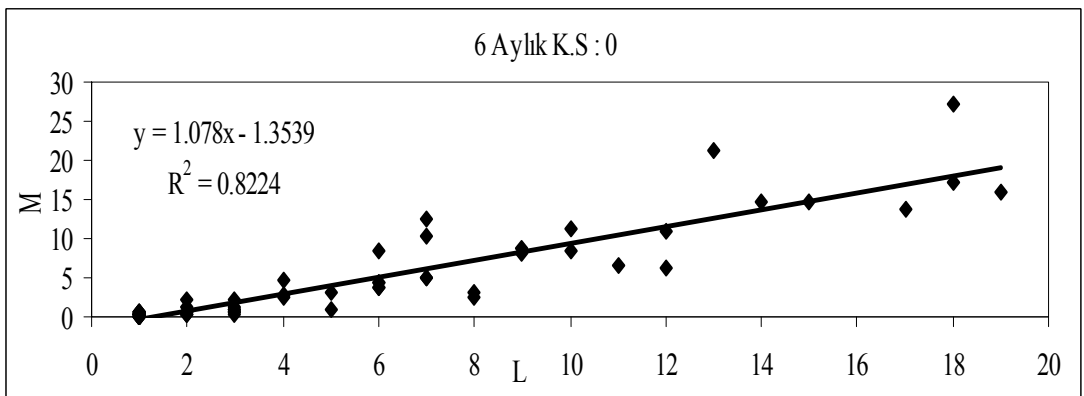
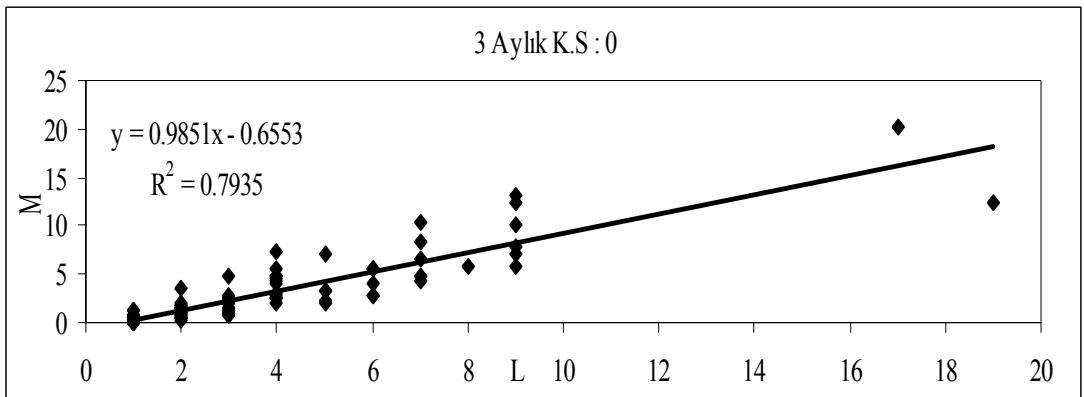
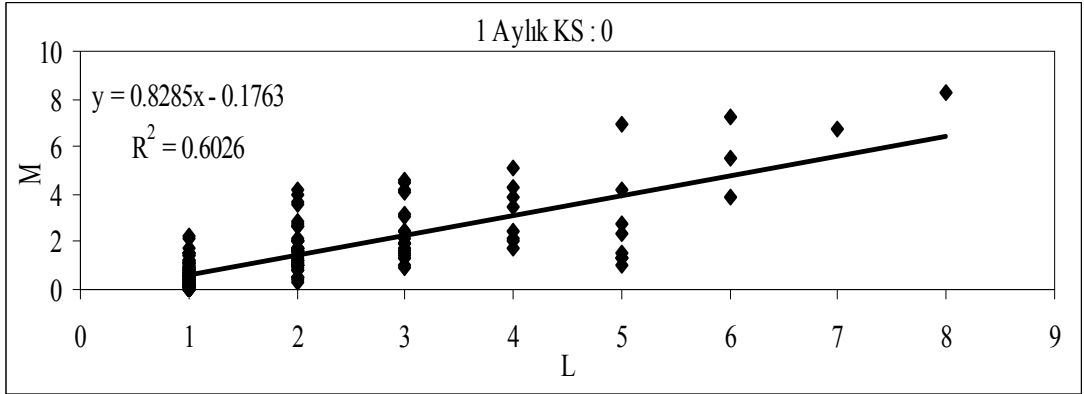
Ek 3.7. Kastamonu istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



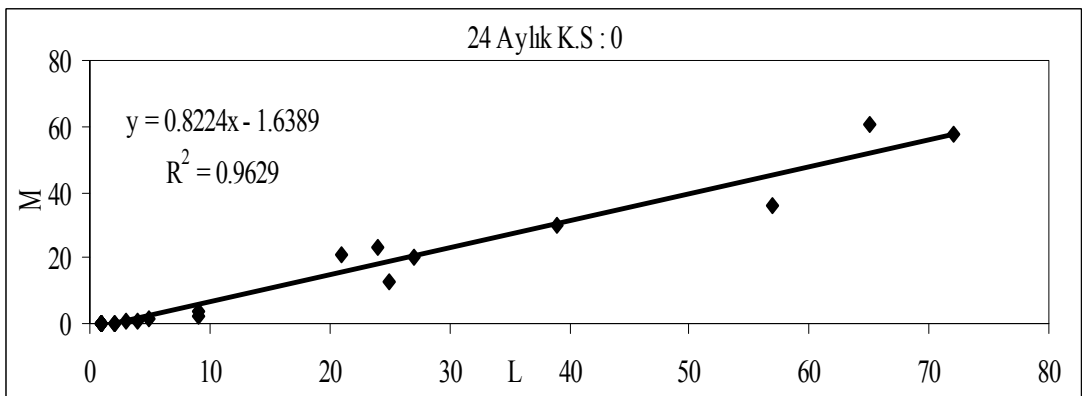
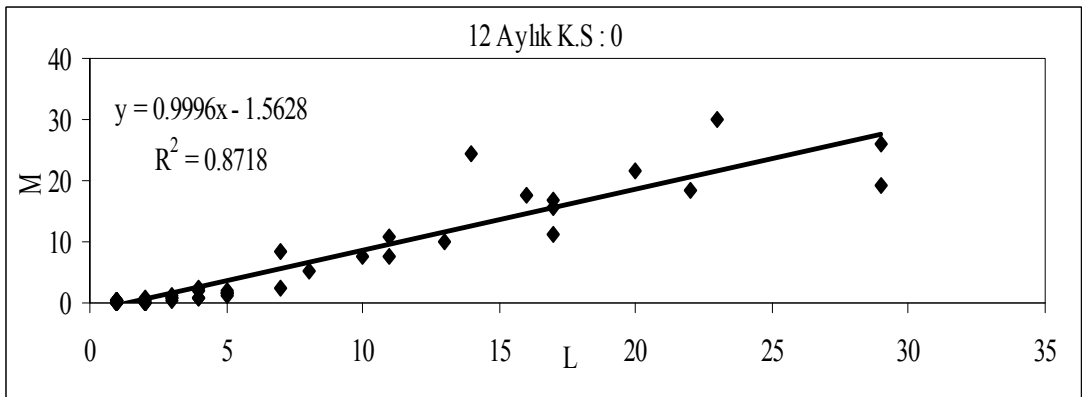
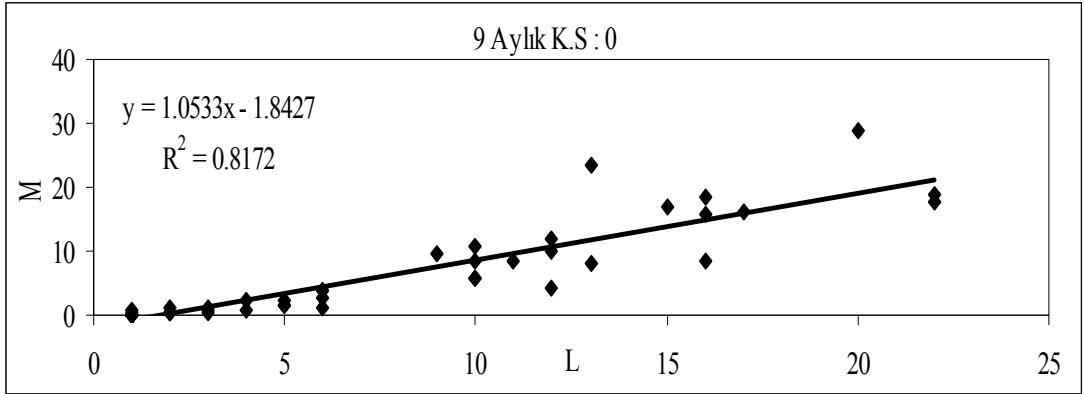
Ek 3.7. Kastamonu istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



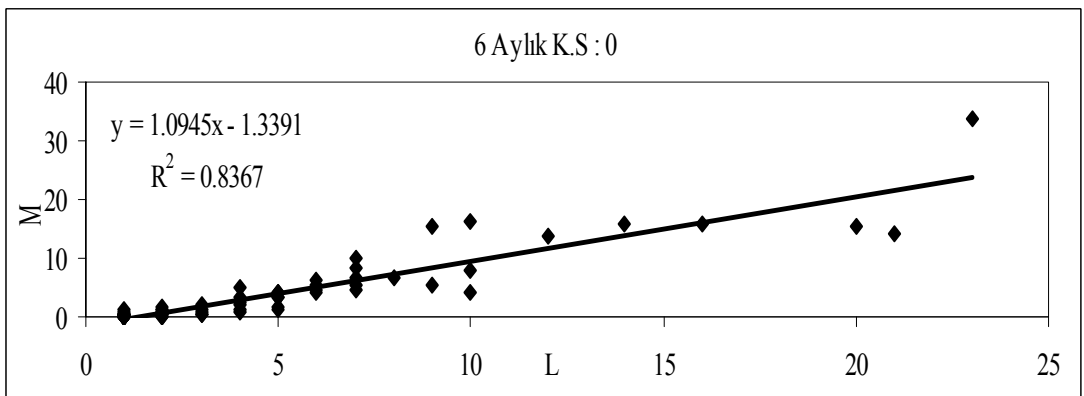
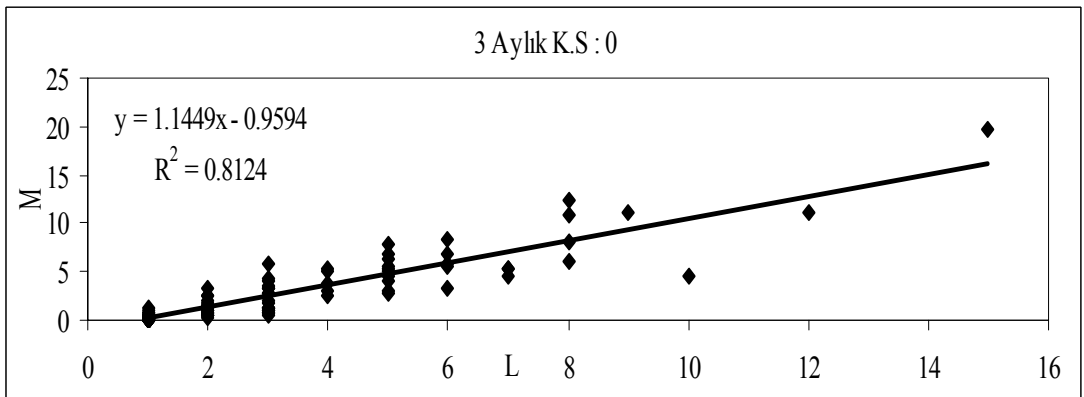
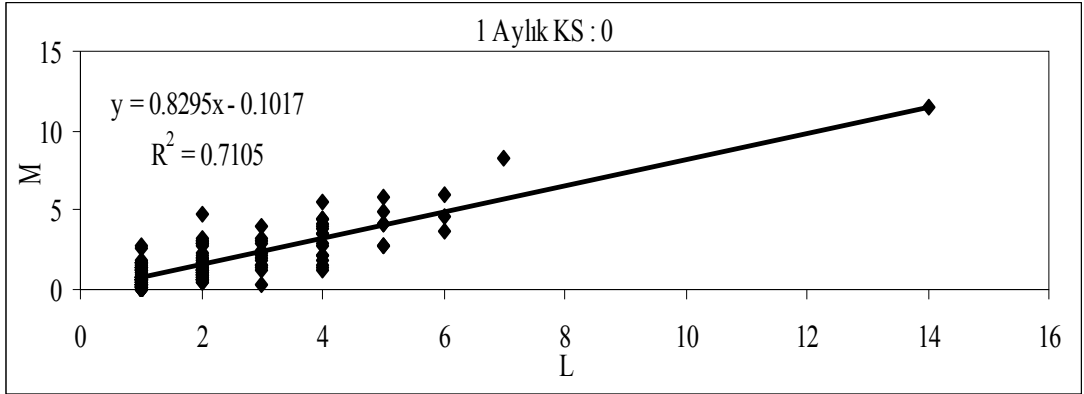
Ek 3.8. Kayseri istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



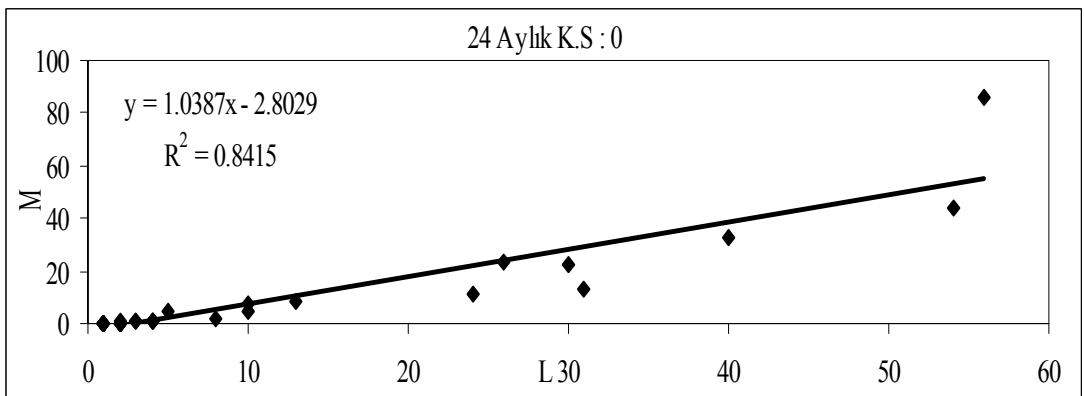
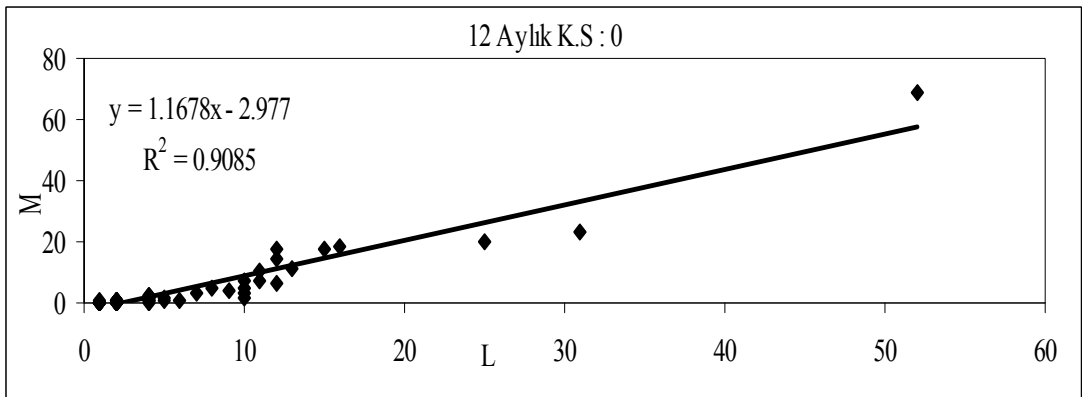
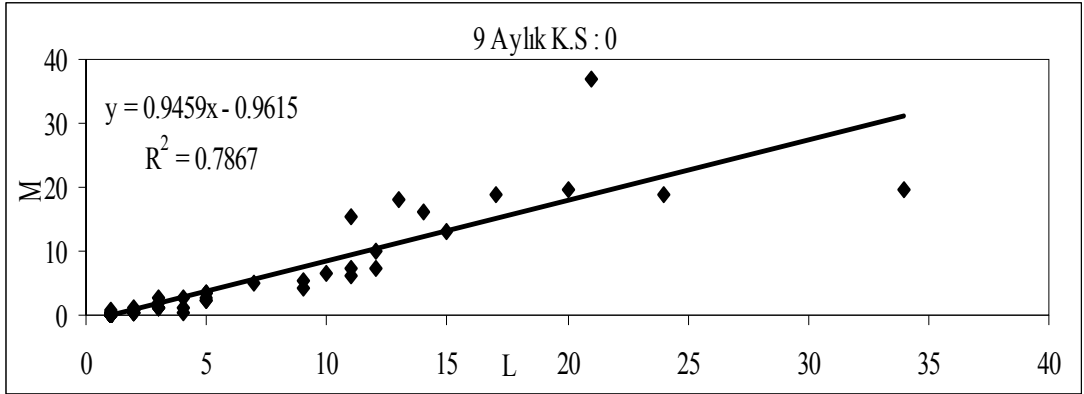
Ek 3.8. Kayseri istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



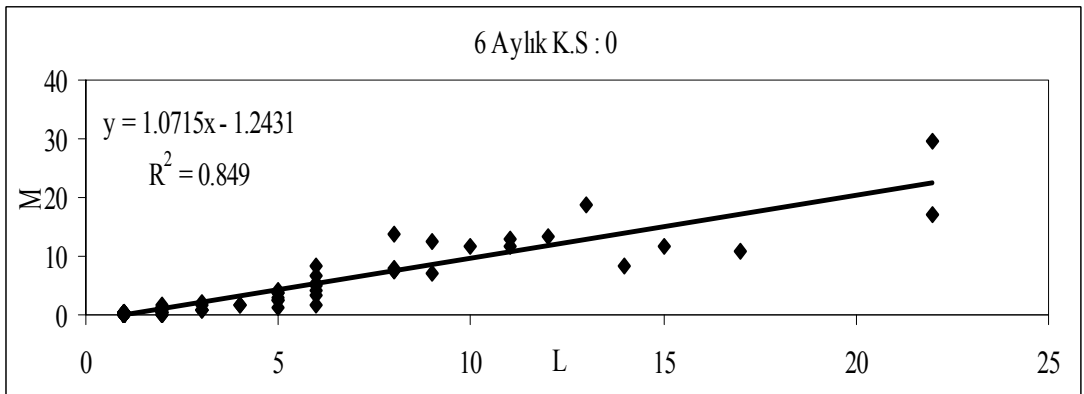
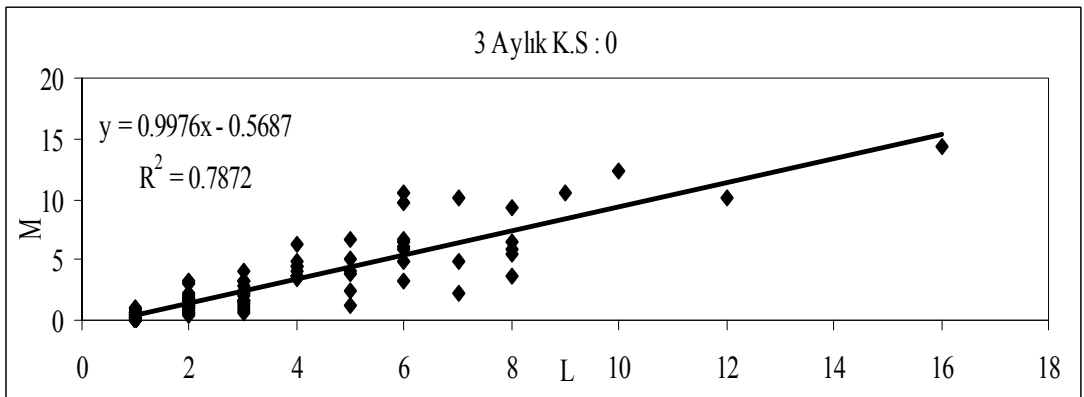
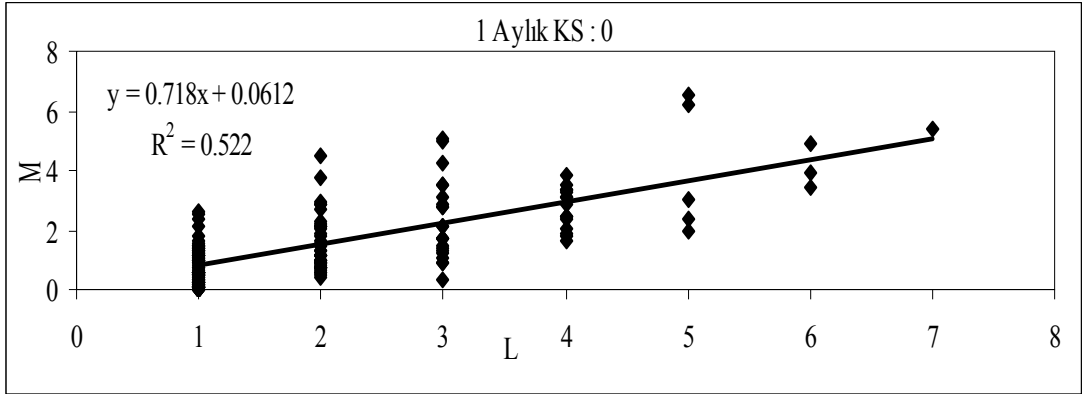
Ek 3.9. Kırıkkale istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



