T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇORUH HAVZASI AYLIK ORTALAMA AKIMLARININ OTOREGRESİF MODELLEMESİ

Abdülmenas AKDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
KONYA, 2008

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇORUH HAVZASI AYLIK ORTALAMA AKIMLARININ OTOREGRESİF MODELLEMESİ

Abdülmenas AKDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez **18.08.2008** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / ~~oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir

Yrd. Doç. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ
(Danışman)

Yrd.Doç.Dr.Mustafa ONÜÇYILDIZ
(Üye)

Yrd.Doç.Dr.Ali İhsan MARTI
(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇORUH HAVZASI AYLIK ORTALAMA AKIMLARININ OTOREGRESİF MODELLEMESİ

Abdülmenas AKDOĞAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

2008, 124 Sayfa

Jüri : Yrd.Doç.Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ
Yrd.Doç.Dr.Mustafa ONÜÇYILDIZ
Yrd.Doç.Dr.Ali İhsan MARTI

Bu çalışmada Çoruh Havzası'nda EİE tarafından işletilen 12 adet akım gözlem istasyonunun (AGİ) aylık ortalama akım verileri kullanılarak stokastik modelleri kurulmuştur. Parametre tahmininde ''momentler yöntemi'' ve ''maksimum olabilirlik yöntemleri'' kullanılmış olup her iki yöntemin verdiği sonuçlar karşılaştırılmıştır. Optimum modeller Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değerlerine göre seçilmiştir. Seçilen modellerin uygunluk testleri Port Manteau testi ile artık serilerin bağımsızlığı kontrol edilerek yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, 12 istasyonda aylık akımlar için en uygun PAR(p) modelleri belirlenmiştir. Aylık akımlar için kurulan modellere göre 50 adet sentetik seri üretilmiştir. Kurulan modellerin tarihi serilere ait karakteristikleri muhafaza edip etmediği kontrol edilmiştir. Elde edilen modeller kullanılarak geleceğe yönelik tahminlerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Çoruh Havzası, Otoregresif Model, Korelogram, Stokastik, Momentler Yöntemi, Maksimum Olabilirlik Yöntemi

ABSTRACT

Master Thesis

AUTOREGRESSIVE MODELLING OF MONTHLY MEAN STREAMFLOW OF ÇORUH BASIN

Abdülmenas AKDOĞAN

Selcuk University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Civil Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ

2008, 124 Pages

Jury: Asist. Prof. Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ
Asist. Prof. Dr.Mustafa ONÜÇYILDIZ
Asist. Prof. Dr.Ali İhsan MARTI

In this study, the stochastic models for 12 streamflow gauging stations (AGI) operated by EIE in Çoruh Basin were determined by using monthly mean streamflow data. "Moments Method" and "Maximum Probability Method" were applied for parameter estimation and the results of these methods were compared with each other. Optimum models were selected according to Akaike Information Criterion (AIC). "Port Manteau lack of fit test" for the selected models was performed by checking the independency of the residuals. As a conclusion, the most appropriate PAR(p) models for monthly streamflow data of 12 stations were presented. Moreover, generating 50 synthetic series according to the produced models for monthly streamflow, the characteristics of the historical data were checked whether they were preserved or not. Additionally, the estimations for future were made by using the obtained models.

Keywords: Çoruh Basin, Autoregressive Model, Correlogram, Stochastic, Moments Method, Maximum Probability Method

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada yardımlarını esirgemeyen, beni yönlendiren ve teşvik eden danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Meral BÜYÜKYILDIZ'a, maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan aileme teşekkür ederim.

ÖZET

ABSTRACT

TEŞEKKÜR

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER……..... i
KISALTMALAR ve SEMBOLLER……..... iii
ŞEKİL LİSTESİ..... iv
TABLO LİSTESİ..... viii
1. GİRİŞ……..... 1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI……..... 4
3. MATERYAL VE METOT….……..... 10
3.1. Araştırma Alanının Yeri ve Özellikleri……..... 10
3.2. Teorik Esaslar……..... 15
3.2.1. Hidrolojik Modeller…….……... 15
3.2.1.1. Stokastik hidroloji……..... 16
3.2.1.2. Zaman serileri…… 17
3.2.2. Zaman serisi modelleri..... 18
3.2.2.1. Zaman serisi modelleme aşamaları……..... 18
3.2.3. Otoregresif modeller...……..... 19
3.2.4. Otoregresif sürecin özellikleri……..... 20
3.2.5. Yıllık AR modelleri……..... 21
3.2.6. Yıllık AR modellerinin metodolojisi……..... 22
3.2.7. Periyodik Otoregresif Modeller (PAR)……..... 34
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI……..... 38
4.1. Aylık Akımların Periyodik Otoregresif (PAR) Modellemesi……..... 38
4.1.1. Ön analiz ……... 38
4.1.2. Parametre tahmini…….. 46
4.1.3. Seçilen modelin uygunluk testi…….. 48
4.1.4. Modele ait ilave testler……... 52
4.1.4.1. Ortalamaların kontrolü……..... 53
4.1.4.2. Standart sapmaların kontrolü...……..... 54
4.1.4.3. Çarpıklık kontrolü...……...…….…..... 55

4.1.4.4. Korelogramın ktrolü..……..... 56
4.2. Geleceğe Yönelik Tahminler…….……..... 59
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER ……..... 68
6. KAYNAKLAR……..... 71
EKLER……..... 74
EKA: Kullanılan akım gözlem istasyonlarına ait veriler……. 75
EKB: Kullanılan akım gözlem istasyonlarına ait korelogram ve kısmi korelogramlar……... 85
EKC: Transforme tarihi ve sentetik akım serilerinin aylara göre değişimi…..…. 89
EKD: Kullanılan istasyonlara ait istatistiksel karakteristiklerin tarihi karakteristiklerle karşılaştırılması…… 100

KISALTMALAR ve SEMBOLLER

AR(p) **:** p. Dereceden otoregresif bir model

PAR(p) **:** p. dereceden periyodik otoregresif bir model

X, x **:** Orijinal data

$\bar{x}, \bar{y}, \mu$ **:** Ortalama

Z, z **:** Standardize data

Y, y **:** Normal data

σ^2**,** s^2 **:** Varyans

σ, s **:** Standart sapma

r_k **:** Otokorelasyon katsayısı

Φ_k **:** Kısmi Otokorelasyon katsayısı

$\Phi_k(k)$ **:** Kısmi otokorelasyon fonksiyonu

ρ_k **:** Otokorelasyon fonksiyonu

ε_t **:** Artık seri

u_1, u_2 **:** Üniform (0,1) dağılımına uyan rasgele sayılar

ξ_1 **ve** ξ_2 **:** Standart normal rasgele sayılar

Cov(X, Y) **:** Kovaryans

N **:** Zaman serisi uzunluğu

Q **:** Port Monteau istatistiği

$E(y_t)$ **:** Beklenen değer

AIC **:** Akaike Bilgi Kriteri

DMİ :Devlet Meteroloji İstasyonu

EİE :Elektrik İşleri Etüt Dairesi

HES :Hidra Elektrik Santrali

km :kilometre

kwh :Kilowat-saat

m :metre

MW :Megawatt

ŞEKİL LİSTESİ **Sayfa No**

Şekil 3.1.	Çoruh Havzası Gelişme Planı	**11**
Şekil 3.2.	Çoruh Nehri Anakolu Üzerindeki Hidrolik Santraller	**12**
Şekil 3.3.	Türkiye'deki Büyük Akarsu Havzaları ve Çoruh Havzasının konumu	**13**
Şekil 3.4.	Çoruh Havzası ve kullanılan akım gözlem istasyonlarının havzadaki konumları	**14**
Şekil 3.5.	Akım serilerinin modellenmesi için akış diyagramı	**19**
Şekil 4.1.	2305 nolu istasyona ait transforme akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi	**40**
Şekil 4.2.	2305 nolu istasyona ait z_t serisinin korelogramı ve %95 güven aralığı	**45**
Şekil 4.3.	2305 nolu istasyona ait z_t serisinin kısmi korelogramı ve %95 güven aralığı	**45**
Şekil 4.4	2305 nolu istasyona ait tarihi korelogram ile PAR(1), PAR(2), PAR(3), PAR(4) modellerine ait korelogramların uyumu	**48**
Şekil 4.5.	2305 numaralı istasyona ait tarihi ortalamalar ve %95 güven aralığı	**54**
Şekil 4.6.	2305 numaralı istasyona ait tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı	**55**
Şekil 4.7.	2305 numaralı istasyona ait tarihi çarpıklıklar ve %95 güven aralığı	**56**
Şekil 4.8.	2305 numaralı istasyona ait tarihi korelogram $r_k(x_{v,\tau})$ ve %95 güven aralığı	**58**
Şekil 4.9.	Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2305)	**60**
Şekil 4.10.	Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2305)	**60**
Şekil 4.11.	Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2315)	**61**
Şekil 4.12.	Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2315)	**61**
Şekil 4.13.	Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2316)	**62**
Şekil 4.14.	Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2316)	**62**

Şekil 4.15. Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2322) **63**
Şekil 4.16. Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2322) **63**
Şekil 4.17. Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2328) **64**
Şekil 4.18. Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2328) **64**
Şekil 4.19 Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2316-2003) **65**
Şekil 4.20. Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2316-2003) **65**
Şekil 4.21. Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2305-2003) **66**
Şekil 4.22. Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2305-2003) **66**
Şekil B.1. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2304** **85**
Şekil B.2. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2305)** **85**
Şekil B.3. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2315)** **85**
Şekil B.4. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2316** **86**
Şekil B.5. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2320)** **86**
Şekil B.6. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2321)** **86**
Şekil B.7. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2322** **87**
Şekil B.8. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2323)** **87**
Şekil B.9. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2325)** **87**
Şekil B.10. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2328** **88**
Şekil B.11. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2329)** **88**
Şekil B.12. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2330)** **88**

Şekil C.1. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2304) **89**

Şekil C.2. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2305) **90**

Şekil C.3. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2315) **91**

Şekil C.4. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2316) **92**

Şekil C.5. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2320) **93**

Şekil C.6. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2321) **94**

Şekil C.7. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2322) **95**

Şekil C.8. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2323) **96**

Şekil C.9. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2325) **97**

Şekil C.10. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2328) **98**

Şekil C.11. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2329) **99**

Şekil C.12. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2330) **100**

Şekil D.1. 2304 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **101**

Şekil D.2. 2304 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **102**

Şekil D.3. 2305 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **103**

Şekil D.4. 2305 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **104**

Şekil D.5. 2315 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **105**

Şekil D.6. 2315 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **106**
Şekil D.7. 2316 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **107**
Şekil D.8. 2316 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **108**
Şekil D.9. 2320 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **109**
Şekil D.10. 2320 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **110**
Şekil D.11. 2321 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **111**
Şekil D.12. 2321 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **112**
Şekil D.13. 2322 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **113**
Şekil D.14. 2322 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **114**
Şekil D.15. 2323 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **115**
Şekil D.16. 2323 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **116**
Şekil D.17. 2325 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **117**
Şekil D.18. 2325 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **118**
Şekil D.19. 2328 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **119**
Şekil D.20. 2328 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **120**
Şekil D.21. 2329 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **121**
Şekil D.22. 2329 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **122**
Şekil D.23. 2330 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı **123**
Şekil D.24 2330 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı **124**

TABLO LİSTESİ **Sayfa No**

Tablo 3.1.	İncelenen akım gözlem istasyonlarına ait bazı özellikler	**17**
Tablo 3.2.	α=0.02 ve α=0.10 önem seviyeleri için γ_α(N) değerleri	**23**
Tablo 4.1.	2305 nolu istasyona ait aylık ortalama akımlar (m^3/s)	**39**
Tablo 4.2.	2305 nolu istasyonun orijinal debilerinin ($x_{v,\tau}$), çarpıklık değerleri	**40**
Tablo 4.3.	2305 nolu istasyona ait transforme akım ($y_{v,\tau}$) değerleri	**41**
Tablo 4.4.	Transforme edilmiş akımlara ait ortalama çarpıklık katsayıları	**42**
Tablo 4.5.	$y_{v,\tau}$ serisine ait periyodik ortalamalar (μ_τ) ve standart sapmalar (σ_τ)	**42**
Tablo 4.6.	2305 nolu istasyon için standardize akım ($z_{v,\tau}$) değerleri	**43**
Tablo 4.7.	2305 nolu istasyona ait otokorelasyon katsayıları ve güven sınırları	**44**
Tablo 4.8.	2305 nolu istasyona ait kısmi otokorelasyon katsayıları ve güven sınırları	**44**
Tablo 4.9	2305 nolu istasyona ait maksimum olabilirlik metodu için D_{ij} değerleri	**46**
Tablo 4.10	Muhtemel modellere ait otoregresif parametreler	**47**
Tablo 4.11	PAR Modelleri için Port Manteau (Q) ve normalite testi sonuçları	**49**
Tablo 4.12	PAR(p) modellerine ait AIC(p) değerleri	**51**
Tablo 4.13	2305 numaralı istasyona ait tarihi ortalamalar ve %95 güven aralığı	**53**
Tablo 4.14	2305 numaralı istasyona ait tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı	**54**
Tablo 4.15	2305 numaralı istasyona ait tarihi çarpıklıklar ve %95 güven aralığı	**55**
Tablo 4.16	k gecikmelerine ait ortalamalar, standart sapmalar ve %95 güven aralıkları	**57**
Tablo 4.17	Aylık seriler için tahmin değerleri (2305)	**60**

Tablo 4.18	Aylık seriler için tahmin değerleri (2315)	**61**
Tablo 4.19	Aylık seriler için tahmin değerleri (2316)	**62**
Tablo 4.20	Aylık seriler için tahmin değerleri (2322)	**63**
Tablo 4.21	Aylık seriler için tahmin değerleri (2328)	**64**
Tablo 4.22	Aylık seriler için tahmin değerleri (2316-2003)	**65**
Tablo 4.23	Aylık seriler için tahmin değerleri (2305-2003)	**66**
Tablo 5.1.	12 istasyon için kurulan PAR(p) model ifadeleri	**68**
Tablo A1.	2304 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**75**
Tablo A2.	2315 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**77**
Tablo A3.	2316 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**78**
Tablo A4.	2320 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**79**
Tablo A5.	2321 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**80**
Tablo A6.	2322 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**81**
Tablo A7.	2323 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**82**
Tablo A8.	2325 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**83**
Tablo A9.	2328 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**83**
Tablo A10.	2329 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**84**
Tablo A11.	2330 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)	**84**

1. GİRİŞ

Su, diğer doğal kaynaklardan farklı olarak, yaşamın ana unsurunu oluşturduğu için ekonomik bir değerin yanısıra sosyal bir nitelik de taşımaktadır. Su, insanoğlu ve diğer varlıkların yaşamlarını sürdürebilmeleri için vazgeçilmez bir ihtiyaç kaynağı ve yaşanabilir ortamların oluşturulabilmesi için en önemli kaynaklardan biridir Bu nedenle su kaynaklarını geliştirmek ve hidrolojik çevrim içerisinde suyun davranışını anlamak gittikçe önemli olmaktadır.

Hidrolojik çalışmaların güçlüğü özellikle yağış olayındaki belirsizlikten kaynaklanmaktadır. Buna bağlı olarak hidrolojik çevrimin yağışla ilişkili olan diğer bileşenlerinin incelenmesinde de zorluklarla karşılaşılmaktadır. Hidrolojik olayların modellenmesi için öncelikle doğal verilerin ölçülmesi gerekir. Hidrolojik verilerin zaman içinde ve konumdan konuma hızla değişmeleri hidrolojik ölçümler için yeterli sıklıkta bir ölçüm ağı kurulmasını ve ölçümlere sık zaman aralıklarıyla uzun süre devam edilmesini gerektirir. Elde edilen verilerin çokluğu bunların kolayca erişilip kullanılabilir şekilde saklanmasını zorunlu kılmaktadır (Uslu 2003).

Ölçümlerle elde edilen verilere ve fiziğin temel yasalarına dayanarak hidrolojik olayların incelenmesi için modeller kurulur. Hidrolojik olayların rastgele karakteri nedeniyle hidrolojide istatistik modellerin kullanılması da önemli bir yer tutmaktadır.

Zaman serileri, incelenen verinin zaman içindeki seyrinin araştırılması, hidrolojik süreçlerdeki düzensizliklerin belirlenmesi, hidrolojik olayların meydana gelme olasılıkları, ileriye yönelik tahminler ve planlamalar v.b. gibi konularda uygulamacılara önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Zaman serileri analizlerinden elde edilen sonuçların uygulamaya konulmasıyla, hem gereksiz maddi kayıplar önlenmekte, hem de ileriye yönelik kararlar alınabilmektedir. Hidrolojik ve su kaynaklarındaki zaman serileri modeli, sentetik hidrolojik zaman serilerinin oluşturulması ve gelecek hidrolojik serilerin tahmini olmak üzere başlıca iki amaç için kullanılmaktadır. Sentetik serinin oluşturulması, genellikle rezervuar boyutlandırılması, sulama sistemleri için su kaynağının hata riskine

karar verilmesi ve su kaynağı sistemlerinin kapasite artışının planlanması için gereklidir. Hidrolojik serilerin tahmini, genellikle kısa dönem rezervuar düzenlenmesi, gerçek zaman ve nehir havzaları veya sistemlerinin kısa dönem operasyonları, devam etmekte olan bir kuraklık esnasındaki operasyonların planlanması ve benzer uygulamalar için gereklidir.

Su kaynakları planlaması için akarsu akımları ve havzaya ait hidrometrik ölçümlere ihtiyaç vardır. Fakat genel olarak sadece gözlenmiş deterministik değerler kafi olmaz. Su yapılarının ekonomik maliyetinin büyük ve risklerin önemli olması bu yapıların projelendirilmesi esnasında gözlenmiş verilerin dışında gelebileceği tahmin edilen akım değerlerinin de dikkate alınmasını gerektirmektedir. Gözlenmemiş olan bu veriler sonuçta probabilistik yani olması muhtemel değerlerdir. Bu değerler gözlenmiş olan veriler yardımıyla bulunurlar (Sepetçioğlu 1995).

Probabilistik akım değerleri elde edebilmek için öncelikle akımların stokastik özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Akarsularda akımlar arasında birbirini etkileyen bir iç bağımlılık mevcuttur. Bu bağımlılığı bir önceki akımın bir sonra gelecek akımı etkilemesi şeklinde açıklayabiliriz. Akarsularda akımlar arasındaki ilişkileri belirleyen bu özelliklerin tümüne stokastik özellikler denir. Stokastik özellikler ise gözlenmiş akımların ortalama, varyans, standart sapma v.b. gibi istatistiki parametrelerinin, olasılık yoğunluk fonksiyonundan olasılık dağılımının ve akımlararası korelasyon katsayılarının bulunması neticesinde belirlenmektedir. Stokastik özellikleri belirleyen akımların genel gidişatını gösteren matematiksel ifade belirlenir ki, bu ifadeye matematiksel model denir. Akımlar arasındaki bağımlılığa göre oluşturulan matematiksel modeller kullanılarak gelecekteki muhtemel akımlar tahmin edilebilir. Ayrıcada daha büyük veya daha küçük zaman aralıklarındaki akım değerlerine geçmek mümkündür.