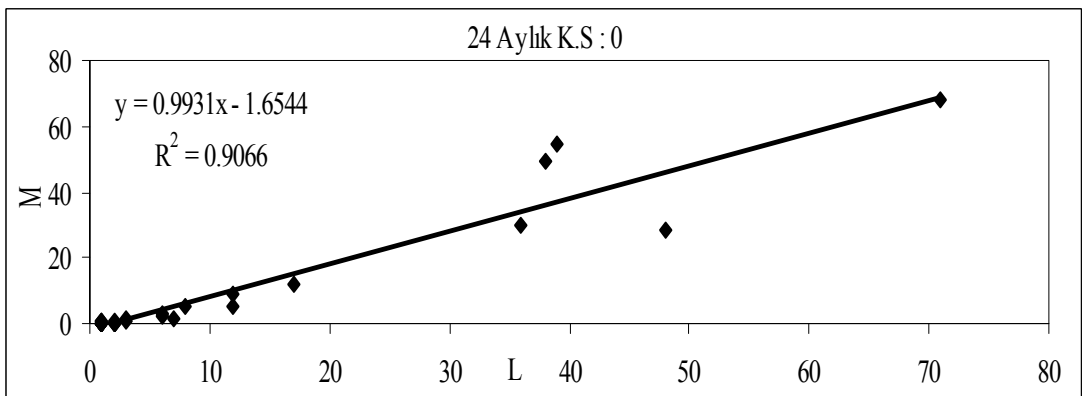
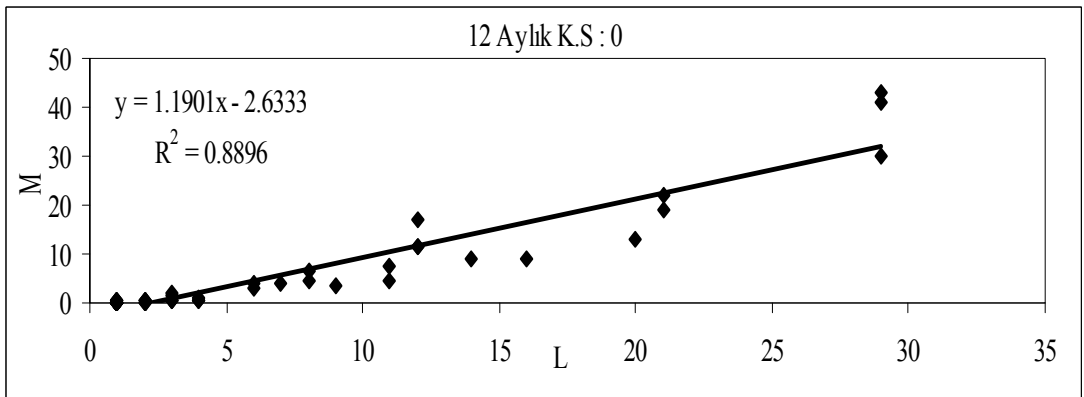
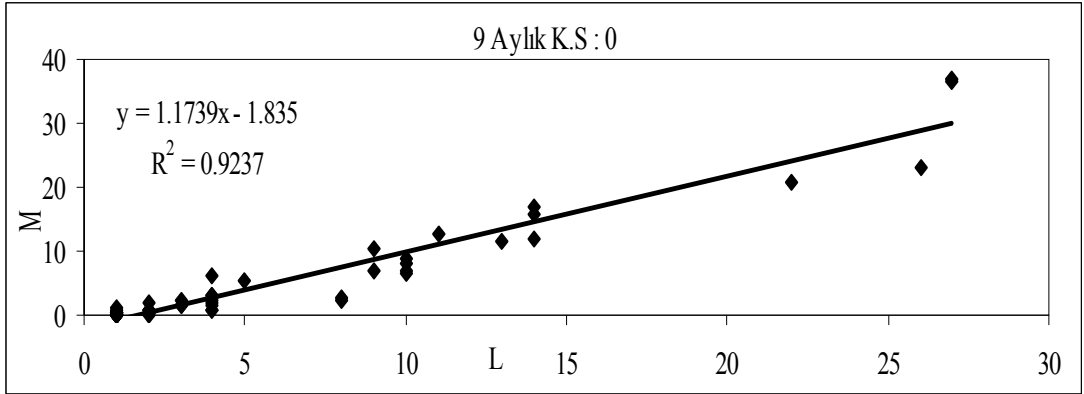
Ek 3.9. Kırıkkale istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



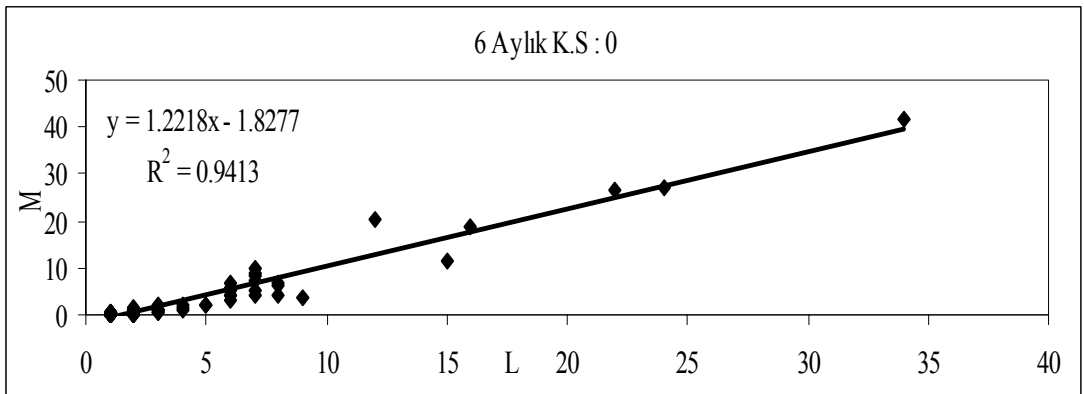
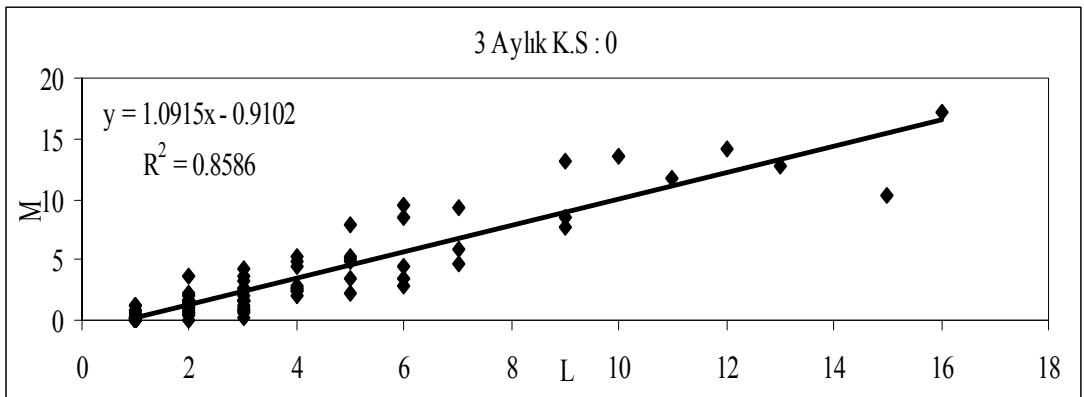
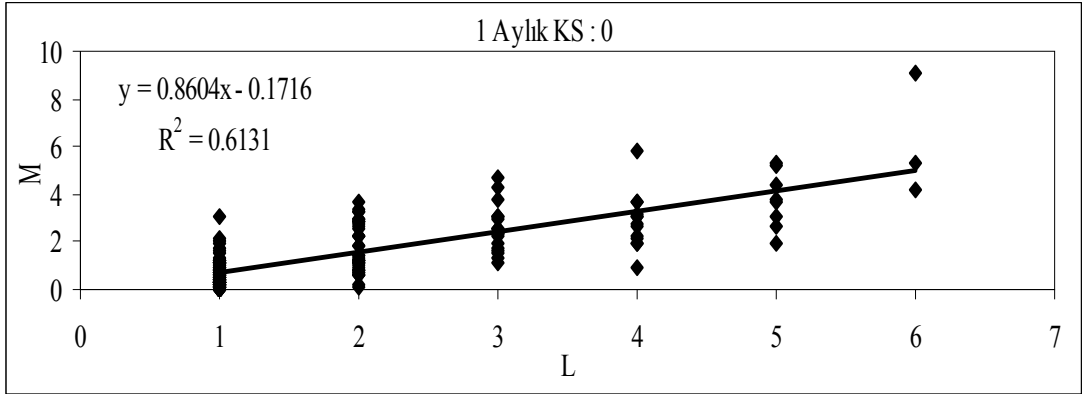
Ek 3.10. Kırşehir istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



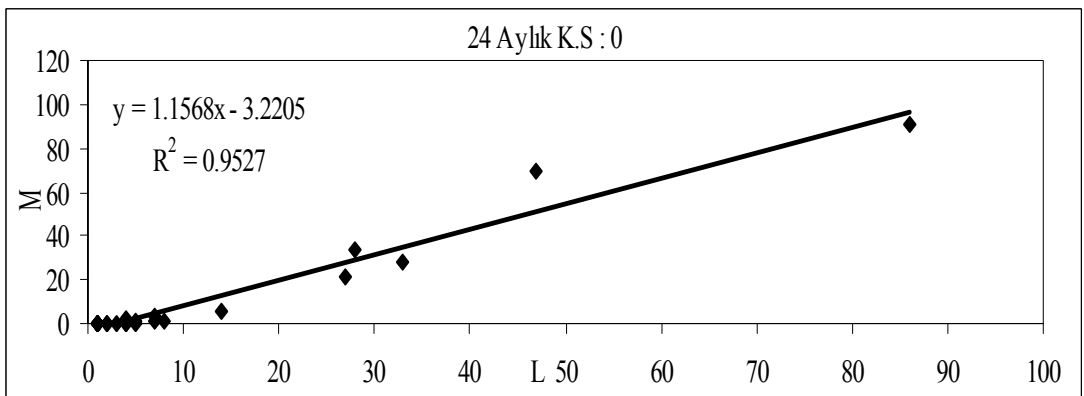
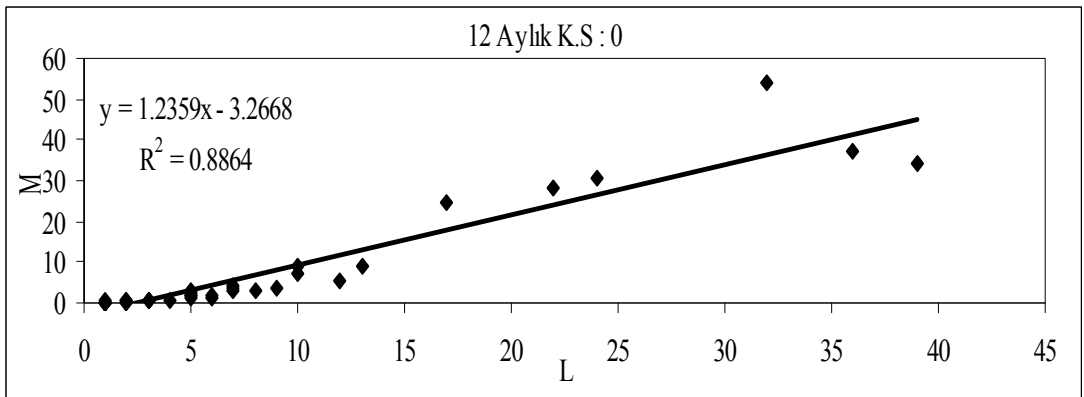
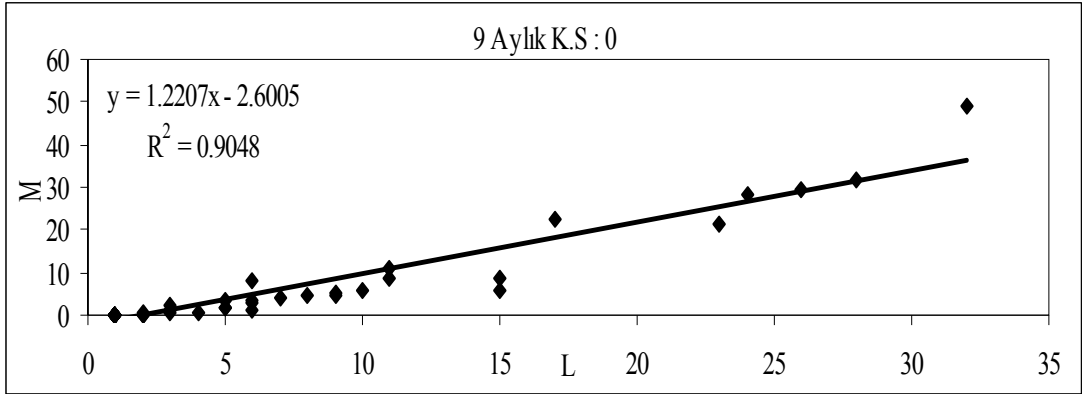
Ek 3.10. Kırşehir istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



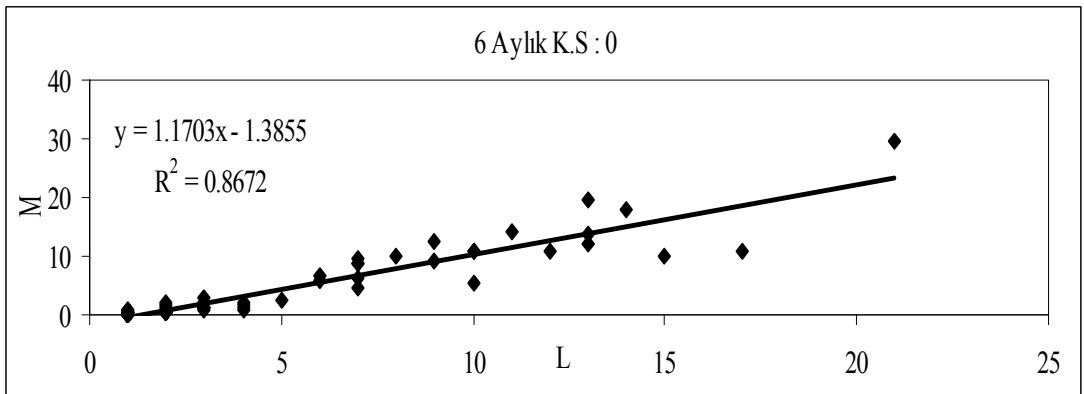
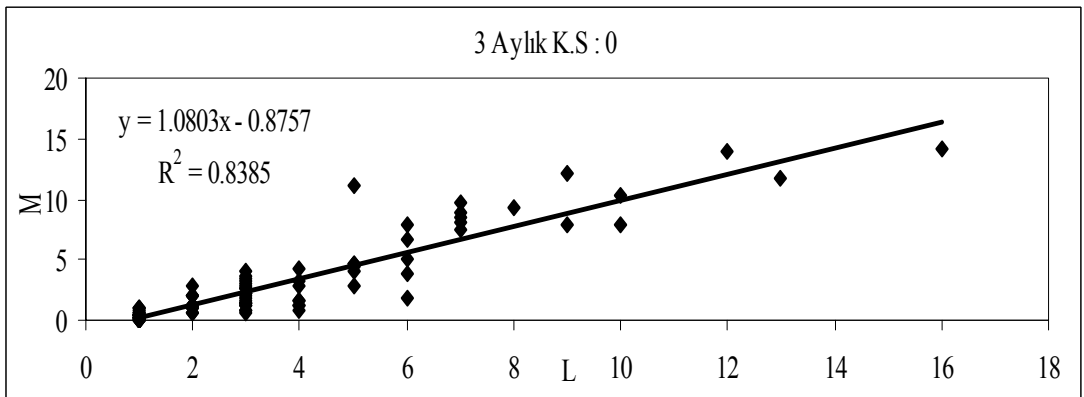
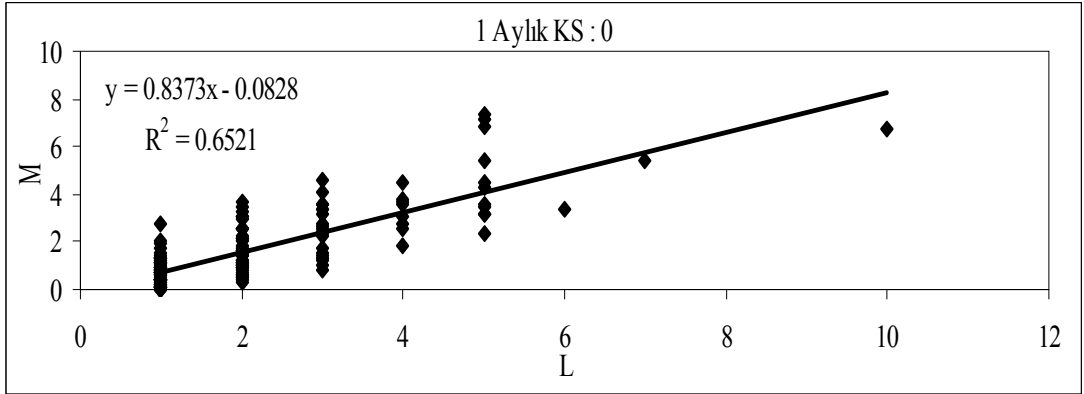
Ek 3.11. Nevşehir istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