Bu nedenle bu çalışmada Türkiye'nin geleceği için çok önemli projeleri kapsayan Çoruh Havzasına ait 12 adet akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akımlarının periyodik otoregresif (PAR) modelleri kurulmuştur. Modeller kurulurken parametre tahmini aşamasında momentler metodu ve maksimum olabilirlik metodu kullanılarak parametre tahmini yapılmış, her iki metotla bulunan parametreler birbiri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra kurulan modeller kullanılarak

her bir istasyonun gözlem periyodu ile aynı uzunluğa sahip 50'şer adet sentetik seri üretilmiştir. Bu sentetik serilerin istatistik karakteristikleri (Çarpıklık, ortalama, standart sapma, korelogram) hesaplanmış ve bunlar tarihi serinin istatistiksel karakteristikleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak incelenen istasyonlarda kurulan modellerin tarihi serilere ait istatistiksel karakteristikleri muhafaza ettiği gözlenmiştir. Kurulan modellerin güvenilirliğini belirlemek amacı ile geleceğe yönelik tahminlerde bulunulmuş ve bu tahminlerin gözlenen akım değerleriyle uygunluğu araştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Stokastik modellerle ilgili olarak dünyada ve ülkemizde birçok çalışma yapılmıştır.

Hipel ve ark. (1977), Box-Jenkins modellerinde son yıllarda meydana gelen gelişmeleri ele alarak modelin derecesinin tanımlanması, parametrelerin tahmini ve güvenirliğinin kontrolü konularındaki yeni yaklaşımları sunmuşlardır.

Nguyen ve Rouselle (1981), saatlik yağış verisini rastgele bir değişken olarak kabul etmişler ve bu verilerin olasılık dağılımlarını elde etmek için bir stokastik model sunmuşlardır. Bu metodu 32 yıllık saatlik yağış kayıtları üzerinde deneyerek kullanılabilir olduğu sonucuna varmışlardır.

Salas ve Obeysekera (1982), genelleştirilmiş kısmi otokorelasyon fonksiyonunu ele alarak bu fonksiyon yardımıyla otoregresif hareketli ortalama (ARMA) modellerinin derecesinin belirlenebileceğini göstermişlerdir.

Salas ve ark. (1980), momentler metodu yardımıyla ARMA(p,1) modeline ait periyodik otoregresif parametrelerin Yule-Walker eşitliği ile oluşturulan lineer denklem takımı yardımıyla elde edilebileceğini göstermişlerdir.

Te ve Singh (1994), otoregresif modellerin parametrelerinin hesabında kullanılmak üzere yeni bir otokorelasyon fonksiyonu metodu ileri sürmüşler ve bazı durumlarda Yule-Walker denklemlerinden daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir. Ayrıca teklif edilen modelin kullanımının otoregresif (AR) modeller için daha kolay olduğunuda savunmuşlardır.

Merzi ve ark. (1995), Çoruh Havzası'nda Oltu Nehri üzerinde 2323 numaralı istasyonda ölçülen aylık akımların stokastik modellemesini yapmışlardır. Modelin kurulmasında Box-Jenkins Metodu kullanılmıştır. Modelleme sırasında AR(1), AR(2), AR(3) ve ARMA(1,1) modelleri denenmek suretiyle en uygun modelin ARMA(1,1) modeli olduğuna karar verilmiştir. Optimum modelin seçimi sırasında tarihi kayıtların korelogramından ve Akaike Bilgi Kriterinden faydalanılmıştır. Bulunan model kullanılarak 23 yıl uzunluğunda 50 tane sentetik seri türetilmiş ve tarihi zaman serisinin aylık ortalamalarının, türetilen serilerin özellikleri ile uyum içinde oldukları gözlenmiştir.

Yiğit (1998), Sakarya Havzası Ankara Çayı üzerindeki 1226 numaralı Meşecik istasyonunun 28 yıllık aylık ve yıllık akımlarının stokastik modellemesini yapmıştır. Bütün hesaplar ve diagnostik kontroller yapıldıktan sonra yıllık akımlar için ϕ_1=0.43 parametreli AR(1) modelinin en uygun model olduğu tespit edilmiştir. Aylık akımlar için ise en uygun model ϕ_1=0.8268 ve ϕ_2=-0.1239 otoregresif parametreli AR(2) modeli seçilmiştir. Ayrıca elde edilen yıllık ve aylık modeller için sentetik seri üretimi yapılmıştır. Gözlem yapılmış serinin istatistiksel özellikleri sentetik olarak üretilen serilerin güvenli aralığına düşmüştür. Son olarak elde edilen modeller 1991 yılı akım tahminlerinde kullanılmıştır.

Kahya ve ark. (1998), Yeşilırmak Havzasında EİE 1401, 1402, 1413 ve 1414 numaralı akım gözlem istasyonlarında ölçülen yıllık ortalama akımların çok değişkenli stokastik modeli kurmuşlardır. İstasyonlara ait otokorelogram ve kısmi korelogramın incelenmesi neticesinde muhtemel AR ve ARMA modelleri arasında uygun model tipi hakkında bir ön değerlendirme yapılmıştır. Serilerin çapraz korelasyon katsayılarından oluşan çapraz korelasyon matrisi belirlenerek seçilen modele ait matris parametreleri bulunmuştur. Artık seriye ait otokorelogramlar ve çapraz korelasyon matrisi belirlenerek artık serilerin zamansal ve uzaysal bağımlılıklarının olmadığı gösterilmiştir. Kurulan model kullanılarak sentetik serilere ait istatistiksel karakteristikler belirlenmiştir. Sentetik serilerin istatistiksel karakteristiklerinden faydalanarak tarihi serinin karakteristiklerine ait güven aralıkları hesaplanmış ve kurulan modelin tarihi serilere ait karakteristikleri muhafaza ettiği gözlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada söz konusu istasyonların yıllık gözlemlerin toplanmış otoregresif hareketli ortalama (ARIMA) modelleri de kurulmuştur. Yıllık serilerin bir kez fark alma operasyonu ile elde edilen yeni serileri, kararlı bir ARMA süreci ile metodolojik prosedürün tüm detaylarına uygun olarak modellenmiştir. Farkı alınan seriler için ARIMA (2,1,1), ARIMA(0,1,1), ARIMA(3,1,1) ve ARIMA(2,1,1) modellerinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışmadan elde edilen ARIMA (p,d,q) modelleri Yeşilırmak Havzası'ndaki dört nehrin yıllık debi tahminlerinde kullanılabilir.

Karabörk ve Kahya (1998), tarafından yapılan çalışmada, Seyhan Havzasında Göksu Nehri üzerindeki 1801 nolu Himmetli akım gözlem istasyonunda ölçülen yıllık ve aylık akımların stokastik modelleri kurulmuştur.

Yıllık ve aylık seriler için AR modelleri ve ARMA modelleri kurulmuştur. Yıllık ve aylık seriler için AR ve ARMA modellerinin metodolojisi ayrıntılı bir şekilde verilerek yıllık serilerin AR ve ARMA, aylık serilerin ise PAR ve PARMA modellerinin matematiksel ifadeleri bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda yıllık akımlar için AR(1) ve ARMA(2,1), aylık akımlar içinde PAR(2) ve PARMA (2,1) modellerinin en uygun modeller olduğu görülmüştür. Ayrıca ARMA modellerinin, söz konusu akım kayıtları için AR modellerinden hem yıllık hem de aylık simülasyonlarda daha iyi sonuç verdikleri de vurgulanmıştır.

Karabörk ve Kahya (1999), Sakarya Havzasında bulunan 12 akım gözlem istasyonunda ölçülen aylık akımların çok değişkenli PAR ve PARMA modellemesini yapmışlardır. Söz konusu modellerin metodolojilerinin, hem yıllık hem de aylık seriler için ayrıntılı bir tanıtımından sonra, Sakarya Havzasındaki 12 adet akım gözlem istasyonunda ölçülen aylık akımların çok değişkenli periyodik stokastik modelleri kurulmuştur.

Yücel ve Topaloğlu (1999), Adana Meteoroloji istasyonuna ilişkin yıllık (1929-1990) ve günlük minimum, ortalama ve maksimum sıcaklık değerlerinin zaman serisi analizi içinde gidiş, periyodik ve stokastik bileşenlerini incelemiştir. Zaman serisi analizi sonucunda gidiş bileşeninin bulunmadığı, periyodik analiz sonucunda sıcaklık serilerini ilk harmoniklerin açıkladığı görülmüş ve stokastik analizde ise stokastik bileşenin ikinci mertebe otoregresif model ile açıklanabileceği görülmüştür.

Tüzüngüven (2001), Gaziantep İli günlük yağış verileri için Box-Jenkins metodu kullanarak bir stokastik model kurmuştur. Çeşitli diagnostik kontroller uygulandıktan sonra, denenen modeller arasında regresyon parametresi $\phi = 0.86$, hareketli ortalama parametresi $\theta = 0.54$ olan ARMA(1,1) modeli seçilmiştir. Model kurulmasında üretilen serilerin gözlenen serinin istatistik karakteristiklerini koruduğu görülmüştür. Modelleme sırasında bir yıllık yağış tahmini yapılmıştır.

İçağa (2003), Akarçay Havzasında bulunan akım gözlem istasyonlarının aylık ortalama akım gözlem verileri ve yağış gözlem istasyonlarının aylık ortalama yağış gözlem verilerini kullanarak akım modellemesi çalışması yapmıştır. Bu amaçla verilerin normalitesi araştırıldıktan sonra gerekirse veriler normal dağılımlı hale dönüştürülmüş ve ardından otoregresif Markov süreçleri kullanılarak

verilerdeki içsel bağımlılık araştırılmış, son olarak da basit ve çoklu regresyon modelleriyle modelleme yapılmıştır.

Uslu (2003), Erzurum İli'nin 17096 nolu DMİ istasyon verileri ile yıllık toplam, aylık toplam (Ocak, Şubat, Mart, Nisan, Ekim, Kasım ve Aralık), aylık maksimum (max.Ocak, max.Şubat, max.Mart, maxNisan, maxEkim, max.Kasım ve max.Aralık) ve 1972 yılının Ocak ayından itibaren 2000 yılının Aralık ayına kadar kar yağışlı ayların art arda eklenmesiyle elde edilen uzun seri kar verilerinin stokastik modellerini oluşturmuştur. Yapılan çalışmada stokastik modellerin oluşturulmasında ARMA modeli kullanılmıştır. DMİ'den alınan kar verileri ile tanımlama, parametre tahmini ve kontrol ile ilgili çalışmalar yapılarak, Akaike ve varyans değerleri alternatif modellerin diagnostik kontrolleri için kullanılmıştır. Yıllık toplam kar yağışı için alternatif modeller arasından ARMA(1,5) modeli en uygun model olarak seçilmiş ve modelin otoregresif parametresi ϕ_1=0.8032, hareketli ortalama parametreleri ise θ_1=0.5970, θ_2=-0.8809, θ_3=-0.3024, θ_4=0.0646, θ_5=0.7803 olarak bulunmuştur. DMİ'ce değerlendirilmiş en son gözlenen veri (2001 yılı) bir yıllık zaman adımı için yapılmış tahmin %95 güven aralıkları arasında kalmaktadır. Seçilen diğer modeller; Ocak ayı ARMA(4,4), Şubat ayı için ARMA(1,6), Mart ayı için ARMA(6,5), Nisan ayı için ARMA(1,6), Ekim ayı için ARMA(1,5), Kasım ayı için ARMA(1,4), Aralık ayı için ARMA(2,2), maksimum Ocak için ARMA(1,4), maksimum Şubat için ARMA(1,3), maksimum Mart için ARMA(1,1), maksimum Nisan için ARMA(7,3), maksimum Ekim için ARMA(4,5), maksimum Kasım için ARMA(2,1), maksimum Aralık için ARMA(6,2) ve uzun seri kar yağışları için ARMA(12,15) olarak bulunmuştur.

Yürekli ve Öztürk (2003), Kelkit Deresi günlük ekstrem akımlarının stokastik modellemesini yaptığı çalışmasında öncelikle Mann Kendall testini kullanarak günlük ekstrem akımlarda herhangi bir trend olup olmadığını incelemiş ve sonuçta hiçbir trend bulamamıştır. Bu nedenle ARIMA modeli yerine ARMA modelini kullanmıştır. Otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon fonksiyonlarını kullanarak, korelogram ve kısmi korelogramlar çizilmiş ve alternatif ARMA modelleri belirlenmiştir. Korelogramların incelenmesi neticesinde günlük maksimum akımların birbirine bağımlı olmadığı, günlük minimum akımların ise

lineer bağımlı olduğu gözlenmiştir. Bu nedenle günlük maksimum kayıtların modellemesi yapılmamıştır. Günlük minimum akım kayıtları için korelogram ve kısmi korelogramlardan tüm diagnostik kontroller yapılarak dört ARMA modeli belirlenmiştir. Schwarz Bayesian Kriteri (SBC) dikkate alınarak ARMA(1,0) modeli en uygun model olarak belirlenmiştir. Yapılan hata tahminleri neticesinde de Kelkit Deresi günlük minimum akımlarını temsil eden en uygun modelin ARMA(1,0) modeli olduğu tespit edilmiştir.

Bacanlı ve Baran (2004), tarafından yapılan çalışmada, hidrolojide en çok kullanılan AR(1), AR(2), AR(3), ARMA(1,1) ve ARMA(1,2) modelleri değerlendirilmiştir. Çalışmada, gözlenmiş veriler ve sentetik veriler modellenmiş, en uygun model seçiminde kullanılan farklı yöntemler kıyaslanmıştır. Gözlenmiş verinin toplumu olarak seçilen AR(3) modeline ve gözlenmiş veri istatistiksel özelliklerine uygun olarak iki farklı veri gurubuyla değerlendirme yapılmıştır. İlk değerlendirmede 600 yıl süreli veri gurubu ilk 100, 200,…, 600 yıl süreli alt veri guruplarına ayrılmıştır. Böylece, veri uzunluğunun uygunluk kriterleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. İkinci değerlendirmede ise, literatürde daha önce çalışılmış olan Saint Lawrence nehrinin akım verileri modellenmiştir. Sentetik veri üretimi, gözlenmiş veriye paralel olarak 97 yıl uzunluğunda alınmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Şarlak ve Şorman (2004), normal dağılım dışında genel lojistik ve gamma dağılımı için düzenlenmiş maksimum olabilirlik (MML) metodu ile AR(1) zaman serilerinin model parametrelerinin bulunması üzerinde durmuş ve maksimum olabilirlik metodu ile karşılaştırmıştır. Ayrıca bu metotlar EİE 1501 yıllık akım gözlem istasyonu verilerine uygulanmıştır. Her üç dağılım (genel lojistik, gamma ve normal) için elde edilen model parametreleri ile kurulan AR(1) model yapıları kullanılarak yazılan bilgisayar programı ile elde edilen yapay seriler gözlenmiş verilerle karşılaştırılmıştır.

Özçelik ve Benzeden (2004), tarafından yapılan çalışmanın ilk bölümünde, Türkiye'deki 45 doğal gölün aylık seviye kayıtları uyumsuzluk ve homojenlik açısından görsel olarak incelenmiştir. Sadece 12 gölün kayıtları uyumlu hale getirilebilmiş ve birkaç eksik gözlem tamamlanmıştır. Daha sonra, bu 12 göldeki aylık seviye kayıtlarının yaklaşık matematik yapıları nispi periyodogram ve

otokorelasyon teknikleri kullanılarak saptanmıştır. Çalışmanın ön sonuçları, aylık göl seviyelerinin, ortalamalarda ve kısmen de standart sapmalardaki bir kaç harmonikle oldukça iyi tanımlanabilen periyodik bileşenler ile AR(1), AR(2), AR(3), ARMA(1,1) gibi doğrusal durağan modellerle yeterli ölçüde tanımlanabilen stokastik bileşenlerden oluştuğunu göstermiştir.

Büyükyıldız ve Berktay (2004), tarafından yapılan çalışmada, geleceğe yönelik tahminler yapabilmek amacıyla Türkiye'nin önemli büyük havzalarından biri olan Sakarya Havzası'na ait aylık yağışların periyodik otoregresif modelleri (PAR) belirlenmiş ve belirlenen model tiplerine ait matematiksel ifadeler elde edilmiştir. Optimum modeller, Akaike Bilgi Kriteri (AIC) değerlerine göre seçilmiştir. Seçilen modellerin uygunluk testleri Port Manteau testi ile artık serilerin bağımsızlığı kontrol edilerek yapılmıştır. Her istasyon için seçilen modeller kullanılarak tarihi serilerle aynı uzunluğa sahip 50'şer adet sentetik seri üretilmiş ve bu sentetik serilerle tarihi serilerin istatistiksel karakteristikleri (ortalama, standart sapma, korelasyon) karşılaştırılmıştır. 25 istasyona ait aylık yağışların periyodik otoregresif modellerinin belirlenmesi sonucunda PAR(0), PAR(1), PAR(2) ve PAR(3) olmak üzere 4 farklı PAR modeli elde edilmiştir.

Tonkaz ve Doğan (2005), Şanlıurfa Devlet Meteoroloji İstasyonundan (DMİ) sağlanan 1975-1992 yılları arasındaki meteorolojik gözlem verileri ve Penman Monteith modeli ile hesaplanan uzun yıllara ait aylık toplam referans bitki su tüketim (ETO) değerlerini otoregresif olarak modelleme olanaklarını araştırmıştır.

3. MATERYAL ve METOT

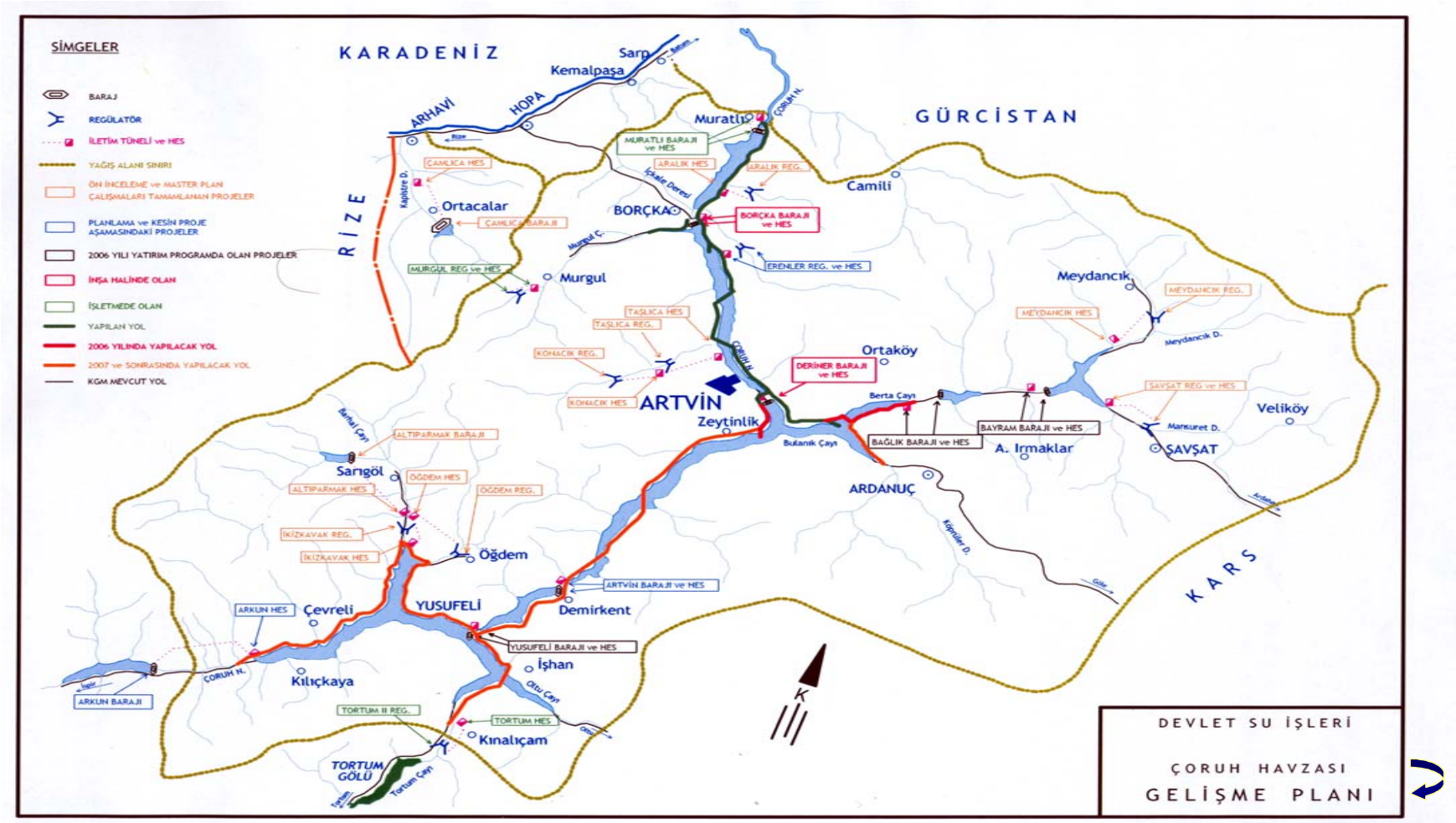
Bu çalışmada, Çoruh Havzası'nda Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen 12 adet akım gözlem istasyonunun aylık ortalama akım verileri kullanılarak otoregresif modelleme yapılmıştır.