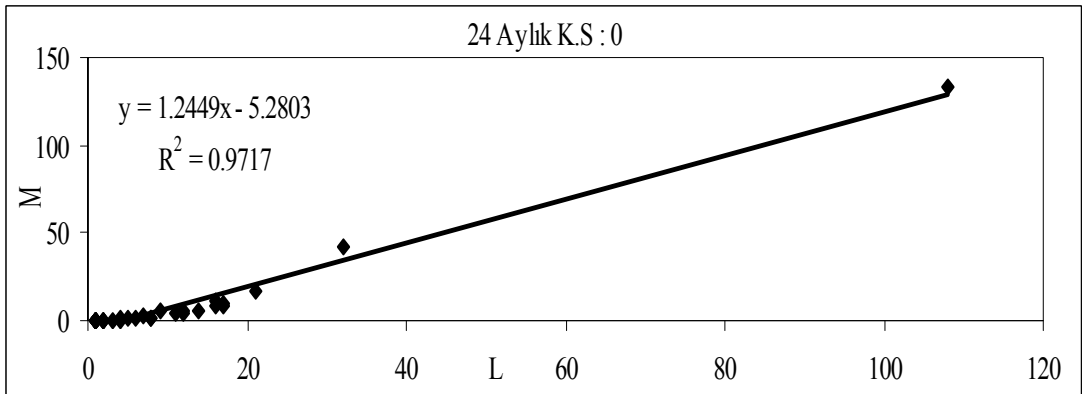
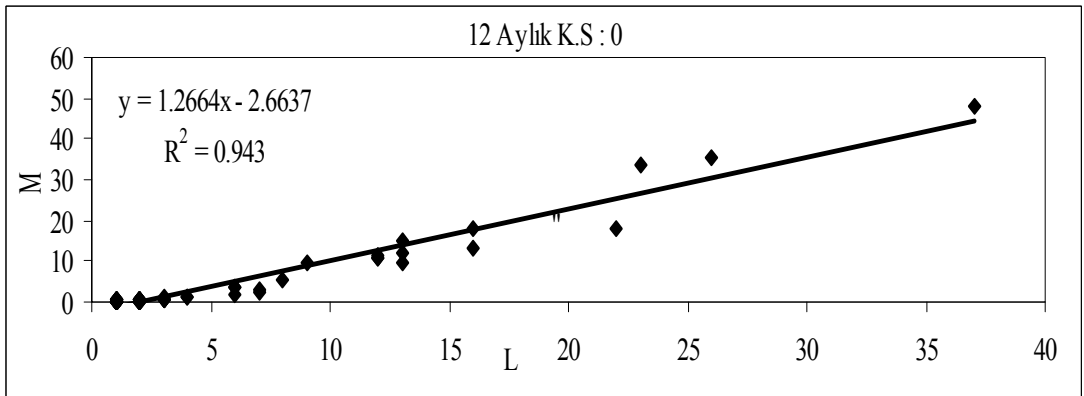
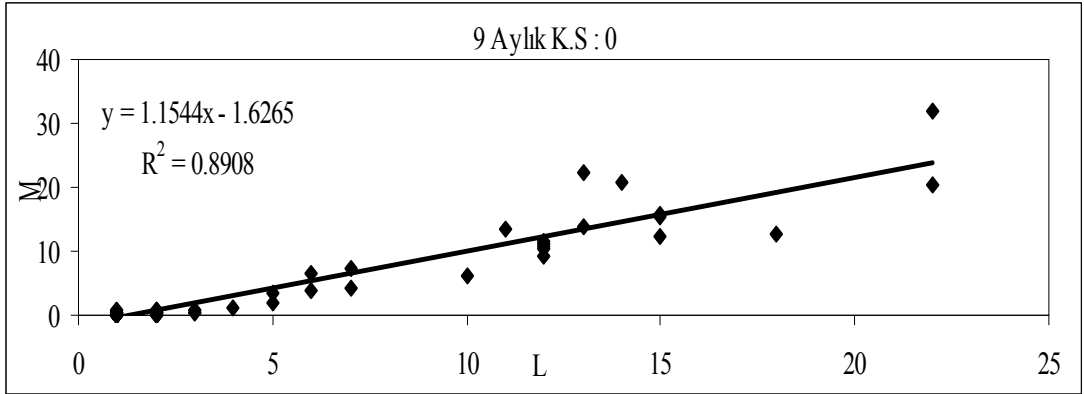
Ek 3.11. Nevşehir istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



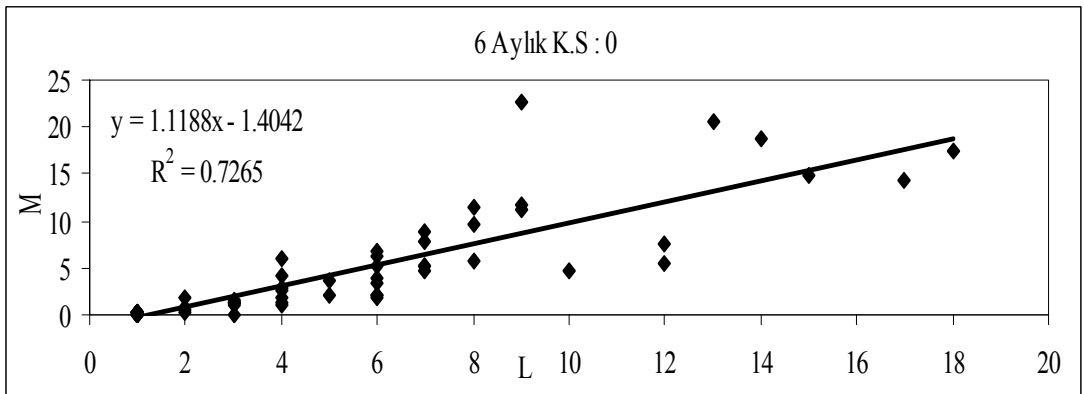
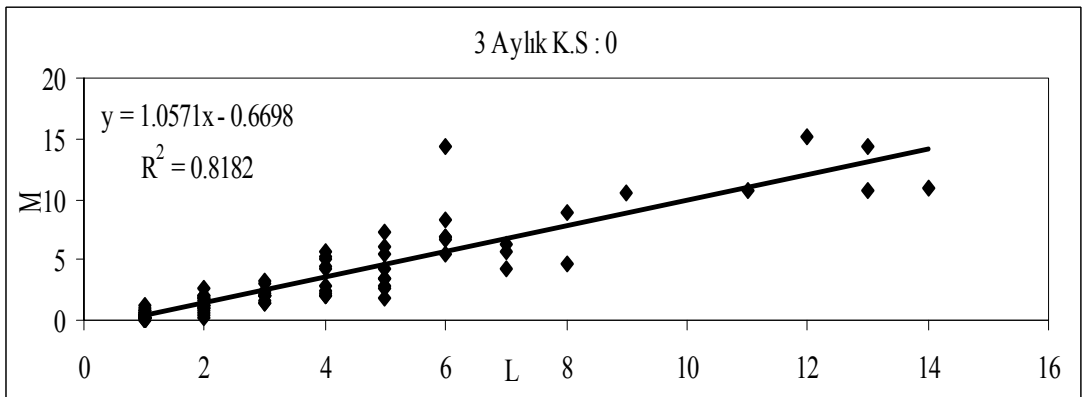
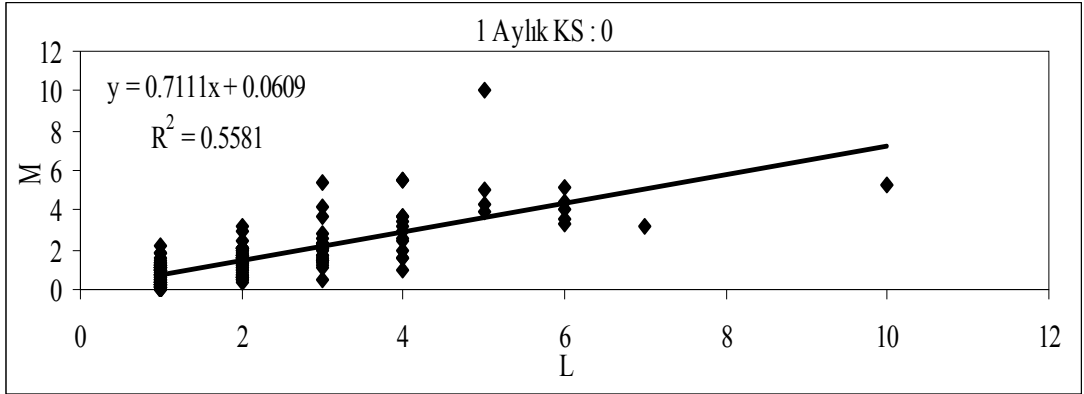
Ek 3.12. Sivas istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



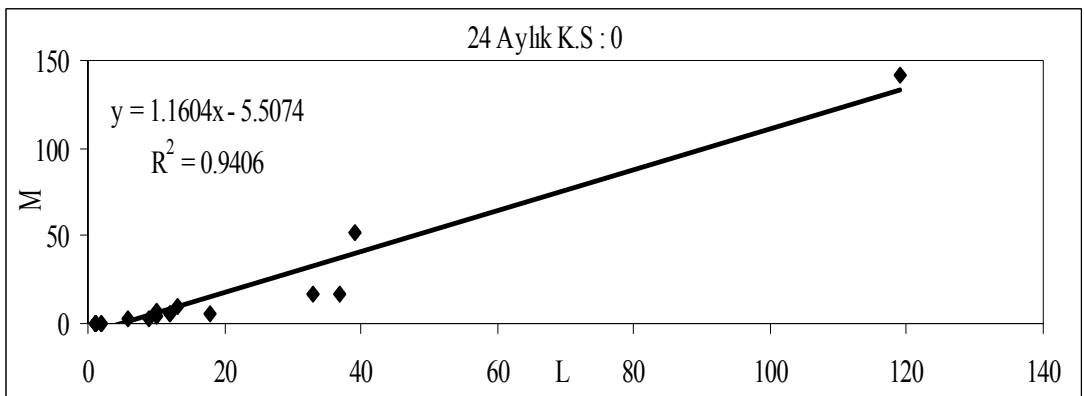
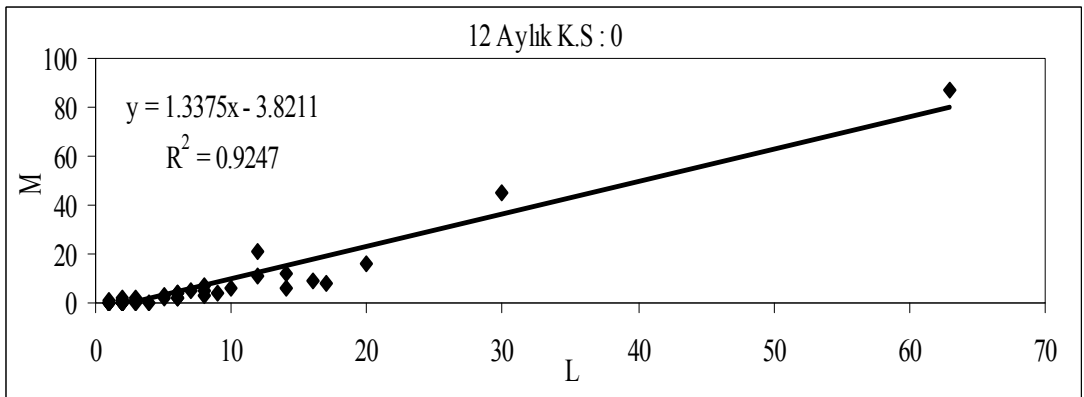
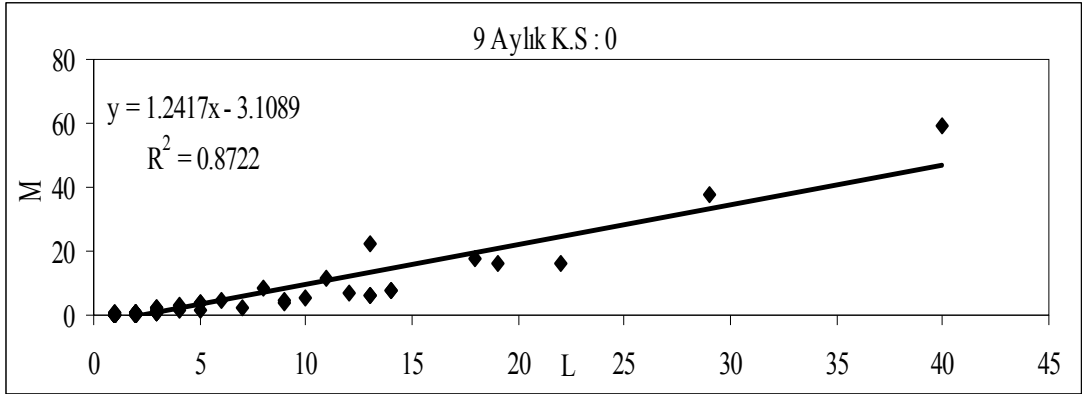
Ek 3.12. Sivas istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



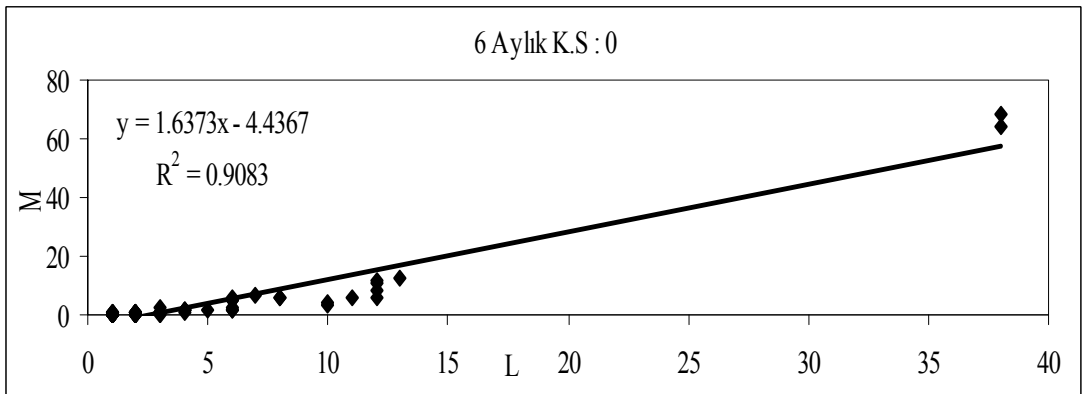
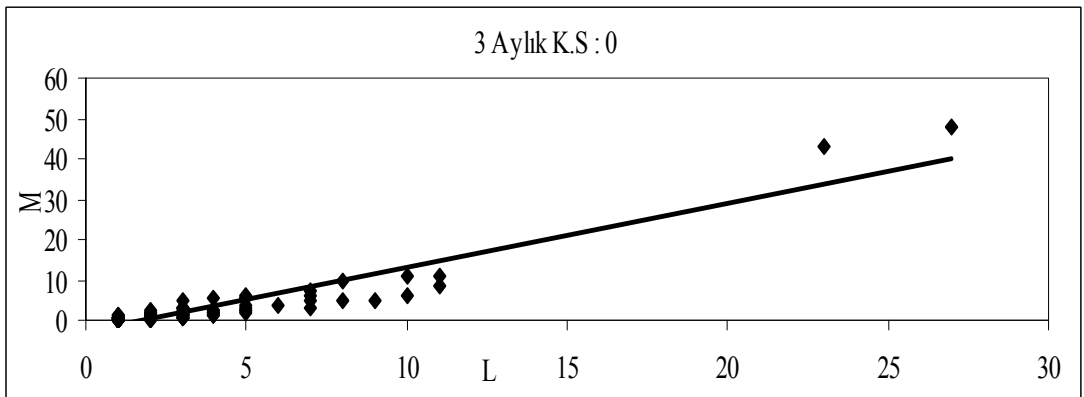
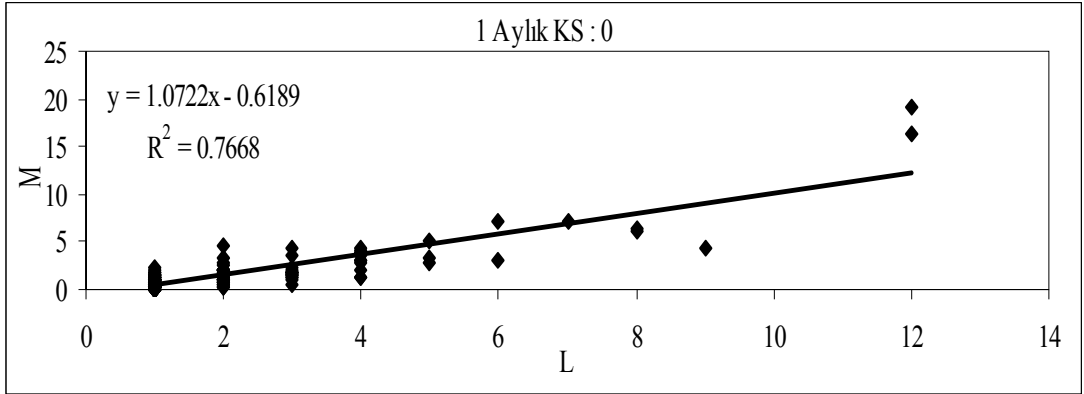
Ek 3.13. Yozgat istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



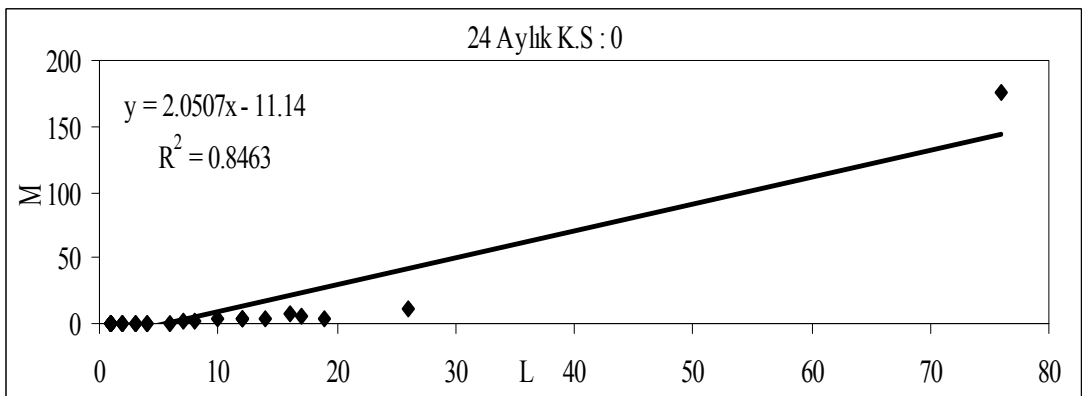
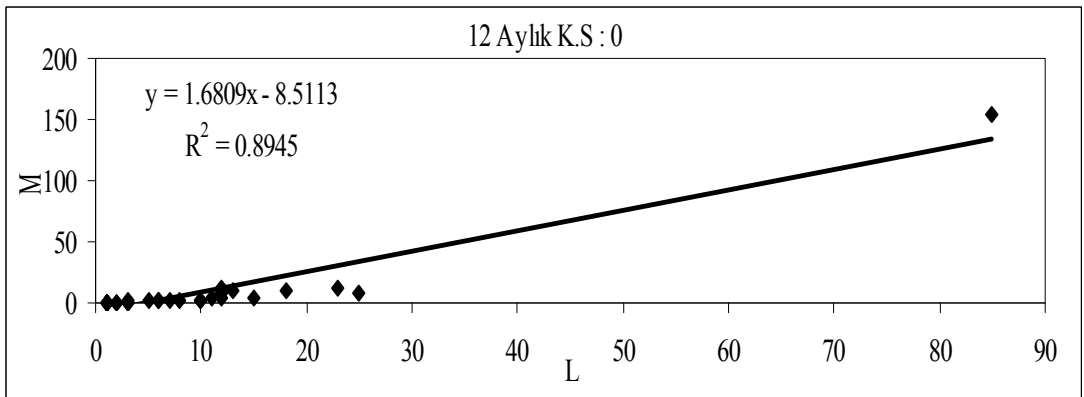
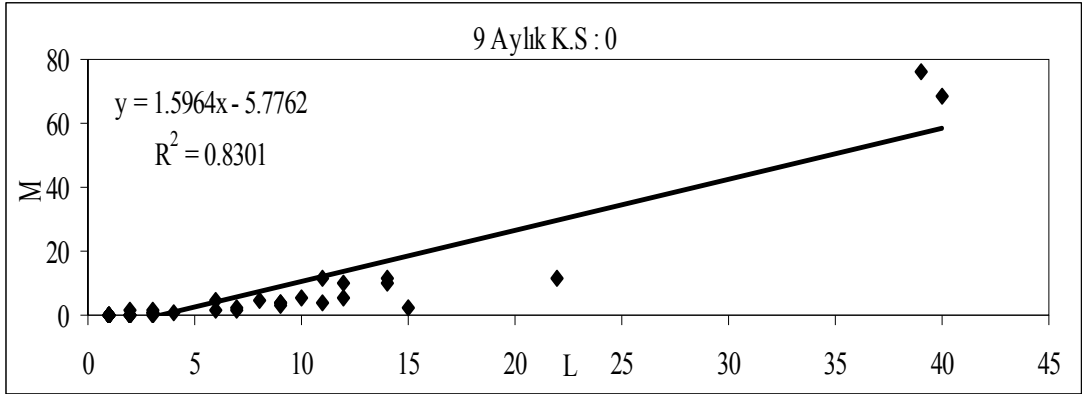
Ek 3.13. Yozgat istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