3.1. Araştırma Alanının Yeri ve Özellikleri

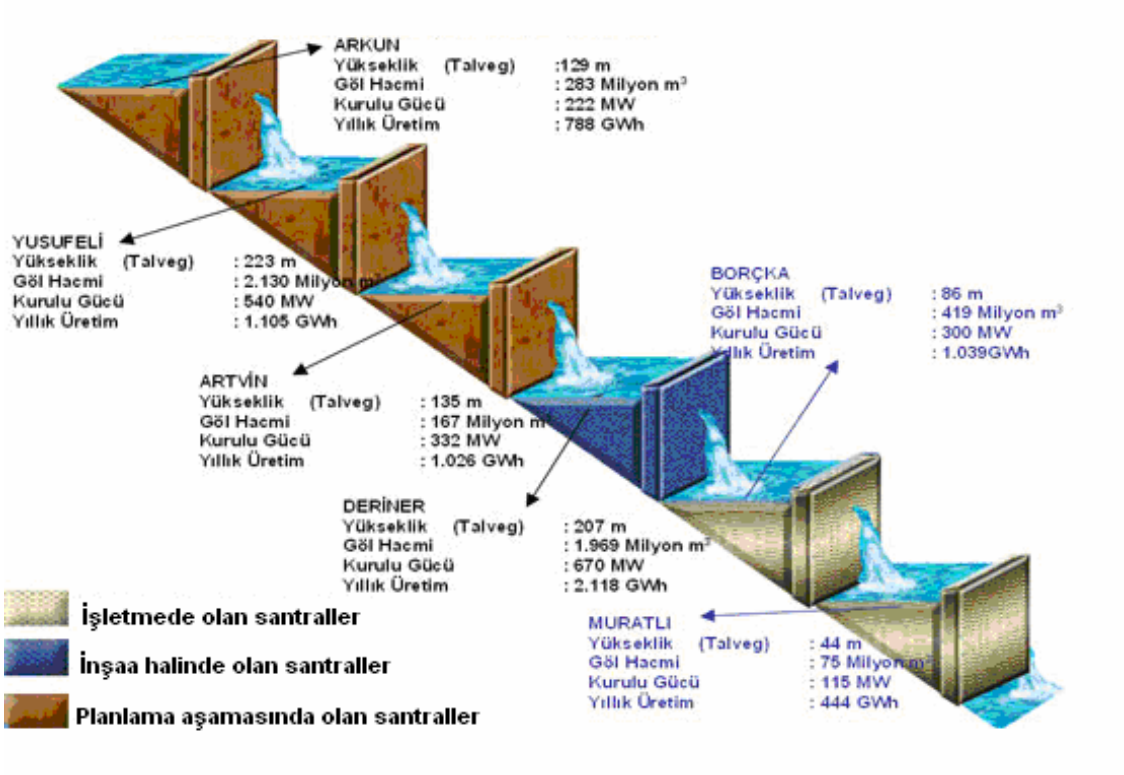
Çoruh Nehri Havzası, Türkiye'nin kuzeydoğusunda yer almakta, 19748 km^2'lik yüzölçümü ile Türkiye yüzölçümünün % 2,53'ünü kaplamaktadır. Çoruh Nehri yağış alanı içinde Artvin, Erzurum ve Gümüşhane illerinin büyük bölümü ile Kars ve Erzincan illerinin küçük bir bölümü yer alır. Havzayı kuzeyden Doğu Karadeniz Dağları batıdan Giresun Dağları güneyden Otlukbeli, Dumlu Kargapazarı, Güllü, Allahüekber Dağları doğudan ise Yalnızçam Dağları ve Gürcistan sınırlamaktadır.

Havzanın akarsularını Çoruh Nehri ve Çoruh Nehri'nin yan kolları oluşturmaktadır. Toplam uzunluğu 431 km olan Çoruh Nehri ülkemizin en hızlı akan nehridir. Türkiye sınırlarını terk etmeden önceki ortama debisi 192 m^3/sn olup enerji üretilebilecek toplam düşüsü ise 1420 m'dir. Çoruh Nehri'nin 410 km'lik kısmı ülkemiz sınırları, 21 km'lik kısmı ise Gürcistan sınırları içerisindedir.

Çoruh Havzası 19748 km^2'lik drenaj sahasını içermekte olup yıllık ortalama 6.3 milyar m^3 akışa sahiptir. Çoruh Havzası, havza bazında Türkiye'de 18'inci sırada yer almaktadır. Çoruh Nehri'ne ait enerji imkânları istikşaf raporu EİE tarafından 1969 yılında hazırlanmıştır. Baraj yerlerinde temel araştırmalarına başlanarak elde edilen sonuçlara göre 1979 yılında başlanan Çoruh Nehri Master Plan Raporu Mühendislik hizmetleri işi ise 1982 yılında tamamlanmıştır. Çoruh Nehri ana kolu üzerinde membadan mansaba doğru; Laleli, İspir, Güllübağ, Aksu, Argun, Yusufeli, Artvin, Deriner, Borçka ve Muratlı Baraj ve HES'leri vardır (Şekil 3.1 ve Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Çoruh Havzası Gelişme Planı



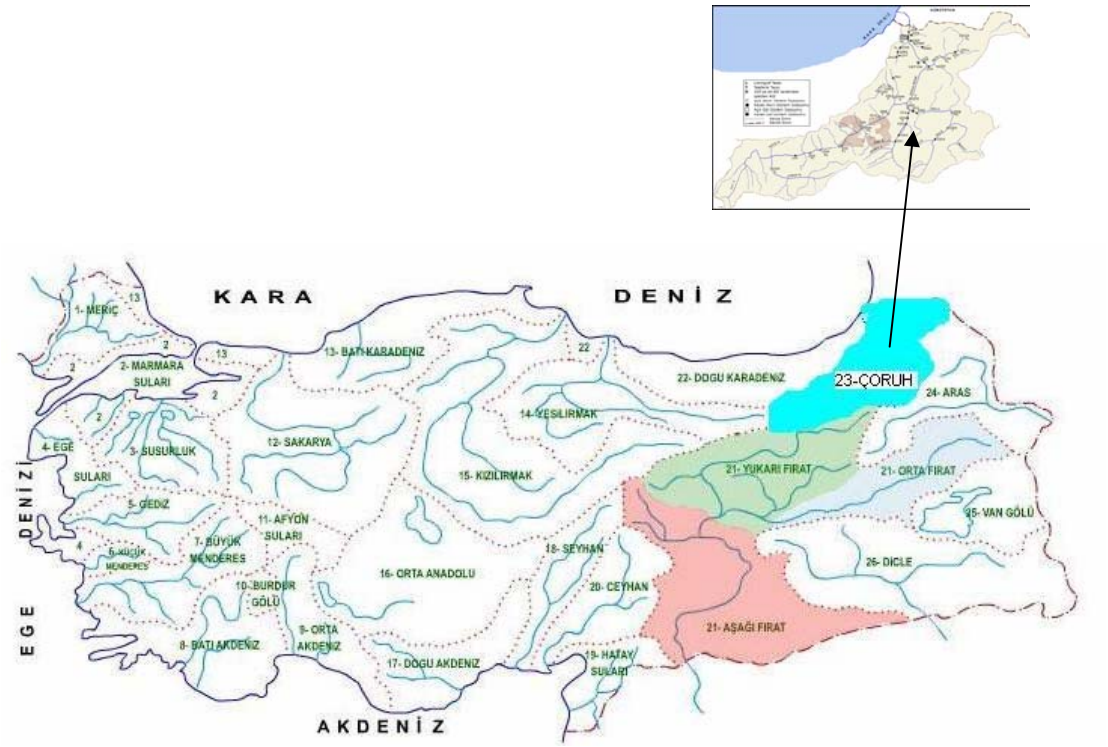
Şekil 3.2. Çoruh Nehri anakolu üzerindeki hidrolik santraller

Türkiye'nin geleceği için çok önemli projeler demetini içine alan "Çoruh Vadisi" ana kolu üzerinde 10 adet baraj, yan kollar üzerinde 17 adet baraj ve nehir tipi HES inşaatı planlanmıştır. Çoruh Nehri Havzası'nda tesbit edilen enerji imkânlarından 3189 megawatt (MW) kurulu güçle yılda ortalama 10.474 milyar kilowatt-saat (kWh) enerji elde edilecektir. 27 tesisten elde edilecek enerji, Türkiye'de üretilen toplam enerjinin % 5,5'i (187 milyar kWh), hidroelektrik enerjinin ise %25'i kadardır.

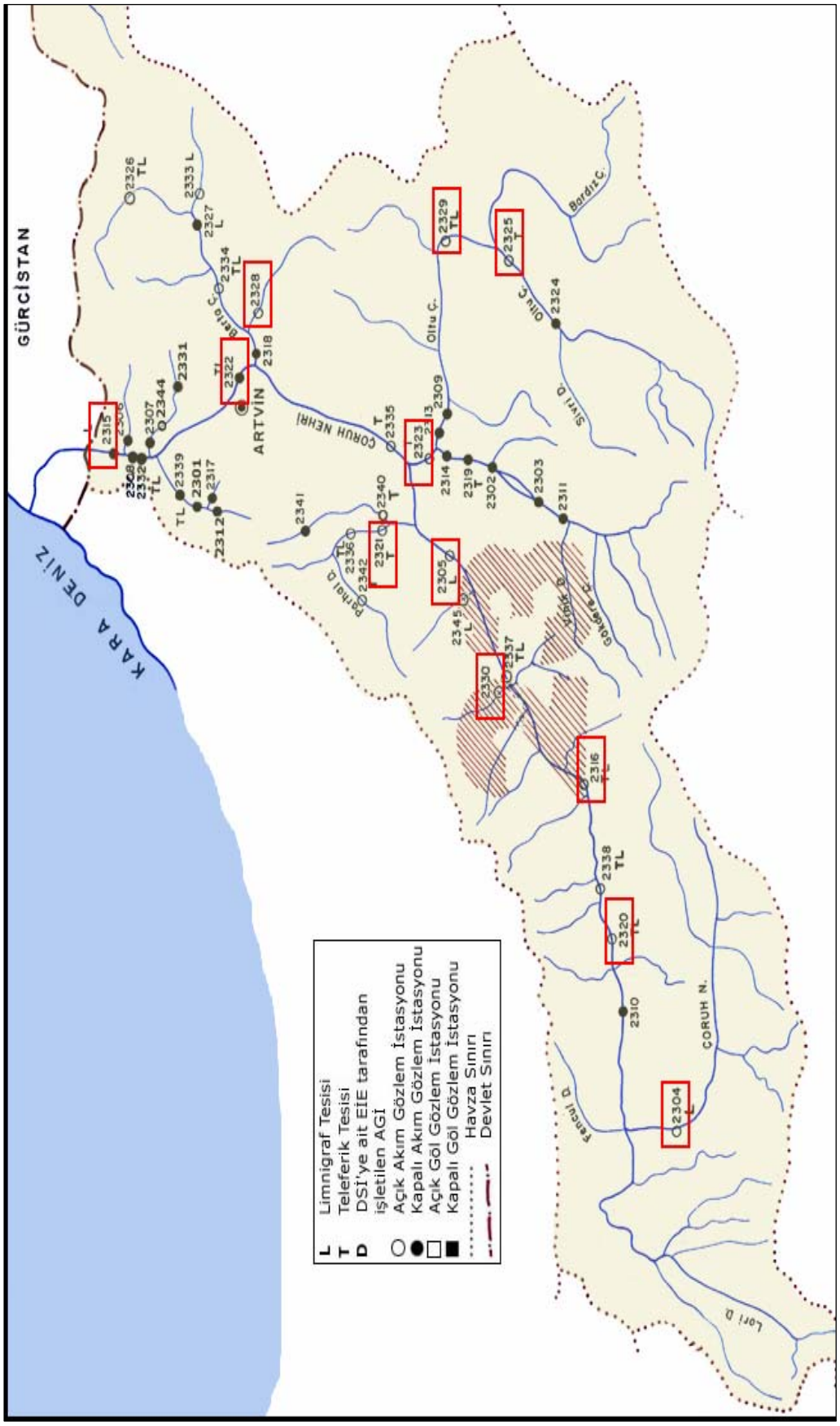
Çoruh Havzasında EİE tarafından işletilmek üzere açılan toplam 42 adet istasyon bulunmakla birlikte, bu istasyonların bir kısmı kapatılmış, bir kısmı da yeterli gözlem periyoduna sahip olmadığı için bu çalışmada kullanılmamıştır. Havzadaki 42 akım gözlem istasyonu içerisinden 12 tanesi çalışmaya dahil edilmiştir. İncelenen akım gözlem istasyonlarına ait bazı özellikler Tablo 3.1, havzanın Türkiye'deki konumu Şekil 3.3, istasyonların havzadaki konumları ise Şekil 3.4'de görülmektedir.

Tablo 3.1. İncelenen akım gözlem istasyonlarına ait bazı özellikler

İstasyon Adı	İstasyon No	Ortalama Akım (m^3/s)	Boylam	Enlem	Rakım	Gözlem Periyodu
Çoruh Nehri-Bayburt	**2304**	15.0	40^0 13'38"	40^0 15' 36"	1545	1942-2000
Çoruh Nehri-Peterek	**2305**	65.0	41^0 29'05"	40^0 44' 35"	654	1963-2000
Çoruh Nehri-Karşıköy	**2315**	209	41^0 42'38"	41^0 27'07"	57	1965-2000
Çoruh Nehri-İspir Köprüsü	**2316**	38.7	40^0 57' 40"	40^0 27' 32"	1170	1965-2000
Çoruh Nehri-Laleli	**2320**	28.1	40^0 36'19"	40^0 23' 31"	1365	1970-2000
Parhal Deresi-Dutdere	**2321**	13.8	41^0 31'36"	40^0 53'19"	705	1972-2000
Çoruh Nehri-Altınsu	**2322**	159	41^0 53'36"	41^0 09'47"	201	1972-2000
Oltu Suyu-İşhan Köprüsü	**2323**	34.7	41^0 42'00"	40^0 46' 51"	572	1965-2000
Çoruh Nehri-Aşağıkumlu	**2325**	6.96	42^0 07'48"	40^0 37'58"	1129	1974-2000
Ardanuç Deresi-Ferhatlı	**2328**	6.14	42^0 01'05"	41^0 08' 28"	365	1982-2000
Oltu Suyu-Coşkunlar	**2329**	16.5	42^0 10'28"	40^0 45' 58"	1004	1982-2000
Çamlıkaya Deresi-Çamlıkaya	**2330**	2.94	41^0 10'30"	40^0 38'12"	995	1982-2000



Şekil 3.3. Türkiye'deki Büyük Akarsu Havzaları ve Çoruh Havzasının konumu (www.eie.gov.tr)



Şekil.3.4. Çoruh Havzası ve kullanılan akım gözlem istasyonlarının havzadaki konumları (www.eie.gov.tr)

3.2. Teorik Esaslar

3.2.1. Hidrolojik Modeller

Yerküresinde suyun çevrimini, dağılımını, fiziksel ve kimyasal özelliklerini, çevreyle ve canlılarla karşılıklı ilişkilerini inceleyen temel ve uygulamalı bir bilim olarak tanımlanan "Hidroloji", su kaynaklarının geliştirilmesi amacıyla yapılan mühendislik çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Suyun çeşitli maksatlarla (içme ve kullanma suyu sağlama, sulama, hidroelektrik üretimi, akarsularda ulaşım gibi) kullanılması, su miktarının ve kalitesinin kontrolü için yapılan projelerin (baraj, savak, sulama projesi, taşkın kontrol projesi, menfez, v.b.) planlama, tasarım, inşaat ve işletme aşamalarında suyun miktarı ve özellikleri ile ilgili verilerin sağlanması "Hidroloji" alanı içine girmektedir. Ekonomik ve güvenilir çözümlere varabilmek için bu verilerin yeterli doğrulukta elde edilmesi zorunludur.

Ülkenin su kaynakları potansiyelinin miktar ve kalite olarak potansiyelinin belirlenmesinde, su kaynakları yönetim stratejilerinin ortaya konulmasında, su kaynakları projelerinin planlamasında, tasarımında, inşaatında ve işletilmesinde büyük önem taşıyan hidrolojik çalışmalar günümüzde su kaynakları mühendisliğinin temelini oluşturmaktadır. Su kaynaklarını geliştirme çalışmalarının hızla sürdürüldüğü ülkemizde hidrolojik model çalışmaları büyük önem taşımaktadır (Bayazıt 1998).

Hidrolojik modeller doğadaki hidrolojik sistemin soyutlanmış bir benzeri olarak düşünülebilirler. Fizik yasalarını esas alarak kurulan matematik modellerin doğruluğu, model çıktılarının ölçülen verilerle karşılaştırarak kontrol edilir. Bu modeller mühendislik çalışmalarında gerekli olan hidrolojik büyüklüklerle ilgili bilgilerin elde edilmesini sağlayan. değişkenler ve parametreler arasındaki ilişkileri tanımlayan, denklemlerle sistemin davranışını veren modellerdir. Hidrolojistler hidrolojik değişkenlerin özelliklerinin belirlenmesinde genelde bir veya daha fazla denklem kullanırlar.

Hidrolojik modeller genellikle başlıca iki guruba ayrılırlar:

*** Deterministik Modeller:** Deterministik bir modelde verilen bir girdinin daima aynı çıktıyı oluşturacağı kabul edilir. Sistemin rastgele karakteri göz önüne alınmaz. Örneğin nehir akımı için, yağışın (veya diğer bağımsız değişkenlerin) dönüşümünü sorgulayarak bir havzadaki fiziksel süreçleri benzetmeye çalışırlar.

*** Stokastik Modeller:** Stokastik bir modelde ise çıktılar rastgele karakterdedirler. Stokastik modeller, varsayılan bir ihtimal dağılımıyla, yağmur, kar, buharlaşma ve nehir akımı gibi birkaç ölçülmüş eğerin hidrolojik zaman serilerini açıklarlar.

X ile ifade edilen bir değişkeni göz önüne alalım. Eğer X değişkeninin alacağı değeri kesin olarak önceden bilmek mümkün ise bu deterministik bir değişkendir. Başka bir deyişle, oluşturulan bir modelde tam ve kesin hesaplamalar mümkün oluyorsa bu model deterministiktir. Öte yandan X değişkeninin değerini önceden bilmek mümkün olmuyorsa, X rastgele bir değişkendir. Bununla beraber, X değişkeninin alacağı değeri belli bir güven aralığının içinde hesaplamaya yönelik olarak bir model oluşturmak mümkündür. Bu tür modeller olasılık modelleri ya da stokastik model olarak adlandırılırlar (Box ve Jenkins 1970). İkinci durumdaki X'in değerini olasılık kuralları tayin eder.

Kullanılacak modelin deterministik mi, veya stokastik mi olması gerektiğine karar verirken çıktılardaki rastgele değişkenliğin önemli olup olmadığına bakılır. Gerçekte bütün hidrolojik olaylarda rastgelelik bulunmakla birlikte bunun etkisinin fazla olmaması halinde deterministik bir yaklaşım kullanılabilir (Uslu 2003).

3.2.1.1. Stokastik hidroloji

Hidrolojik değişkenlerin birbirini takip eden değerleri esasında bağımsız değildirler. Akımın arttığı veya azaldığı günlerin birbirini takip ettiği gözlemlenir. Akım serisi içerisindeki değerler arasındaki bu bağımlılığa stokastik bağımlılık denir. Stokastik bağımlılığın mevcut olduğu akımlardan oluşan seriye stokastik süreç denir. Örneğin bir akarsuda ölçülmüş günlük, haftalık, aylık v.b. akım

değerleri veya göl seviyeleri birer stokastik süreçtir. Stokastik süreçlerin modellerinin kurulması ile rastgele değişkene ait sentetik seriler üretilir. Üretilen bu seriler planlama ve işletme esnasında optimum çözümün bulunmasında kullanılır. Böylece sadece gözlenmiş olan değerler değil aynı zamanda gözlemlenebilecek değerler de kullanılmış olur.

Hidrolojik çalışmalara konu olan seriler genellikle yıllık, mevsimlik, aylık ve haftalık olurlar. Bu serilerden yıllık seriler hariç diğerlerine aynı zamanda periyodik seri adı da verilmektedir. Çünkü bir yıldan küçük zaman dilimleriyle çalışılması durumunda tutulan hidrolojik kayıtlar mevsimlik değişimlerden etkilenir. Her mevsimde hidrolojik olayın istatistiksel karakteristikleri değişir ve bu durum her sene tekrarlanır. Bunun sonucunda periyodiklik ortaya çıkar.

Bir akım dizisinin stokastik bağımlılığa sahip olup olmadığını belirlemek için rastgele değişkenlerin olasılık dağılımının ve gözlenmiş değerler arasındaki ilişkinin bilinmesi gereklidir. Stokastik süreçlerde, zaman içinde sürekli olarak kaydedilen verilere sahip seriler "sürekli seri", sadece belli aralıklarla elde edilebilen verilere sahip seriler de "kesikli seri" dir.

3.2.1.2. Zaman serileri

Zaman serileri, hidrolojide geniş bir uygulama alanına sahip olup, zaman içinde gözlemlenen ölçümlerin bir dizisidir.

Eğer geçmiş yıllara ait elimizde hidrolojik veriler varsa zaman serileri yardımıyla bu verileri kullanarak gelecek yıllar hakkında öngörüde bulunabiliriz. Gelecek olayları ya da koşulları tahmin etmeye öngörü denir. Öngörü, karar verme sürecinde vazgeçilmez bir unsur olup,. öngörü işlemi ile geçmişteki verilerden yararlanılarak geleceğe ait tahminler yapılmaktadır.

Zaman serileri, incelenen verinin zaman içindeki seyrinin araştırılması, hidrolojik süreçlerdeki düzensizliklerin belirlenmesi, hidrolojik olayların meydana gelme olasılıkları, ileriye yönelik tahminler ve planlamalar v.b. gibi konularda uygulamacılara önemli derecede katkıda bulunmaktadır. Zaman serileri

analizlerinden elde edilen sonuçların, uygulamaya konulmasıyla hem gereksiz maddi kayıplar önlenmekte, hem de ileriye yönelik kararlar alınabilmektedir.

Zaman serisi analizinde amaç, serinin yapısının geçmiş değeri dikkate alınarak tanımlanmasıdır. Bu model, basit olması, teorinin olmaması ya da az olması, öngörü için kolay olması gibi nedenlerden dolayı tercih edilir.

3.2.2. Zaman serisi modelleri

X_t, ortalaması μ ve varyansı σ^2 olan normal dağılmış bir değişken ise zaman serisi modeli aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$X_t = \mu + \sigma\varepsilon_t \tag{3.1}$$

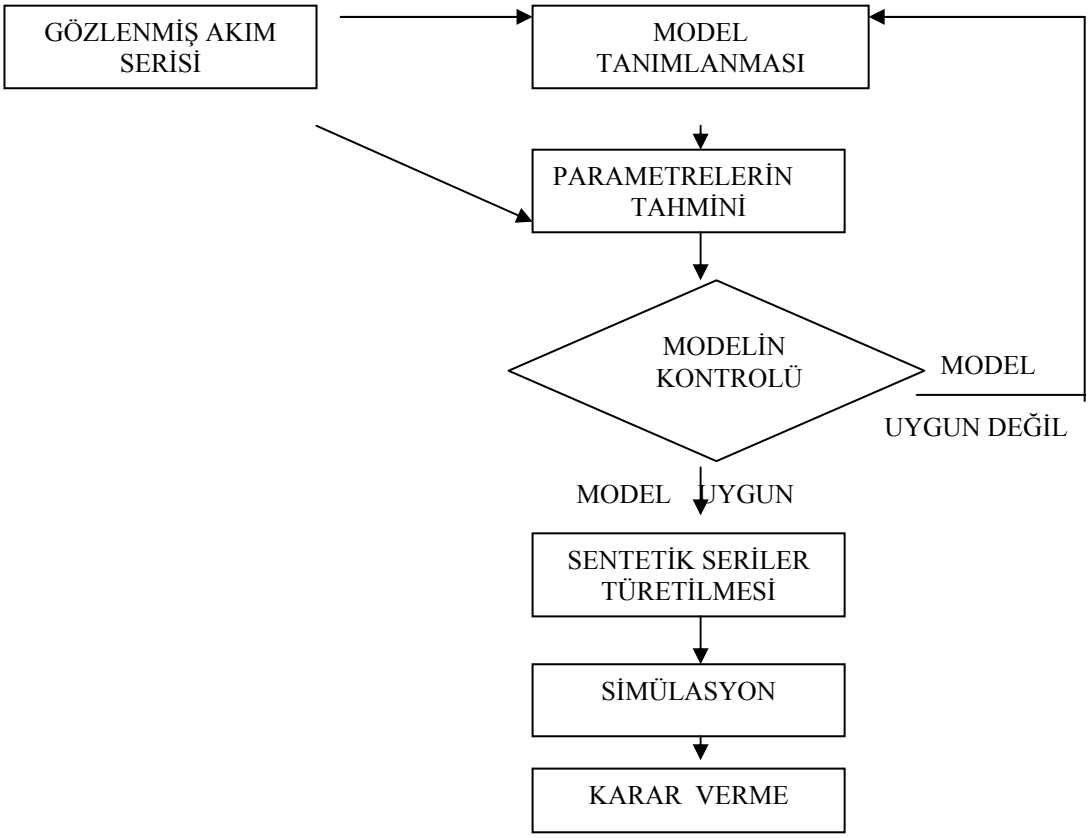
Yukarıda ε_t ortalaması sıfır ve varyansı bir olan normal dağılmış bir değişkendir ve ε_1, ε_2,.....terimleri birbirinden bağımsızdır. Modelin parametreleri μ ve σ olup bu parametreler sabit olduğu için model kararlıdır. Kararlılık deyimi, istatistiksel özelliklerin zamanla değişmemesi anlamına gelmektedir. X_t değişkeni sadece bağımsız ε_t değişkeninin bir fonksiyonu olduğu için modelin yapısı basittir ve X_t de bağımsız bir değişkendir.

3.2.2.1. Zaman serisi modelleme aşamaları

Genel olarak, zaman serisi modellemesi aşağıdaki aşamalardan oluşur (Box ve Jenkins 1970).

1. Model tipinin seçimi,
2. Modelin derecesinin tanımlanması,
3. Model parametrelerinin tahmini,
4. Modelin güvenilirliğinin kontrolü,

Zaman serisi modellemesi, yukarıdaki aşamalar arasında karşılıklı etkileşime sahip ve zaman zaman geriye dönüşü gerektiren bir işlemdir. Zaman serilerinin modellenmesi için uygulanan akış diyagramı Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5. Akım serilerinin modellenmesi için akış diyagramı

3.2.3. Otoregresif modeller

AR(p) ile gösterilen p. derecesindeki bir otoregresif model aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$y_t = \mu + \phi_1 (y_{t-1} - \mu) + ... + \phi_p (y_{t-p} - \mu) + \varepsilon_t \quad (3.2a)$$

$$y_t = \mu + \sum_{j=1}^{p} \phi_j (y_{t-j} - \mu) + \varepsilon_t \quad (3.2b)$$

Burada y_t, zaman bağımlılığı olan, normal dağılmış, kararlı, ortalaması μ ve varyansı σ^2 bir değişkeni; ε_t,: ortalaması sıfır, varyansı σ_ε^2 olan normal dağılıma uyan zamandan bağımsız rastgele değişkeni; $\phi_1,\ldots\ldots\ldots\phi_p$ ise otoregresif katsayıları ifade etmektedir. (3.2a) ve (3.2b) denklemleri ile verilen AR(p) modeline ait parametre seti ise $\{\mu,\sigma^2,\phi_1,\phi_2.....\phi_p,\sigma_\varepsilon^2\}$ şeklinde verilebilir.

Model p adet otoregresif parametre, stokastik sürecin ortalaması ile ilgili sabit terim μ ve hata terimlerinin varyansı σ_ε^2 bilinmeyenlerini içerir. Modelin açığa kavuşturulabilmesi için p+1 adet parametrenin ve σ_ε^2'nin belirlenmesi gerekir. Model kendi kendine regresyon halinde olduğundan modele otoregresif model denir. p=1 için yukarıdaki ifade;

$$y_t = \mu + \phi_1(y_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t \tag{3.3}$$

şeklini alır ve AR(1) modeli olarak adlandırılır. p=2 için ise yukarıdaki ifade

$$y_t = \mu + \phi_1(y_{t-1} - \mu) + \phi_2(y_{t-2} - \mu) + \varepsilon_t \tag{3.4}$$

şeklini alır ve AR(2) modeli olarak adlandırılır. Ayrıca bunlar 1. ve 2. dereceden Markov modelleri olarak da adlandırılmaktadır.

Otoregresif Modeller, basit bir modelleme şekli olması ve zaman bağımlılığı gerektiren bir yapıya sahip olması nedeniyle yıllık ve periyodik zaman serilerinin modellemesi amacıyla hidrolojide uygulanmıştır.

3.2.4. Otoregresif sürecin özellikleri

Bu bölümde ele alınacak olan özellikler beklenen değerler ve varyanslarla ilgilidir. Otoregresif modellerin otokorelasyon, kısmi otokorelasyon ve parametrelerin kararlılık şartları ile ilgili özellikleri konunun daha iyi anlaşılmasını sağlamak amacıyla Bölüm 3.2.6'da ele alınacaktır.

(3.3) genel denklemleri ile verilen bağımlı ve bağımsız değişkenlere ait olan AR modellerinin beklenen değerlerine ve varyanslarına ait özellikler özetle aşağıdaki şekildedir.

$$E(y_t)=\mu \tag{3.5}$$

$$E(\varepsilon_t)=0 \tag{3.6}$$

$$Var(y_t)=\sigma^2 \tag{3.7}$$

$$Var(\varepsilon_t)=\sigma_\varepsilon^2 \tag{3.8}$$

3.2.5. Yıllık AR modelleri

Normal ya da çarpık dağılmış olan X_t yıllık hidrolojik değişkenini göz önüne alalım. Daha genel hal için X_t'nin normal dağılmadığını düşünelim. Bu durumda uygun bir dönüşüm fonksiyonu uygulanarak değişken normal dağılmış şekle sokulur. Yani;

$$y_t=g(x_t) \tag{3.9}$$

y_t serisini temsil etmek için oluşturulan AR modelleri aşağıdaki gibi de ifade edilebilir.

$$y_t=\mu+z_t \tag{3.10}$$

AR(0) modeli için

$$z_t=\varepsilon_t \tag{3.11}$$

AR(1) modeli için

$$z_t=\phi_1 z_{t-1}+\varepsilon_t \tag{3.12}$$

AR(2) modeli için

$$z_t=\phi_1 z_{t-1}+\phi_2 z_{t-2}+\varepsilon_t \tag{3.13}$$

ya da genel olarak AR(p) modeli için

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \ldots\ldots\ldots\ldots \phi_p z_{t-p} + \varepsilon_t \qquad (3.14)$$

olduğu gösterilebilir.

AR modellerine ait parametrelerin hesabında başlıca dört metot kullanılmaktadır (Te ve Singh 1994):

1- En küçük kareler metodu,
2- Momentler metodu,
3- Maksimum olabilirlik metodu,
4- Otokorelasyon fonksiyonu metodu.

Yıllık verilerin analizinde maksimum olabilirlik metodu, momentler metoduna göre genellikle daha iyi sonuç vermektedir. Aylık verilerin analizinde ise iki metod yaklaşık sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada parametre tahmininde iki metod kullanılmış ve bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3.2.6. Yıllık AR modellerinin metodolojisi

Ön Analiz aşamasında yıllık serilerin modellenmesi için önce kurulacak modelin derecesi hakkında bir ön değerlendirme yapılır. Hidrolojik çalışmalara ve özellikle zaman serisi analizine uygulanan çoğu olasılık teorileri ve istatistiksel teknikler geliştirilirken değişkenlerin normal dağıldıkları kabul edilmiştir. Bu varsayım gereğince, ilk olarak tarihi zaman serisinin normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilmelidir. Bunun için literatürde yaygın olan

a) Çarpıklık katsayısı testi
b) Normal dağılım olasılık kağıdını kullanarak grafiksel inceleme
c) Ki-kare testi
d) Filipen tarafından tanımlanan ve korelasyon testine dayalı normalite testi (Loucks ve ark. 1981)

metotlarından biri kullanılabilir. Bu çalışmada, normal bir değişkenin çarpıklık katsayısının sıfır olduğu gereğine dayanan çarpıklık testi kullanılmıştır. Çünkü

normal dağılım teorik olarak ortalama değerinden (μ) geçen düşey eksene göre simetriktir. Çarpıklık katsayısı (γ) aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$\gamma = \frac{N\sum_{t=1}^{N}(x_t - \bar{x})^3}{(N-1)(N-2)\left[\frac{1}{N-1}\sum_{t=1}^{N}(x_t - \bar{x})^2\right]^{1/2}} \tag{3.15}$$

Yukarıda x_t, zaman serisinin elemanları; $\bar{x}$, örnek ortalaması; N, serideki eleman sayısıdır. Test gerçekte N>150 olan örnekler için yeterli doğruluktadır. Daha küçük örnekler için hesaplanan γ değerinin Snedecor ve Cohran'ın verdiği Tablo 3.2'deki $\gamma_\alpha(N)$ değerleri ile mukayese edilmesi gerekir (Salas ve ark. 1980).

Tablo 3.2. α=0.02 ve α=0.10 önem seviyeleri için $\gamma_\alpha(N)$ değerleri

	α			α	
N	**0. 02**	**0. 10**	**N**	**0. 02**	**0. 10**
25	1. 061	0. 711	**70**	0. 673	0. 459
30	0. 986	0.662	**80**	0. 631	0. 432
35	0. 923	0. 621	**90**	0. 596	0. 409
40	0. 870	0. 587	**100**	0. 567	0. 389
45	0. 825	0. 558	**125**	0. 508	0. 350
50	0. 787	0. 534	**150**	0. 464	0. 321
60	0. 723	0. 492	**175**	0. 430	0. 298

Eğer $\gamma<\gamma_\alpha(N)$ ise örnek serinin normal dağıldığı kabul edilir. Aksi takdirde uygun bir transformasyon ile seri normal dağılmış hale dönüştürülür. Bunun için logaritmik, karekök ya da daha uygun sonuç veren başka dönüşüm fonksiyonları kullanılabilir.

Normal dağılmış hale dönüştürülen yıllık tarihi serinin zamanla değişimini izlemek için serinin grafiği çizilir. Çizilen grafik yardımıyla model hakkında fikir yürütülebilir. Örnek olarak AR(0) modeli ya da bağımsız bir zaman serisi bu grafikte tanımlanabilir bir gidişat göstermez. Diğer yandan $\phi_1 > 0$ olmak kaydıyla AR(1) serisi ise ardışık elemanlar arasında pozitif bir bağımlılık gösterir. Serinin

elemanları arasındaki içsel bağımlılığın esas ölçüsü serinin otokorelasyon yapısıdır. Model derecesi hakkında bir ön değerlendirme yapmak amacıyla kapalı, seri varsayımına dayalı (3.16) denklemi yardımıyla seriye ait r_k otokorelasyon katsayıları hesaplanır.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t-k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^{N} (x_t - \bar{x})^2} \tag{3.16}$$

r_k'nın k gecikmesine göre değişimini gösteren grafik yani korelogram çizilir. Hesaplanan r_k değerlerinin %95 olasılık seviyesindeki öneminin anlaşılabilmesi için Anderson limitleri aşağıdaki formül ile bulunur (Salas ve ark. 1980).

$$r_k(\%95) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{N - k - 1}}{N - k} \tag{3.17}$$

Bir r_k değerinin istatistiksel olarak önemli çıkması durumunda, seride birbirleri arasında k kadar gecikme olan terimlerin birbiriyle bağımlı oldukları sonucuna varılır. Denklem (3.3)'ün her iki tarafını y_{t-k} ile çarpıp her terimin beklenen değerini almak suretiyle aşağıdaki otokorelasyon fonksiyonu ρ_k elde edilir.