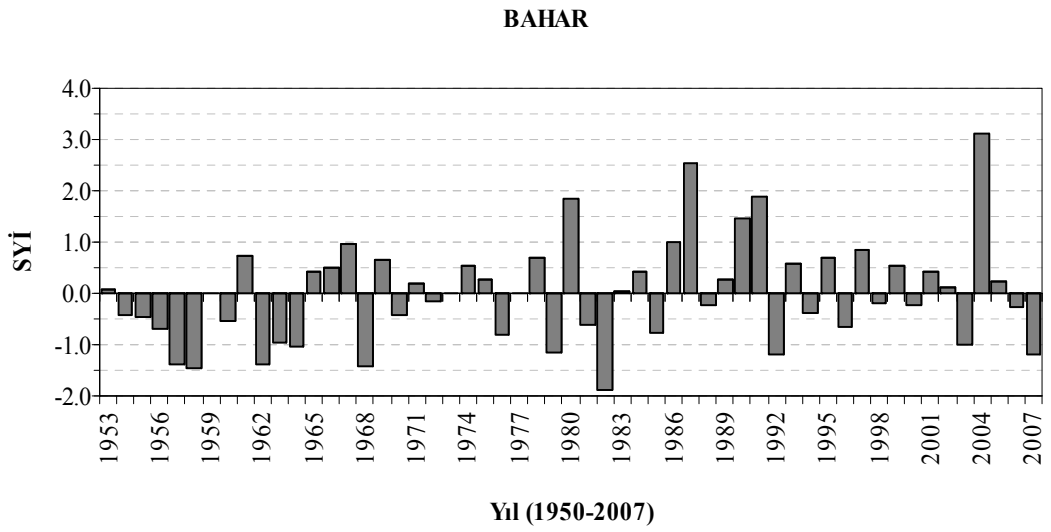
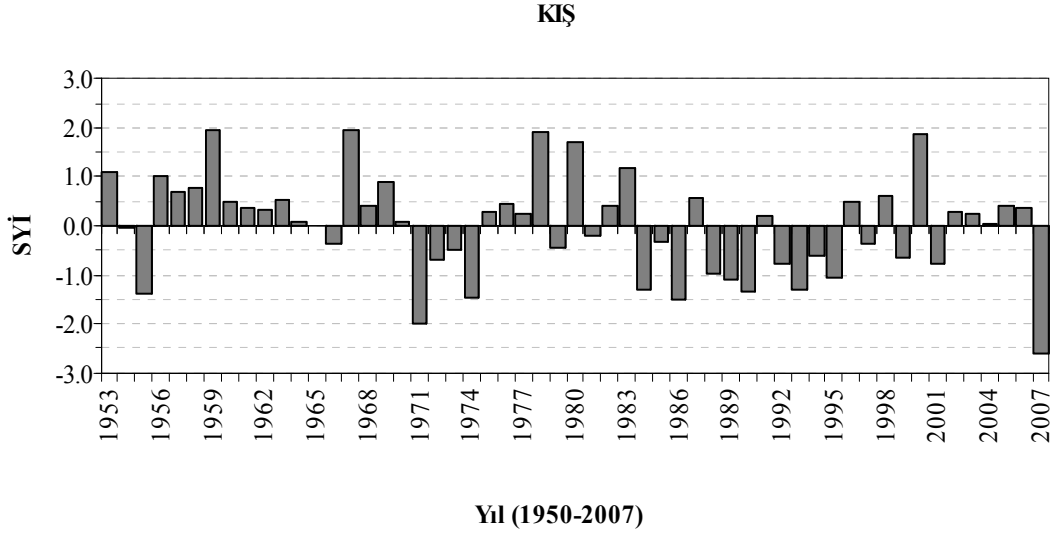
Ek 3.14. Zara istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (1. kısım)



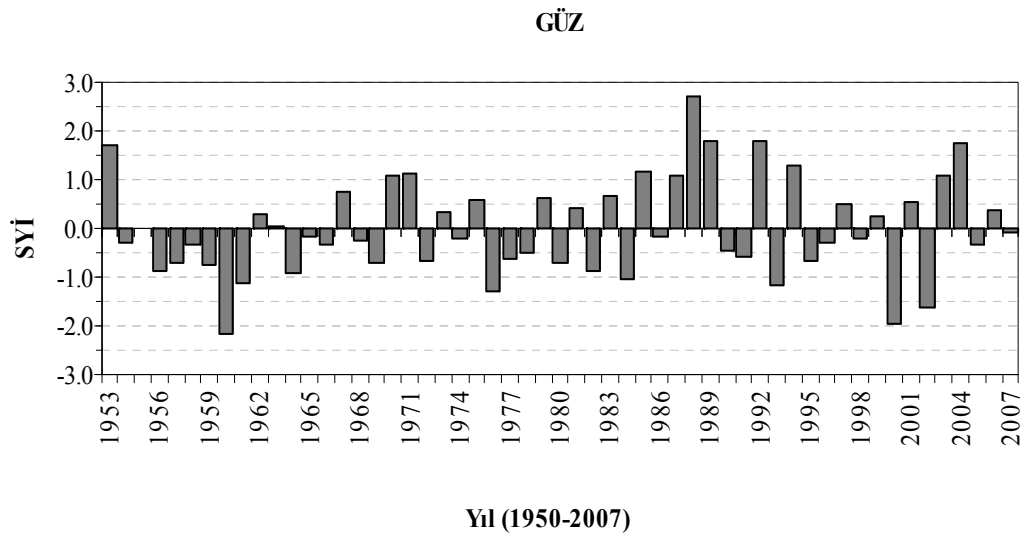
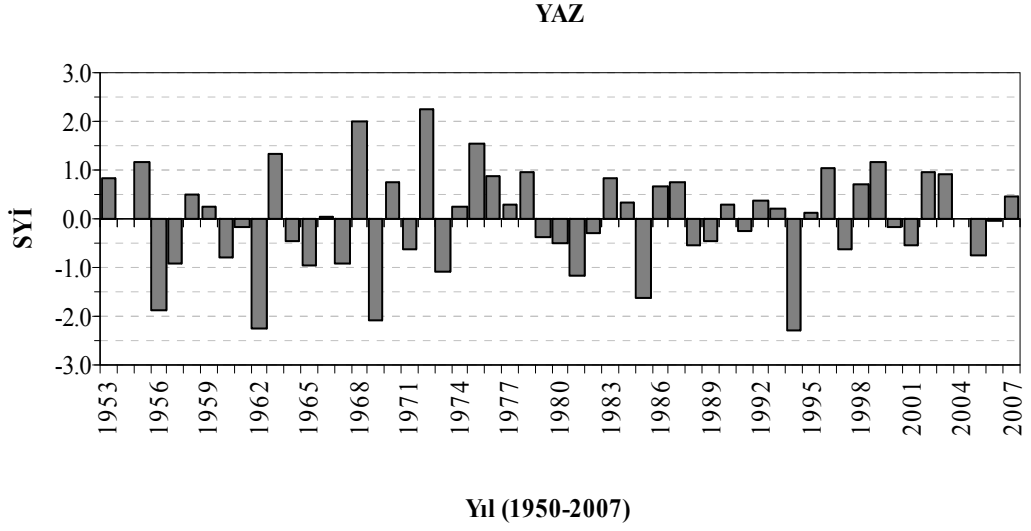
Ek 3.14. Zara istasyonunun farklı zaman dilimlerindeki M-L ilişkisi (2. kısım)



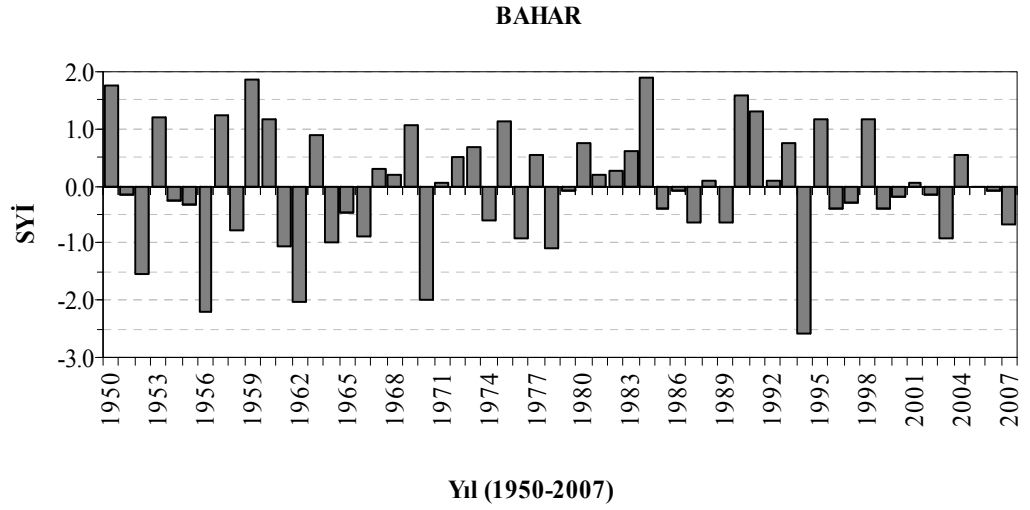
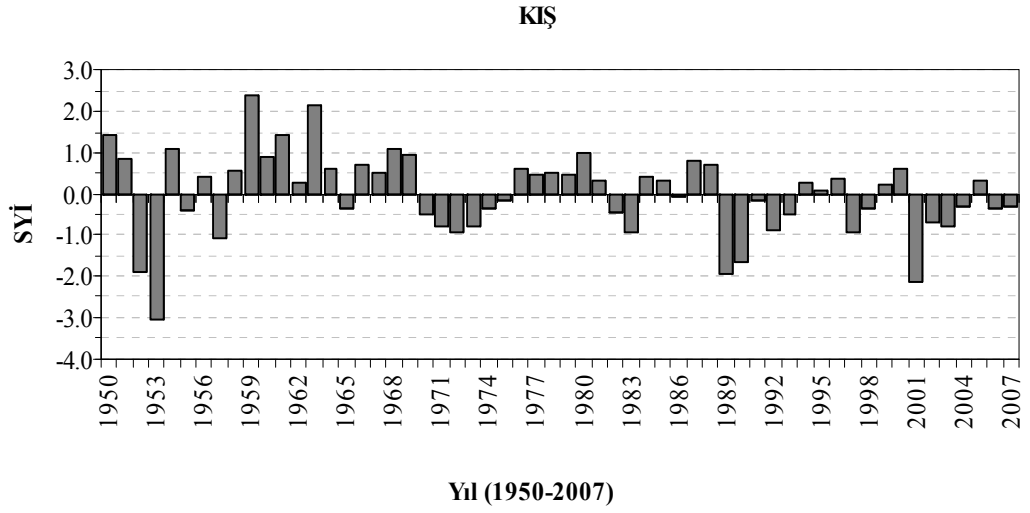
Ek 4.1. Bafra İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



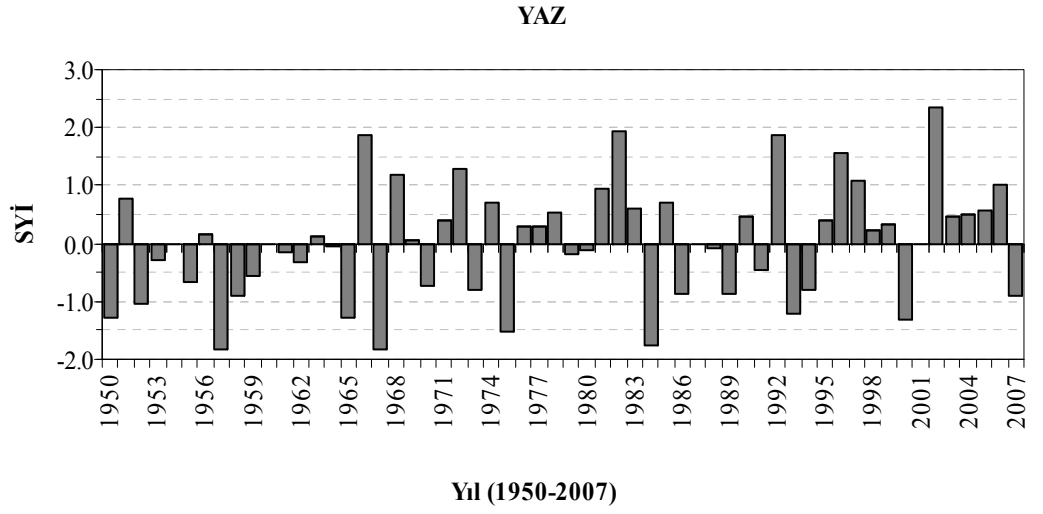
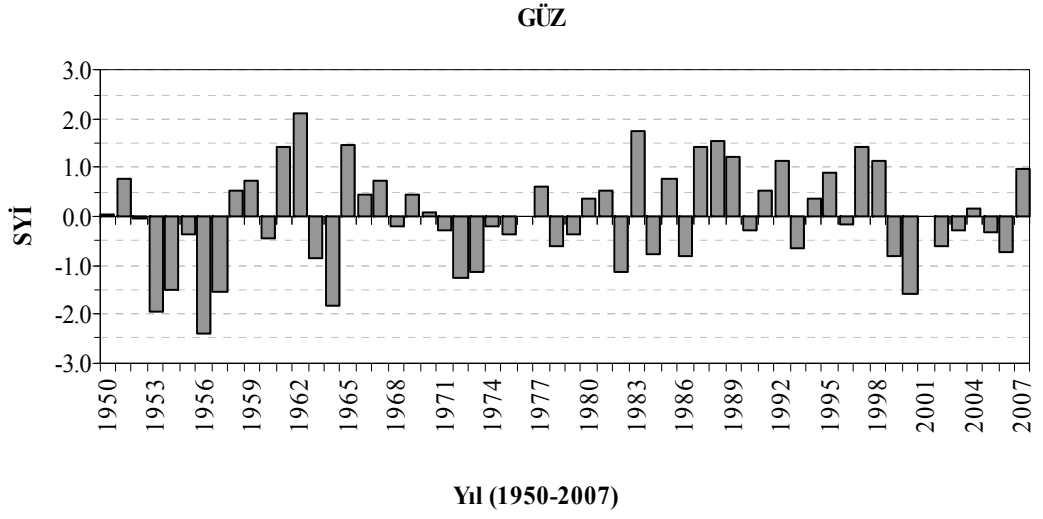
Ek 4.1. Bafra İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



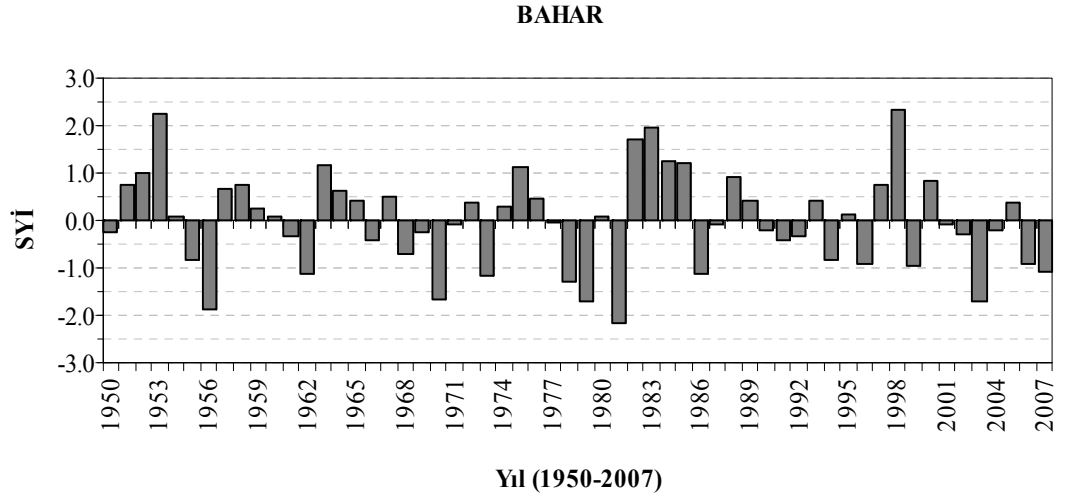
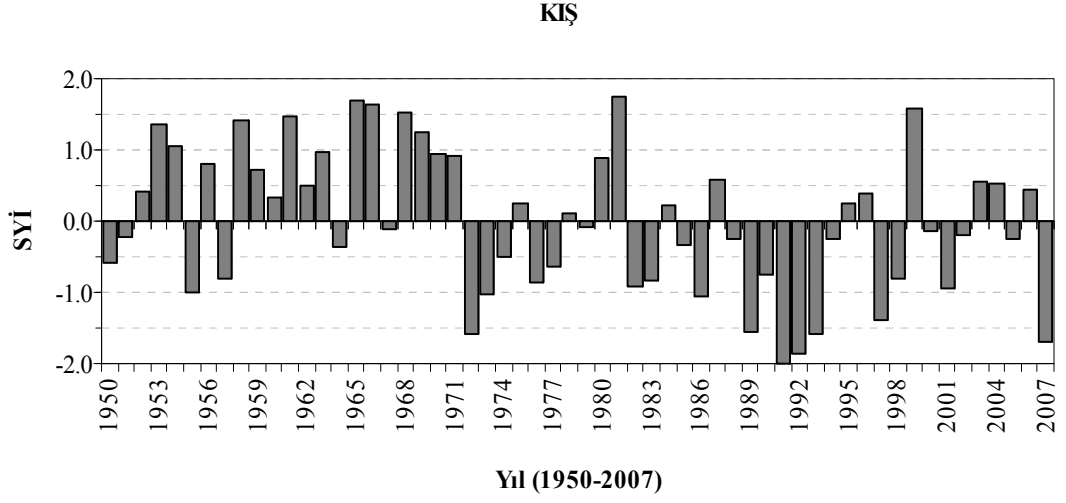
Ek 4.2. Boğazlıyan İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



Ek 4.2. Boğazlıyan İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)

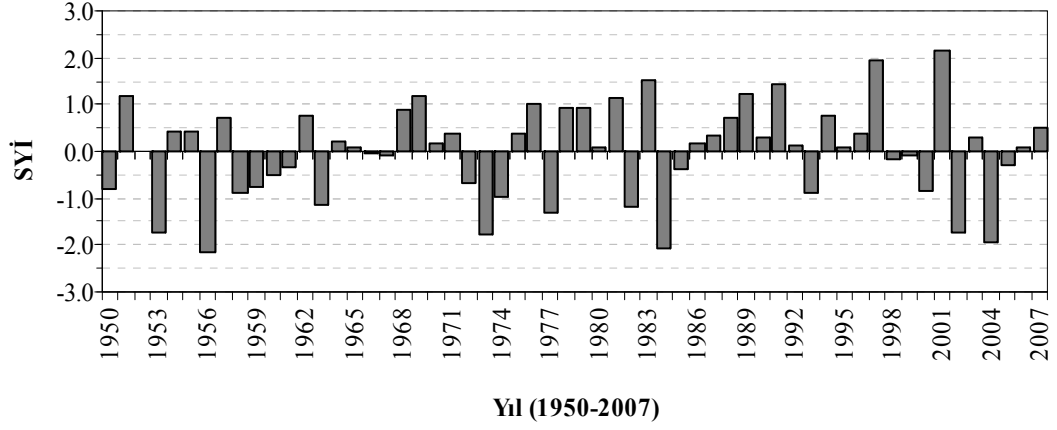


Ek 4.3. Çankırı İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)

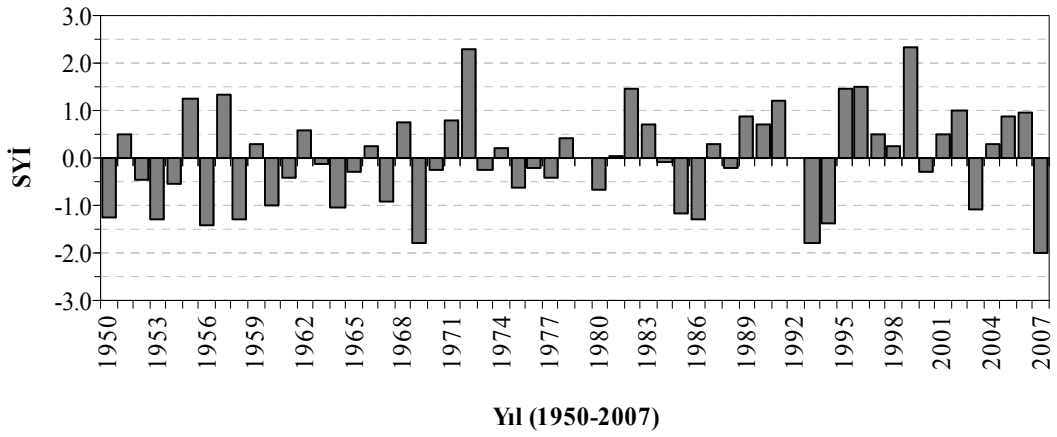


Ek 4.3. Çankırı İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)

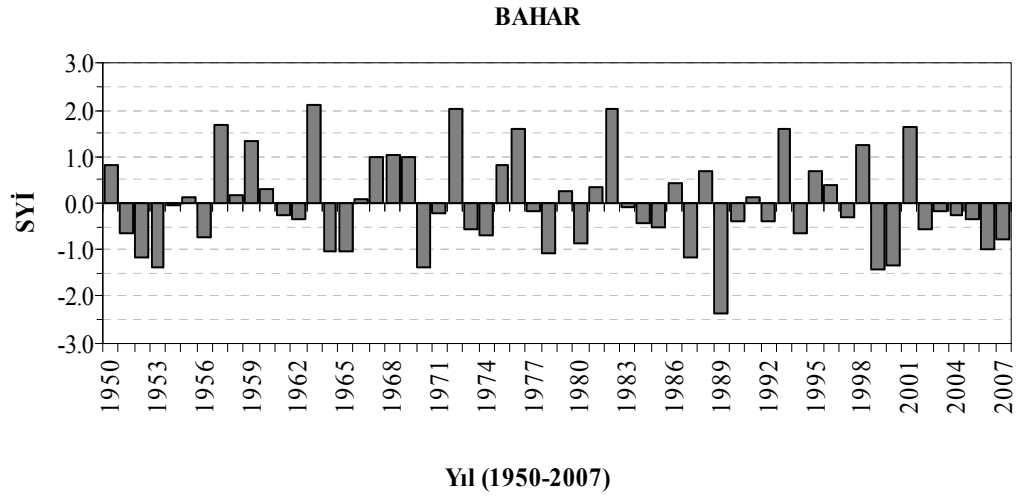
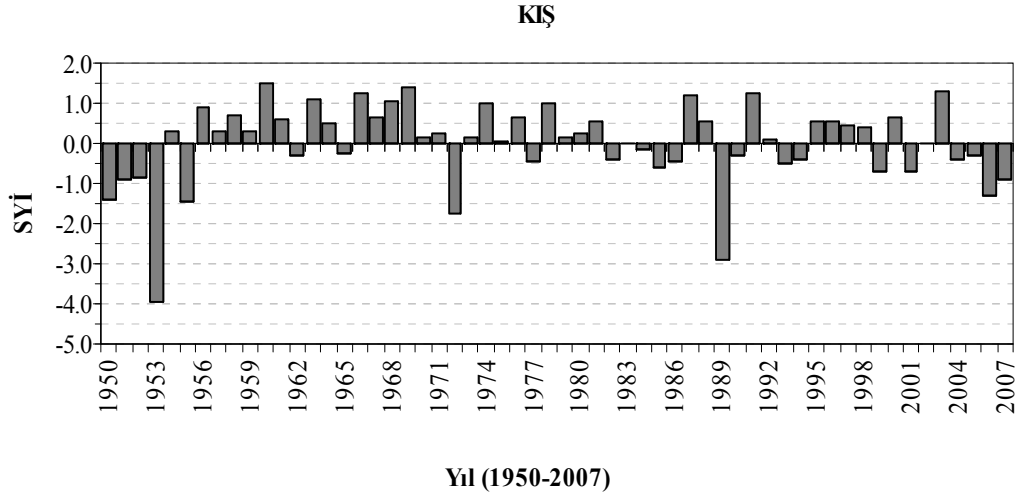
GÜZ



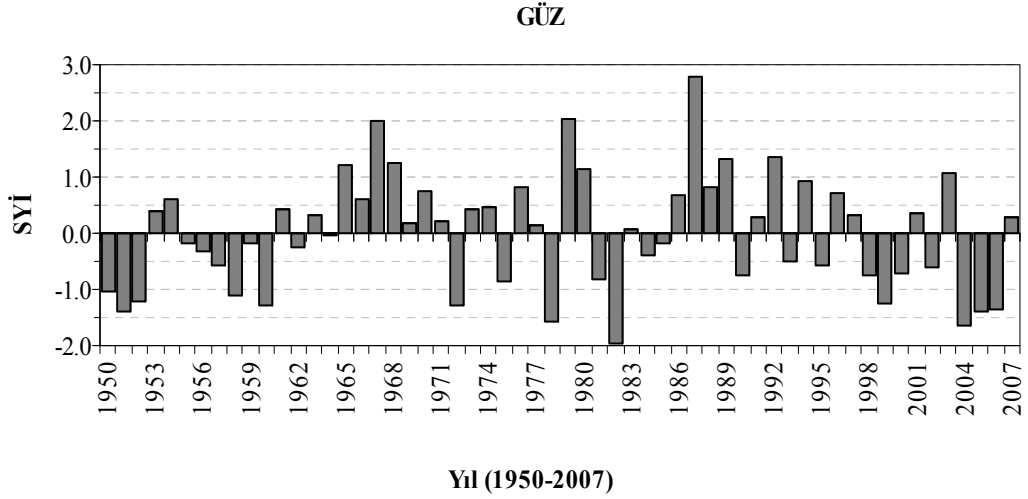
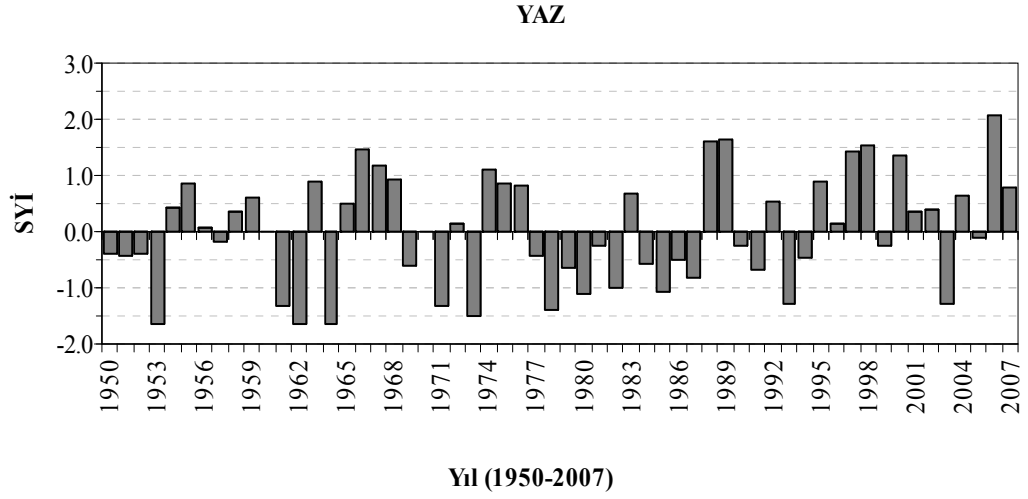
YAZ



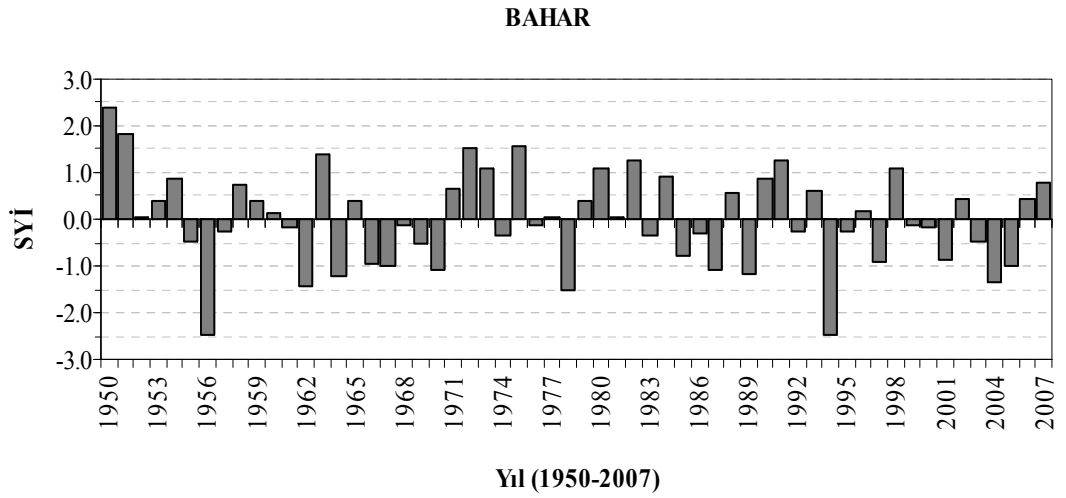
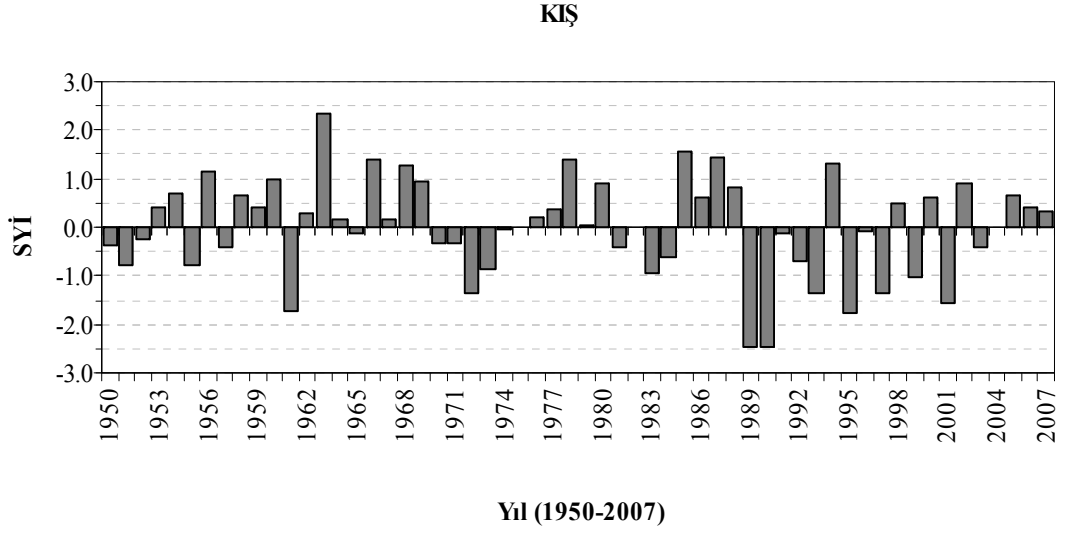
Ek 4.4. Develi İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



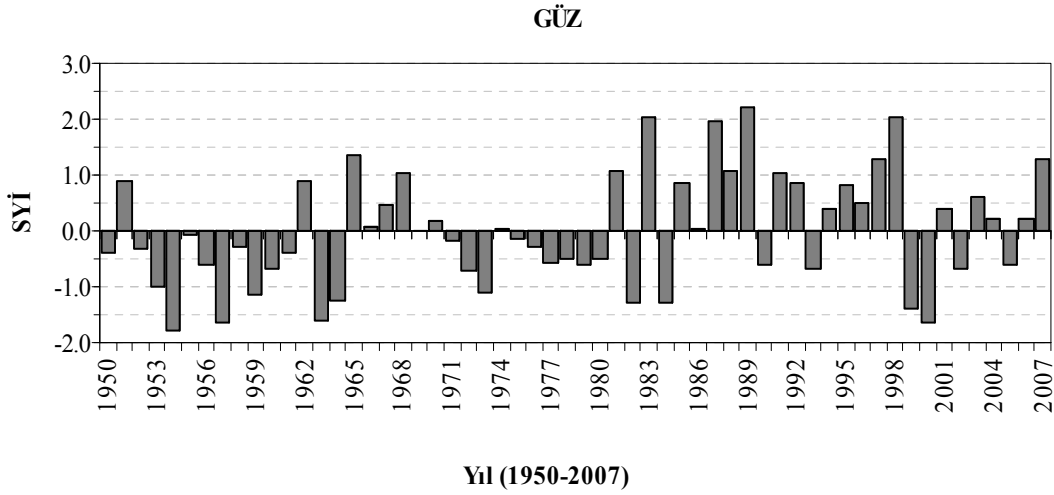
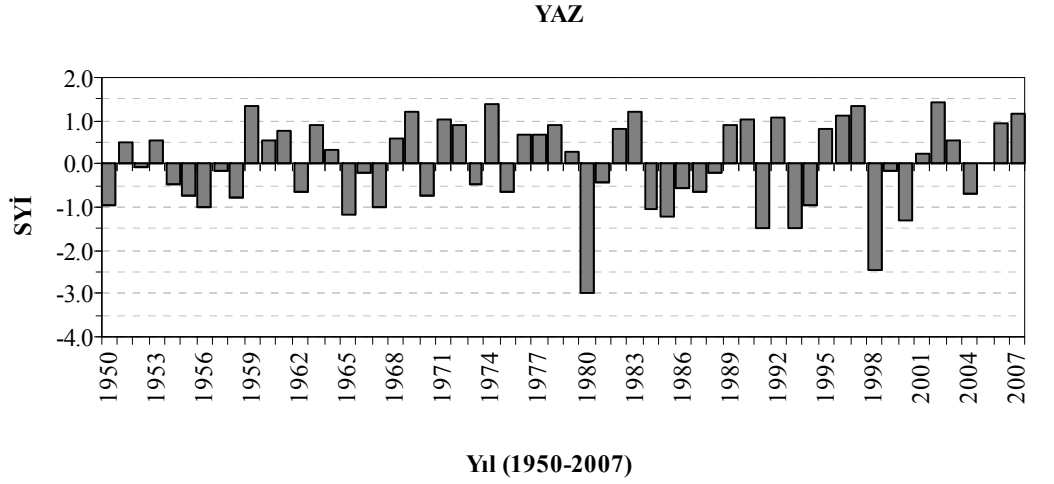
Ek 4.4. Develi İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



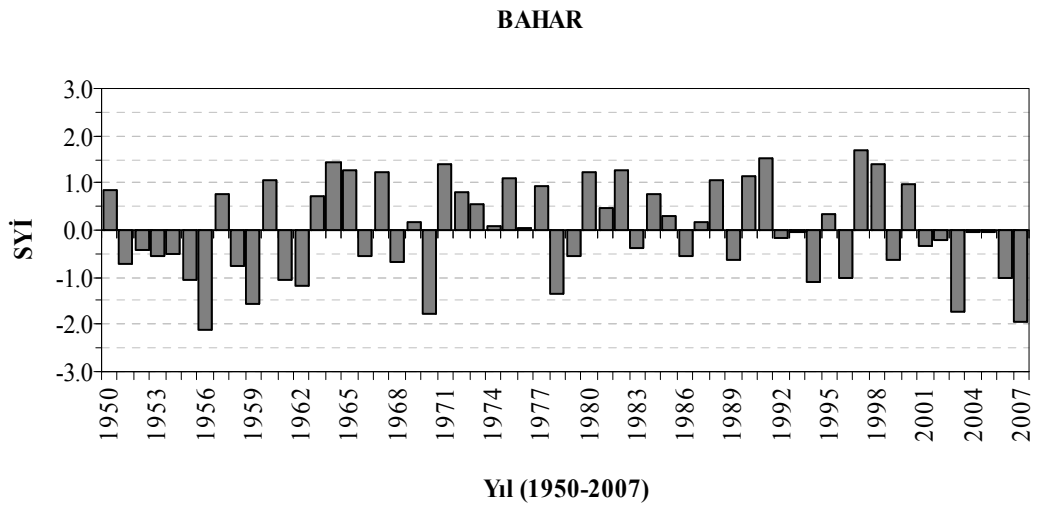
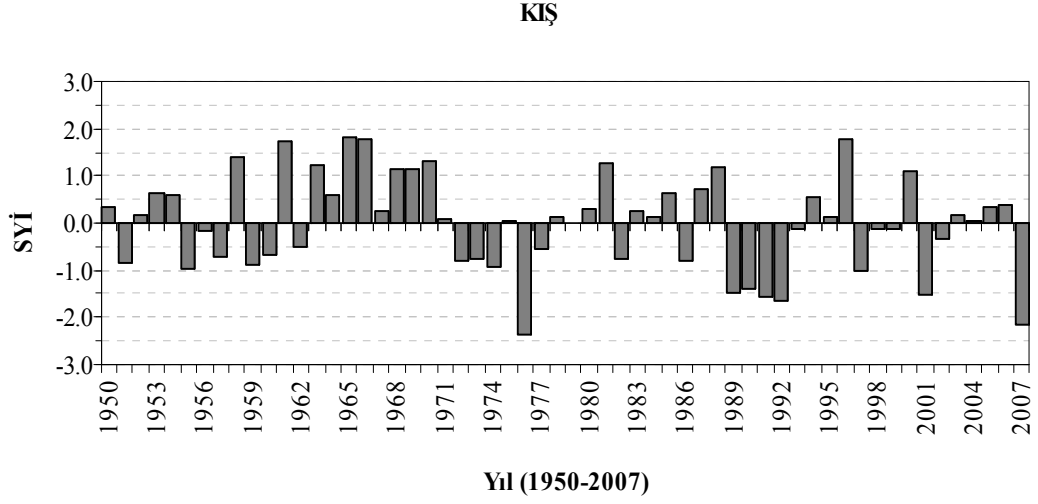
Ek 4.5. Gemerek İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