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} + ... + \phi_p \rho_{k-p} \quad , \quad k > 0 \tag{3.18}$$

Bu denklem p. dereceden bir AR(p) modeline ait parametrelerin momentler metoduyla tayin edilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Formüldeki ρ terimleri örneğe ait otokorelasyon katsayıları, ϕ terimleri ise yine örneğe ait kısmi otokorelasyon katsayılarıdır. ρ terimlerinin tahmin edilen değerleri denklem (3.16) ile hesaplanır. Modelin otoregresif derecesinin belirlenmesinde kullanılan diğer bir metot da, verilen bir modelin ya da serinin zamansal bağımlılığını temsil eden kısmi otokorelasyon fonksiyonu ve bunun kısmi korelogram ile ifade edilmesidir. Seride N adet eleman varsa L=0.1N~0.3N olacak şekilde ϕ_1,….., ϕ_L terimlerinin hesaplanması kısmi korelogramın çizilmesi için yeterli olur. k'ıncı dereceden bir AR(k) sürecindeki kısmi otokorelasyon katsayısı $\phi_k(k)$, ρ_j ve ρ_{j-k} (popülasyon

otokorelasyon katsayıları) terimleri arasındaki lineer ilişkinin bir ölçüsüdür. Bir AR(k) modeli için aşağıdaki farklar denklemini yazmak mümkündür.

$$\rho_j = \phi_1(k)\rho_{j-1} + \phi_2(k)\rho_{j-2} + \ldots\ldots\ldots + \phi_k(k)\rho_{j-k} \quad , \quad j = 1, \ldots\ldots\ldots, k \qquad (3.19)$$

Yukarıdaki farklar denkleminden faydalanmak suretiyle, bir zaman serisinin kısmi otokorelasyon fonksiyonuna ait k gecikme derecesindeki $\phi_k(k)$ terimini elde etmek için aşağıdaki lineer denklem takımı oluşturulabilir.

$$\begin{aligned}
&\phi_1(k)\rho_0 + \phi_2(k)\rho_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \phi_k(k)\rho_{k-1} = \rho_1 \\
&\phi_1(k)\rho_1 + \phi_2(k)\rho_0 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \phi_k(k)\rho_{k-2} = \rho_2 \\
&\phi_1(k)\rho_2 + \phi_2(k)\rho_1 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \phi_k(k)\rho_{k-3} = \rho_3 \\
&\quad .\qquad\qquad .\qquad\qquad\qquad .\qquad\qquad . \\
&\quad .\qquad\qquad .\qquad\qquad\qquad .\qquad\qquad . \\
&\phi_1(k)\rho_{k-1} + \phi_2(k)\rho_{k-2} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + \phi_k(k)\rho_0 = \rho_k
\end{aligned} \qquad (3.20)$$

Bu denklemi matris şeklinde yazarsak,

$$\begin{bmatrix}
1 & \rho_1 & \rho_2 & . & . & . & \rho_{k-1} \\
\rho_1 & 1 & \rho_1 & . & . & . & \rho_{k-2} \\
\rho_2 & \rho_1 & 1 & . & . & . & \rho_{k-3} \\
. & . & . & . & . & . & . \\
. & . & . & . & . & . & . \\
. & . & . & . & . & . & . \\
\rho_{k-1} & \rho_{k-2} & \rho_{k-3} & . & . & . & 1
\end{bmatrix}
\begin{bmatrix}
\phi_1(k) \\ \phi_2(k) \\ \phi_3(k) \\ . \\ . \\ . \\ \phi_k(k)
\end{bmatrix}
=
\begin{bmatrix}
\rho_1 \\ \rho_2 \\ \rho_3 \\ . \\ . \\ . \\ \rho_k
\end{bmatrix} \qquad (3.21)$$

elde edilir. Yani

$[P_k][\phi_k] = [\rho_k]$'dır. ϕ_k vektörünü elde etmek için

$$[\phi_k] = [P_k]^{-1}[\rho_k] \qquad (3.22)$$

eşitliği kullanılır. Alternatif olarak kısmi otokorelasyon katsayıları aşağıda verilen Durbin formülleri ile de hesaplanabilir.

$$\left.\begin{aligned} &\phi_1(1) = r_1 \;\; ; \quad \phi_2(2) = \frac{r_2 - r_1^2}{1 - r_1^2} \;\; ; \qquad \phi_2(1) = \frac{r_1(1 - r_2)}{1 - r_1^2} \\ &\phi_{k+1}(k+1) = \left[r_{k+1} - \sum_{j=1}^{k} \phi_k(j) * r_{k-1-j} \right] / \left[1 - \sum_{j=1}^{k} \phi_k(j) * r_j \right] \\ &\phi_{k+1}(j) = \phi_k(j) - \phi_{k+1}(k+1) * \phi_k(k-j+1) \end{aligned}\right\} \qquad (3.23)$$

Yukarıdaki denklemlerde kısmi otokorelasyon katsayıları olarak kabul edeceğimiz esas değerler $\phi_{k+1}(k+1)$ ile gösterilen değerlerdir.

Sürecin AR(p) modeli olduğu hipotezi ile k>p için tahmin edilen (örnekten hesaplanan) $\phi_k(k)$; sıfır ortalaması ve 1/N olan varyansı ile asimptotik olarak normal dağılıma uyar. Böylece sıfır kısmi otokorelasyon için (1-α) güven limitleri (3.24) denklemi ile hesaplanır.

$$\left\{ -u_{1-\alpha/2} / \sqrt{N}; u_{1-\alpha/2} \sqrt{N} \right\} \qquad (3.24)$$

Burada, N örnekteki eleman sayısı, α ise seçilen önem seviyesidir. $u_{1-\alpha/2}$ ise $1-\alpha/2$ olasılığındaki standart normal değişkendir.

$\phi_k(k)$ değerlerinin k gecikme derecesine göre değişimini veren korelogramın çizilmesinden sonra (3.24) ifadesi ile hesaplanan güven limitleri de aynı grafik üzerinde işaretlenir. Güven limitlerinden daha büyük değerler alan $\phi_k(k)$ terimlerinin istatistiksel açıdan önemli olduğu sonucuna varılır ve hangi gecikme derecelerinde kestikleri dikkate alınarak model derecesi için karar verilir.

Parametre tahmini aşamasında modele ait parametreler tahmin edilir ve bu parametrelerin kararlılık şartları kontrol edilir. Parametre tahmininde momentler, maksimum olabilirlik, en küçük kareler (Salas ve ark. 1980) ve otokorelasyon fonksiyonu (Te ve Sing 1994) metotlarından biri kullanılır. Bu çalışmada parametre tahmininde, momentler metodu ve maksimum olabilirlik metodu kullanılmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır. ***Momentler metodunda*** ilk olarak örnek

ortalaması ($\bar{y}$) ve varyansı (σ^2) bulunarak ortalamadan olan sapmaları ifade eden $z_t = y_t - \bar{y}$ serisi elde edilir. Seçilen AR(p) modeline ait ϕ_j (j=1, …, p) otoregresif parametreleri aşağıda verilen denklemin ardışık kullanımı ile hesaplanır.

$$r_k = \phi_1 r_{k-1} + \phi_2 r_{k-2} + \ldots\ldots\ldots\ldots + \phi_p r_{k-p} \quad , \quad k > 0 \tag{3.25}$$

Yukarıdaki denklemde r_1, r_2, ….., r_{k-p} terimleri denklem (3.16) ile hesaplanırlar. Eşitliğin sağ tarafındaki terimlerin sayısının seçilen AR(p) modelinin p derecesine eşit olması gerektiğine dikkat edilmelidir. Bu ifadeden faydalanılarak tıpkı (3.21) denklemi ile verilen şekilde seçilen modelin derecesiyle uyumlu bir matris oluşturulur ve tekrar aynı şekilde çözülür. Özel olarak, AR(1) modeli seçilmiş ise $\phi_1=r_1$ eşitliği kullanılabilir. Eğer AR(2) modeli seçilmiş ise

$$\phi_1 = \frac{r_1(1-r_2)}{1-r_1^2} \qquad \text{ve} \qquad \phi_2 = \frac{r_2 - r_1^2}{1-r_1^2} \tag{3.26}$$

eşitlikleri kullanılır. Eğer AR(3) modeli seçilmiş ise (Yevjevich 1972),.

$$\phi_1 = \frac{(1-r_1^2)(r_1 - r_3) - (1-r_2)(r_1 \times r_2 - r_3)}{(1-r_2)(1-2r_1^2 + r_2)}$$

$$\phi_2 = \frac{r_2 + r_2^2 - r_1^2 - r_1 \times r_3}{1-2r_1^2 + r_2} \tag{3.27}$$

$$\phi_3 = \frac{(r_1 - r_3)(r_1^2 - r_2) - (1-r_2)(r_1 \times r_2 - r_3)}{(1-r_2)(1-2r_1^2 + r_2)}$$

eşitlikleri kullanılır. Seçilen modele ait artık seri varyansı olan σ_ε^2 değeri aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$\sigma_\varepsilon^2 = \frac{N\sigma^2}{(N-p)}\left(1 - \sum_{j=1}^{p} \phi_j r_j\right) \tag{3.28}$$

Maksimum olabilirlik metodunda ise örnek ortalaması ($\bar{y}$) ve varyansı (σ^2) bulunarak ortalamadan olan sapmaları ifade eden $z_t = y_t - \bar{y}$ serisi elde

edilir. Seçilen AR(p) modeline ait ϕ_j (j=1, …….. , p) otoregresif parametreleri aşağıda verilen denklemlerin ardışık kullanımı ile hesaplanır.

$$z_i z_j + z_{i+1} z_{j+1} + \ldots z_{N+1-j} z_{N+1-i} \tag{3.29}$$

$$D_{ij} = D_{ji} = \frac{N}{(N+2-i-j)} \sum_{\ell=0}^{N+1-(i+j)} z_{i+\ell} z_{j+\ell} \tag{3.30}$$

$\phi_1, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \phi_p$ değerlerini bulmak için

$$D_{1j} = \phi_1 D_{j2} + \phi_2 D_{j3} + \ldots + \phi_p D_{j,p+1} \qquad \text{j=2, ... ,p+1} \tag{3.31}$$

AR(1) için;

$$\phi_1 = \frac{D_{12}}{D_{22}} \tag{3.32}$$

AR(2) için;

$$\phi_1 = \frac{D_{12} D_{33} - D_{13} D_{23}}{(D_{22} D_{33} - D_{23}^2)} \qquad \phi_2 = \frac{D_{13} D_{22} - D_{12} D_{23}}{(D_{22} D_{33} - D_{23}^2)} \tag{3.33}$$

denklemleri kullanılır. Seçilen modele ait artık seri varyansı olan σ_ε^2 değeri ise aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$\sigma_\varepsilon^2 = \frac{1}{(N-p)} (D_{11} - \sum_{J=1}^{p} \phi_j D_{1,j+1}) \tag{3.34}$$

AR(1) için;

$$\sigma_\varepsilon^2 = \frac{1}{(N-1)} (D_{11} - \phi_1 D_{12}) \tag{3.35}$$

AR(2) için;

$$\sigma_{\varepsilon}^{2} = \frac{1}{(N-2)}(D_{11} - \phi_1 D_{12} - \phi_2 D_{13}) \tag{3.36}$$

denklemleri kullanılır. Seçilen modele ait elde edilen ϕ_1,……, ϕ_p parametrelerinin kararlılık şartları aşağıda verilen karakteristik denklemin kökleri aracılığı ile kontrol edilir.

$$u^p - \phi_1 u^{p-1} - \phi_2 u^{p-2} - ..... - \phi_p = 0 \tag{3.37}$$

Eğer (3.37) denkleminin mutlak değerleri birden küçükse yani $|u_i| < 1$ (i=1,…… p) ise kararlılık şartları sağlanmış demektir. Özel olarak AR(1) modeli için denklem (3.37) aşağıdaki

$$-1 < \phi_1 < 1 \tag{3.38}$$

şartını verir. AR(2) modeli için ise aşağıdaki

$$\left.\begin{array}{l} \phi_1 + \phi_2 < 1 \\ \phi_2 - \phi_1 < 1 \\ -1 < \phi_1 < 1 \end{array}\right\} \tag{3.39}$$

eşitsizliklerinin her birinin kararlılık için sağlanması gerekir.

Seçilen modelin uygunluk testi için aşağıda verilen denklem yardımıyla ε_t artık serileri bulunur.

$$\varepsilon_t = z_t - \phi_1 z_{t-1} - \phi_2 z_{t-2} - ..... - \phi_p z_{t-p} \tag{3.40}$$

Eğer seçilen modelin derecesi p=0 ise $\varepsilon_t = z_t$ olduğuna dikkat edilmelidir. (3.40) denkleminde başlangıçtaki ε_1, ε_2,…… ε_p değerlerini hesaplayabilmek için z_0, z_1, ……., z_{p-1} değerlerini bilmeye ihtiyaç vardır ama bu değerler bilinmemektedir. Bu z değerlerini elde etmek için geriye doğru bir tahmin metodu önerilmiştir. Fakat yıllık hidrolojik serilerin p derecesi genellikle düşük olduğu için ilk p teriminin ihmali bir problem meydana getirmez. Örnek olarak

AR(1) modeli durumunda ε_1 hesaplanmaz ve ε_2, ε_3, ……., ε_N değerlerinin hesaplanmasıyla yetinilir. Eğer seçilen modelin derecesi p=0 ise $\varepsilon_t=z_t$ olduğuna dikkat edilmelidir.

Daha sonra hesaplanan ε_t artık serilerinin bağımsızlık kontrolü Port Manteau metodu ile yapılır.. Metot için gerekli Q istatistiği (3.41) ile hesaplanır.

$$Q = N\sum_{k=1}^{L} r_k^2(\varepsilon) \tag{3.41}$$

Bu denklemde N tarihi örneğin eleman sayısı, $r_k(\varepsilon)$ ise artık serilerin (3.16) denklemi ile hesaplanan otokorelasyon katsayılarıdır. L ise göz önüne alınan en büyük gecikme değeridir ve L=0.3 N alınabilir. Hesaplanan Q değeri (L-p) serbestlik derecesindeki ve istenilen olasılıktaki χ^2 (ki-kare) değeri ile kıyaslanır. Olasılık seviyesi olarak 1-α=0. 95 almak yeterli olur. Q değerinin χ^2 değerinden küçük olması durumunda artık serilerin bağımsız olduğu sonucuna varılır ve işlemlere devam edilir. Aksi halde modelin derecesi p=p+1 alınarak geriye dönülür ve parametre tahmin aşamasındaki otoregresif parametrelerin hesaplanması işlemi ile devam edilir. .ε_t artık serilerinin çarpıklığı da kontrol edilmelidir, fakat bu noktada inisiyatif kullanmak mümkündür (Salas ve ark. 1980).

Seçilen modelin derecesinin uygunluğunu araştırmak için Akaike Bilgi Kriteri (Akaike Information Criterion; AIC) kullanılır. Bunun için eğer seçilen model AR(p) ise AR(p-1), AR(p) ve AR(p+1) modellerinin AIC değerleri aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$AIC(p) = N * \ln(\sigma_\varepsilon^2) + 2p \tag{3.42}$$

Daha sonra bu üç model için hesaplanan AIC değerleri kıyaslanır ve minimum AIC değerini veren model, en uygun model olarak kabul edilir. Eğer seçtiğimiz modele ait AIC değeri minumum ise işlemlere devam edilir. Aksi halde bu adımda bulunan minumum AIC değerini veren model seçilerek tekrar parametre tahmin aşamasına geriye dönülür.

Seçilen modele ait $\rho_k(z)$ korelogramı (3.18) denklemi ile elde edilir. Hesaplanan $r_k(y)$ değerleri ile seçilen modele ait $\rho_k(z)$ değerleri aynı grafik

üzerinde çizilerek bunlar arasındaki uyum (benzerlik) gözlenir. İki korelogramın uyumlu olması, seçilen modelin uygunluğunu gösterir.

(3.18) denklemi AR(1) modeli için aşağıdaki

$$\rho_k = \phi_1^k \qquad , \quad k \geq 0 \tag{3.43}$$

denklemine dönüşür. AR(2) modeli için ise

$$\rho_1 = \phi_1 /(1-\phi_2) \tag{3.44}$$

ifadesi elde edilir. Yine AR(2) modeli için (3.18) denklemi

$$\rho_k = \phi_1 \rho_{k-1} + \phi_2 \rho_{k-2} \qquad , k>0 \tag{3.45}$$

şekline dönüşür.

AR(2) modeli için $\rho_0=1$ ve $\rho_1 = \phi_1 /(1-\phi_2)$ şeklinde hesaplanan başlangıç değerini kullanmak suretiyle istenilen gecikme değerlerine kadar çözüp AR(2) modeline ait korelogram hesaplanabilir. Eğer seçilen modelin derecesi p=2'den büyükse (3.18) denklemi ile verilen algoritmayı başlatmak için gerekli olan başlangıç değerlerinin hesabı Salas ve ark. (1980)'de verilmiştir. Bulunan başlangıç değerleri (3.18) denkleminde yerine konulmak suretiyle algoritma başlatılarak seçilen modele ait otokorelasyon fonksiyonu elde edilir.

Modele ait ilave testler bölümünde ise, sentetik seriler üretilecek ve üretilen serilerle tarihi serinin istatistiksel karakteristikleri kıyaslanacaktır. Çünkü model kullanıcısı genellikle tarihi seriye ait istatistiksel parametreleri muhafaza eden bir model kurmayı arzu eder. Bunlar tarihi ortalama, standart sapma, çarpıklık katsayısı, korelogram gibi karakteristikler olabilir. Kurulan AR(p) modeli kullanılarak tarihi seri ile aynı N uzunluğuna sahip mesela 100 adet seri üretilir. Bu işlem için (3.46) ve (3.47) denklemleri kullanılır.

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + ... + \phi_p z_{t-p} + \varepsilon_t \tag{3.46}$$

ε_t zamansal bağımlılığı olan ve normal dağılıma uyan bir $N(0, \sigma_\varepsilon^2)$ değişken olduğundan standart normal değişken haline aşağıdaki gibi dönüştürülür.

$$\xi_t = \frac{\varepsilon_t \mu_t}{\sigma_\varepsilon} = \frac{\varepsilon_t - 0}{\sigma_\varepsilon} \tag{3.47}$$

Buradan $\varepsilon_t=\sigma_t \xi_t$ eşitliği elde edilerek z_t için verilen (3.46) denklemi

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + \phi_2 z_{t-2} + ... + \phi_p z_{t-p} + \sigma_\varepsilon \xi_t \tag{3.48}$$

şeklinde ifade edilir. Burada ξ_t standart normal rastgele bir sayıdır ve aşağıdaki Box-Müller denklemleri ile hesaplanır.

$$\xi_1 = \left[\ln(1/u_1)\right]^{1/2} * \cos(2\pi u_2)$$
$$\xi_2 = \left[\ln(1/u_1)\right]^{1/2} * \sin(2\pi u_2) \tag{3.49}$$

Burada ξ_1 ve ξ_2 standart normal rastgele sayılar, u_1 ve u_2 üniform (0,1) dağılımına uyan rastgele sayılardır. Elde edilen ξ_1 ve ξ_2 sayılarının standart normal olduğundan ve içsel bağımlılığının bulunmadığından emin olmak gereklidir. Bu yüzden üretilen sayılar bu bahsedilen özellikler yönünden test edilmelidir. N_g yıllık sentetik seri üretimi için aşağıdaki adımlar izlenir.

1. ξ_1 standart normal rastgele sayısı üretilir ve (3.48) denkleminde yerine konularak z_1 terimi elde edilir. Bu esnada önceki z_0, z_{-1},……, z_{-p+1} terimlerinin sıfır olduğu kabul edilir. Aynı şekilde yeni ξ_2 sayısı üretilir ve bir önce hesaplanan z_1 terimini de kullanarak z_2 terimi hesaplanır. Bu esnada da z_0, z_{-1},……..., z_{-p+1}terimleri sıfır kabul edilir. Bu prosedür seriye ait z_1, z_2,……, z_N terimleri elde edilinceye kadar devam eder. $N'=N_g+N_w$'dir. N_g üretilecek serinin uzunluğudur. N_w ise z_0,……, z_{-p-1} terimlerinin sıfır kabul edilmesi ile oluşan başlangıç şartlarının etkisini ortadan kaldırmak için gerekli olan zaman uzunluğudur ve 50 yıl olması tavsiye edilir.