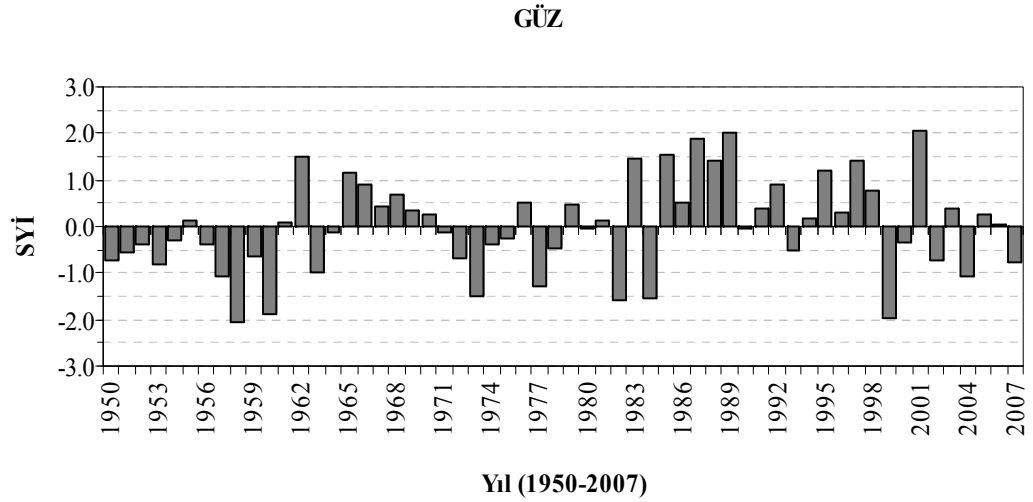
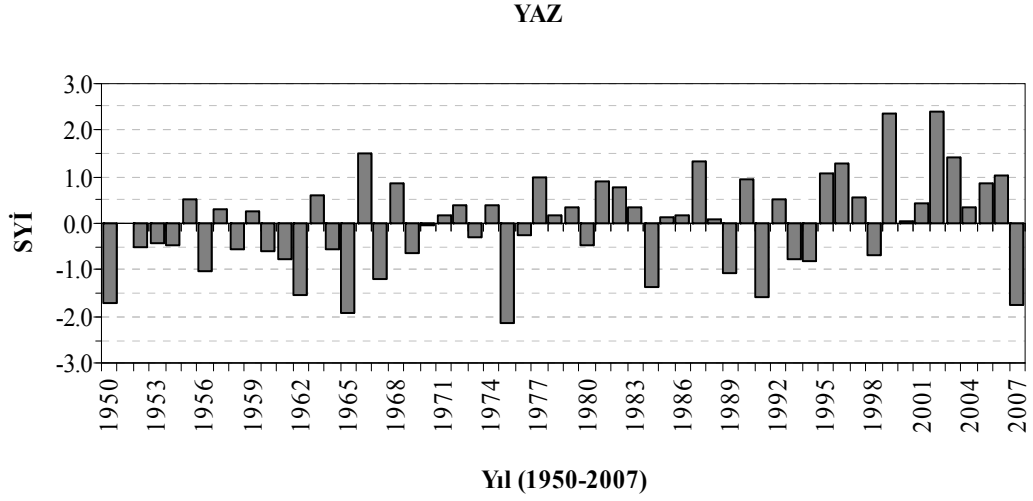
Ek 4.5. Gemerek İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



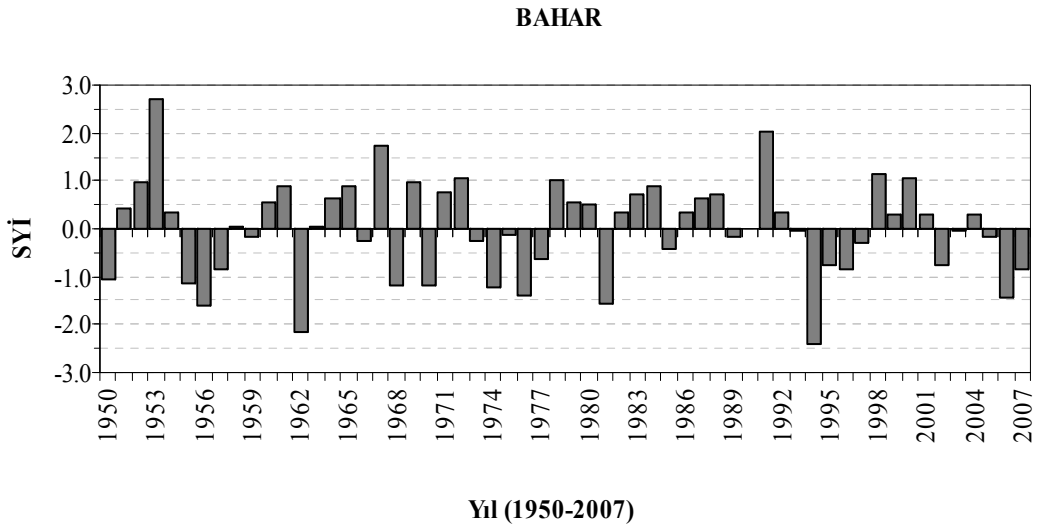
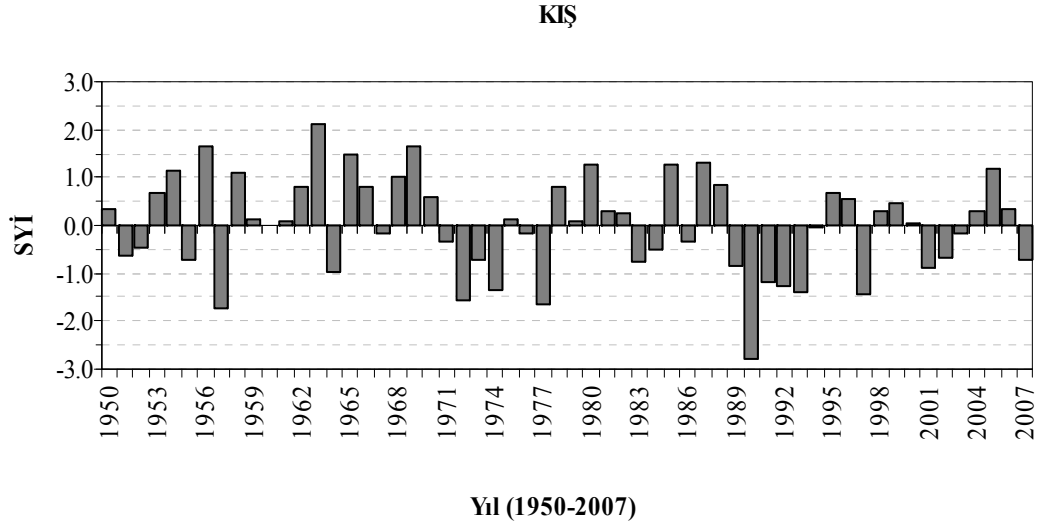
Ek 4.6. Kaman İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



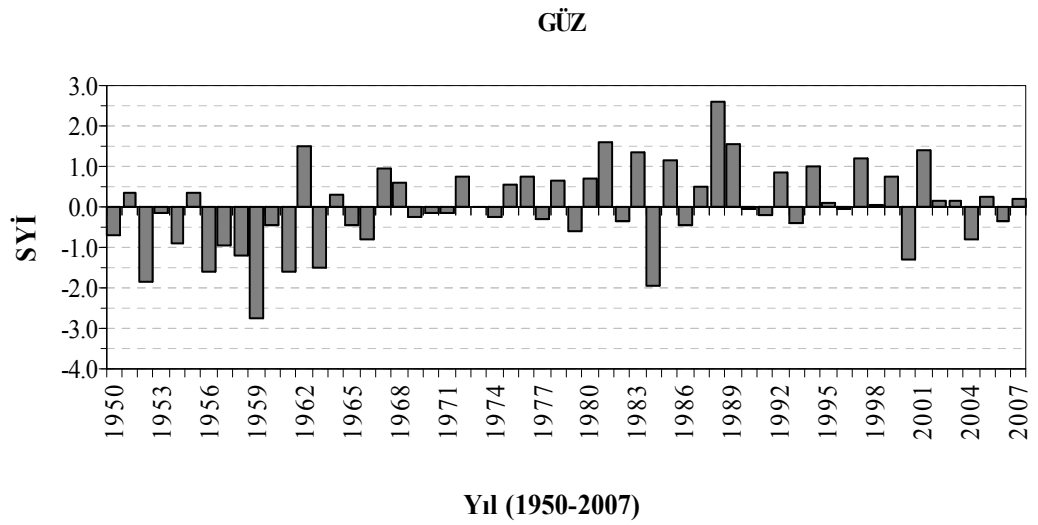
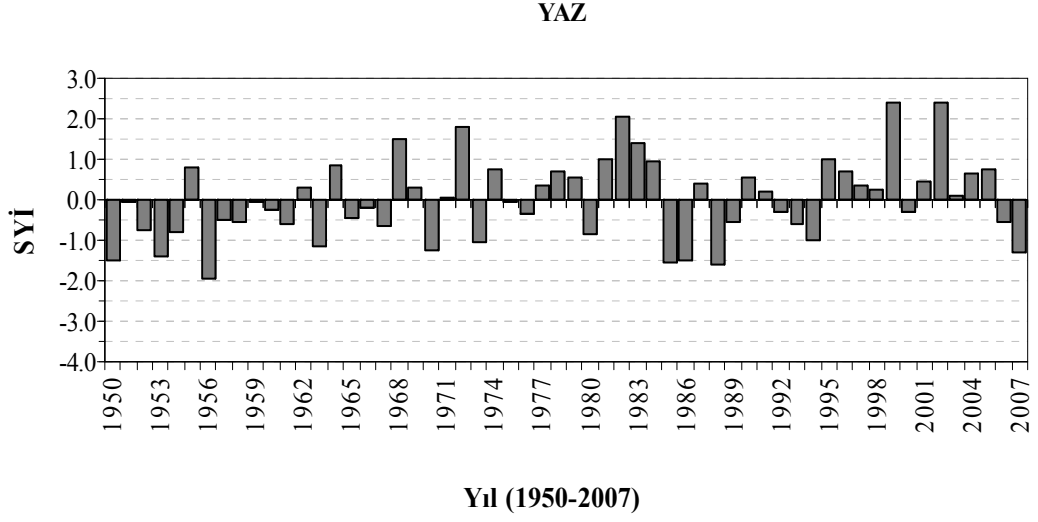
Ek 4.6. Kaman İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



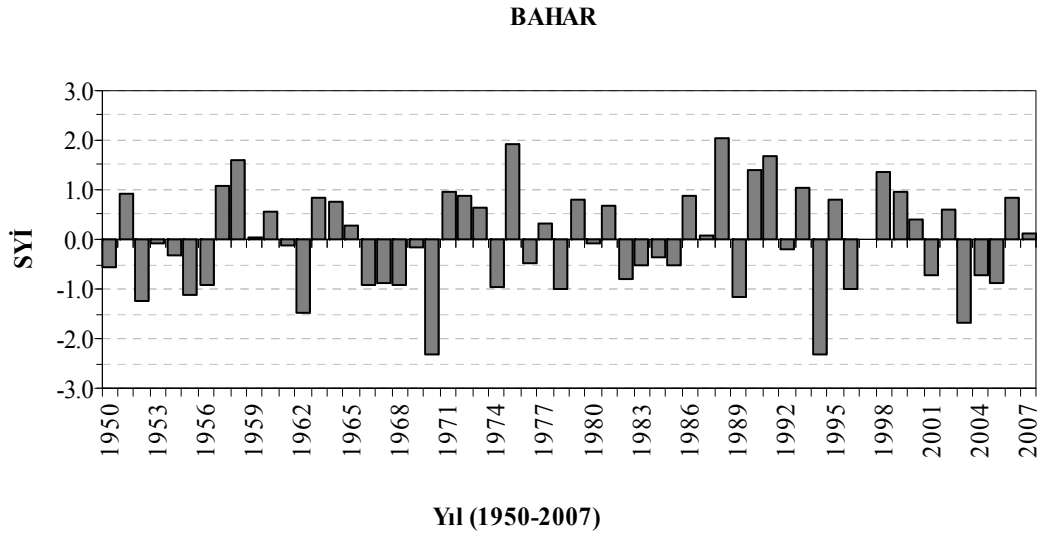
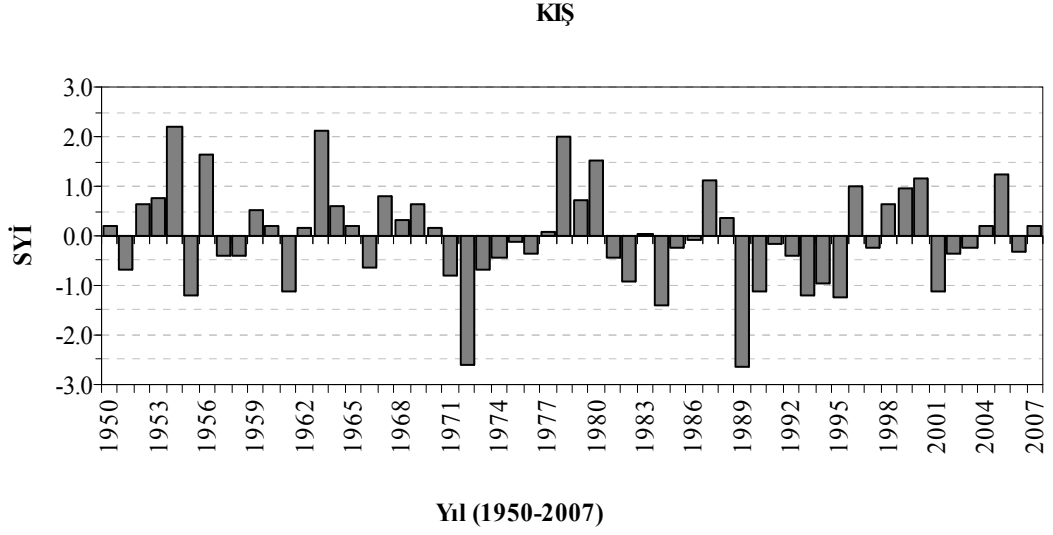
Ek 4.7. Kastamonu İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



Ek 4.7. Kastamonu İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)

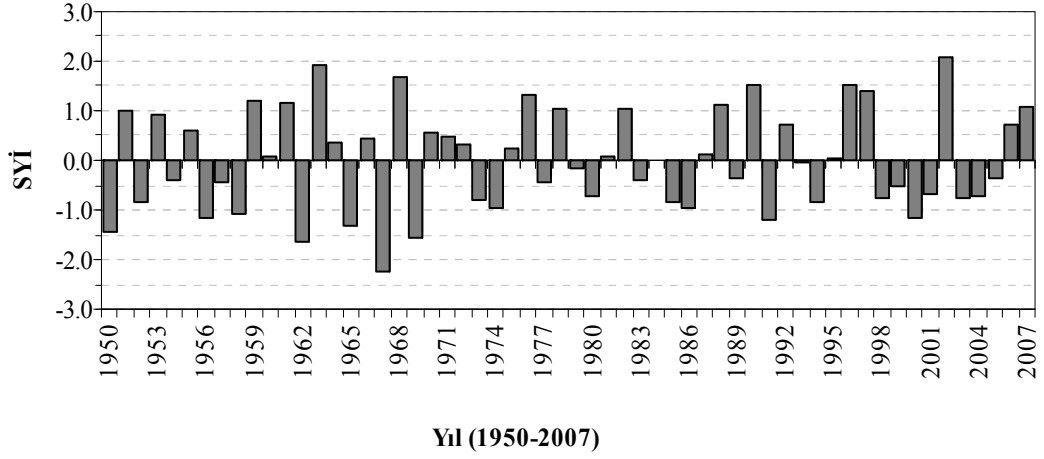


Ek 4.8. Kayseri İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)

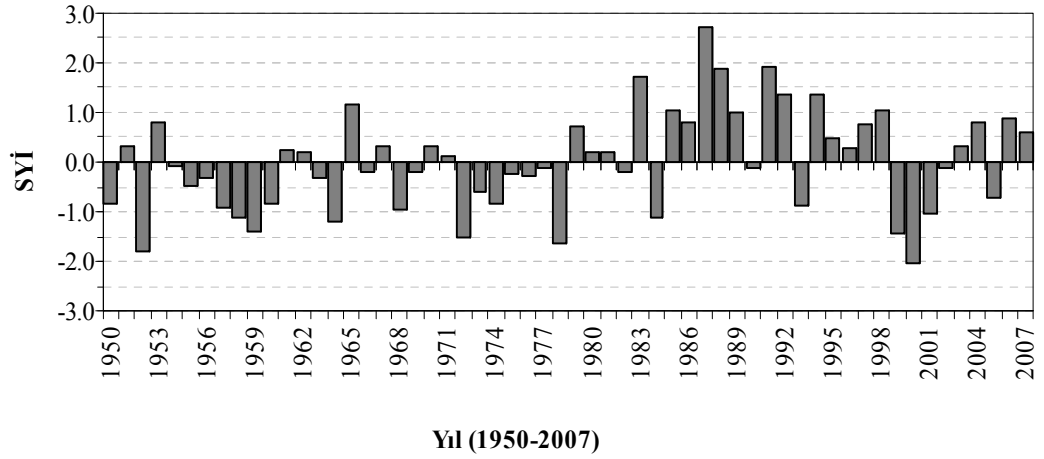


Ek 4.8. Kayseri İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)