2. Seriye ait ilk N_w adet terim atılır ve böylece geriye N_g uzunluğunda bir sentetik seri kalır.

3. z_1,……., z_N terimlerinden faydalanılarak aşağıdaki (3.50) denklemi ile y_1,……., y_N terimleri elde edilir.

$$y_t = z_t + \bar{y} \tag{3.50}$$

Yukarıdaki y_t terimleri elde edildikten sonra eğer seriye daha önce bir transformasyon işlemi yapılmış ise bu transformasyonun ters fonksiyonu uygulanarak orijinal x_t değerleri elde edilir.

Bu şekilde 100 adet sentetik seri üretilir. Daha sonra her bir serinin istatistiksel karakteristiklerinden ortalamalar $\mu(i)$, standart sapmalar $\sigma(i)$, çarpıklık katsayıları $\gamma(i)$ ve korelogramlar $r_k(i)$ hesaplanır (i=1,…….., 100). Tarihi x_t serisine ait istatistiksel karakteristikler de hesaplanır.

Hesaplanan sentetik serilere ait istatistiki karakteristikler ile tarihi seriye ait istatistiki karakteristikler kıyaslanır. Korelogramların mukayesesi aşağıdaki şekilde yapılır:

1. r_k'ların (k. otokorelasyon katsayısının) örnek ortalaması olan $\bar{r}_k$ aşağıdaki (3.51) denklemi ile hesaplanır (100 adet seri üretildiği varsayılmıştır). Her bir gecikme derecesi (k) için bu işlem yapılmalıdır.

$$\bar{r}_k = \frac{1}{100}\sum_{i=1}^{100} r_k(i) \qquad , \qquad \text{i=1, ... 100} \tag{3.51}$$

2. r_k değerlerinin örnek standart sapması olan $s(r_k)$ (3.52) denklemi ile hesaplanır.

$$s(r_k) = \left[\frac{1}{99}\sum_{i=1}^{100}(r_k(i) - \bar{r}_k)^2\right]^{1/2} \tag{3.52}$$

3. Her bir k gecikmesine ait r_k için güven aralığı (3.53) ifadesi ile hesaplanır.

$$\left[\bar{r}_k - c \times s(r_k); \bar{r}_k + c \times s(r_k)\right] \tag{3.53}$$

Yukarıdaki ifade de c katsayısı testin hangi önem derecesinde yapıldığına bağlı olarak 1, 1.5 ya da 2 olarak alınabilir. Örnek olarak %10 önem seviyesi için bu seviyeye karşılık gelen standart normal değişkenin değeri olan 1.64 alınabilir. Bu çalışmada %5 önem seviyesine karşılık gelen 1.96 değeri seçilmiştir.

Yukarıda r_k için verilen metot diğer istatistiki karakteristiklerin mukayesesi için de kullanılabilir. Bu kontrollerin sonucunda eğer bir ya da daha fazla tarihi karakteristiğin model tarafından istatistiki anlamda muhafaza edilmediği ortaya çıkarsa modeli kabul ya da reddetmek araştırıcının sonuçları ne derece önemli bulduğuna bağlıdır (Karabörk 1997).

3.2.7. Periyodik Otoregresif Modeller (PAR)

Hidrolojik periyodik zaman serileri bir yıldan daha küçük, yani yıliçi zaman dilimlerine ait kayıtları içeren serilerdir. Periyodik hidrolojik seriler mevsimlik, aylık ya da günlük olabilirler. Hidrolojik değişkenler yılın değişik dönemlerinde değişik değerler alırlar ve bu değerler her yıl birbirine benzer şekilde gidişat gösterir. Sözgelimi herhangi bir yılda, o yılın belli bir döneminde, belli bir bölgedeki yağış miktarı ertesi yıl yine benzer bir değer alır. Aynı bölgede yılın herhangi bir dönemine ait yağış miktarı ise mevsimin etkisi yüzünden diğer dönemlerdeki yağış miktarından çok farklı olur. Başka bir deyişle, bu değişkenler farklı popülasyonlardan gelmektedir. Bu anlatılan istatistiksel karakteristikler aynı yılın diğer bölümlerine ait olanlardan oldukça farklı olurlar. Yani periyodik serilere ait ortalama ve standart sapma gibi karakteristiklerde periyodiklik gösterir.

$x_{v,\tau}$ zaman serisini göz önüne alalım. Burada "v" indisi yılı, "τ" (τ=1, 2,…, w) indisi ise zaman dilimini göstermektedir. "w" değeri aylık seriler için 12, mevsimlik seriler için ise 4 olur. Eğer $x_{v,\tau}$ serisi normal dağılıma uymuyorsa, bir $g(x_{v,\tau})$ fonksiyonu ile normalize edilir. . Bu durumda normale çevrilmiş seri aşağıdaki ifade ile gösterilir.

$$y_{v,\tau} = g(x_{v,\tau}) \tag{3.54}$$

Ayrıca, periyodik ve normal dağılmış olan $y_{v,\tau}$ serisi aşağıdaki gibi yeniden yazılabilir.

$$y_{v,\tau} = \mu_\tau + \sigma_\tau z_{v,\tau} \tag{3.55}$$

Yukarıda μ_τ ve σ_τ sırasıyla periyodik ortalama ve periyodik standart sapmayı göstermektedir. $z_{v,\tau}$ ise ortalaması "0", varyansı "1" olan ve aynı zamanda zaman bağımlılığı bulunan bir seriyi temsil etmektedir.

$z_{v,\tau}$ serisi sabit ya da periyodik otoregresif katsayılı bir AR modeli ile temsil edilebilir. Bununla birlikte periyodik parametreli AR modellerinin sabit parametreli modellere nazaran daha kompleks bir model olması ve periyodik parametreli modellerin seçimi hususunda net bir kriterin bulunmamasından dolayı bu çalışmada sabit parametreli AR modelleri üzerinde durulacaktır. Periyodik serilere ait sabit parametreli AR modelleri tıpkı yıllık serilere benzer şekilde oluşturulur. Sabit parametreli ve p. dereceden bir AR modelini kullanarak z_t serisi aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$z_t = \phi_1 z_{t-1} + ... + \phi_p z_{t-p} + \varepsilon_t \qquad (3.56)$$

Yukarıdaki modele ait parametre seti $\{g_\tau,\ \mu_\tau,\ \sigma_\tau,\ \phi_1, \ldots..,\ \phi_p,\ \sigma_\varepsilon;\ \tau=1, \ldots, w\}$ olup bu parametreler eldeki örnekten tahmin edilecektir. Aşağıda periyodik zaman serilerinin otoregresif modellemesinin ayrıntıları verilmiştir.

Eldeki orijinal periyodik hidrolojik zaman serisinin önce normal dağılıp dağılmadığı kontrol edilir. Bunun için $x_{v,\tau}$ serisine ait "τ" zaman dilimleri için çarpıklık katsayıları ayrı ayrı hesaplanır ve daha pratik olması için bu çarpıklık katsayılarının ortalaması alınarak yıllık AR modelleri konusunda bahsedildiği gibi test edilir. Eğer çarpıklık katsayısı tablo değerinden büyükse, orijinal $x_{v,\tau}$ serisi uygun bir transformasyon ile normal dağılmış hale dönüştürülür. Daha gerçekçi olması için her τ zaman dilimi için ayrı bir transformasyon uygulanabileceği gibi, pratik olarak tek bir transformasyonu tüm seriye uygulamak da mümkündür. Transformasyon işleminden sonra periyodik $y_{v,\tau}$ zaman serisinin grafiği çizilir ve periyodik karakterler gözlenir. Periyodik $y_{v,\tau}$ serisine ait periyodik ortalamalar μ_τ ve standart sapmalar σ_τ aşağıdaki formüller ile hesaplanır.

$$\mu_\tau = \bar{y}_\tau = \frac{1}{N}\sum_{v=1}^{N} y_{v,\tau} \qquad , \quad \tau = 1, ..., w \qquad (3.57)$$

$$\sigma_\tau = s_\tau = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{v=1}^{N} (y_{v,\tau} - \bar{y}_\tau)^2 \right]^{1/2} \quad , \quad \tau = 1,.....,w \tag{3.58}$$

Sonra periyodik $y_{v,\tau}$ serisine ait periyodik karakteristikler seriden uzaklaştırılarak standardize $z_{v,\tau}$ serisi elde edilir.

$$z_{v,\tau} = \frac{y_{v,\tau} - \mu_\tau}{\sigma_\tau} \quad , \quad v = 1,.....,N \;\; ; \;\; \tau = 1,.....,w \tag{3.59}$$

Bu adımdan sonra periyodikliği ortadan kaldırılan $z_{v,\tau}$ serisi, tıpkı yıllık bir seri gibi ele alınacaktır. Sözgelimi, aylık verilerle çalışılması durumunda (τ=12), $z_{1,1}=z_1$, $z_{1,4}=z_4$, $z_{2,1}=z_{13}$, $z_{2,10}=z_{22}$ …… olur. Bu noktadan itibaren modelleme prosedürü, yıllık AR modelleri bölümünde anlatılan adımları aynen uygulayarak devam eder. Port Manteau testinin uygulanması sırasında L≈0.05N almak yeterli olur.

Modelin parametreleri hesaplandıktan ve gerekli kontroller yapıldıktan sonra modelin matematiksel formu belirlenmiş olur. Bu model ile arzu edildiği kadar standardize sentetik z_t serileri üretilir. Boyutsuz ve standardize olmuş sentetik bir z_t serisinden karşılığı olan periyodik seriyi elde etmek için denklem (3.60) kullanılır. Böylece önceden seriden uzaklaştırılmış periyodik karakteristikler, sentetik serilere tekrar kazandırılarak tarihi seriyle uyumlu bir formda olması sağlanır.

$$y_{v,\tau} = \mu_\tau + \sigma_\tau z_{v,\tau} \tag{3.60}$$

Yukarıdaki $z_{v,\tau}$ aslında sentetik olarak üretilen z_t serisidir. Fakat örnek olarak aylık verilerle çalışılması durumunda $z_1=z_{1.1}$, $z_{12}=z_{1.12}$, $z_{13}=z_{2.1}$, $z_{22}=z_{2.10}$ gibi z_t serisini de $z_{v,\tau}$, serisine dönüştürmek gerekmektedir. Böylece denklem (3.60)'dan hareketle $y_{1,1} = \mu_1 + \sigma_1 z_{1,1}$,……., $y_{1,12} = \mu_{12} + \sigma_{12} z_{1,12}$ şeklinde oluşturulan formüller yardımıyla periyodik sentetik zaman serisi elde edilir. Eğer tarihi seriye bir transformasyon uygulanmış ise uygulanan transformasyon fonksiyonunun tersini alarak orijinal periyodik akım değerleri elde edilir. Daha sonra her bir serinin korelogramı, her τ zaman dilimi için ayrı ayrı periyodik

ortalamalar ve periyodik standart sapmalar hesaplanır. Tarihi $x_{v,\tau}$ serisine ait aynı istatistiksel karakteristikler de bulunur. Hesaplanan bu karakteristikler yıllık AR modellerinin 'modele ait ilave testler' bahsinde anlatıldığı gibi tarihi $x_{v,\tau}$ serisine ait karakteristiklerle mukayese edilir ve kurulan modelin tarihi serinin karakteristiklerini muhafaza edip etmediği kontrol edilir. Bu kontrollerin sonucunda eğer bazı karakteristikler hesaplanan güven aralığının dışına düşerse modelin kabulü ya da reddi konusundaki karar araştırmacının bilgi ve inisiyatifine bağlıdır (Karabörk 1997).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Aylık Akımların Periyodik Otoregresif (PAR) Modellemesi

4.1.1. Ön analiz

Bu çalışmada otoregresif modellere ait bütün işlem basamakları 2305 numaralı istasyon için ayrıntılı olarak gösterilmiş, diğer istasyonlar için ise sadece sonuçlar verilmiştir. 2305 nolu akım gözlem istasyonunda ölçülen aylık ortalama akımlar Tablo 4.1'de, kullanılan diğer istasyonlara ait aylık ortalama veriler ise EKA'da verilmiştir.

İlk olarak çalışmada kullanılan akım gözlem istasyonlarına ait aylık akım verilerinin normal dağılıp dağılmadığını belirlemek için $x_{v,\tau}$ orijinal zaman serilerinin her τ zaman aralığı (aylar) için (3.15) denklemi kullanılarak çarpıklık katsayıları hesaplanmıştır.

Her aya ait hesaplanan çarpıklık değerlerinin ortalaması alınarak bu değerler Tablo 3.2'de verilen değerlerle karşılaştırılmış ve bazı istasyonlara ait ortalama çarpıklık katsayılarının tablodaki değerlerden büyük olduğu görülmüştür. Bu istasyonlara ait akım serilerinin çarpıklıklarını azaltmak amacıyla $x_{v,\tau}$ orijinal zaman serilerine $y_{v,\tau}=\log(x_{v,\tau})$ transformasyonu uygulanmıştır.

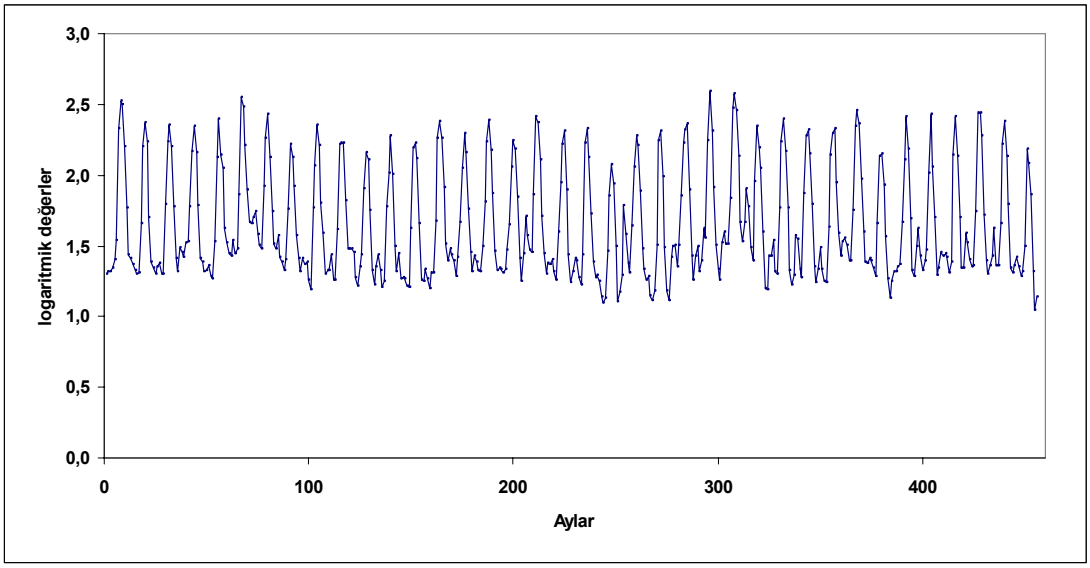
2305 numaralı istasyona ait orijinal debilerin ($x_{v,\tau}$) aylara göre çarpıklık değerleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Tabloda verilen çarpıklık değerlerinin ortalaması γ=1.193 olarak hesaplanmıştır. Bu değer Tablo 3.2'de verilen değerden büyüktür (1.193>0.891). Bu durumda $y_{v,\tau}=\log(x_{v,\tau})$ transformasyonu ile orijinal serinin çarpıklığını azaltma yoluna gidilmiştir. Bu tranformasyon sonucunda yine her aya ait çarpıklık katsayıları hesaplanmış ve ortalaması γ=0,255 olarak bulunmuştur. Bu değer Tablo 3.2'de verilen değerden küçüktür (0,255<0,891). Transforme $y_{v,\tau}$ serisinin grafiği Şekil 4.1, değerleri ise Tablo 4.3'de verilmiştir. Şekil 4.1'den serinin periyodikliği oldukça belirgin bir şekilde görülmektedir.

Tablo 4.1. 2305 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
1963	19,8	20,7	20,7	22,0	25,2	34,4	214	336	314	158	58,1	27,1
1964	25,5	23,3	21,3	20,0	20,3	45,7	160	236	172	49,7	24,5	21,9
1965	20,1	22,4	23,6	20,0	20,1	61,6	172	226	158	60,1	26,0	20,8
1966	30,8	28,4	26,5	33,4	34,0	60,0	146	220	145	61,0	26,0	24,3
1967	20,6	21,2	22,7	19,2	18,6	34,0	133	248	139	111	42,0	33,5
1968	28,1	26,8	34,6	27,9	29,9	72,1	352	303	163	78,2	46,2	45,1
1969	50,2	54,7	38,4	32,0	30,3	82,6	182	267	132	55,5	32,5	30,4
1970	37,1	26,3	24,2	21,3	25,2	57,2	165	133	82,9	37,7	25,5	20,7
1971	25,8	23,4	24,1	18,2	15,4	58,1	116	227	163	62,8	39,2	20,1
1972	21,0	21,0	27,5	18,2	18,0	40,8	166	167	168	65,4	30,2	30,2
1973	30,0	28,2	18,9	16,5	22,4	27,4	80,4	145	127	56,4	21,3	16,6
1974	22,5	27,1	21,3	16,0	17,8	59,2	103	191	102	31,5	20,6	27,9
1975	18,3	18,8	18,5	16,5	16,2	41,8	155	168	130	45,1	18,1	17,8
1976	21,5	18,4	15,7	20,4	20,3	46,8	182	239	181	81,5	32,3	24,8
1977	30,2	27,5	24,9	19,2	26,5	46,4	111	199	144	57,7	28,3	20,8
1978	27,0	24,5	21,1	20,6	31,6	64,9	172	245	149	74,6	29,1	21,0
1979	21,9	21,8	20,3	21,6	29,3	44,3	114	175	152	69,3	25,5	17,9
1980	28,0	51,1	37,5	29,6	28,3	73,0	260	237	128	51,5	27,8	20,1
1981	24,0	23,4	25,2	20,8	18,1	39,5	88,3	165	204	79,1	27,1	17,3
1982	20,9	25,7	24,6	19,0	16,8	27,2	169	215	134	53,2	24,2	18,7
1983	19,5	17,8	13,7	12,5	13,5	29,2	71,7	119	86,1	31,5	12,7	14,8
1984	19,5	61,5	38,0	23,9	20,5	43,8	114	188	162	77,3	30,2	21,4
1985	18,2	19,3	14,0	12,9	15,1	31,8	176	204	97,5	30,6	15,3	13,0
1986	26,5	31,4	31,7	22,4	31,7	70,6	169	207	230	78,7	26,9	18,2
1987	26,9	31,3	20,7	24,9	42,3	36,1	174	391	205	81,4	32,1	21,6
1988	18,2	33,5	39,3	32,3	32,5	68,5	298	375	288	137	46,4	34,1
1989	45,9	79,9	59,9	30,8	24,8	90,2	221	157	111	39,3	15,8	15,5
1990	26,6	27,0	34,6	20,8	19,9	58,2	172	248	147	58,2	21,2	16,7
1991	19,5	37,6	35,0	21,8	19,0	73,5	191	208	142	61,9	22,4	17,5
1992	21,8	30,5	21,8	17,6	17,4	42,9	138	197	214	88,7	39,2	27,0
1993	33,8	35,7	32,2	24,8	24,7	56,7	223	287	231	94,3	39,8	24,3
1994	23,7	25,6	24,7	22,2	19,3	45,1	135	142	84,3	36,4	18,6	13,6
1995	17,8	20,8	20,6	22,4	23,5	46,3	129	261	154	49,3	21,0	19,1
1996	31,5	41,7	26,9	21,0	24,6	29,3	104	270	115	50,2	19,4	22,2
1997	28,6	27,0	28,0	26,1	20,4	24,2	139	261	137	50,4	22,1	21,9
1998	39,0	32,9	25,3	22,4	22,8	55,7	275	275	191	52,3	24,9	19,9
1999	22,8	26,8	42,1	23,0	22,7	45,8	164	240	135	62,1	21,9	20,5
2000	23,1	26,1	22,5	19,2	20,7	31,2	153	120	72,6	20,8	11,0	13,7

Tablo 4.2. 2305 nolu istasyonun orijinal debilerinin ($x_{v,\tau}$) çarpıklık değerleri

Ay	Çarpıklık (γ)	Ay	Çarpıklık (γ)	Ay	Çarpıklık (γ)
Ekim	1.566	Şubat	0.943	Haziran	1.104
Kasım	2.320	Mart	0.478	Temmuz	1.483
Aralık	1.457	Nisan	1.158	Ağustos	1.023
Ocak	0.638	Mayıs	0.636	Eylül	1.509



Şekil 4.1. 2305 nolu istasyona ait transforme akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi

Bütün istasyonların transforme edilmiş akımlara ait ortalama çarpıklık katsayıları Tablo 4.4'te verilmiştir. Sonuç olarak bütün istasyonlara ait akım serileri normal dağılıma uygun hale getirilmiştir. (3.57) ve (3.58) denklemlerini kullanmak suretiyle periyodik $y_{v,\tau}$ serisine ait ortalamalar (μ_τ) ve standart sapmalar (σ_τ) hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo 4.5'de verilmiştir. Transforme $y_{v,\tau}$ serileri $z_{v,\tau} = \dfrac{y_{v,\tau} - \mu_\tau}{\sigma_\tau}$ standardizasyonu ile boyutsuz hale getirilmiş ve bu suretle periyodiklik ortadan kaldırılmıştır. 2305 nolu istasyon için standardize akım ($z_{v,\tau}$) değerleri Tablo 4.6'da verilmiştir. Örnek olarak;

$z_1=(y_{1,1}-\mu_1)/\sigma_1=(1.297-1.399)/0.111=-0.924$

$z_2=(y_{1,2}-\mu_2)/\sigma_2=(1.316-1.450)/0.146=-0.914$

. . . .