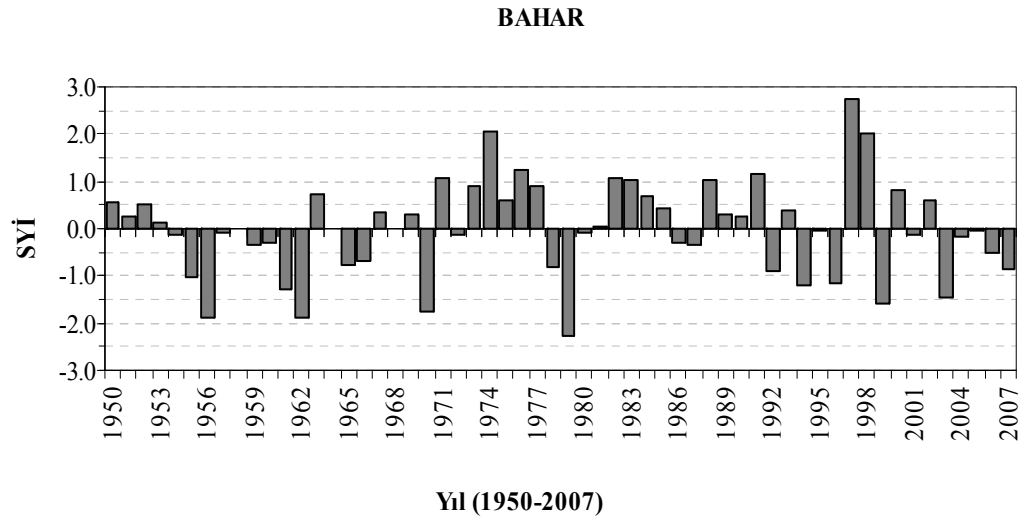
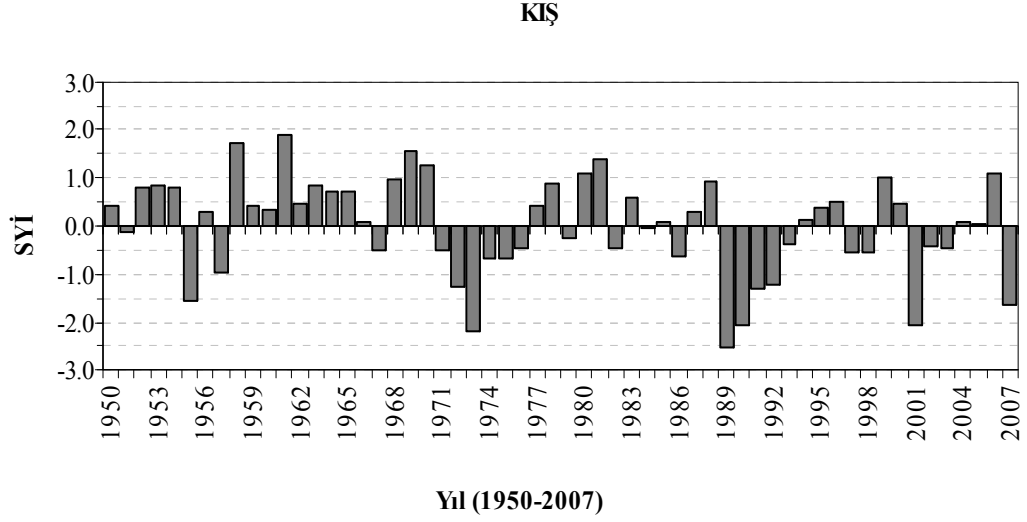
YAZ



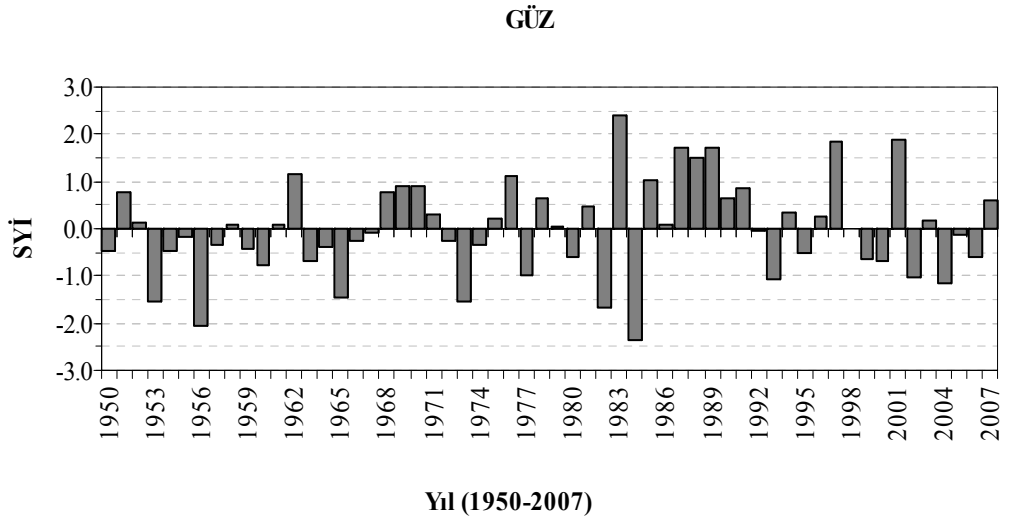
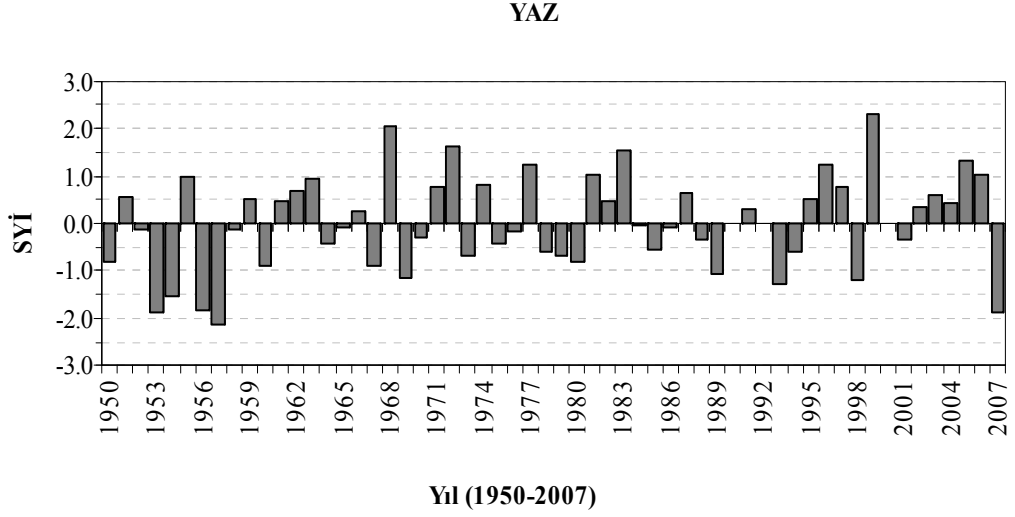
GÜZ



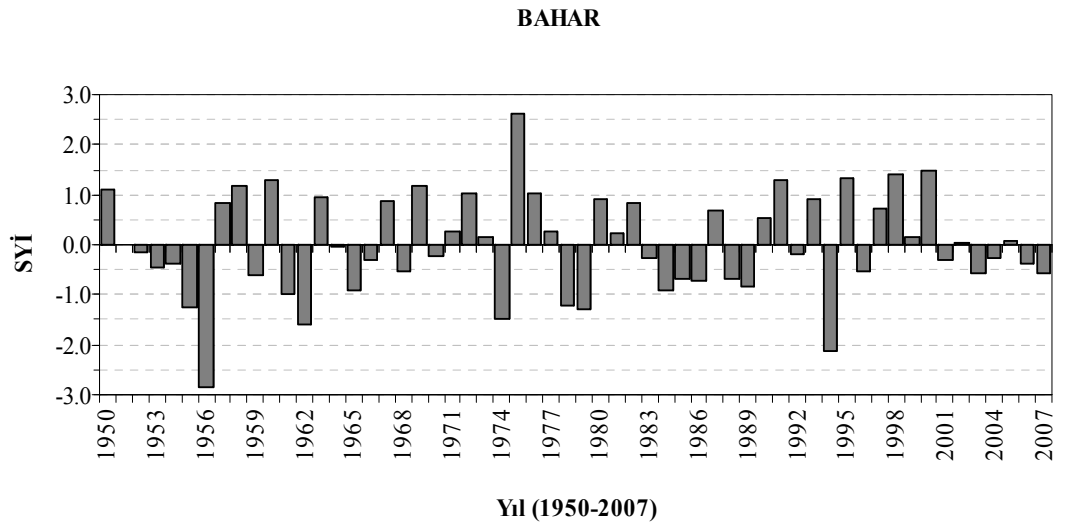
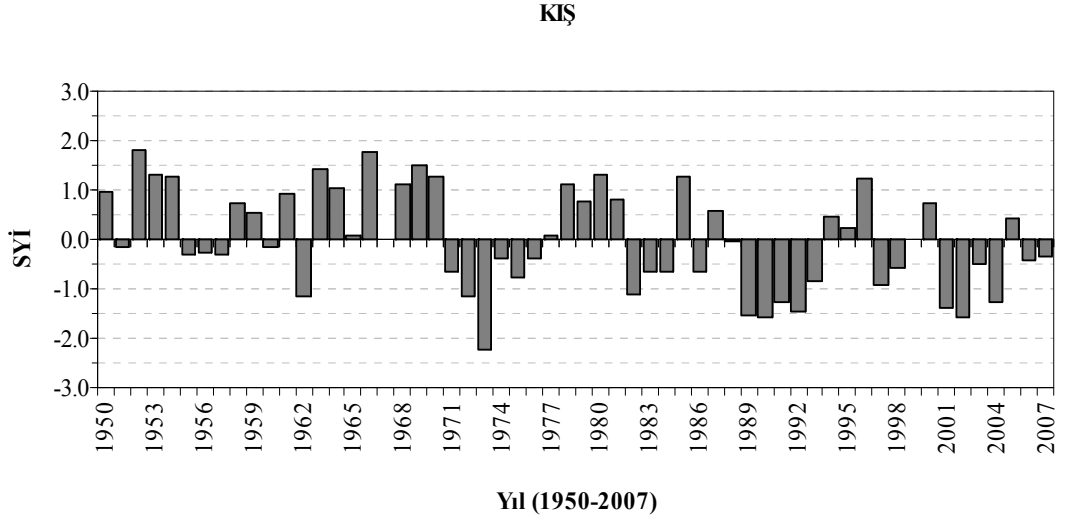
Ek 4.9. Kırıkkale İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



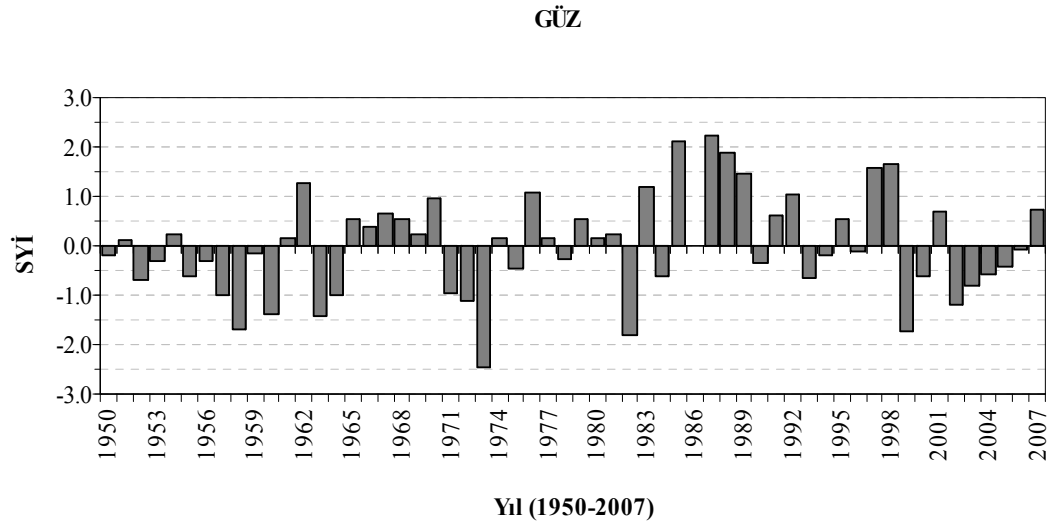
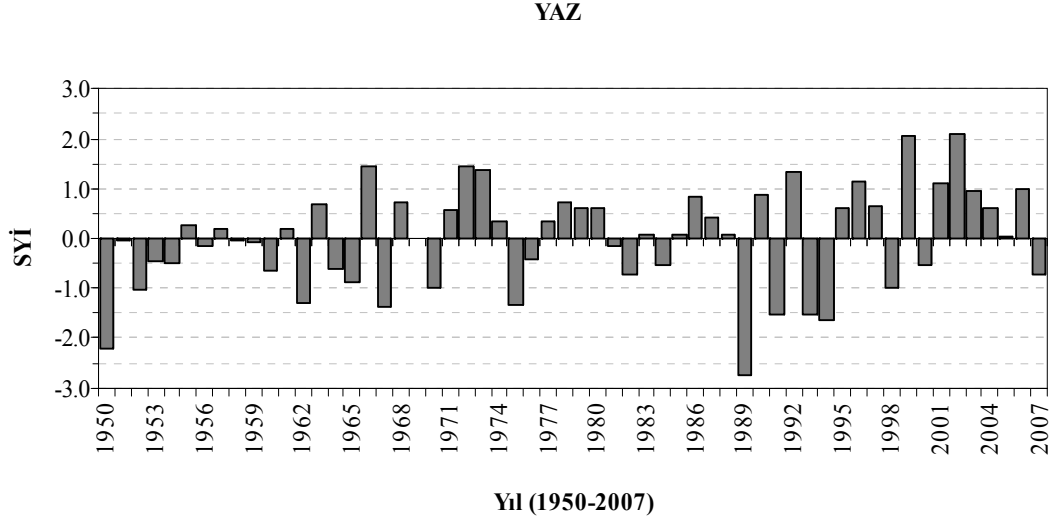
Ek 4.9. Kırıkkale İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



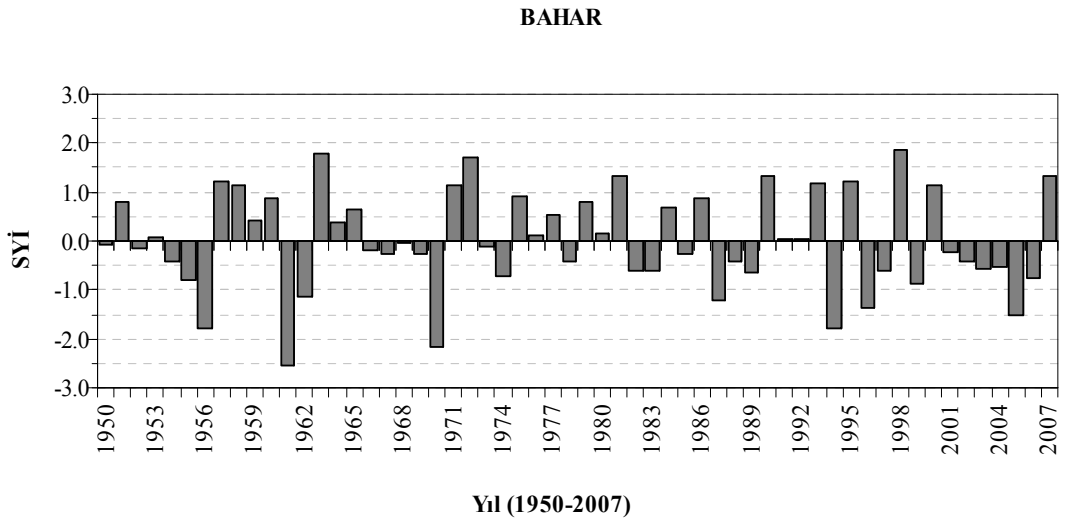
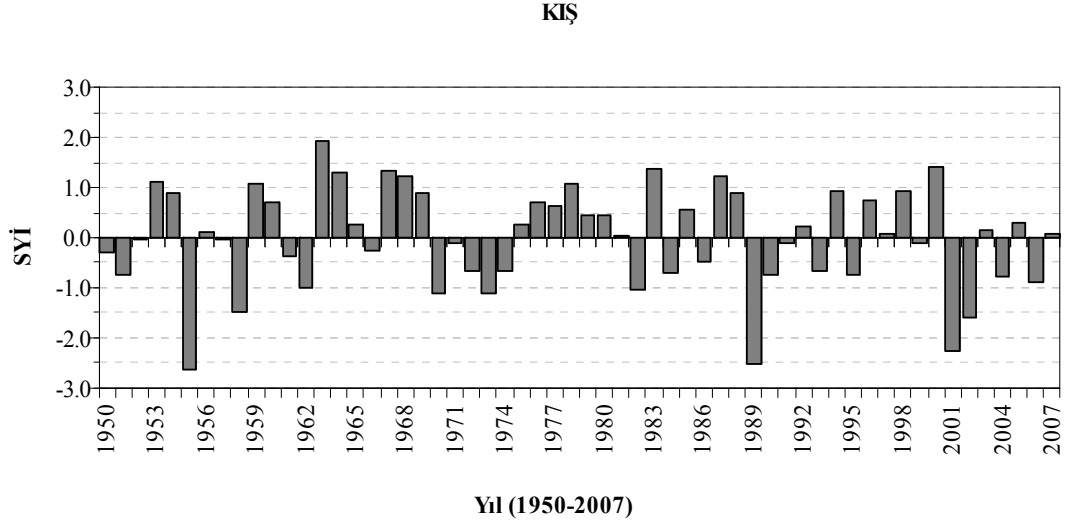
Ek 4.10. Kırşehir İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



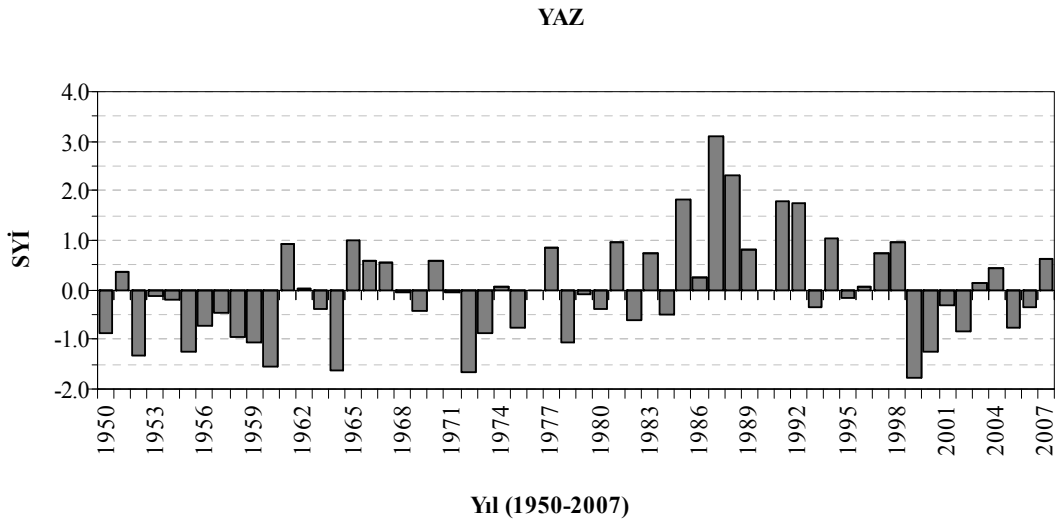
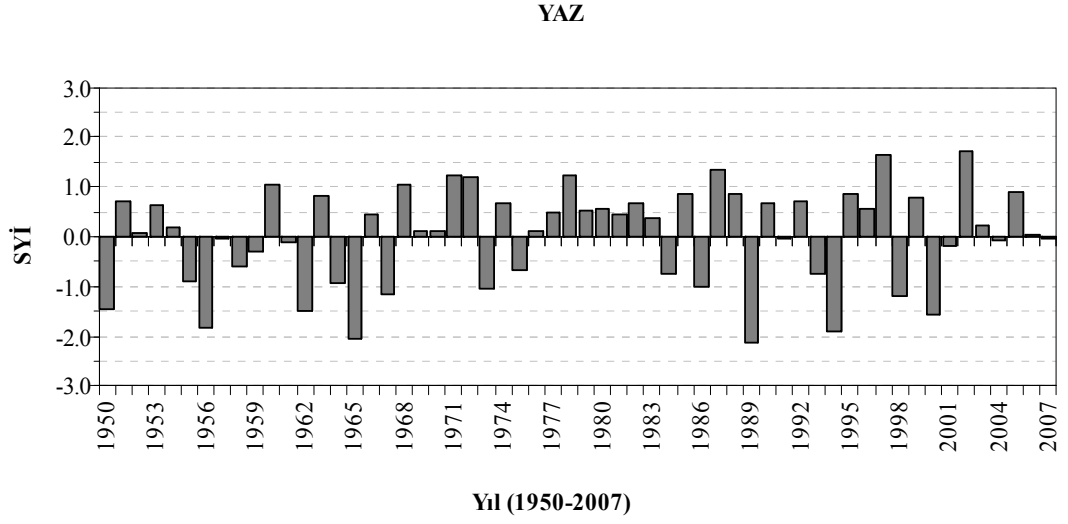
Ek 4.10. Kırşehir İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