. . . .

$z_{456}=(y_{38,12}-\mu_{12})/\sigma_{12}=(1.137-1.324)/0.117=-1.601$

Tablo 4.3. 2305 nolu istasyona ait transforme akım ($y_{v,\tau}$) değerleri

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
1963	1,297	1,316	1,316	1,342	1,401	1,537	2,330	2,526	2,497	2,199	1,764	1,433
1964	1,407	1,367	1,328	1,301	1,307	1,660	2,204	2,373	2,236	1,696	1,389	1,340
1965	1,303	1,350	1,373	1,301	1,303	1,790	2,236	2,354	2,199	1,779	1,415	1,318
1966	1,489	1,453	1,423	1,524	1,531	1,778	2,164	2,342	2,161	1,785	1,415	1,386
1967	1,314	1,326	1,356	1,283	1,270	1,531	2,124	2,394	2,143	2,045	1,623	1,525
1968	1,449	1,428	1,539	1,446	1,476	1,858	2,547	2,481	2,212	1,893	1,665	1,654
1969	1,701	1,738	1,584	1,505	1,481	1,917	2,260	2,427	2,121	1,744	1,512	1,483
1970	1,569	1,420	1,384	1,328	1,401	1,757	2,217	2,124	1,919	1,576	1,407	1,316
1971	1,412	1,369	1,382	1,260	1,188	1,764	2,064	2,356	2,212	1,798	1,593	1,303
1972	1,322	1,322	1,439	1,260	1,255	1,611	2,220	2,223	2,225	1,816	1,480	1,480
1973	1,477	1,450	1,276	1,217	1,350	1,438	1,905	2,161	2,104	1,751	1,328	1,220
1974	1,352	1,433	1,328	1,204	1,250	1,772	2,013	2,281	2,009	1,498	1,314	1,446
1975	1,262	1,274	1,267	1,217	1,210	1,621	2,190	2,225	2,114	1,654	1,258	1,250
1976	1,332	1,265	1,196	1,310	1,307	1,670	2,260	2,378	2,258	1,911	1,509	1,394
1977	1,480	1,439	1,396	1,283	1,423	1,667	2,045	2,299	2,158	1,761	1,452	1,318
1978	1,431	1,389	1,324	1,314	1,500	1,812	2,236	2,389	2,173	1,873	1,464	1,322
1979	1,340	1,338	1,307	1,334	1,467	1,646	2,057	2,243	2,182	1,841	1,407	1,253
1980	1,447	1,708	1,574	1,471	1,452	1,863	2,415	2,375	2,107	1,712	1,444	1,303
1981	1,380	1,369	1,401	1,318	1,258	1,597	1,946	2,217	2,310	1,898	1,433	1,238
1982	1,320	1,410	1,391	1,279	1,225	1,435	2,228	2,332	2,127	1,726	1,384	1,272
1983	1,290	1,250	1,137	1,097	1,130	1,465	1,856	2,076	1,935	1,498	1,104	1,170
1984	1,290	1,789	1,580	1,378	1,312	1,641	2,057	2,274	2,210	1,888	1,480	1,330
1985	1,260	1,286	1,146	1,111	1,179	1,502	2,246	2,310	1,989	1,486	1,185	1,114
1986	1,423	1,497	1,501	1,350	1,501	1,849	2,228	2,316	2,362	1,896	1,430	1,260
1987	1,430	1,496	1,316	1,396	1,626	1,558	2,241	2,592	2,312	1,911	1,507	1,334
1988	1,260	1,525	1,594	1,509	1,512	1,836	2,474	2,574	2,459	2,137	1,667	1,533
1989	1,662	1,903	1,777	1,489	1,394	1,955	2,344	2,196	2,045	1,594	1,199	1,190
1990	1,425	1,431	1,539	1,318	1,299	1,765	2,236	2,394	2,167	1,765	1,326	1,223
1991	1,290	1,575	1,544	1,338	1,279	1,866	2,281	2,318	2,152	1,792	1,350	1,243
1992	1,338	1,484	1,338	1,246	1,241	1,632	2,140	2,294	2,330	1,948	1,593	1,431
1993	1,529	1,553	1,508	1,394	1,393	1,754	2,348	2,458	2,364	1,975	1,600	1,386
1994	1,375	1,408	1,393	1,346	1,286	1,654	2,130	2,152	1,926	1,561	1,270	1,134
1995	1,250	1,318	1,314	1,350	1,371	1,666	2,111	2,417	2,188	1,693	1,322	1,281
1996	1,498	1,620	1,430	1,322	1,391	1,467	2,017	2,431	2,061	1,701	1,288	1,346
1997	1,456	1,431	1,447	1,417	1,310	1,384	2,143	2,417	2,137	1,702	1,344	1,340
1998	1,591	1,517	1,403	1,350	1,358	1,746	2,439	2,439	2,281	1,719	1,396	1,299
1999	1,358	1,428	1,624	1,362	1,356	1,661	2,215	2,380	2,130	1,793	1,340	1,312
2000	1,364	1,417	1,352	1,283	1,316	1,494	2,185	2,079	1,861	1,318	1,041	1,137

Tablo 4.4. Transforme edilmiş akımlara ait ortalama çarpıklık katsayıları

İstasyon no	Gözlem süresi (N, yıl)	Çarpıklık katsayısı (γ)	γ_α(N)	İstasyon no	Gözlem süresi (N, yıl)	Çarpıklık katsayısı (γ)	γ_α(N)
2304	59	-0,3638	0.723	**2322**	29	0,2629	0.986
2305	38	0,2551	0.891	**2323**	38	0,0572	0.891
2315	36	0,2019	0.912	**2325**	27	0,0572	0.986
2316	36	0,1284	0.912	**2328**	19	0,2912	1.061
2320	31	-0,4243	0.961	**2329**	19	-0,2028	1.061
2321	29	0,0485	0.986	**2330**	19	0,3293	1.061

Tablo 4.5. $y_{v,\tau}$ serisine ait periyodik ortalamalar (μ_τ) ve standart sapmalar (σ_τ)

AYLAR	Ortalama (μ_τ)	Standart Sapma (σ_τ)
Ekim	1.399	0.111
Kasım	1.450	0.146
Aralık	1.409	0.135
Ocak	1.330	0.098
Şubat	1.350	0.112
Mart	1.674	0.147
Nisan	2.193	0.150
Mayıs	2.332	0.125
Haziran	2.168	0.142
Temmuz	1.772	0.178
Ağustos	1.413	0.154
Eylül	1.324	0.117

(3.16) ve (3.21) ifadelerini kullanmak suretiyle periyodikliği ortadan kaldıran $z_{v,\tau}$ serisini z_t (t=1,2,…,N) şeklinde yıllık bir seri gibi düşünmek suretiyle bu seriye ait otokorelasyon, kısmi otokorelasyon katsayıları ve bunlara ait %95 güven limitleri hesaplanmış, sonuçlar Tablo 4.7 ve Tablo 4.8'de verilmiştir. Elde edilen otokorelasyon ve kısmi otokorelasyon katsayıları kullanılarak %95 güven limitleri ile birlikte, korelogram (Şekil 4.2) ve kısmi korelogramlar (Şekil 4.3) çizilmiştir. Bütün istasyonlara ait korelogram ve kısmi korelogramlar %95 güven limitleriyle birlikte bu çalışmanın EkB bölümünde verilmiştir.

Tablo 4.6. 2305 nolu istasyon için standardize akım ($z_{v,\tau}$) değerleri

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS	EYLÜL
1963	-0,924	-0,915	-0,687	0,123	0,458	-0,933	0,915	1,560	2,322	2,393	2,279	0,929
1964	0,065	-0,564	-0,595	-0,301	-0,383	-0,097	0,071	0,328	0,478	-0,424	-0,155	0,139
1965	-0,865	-0,681	-0,265	-0,301	-0,421	0,782	0,281	0,177	0,218	0,039	0,012	-0,052
1966	0,803	0,023	0,108	1,981	1,623	0,705	-0,194	0,083	-0,045	0,075	0,012	0,525
1967	-0,769	-0,844	-0,390	-0,483	-0,723	-0,968	-0,465	0,501	-0,174	1,533	1,364	1,715
1968	0,444	-0,149	0,965	1,180	1,123	1,246	2,358	1,199	0,314	0,680	1,633	2,818
1969	2,713	1,968	1,301	1,790	1,175	1,646	0,445	0,758	-0,333	-0,155	0,641	1,355
1970	1,531	-0,204	-0,184	-0,021	0,458	0,564	0,160	-1,672	-1,758	-1,097	-0,042	-0,070
1971	0,111	-0,551	-0,198	-0,721	-1,457	0,610	-0,861	0,192	0,314	0,146	1,170	-0,179
1972	-0,694	-0,872	0,227	-0,721	-0,850	-0,431	0,178	-0,879	0,406	0,245	0,434	1,331
1973	0,700	0,002	-0,979	-1,157	0,000	-1,603	-1,925	-1,371	-0,451	-0,116	-0,550	-0,889
1974	-0,424	-0,116	-0,595	-1,294	-0,894	0,665	-1,206	-0,410	-1,123	-1,535	-0,644	1,037
1975	-1,232	-1,201	-1,048	-1,157	-1,260	-0,359	-0,021	-0,858	-0,380	-0,660	-1,009	-0,630
1976	-0,602	-1,264	-1,576	-0,213	-0,383	-0,027	0,445	0,372	0,635	0,781	0,624	0,600
1977	0,726	-0,072	-0,093	-0,483	0,654	-0,052	-0,989	-0,267	-0,066	-0,060	0,251	-0,052
1978	0,288	-0,415	-0,625	-0,170	1,338	0,936	0,281	0,458	0,038	0,565	0,330	-0,017
1979	-0,530	-0,761	-0,750	0,041	1,044	-0,188	-0,912	-0,715	0,100	0,386	-0,042	-0,609
1980	0,431	1,766	1,224	1,443	0,909	1,282	1,479	0,342	-0,427	-0,337	0,201	-0,179
1981	-0,172	-0,551	-0,054	-0,127	-0,829	-0,526	-1,653	-0,921	1,001	0,708	0,129	-0,736
1982	-0,713	-0,273	-0,132	-0,530	-1,119	-1,625	0,230	0,003	-0,287	-0,258	-0,190	-0,447
1983	-0,984	-1,363	-2,014	-2,393	-1,969	-1,416	-2,257	-2,060	-1,642	-1,535	-2,007	-1,314
1984	-0,984	2,316	1,267	0,491	-0,345	-0,222	-0,912	-0,465	0,295	0,652	0,434	0,053
1985	-1,254	-1,123	-1,945	-2,253	-1,534	-1,165	0,348	-0,181	-1,261	-1,605	-1,482	-1,795
1986	0,215	0,321	0,684	0,203	1,350	1,184	0,230	-0,130	1,369	0,696	0,108	-0,547
1987	0,274	0,312	-0,687	0,674	2,472	-0,791	0,314	2,088	1,016	0,778	0,606	0,088
1988	-1,254	0,514	1,375	1,832	1,447	1,095	1,875	1,943	2,058	2,046	1,645	1,781
1989	2,363	3,093	2,731	1,620	0,396	1,905	1,008	-1,094	-0,864	-0,996	-1,392	-1,143
1990	0,230	-0,127	0,965	-0,127	-0,460	0,615	0,281	0,501	-0,003	-0,039	-0,563	-0,866
1991	-0,984	0,856	1,002	0,082	-0,640	1,302	0,585	-0,113	-0,109	0,111	-0,408	-0,693
1992	-0,548	0,235	-0,520	-0,870	-0,982	-0,283	-0,358	-0,302	1,148	0,987	1,170	0,915
1993	1,167	0,702	0,734	0,656	0,380	0,538	1,034	1,010	1,382	1,136	1,213	0,525
1994	-0,221	-0,285	-0,119	0,163	-0,579	-0,136	-0,422	-1,444	-1,707	-1,182	-0,932	-1,628
1995	-1,341	-0,901	-0,702	0,203	0,186	-0,058	-0,553	0,679	0,140	-0,444	-0,590	-0,368
1996	0,891	1,163	0,156	-0,084	0,364	-1,406	-1,178	0,797	-0,755	-0,399	-0,813	0,189
1997	0,513	-0,127	0,285	0,883	-0,364	-1,969	-0,337	0,679	-0,219	-0,390	-0,446	0,139
1998	1,726	0,460	-0,041	0,203	0,069	0,486	1,642	0,861	0,799	-0,300	-0,110	-0,216
1999	-0,373	-0,149	1,596	0,321	0,052	-0,090	0,143	0,386	-0,264	0,119	-0,471	-0,106
2000	-0,322	-0,227	-0,419	-0,483	-0,307	-1,221	-0,059	-2,031	-2,165	-2,546	-2,413	-1,601

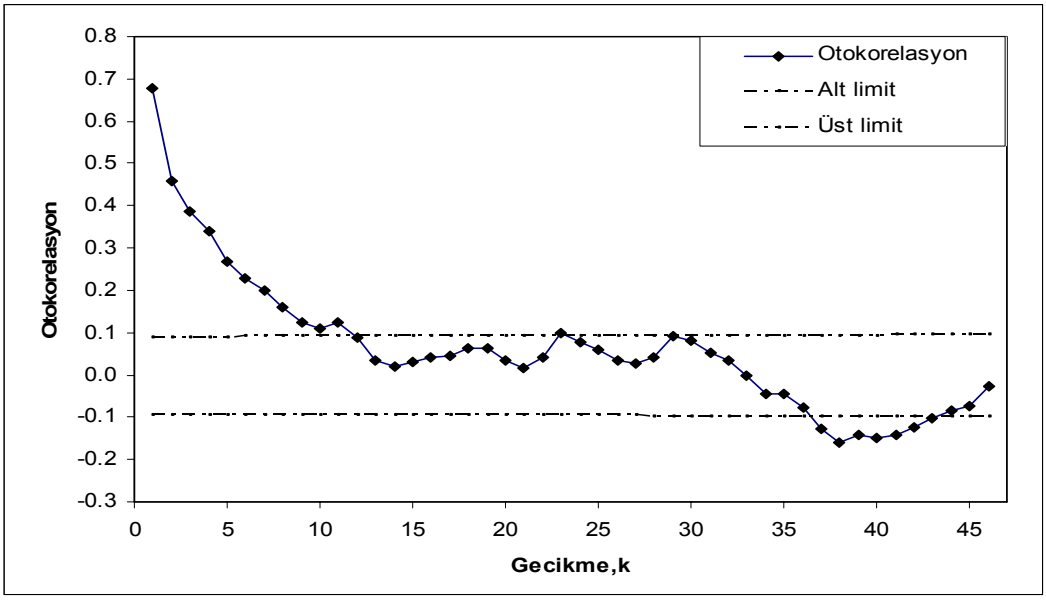
Tablo 4.7. 2305 nolu istasyona ait otokorelasyon katsayıları ve güven sınırları

k	r_k	%95 alt sınır	%95 üst sınır	k	r_k	%95 alt sınır	%95 üst sınır
1	0,678	-0,0940	0,0896	**24**	0,078	-0,0965	0,0919
2	0,459	-0,0941	0,0897	**25**	0,061	-0,0966	0,0920
3	0,388	-0,0942	0,0898	**26**	0,033	-0,0967	0,0921
4	0,340	-0,0943	0,0899	**27**	0,027	-0,0969	0,0922
5	0,267	-0,0944	0,0900	**28**	0,042	-0,0970	0,0923
6	0,229	-0,0945	0,0901	**29**	0,094	-0,0971	0,0924
7	0,199	-0,0946	0,0902	**30**	0,079	-0,0972	0,0925
8	0,160	-0,0947	0,0903	**31**	0,053	-0,0973	0,0926
9	0,125	-0,0948	0,0904	**32**	0,033	-0,0974	0,0927
10	0,108	-0,0949	0,0905	**33**	-0,002	-0,0975	0,0928
11	0,125	-0,0951	0,0906	**34**	-0,043	-0,0977	0,0929
12	0,087	-0,0952	0,0907	**35**	-0,046	-0,0978	0,0930
13	0,034	-0,0953	0,0908	**36**	-0,078	-0,0979	0,0931
14	0,019	-0,0954	0,0909	**37**	-0,127	-0,0980	0,0933
15	0,031	-0,0955	0,0910	**38**	-0,159	-0,0981	0,0934
16	0,042	-0,0956	0,0911	**39**	-0,143	-0,0983	0,0935
17	0,045	-0,0957	0,0912	**40**	-0,148	-0,0984	0,0936
18	0,062	-0,0958	0,0913	**41**	-0,143	-0,0985	0,0937
19	0,062	-0,0959	0,0914	**42**	-0,124	-0,0986	0,0938
20	0,033	-0,0961	0,0915	**43**	-0,102	-0,0987	0,0939
21	0,017	-0,0962	0,0916	**44**	-0,083	-0,0989	0,0940
22	0,043	-0,0963	0,0917	**45**	-0,074	-0,0990	0,0941
23	0,098	-0,0964	0,0918	**46**	-0,027	-0,0991	0,0942