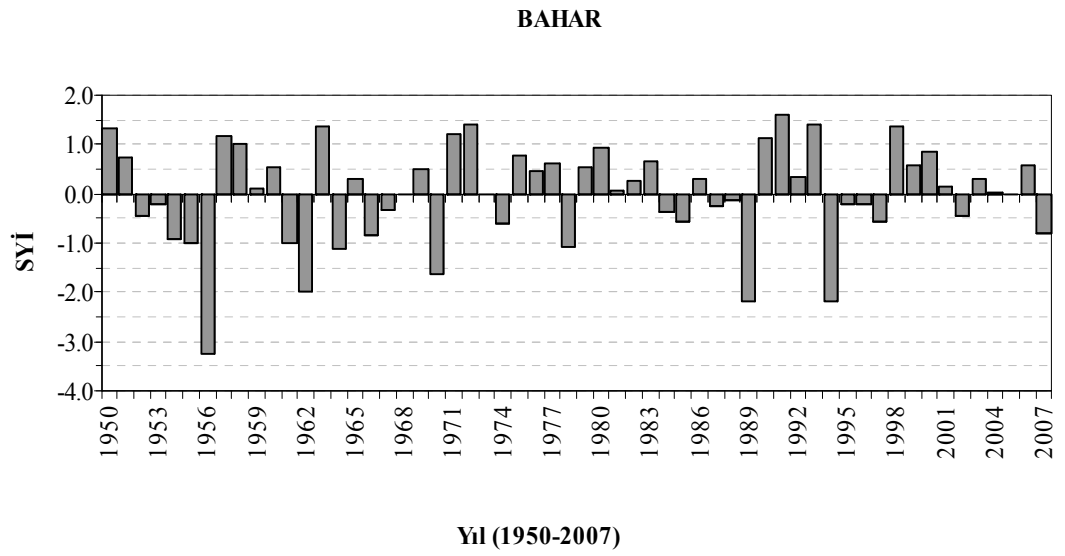
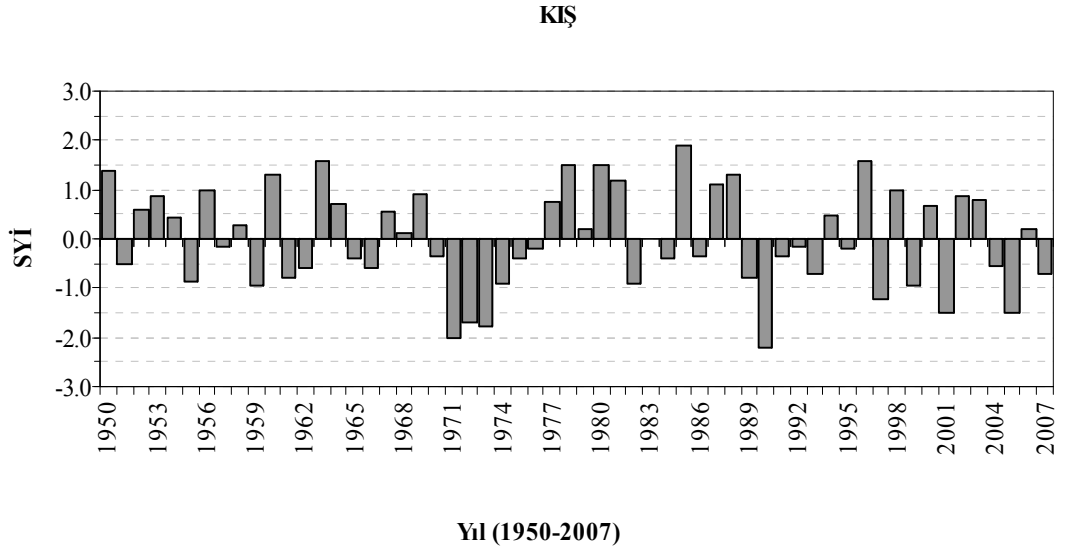
Ek 4.11. Nevşehir İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



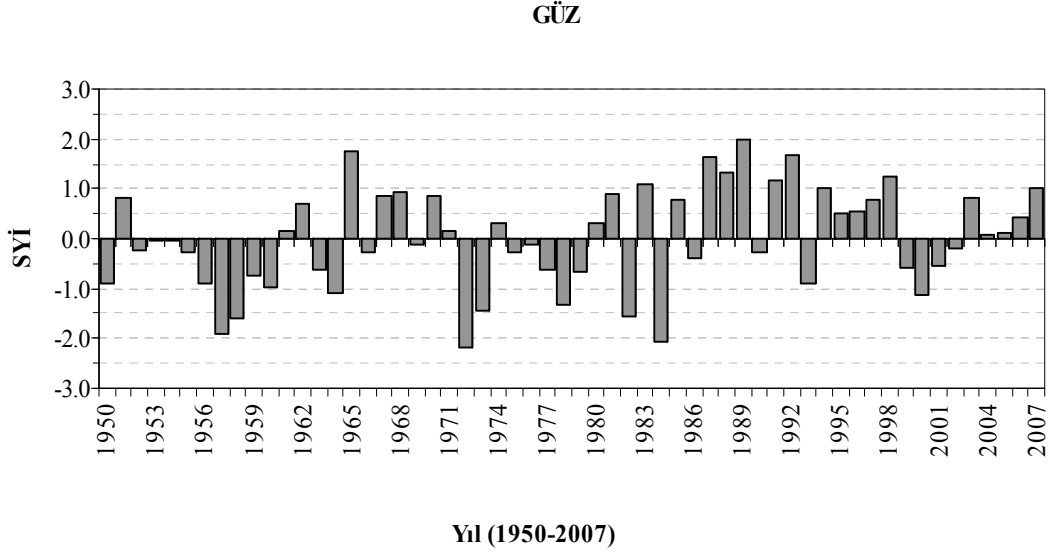
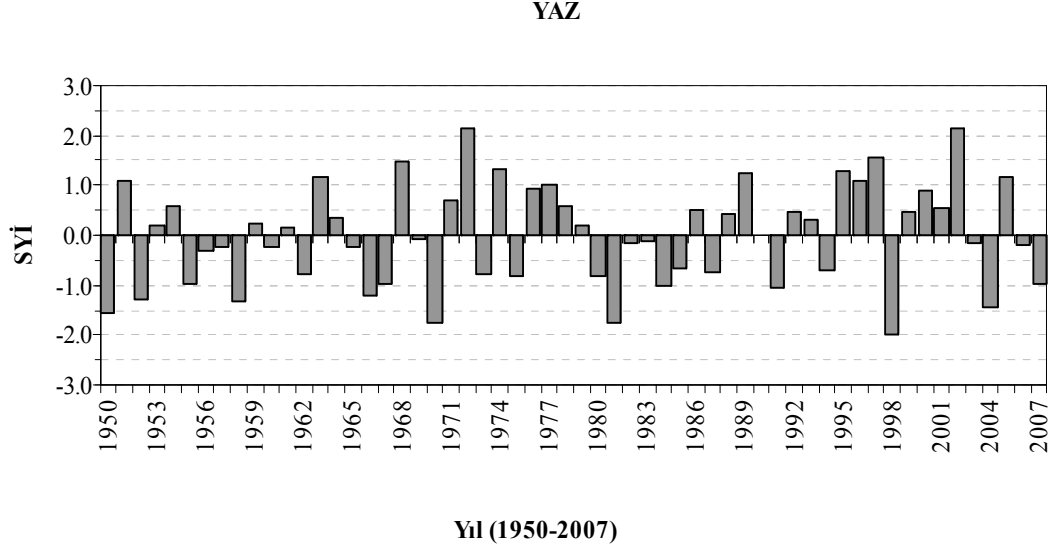
Ek 4.11. Nevşehir İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



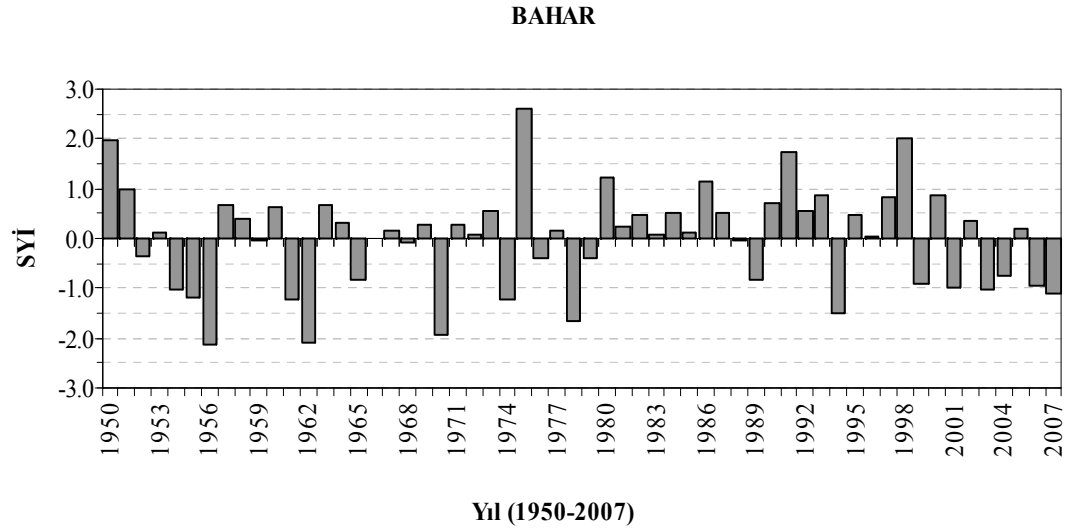
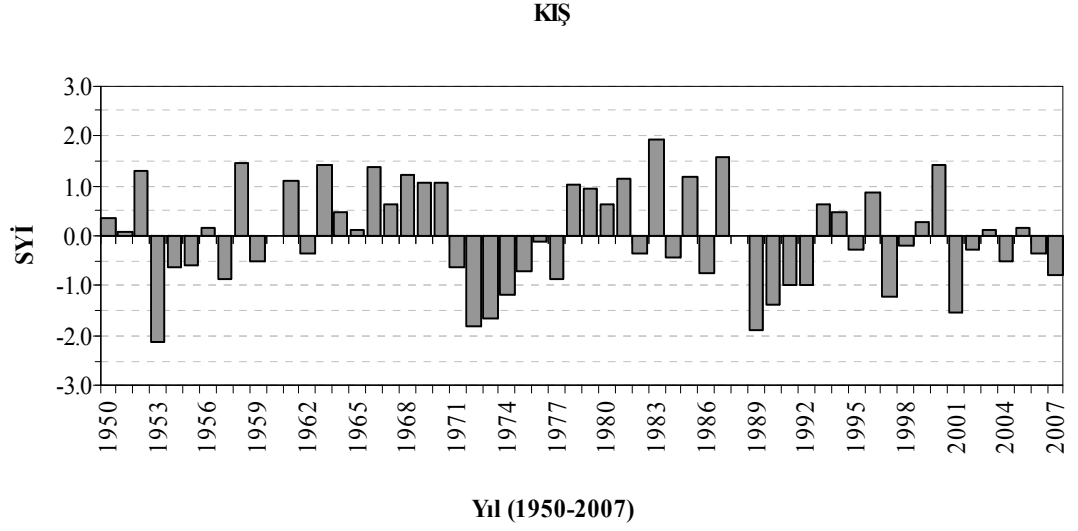
Ek 4.12. Sivas İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



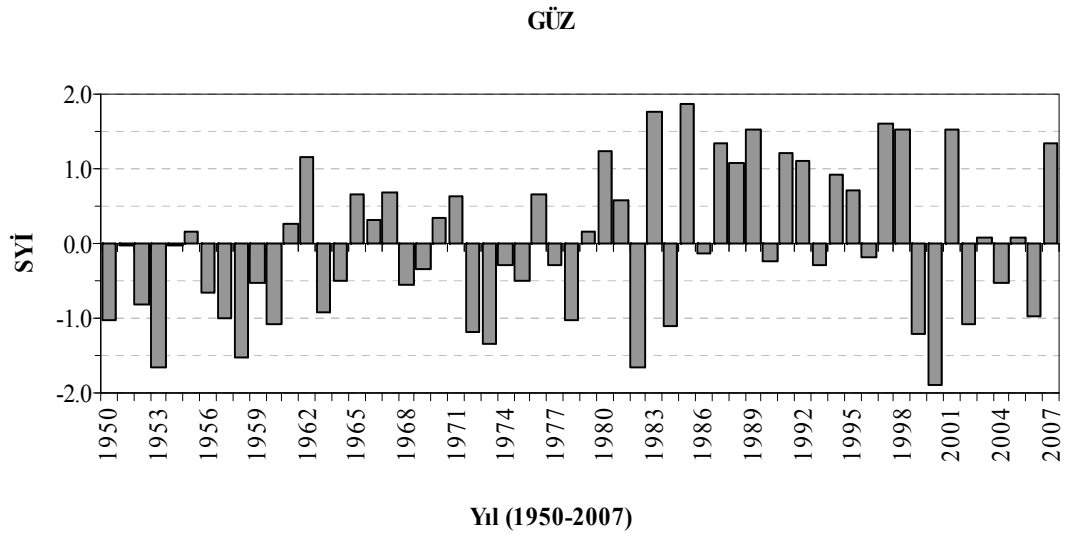
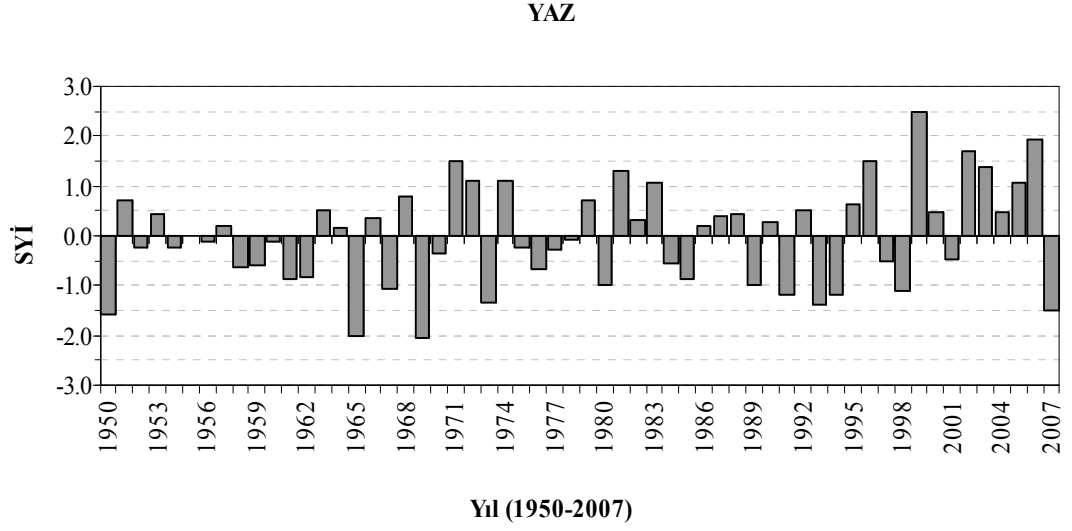
Ek 4.12. Sivas İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



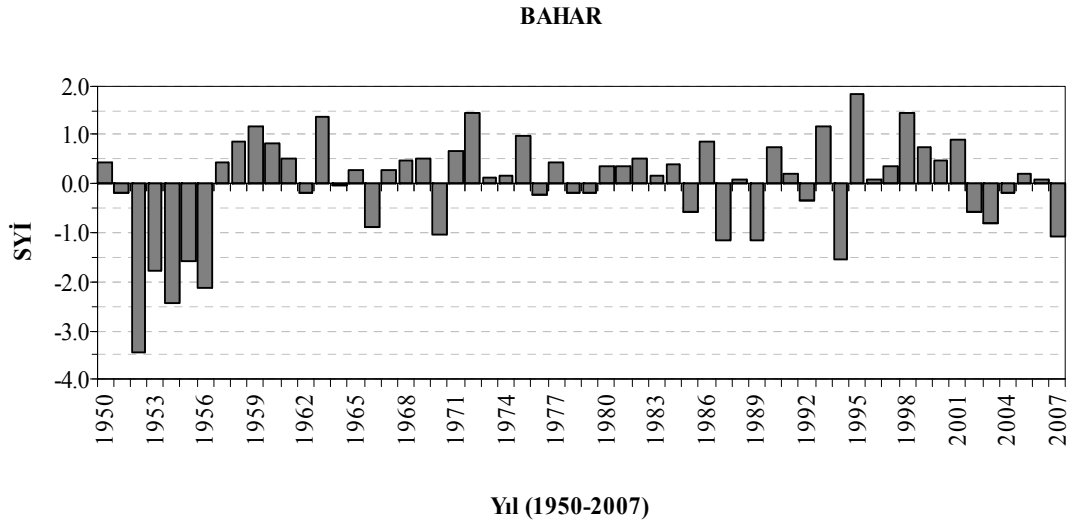
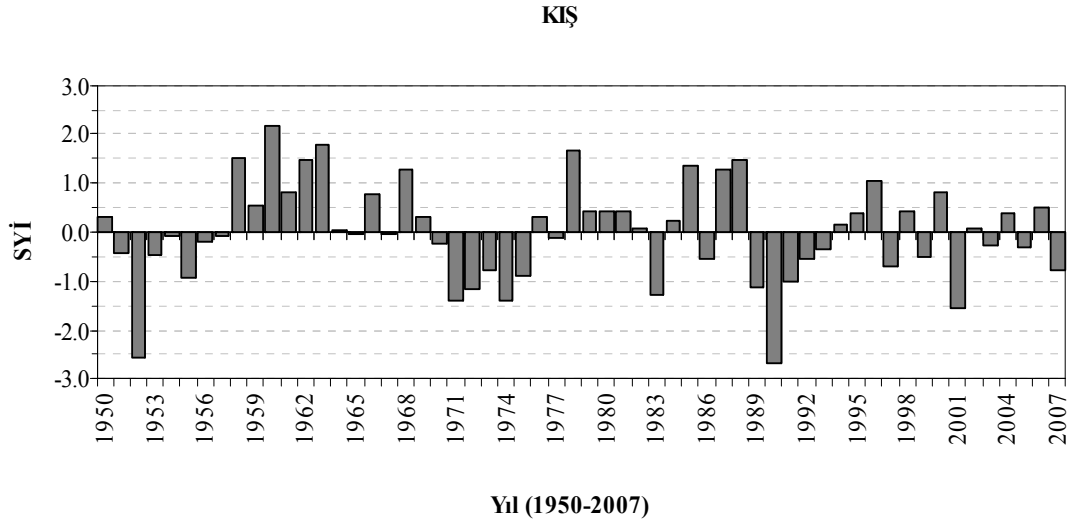
Ek 4.13. Yozgat İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



Ek 4.13. Yozgat İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)



Ek 4.14. Zara İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (1. Kısım)



Ek 4.14. Zara İstasyonu, 1950-2007 dönemine ait yağış verilerinin 3 aylık SYİ değerlerinin mevsimsel gösterimi (2. Kısım)