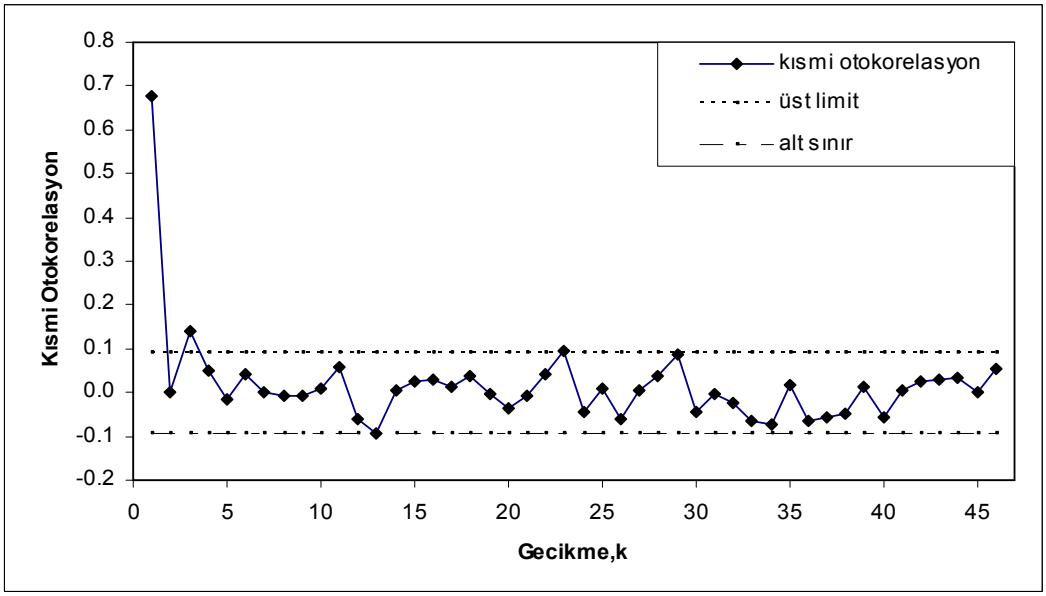
Tablo 4.8. 2305 nolu istasyona ait kısmi otokorelasyon katsayıları ve güven sınırları

k	ϕ_k	%95 alt sınır	%95 üst sınır	k	ϕ_k	%95 alt sınır	%95 üst sınır
1	0,678	-0,0918	0,0918	**24**	-0,046	-0,0918	0,0918
2	0,000	-0,0918	0,0918	**25**	0,010	-0,0918	0,0918
3	0,141	-0,0918	0,0918	**26**	-0,060	-0,0918	0,0918
4	0,048	-0,0918	0,0918	**27**	0,004	-0,0918	0,0918
5	-0,017	-0,0918	0,0918	**28**	0,038	-0,0918	0,0918
6	0,044	-0,0918	0,0918	**29**	0,086	-0,0918	0,0918
7	0,002	-0,0918	0,0918	**30**	-0,044	-0,0918	0,0918
8	-0,008	-0,0918	0,0918	**31**	-0,004	-0,0918	0,0918
9	-0,007	-0,0918	0,0918	**32**	-0,022	-0,0918	0,0918
10	0,010	-0,0918	0,0918	**33**	-0,066	-0,0918	0,0918
11	0,060	-0,0918	0,0918	**34**	-0,071	-0,0918	0,0918
12	-0,060	-0,0918	0,0918	**35**	0,015	-0,0918	0,0918
13	-0,094	-0,0918	0,0918	**36**	-0,064	-0,0918	0,0918
14	0,005	-0,0918	0,0918	**37**	-0,057	-0,0918	0,0918
15	0,024	-0,0918	0,0918	**38**	-0,047	-0,0918	0,0918
16	0,030	-0,0918	0,0918	**39**	0,015	-0,0918	0,0918
17	0,013	-0,0918	0,0918	**40**	-0,055	-0,0918	0,0918
18	0,038	-0,0918	0,0918	**41**	0,006	-0,0918	0,0918
19	-0,002	-0,0918	0,0918	**42**	0,023	-0,0918	0,0918
20	-0,038	-0,0918	0,0918	**43**	0,028	-0,0918	0,0918
21	-0,007	-0,0918	0,0918	**44**	0,032	-0,0918	0,0918
22	0,042	-0,0918	0,0918	**45**	0,002	-0,0918	0,0918
23	0,094	-0,0918	0,0918	**46**	0,054	-0,0918	0,0918

2305 numaralı istasyona ait Şekil 4.2'deki korelograma göre z_t serisinin önemli bir içsel bağımlılığı olduğu açıkça görülmektedir. Şekil 4.3'deki kısmi korelogramda ise k=1 ve k=3 değerlerindeki kısmi otokorelasyon katsayıları diğerlerine nazaran oldukça önemli çıkmıştır. Bu durum PAR(1) ve PAR(3) modellerini akla getirmektedir.



Şekil 4.2. 2305 nolu istasyona ait z_t serisinin korelogramı ve %95 güven aralığı



Şekil 4.3. 2305 nolu istasyona ait z_t serisinin kısmi korelogramı ve %95 güven aralığı

4.1.2. Parametre tahmini

Modelin derecesi hakkında kesin kararın verilebilmesi için PAR(1), PAR(2), PAR(3) ve PAR(4) modellerinin otokorelasyon fonksiyonları oluşturulmuş ve tarihi serinin z_t korelogramı ile kıyaslanmışlardır. Bu nedenle muhtemel modellere ait otoregresif katsayılar, "momentler metodu" ve "maksimum olabilirlik" metotlarına göre hesaplanmıştır. Momentler metoduna göre 2305 numaralı akım gözlem istasyonuna ait verilerin model parametrelerinin belirlenmesinde (3.27) denklemlerindeki $r_1 = 0.67793$, $r_2 = 0.45941$, $r_2 = 0.38764$ değerleri kullanılmış ve PAR(3) modeli için $\phi_1 = 0.67820$, $\phi_2 = -0{,}0961$, $\phi_3 = 0.1412$ model parametreleri bulunmuştur. Maksimum olabilirlik metoduna göre parametrelerin belirlenmesinde ise (3.29), (3.30), (3.31) denklemleri kullanılarak D_{ij} değerleri elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.9'da verilmiştir. Bulunan D_{ij} değerleri kullanılarak parametreler; $\phi_1 = 0.6763$, $\phi_2 = -0{,}0920$, $\phi_3 = 0.1485$ olarak bulunmuştur.

Tablo 4.9. 2305 nolu istasyona ait maksimum olabilirlik metodu için D_{ij} değerleri

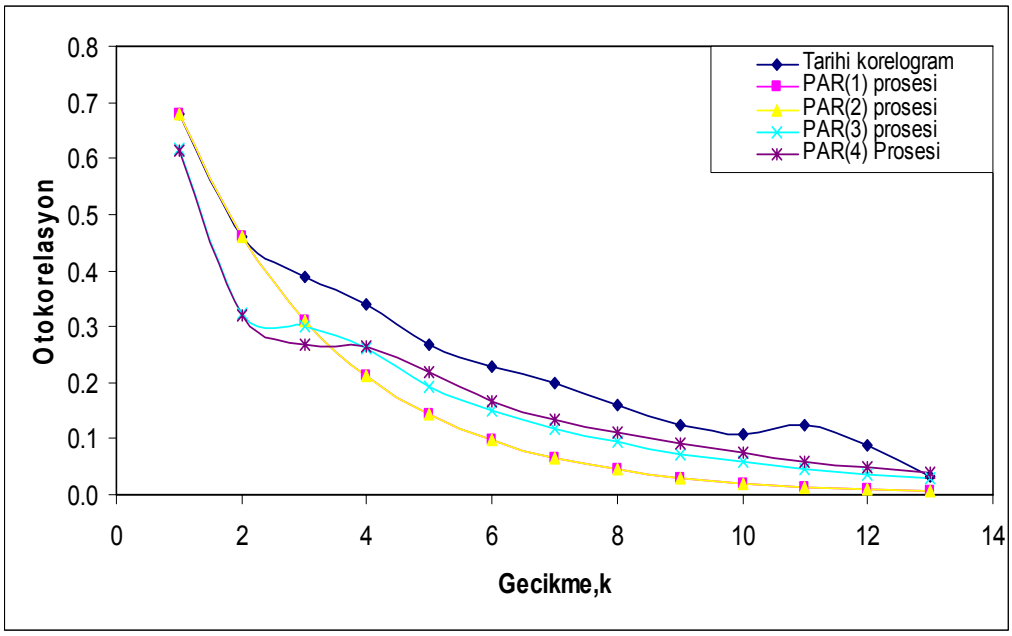
D_{11}	444.000	**D_{31}**	204.876
D_{12}	301.662	**D_{32}**	298.255
D_{13}	204.876	**D_{33}**	437.765
D_{14}	173.250	**D_{34}**	292.733
D_{15}	152.322	**D_{35}**	196.746
D_{21}	301.662	**D_{41}**	173.250
D_{22}	442.524	**D_{42}**	201.031
D_{23}	298.255	**D_{43}**	292.733
D_{24}	201.031	**D_{44}**	432.667
D_{25}	170.630	**D_{45}**	288.526

Çalışmada kullanılan 12 adet akım gözlem istasyonuna ait korelogramlardan ve kısmi korelogramlardan faydalanarak öngörülen model dereceleri doğrultusunda parametre tahminleri yapılmıştır. Her istasyon için öngörülen model derecelerine göre, momentler metodu ve maksimum olabilirlik metodu kullanılarak otoregresif parametreler elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 4.10'da verilmiştir.

Tablo 4.10. Muhtemel modellere ait otoregresif parametreler

İstasyon No	Yöntem	Seçilen Model	PAR(1)	PAR (2)		PAR (3)			PAR(4)			
			ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
2304	**Moment**	PAR(4)							0,6967	-0,0987	0,0833	0,0733
	Maksimum Olabilirlik	PAR(4)							0,7052	-0,0980	0,0830	0,0834
2305	**Moment**	PAR(3)				0,6782	-0,0961	0,1412				
	Maksimum Olabilirlik	PAR(3)				0,6763	-0,0920	0,1485				
2315	**Moment**	PAR(3)				0,5463	-0,0950	0,1769				
	Maksimum Olabilirlik	PAR(3)				0,5476	-0,0963	0,1807				
2316	**Moment**	PAR(3)				0,6275	-0,0680	0,1620				
	Maksimum Olabilirlik	PAR(3)				0,6220	-0,0587	0,1736				
2320	**Moment**	PAR(4)							0,6799	-0,0462	0,1966	-0,1010
	Maksimum Olabilirlik	PAR(4)							0,6698	-0,0298	0,2011	-0,0955
2321	**Moment**	PAR(4)							0,4617	-0,0304	0,1123	0,1064
	Maksimum Olabilirlik	PAR(4)							0,4609	-0,0322	0,1122	0,1065
2322	**Moment**	PAR(3)				0,5379	-0,0619	0,1996				
	Maksimum Olabilirlik	PAR(3)				0,5395	-0,0597	0,2060				
2323	**Moment**	PAR(3)				0,5715	-0,0265	0,1585				
	Maksimum Olabilirlik	PAR(3)				0,5747	-0,0249	0,1729				
2325	**Moment**	PAR(3)				0,5412	-0,1388	0,2695				
	Maksimum Olabilirlik	PAR(3)				0,5648	-0,1520	0,2920				
2328	**Moment**	PAR(1)	0,5169									
	Maksimum Olabilirlik	PAR(1)	0,5164									
2329	**Moment**	PAR(3)				0,6165	-0,0798	0,1761				
	Maksimum Olabilirlik	PAR(3)				0,6215	-0,0881	0,1914				
2330	**Moment**	PAR(1)	0,5846									
	Maksimum Olabilirlik	PAR(1)	0,5822									

Modelin derecesi hakkında kararın verilebilmesi için PAR(1), PAR(2), PAR(3) ve PAR(4) modellerine ait otokorelasyon fonksiyonlarının oluşturulması ve bu suretle tarihi serinin z_t korelogramı ile mukayese yoluna gidilmesi düşünülmüştür. Bu nedenle istasyonlara ait otokorelasyon fonksiyonları çizilmiş,. 2305 numaralı istasyonun tarihi korelogramı ve PAR(1), PAR(2), PAR(3), PAR(4) modellerine ait korelogramların uyumu Şekil 4.4'de verilmiştir. Görüldüğü gibi PAR(4) ve PAR(3) modellerine ait korelogramlar tarihi korelogramla daha uyumludur.



Şekil 4.4. 2305 nolu istasyona ait tarihi korelogram ile PAR(1), PAR(2), PAR(3), PAR(4) modellerine ait korelogramların uyumu

4.1.3. Seçilen modelin uygunluk testi

Aşağıda verilen denklem yardımıyla ε_t artık serileri bulunmuştur.

$$\varepsilon_t = z_t - \phi_1 z_{t-1} - \phi_2 z_{t-2} - \ldots\ldots\ldots - \phi_p z_{t-p}$$

Daha sonra hesaplanan ε_t artık serilerinin bağımsızlık kontrolü Port Manteau metodu ile yapılmıştır. Bunun için aşağıdaki denklem kullanılarak Q istatistiği hesaplanmıştır.

$$Q = N\sum_{k=1}^{L} r_k^2(\varepsilon)$$

Hesaplanan Q değeri (L-p) serbestlik derecesindeki ve istenilen olasılıktaki χ^2 (ki-kare) değeri ile kıyaslanmıştır. Olasılık seviyesi olarak 1-α=0. 95 alınmış ve Q değerinin χ^2 değerinden küçük olması durumunda artık serilerin bağımsız olduğu sonucuna varılmıştır. Tablo 4.11'de 12 istasyonda PAR modelleri için Port Manteau (Q) ve normalite testi sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.11. PAR modelleri için Port Manteau (Q) ve normalite testi sonuçları

İstasyon No	Yöntem	Q	L-p	$\chi^2_{0.95}$	Sonuç	γ_ε	γ
2304(4)	**Momentler**	41,689	35-4=31	44,602	Bağımsız	0,510	0,430
	Maks.olb.	42,319	35-4=31	44,602	Bağımsız	0,528	0,430
2305 (3)	**Momentler**	16,363	23-3=20	31,410	Bağımsız	0,327	0,430
	Maks.olb.	16,510	23-3=20	31,410	Bağımsız	0,332	0,430
2315 (3)	**Momentler**	11,907	22-3=19	30,144	Bağımsız	0,083	0,430
	Maks.olb.	11,900	22-3=19	30,144	Bağımsız	0,082	0,430
2316 (3)	**Momentler**	15,985	22-3=19	30,144	Bağımsız	0,153	0,430
	Maks.olb.	15,962	22-3=19	30,144	Bağımsız	0,160	0,430
2320 (4)	**Momentler**	18,898	19-4=15	24,996	Bağımsız	-0,200	0,430
	Maks.olb.	18,647	19-4=15	24,996	Bağımsız	-0,191	0,430
2321 (4)	**Momentler**	13,940	17-4=13	22,362	Bağımsız	0,085	0,430
	Maks.olb.	12,609	17-4=13	22,362	Bağımsız	0,085	0,430
2322 (3)	**Momentler**	9,355	17-4=13	22,362	Bağımsız	0,152	0,430
	Maks.olb.	8,991	17-4=13	22,362	Bağımsız	0,153	0,430
2323 (3)	**Momentler**	35,690	28-3=25	37,652	Bağımsız	0,110	0,430
	Maks.olb.	34,297	28-3=25	37,652	Bağımsız	0,110	0,430
2325 (3)	**Momentler**	5,826	16-3=13	22,362	Bağımsız	0,043	0,430
	Maks.olb.	5,384	16-3=13	22,362	Bağımsız	0,065	0,430
2328 (1)	**Momentler**	3,749	12-1=11	19,575	Bağımsız	0,123	0,430
	Maks.olb.	3,735	12-1=11	19,575	Bağımsız	0,123	0,430
2329 (3)	**Momentler**	8,701	12-3=9	16,919	Bağımsız	0,132	0,430
	Maks.olb.	7,909	12-3=9	16,919	Bağımsız	0,140	0,430
2330 (1)	**Momentler**	5,979	12-1=11	19,575	Bağımsız	0,175	0,430
	Maks.olb.	6,071	12-1=11	19,575	Bağımsız	0,176	0,430

Görüldüğü gibi 12 istasyonda hesaplanan Port Manteau (Q) değeri 0.95 olasılıktaki (L-p) serbestlik derecesine karşılık gelen χ^2 (ki-kare) değerinden küçüktür. Dolayısıyla bu istasyonlar için hesaplanan artık seriler bağımsızdır. Bu nedenle istasyonlar için seçilen model dereceleriyle işlemlere devam edilmiştir.

ε_t artık serileri p=3 için $\varepsilon_t = z_t - \phi_1 z_{t-1} - \phi_2 z_{t-2} - \phi_3 z_{t-3}$ şeklinde t=4 değerinden başlayarak 2305 nolu istasyon için hesaplanmıştır.

$$\varepsilon_4 = 0.123 - 0.676 * (-0.687) - (-0.092) * (-0.915) - 0.148 * (-0.924) = 0.640$$
$$\varepsilon_5 = 0.458 - 0.676 * 0.123 - (-0.092) * (-0.687) - 0.148 * (-0.915) = 0.447$$
……
……
……
……
$$\varepsilon_{456} = -1.601 - 0.676 * (-2.413) - (-0.092) * (-2.546) - 0.148 * (-2.165) = 0.118$$

Artık serilerin önemli bir içsel bağımlılığının olup olmadığını araştırmak için bağımsızlık testi yapılmıştır. Bunun için ilk olarak artık serilerin otokorelogramı hesaplanmış ve sonra L≈0.05*456≈23 alınarak Port Manteau metodu kullanılarak Q değeri bulunmuştur. Buna göre;

$$Q = N \sum_{k=1}^{L=23} r_k^2(\varepsilon) = 16,51 < 31,410 = \chi_{0,95}^2(20)$$

olduğu için artık serilerin bağımsız olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca artık serilere ait çarpıklık katsayısı γ_ε=0.332 olarak hesaplanmış ve normal dağıldığı kabul edilmiştir. Modellerin derecesinin uygunluğunu araştırmak için, PAR(p-1), PAR(p) ve PAR(p+1) modelleri arasında

$$AIC(p) = N * \ln(\sigma_\varepsilon^2) + 2p$$

denklemi kullanılarak AIC değerlerine göre bir kıyaslama yapılmıştır ve sonuçlar Tablo 4.12'de verilmiştir. Tablo 4.12'de her istasyon için başlangıçta seçilen PAR(p) modeli ile PAR(p-1) ve PAR(p+1) modelleri için belirlenen AIC değerleri arasında minimum AIC değerini veren model optimum model olarak kabul edilmiştir. Tabloda ayrıca seçilen modellere ait artık seri varyansları da verilmiştir.

PAR(0), PAR(1), PAR(2), PAR(3), PAR(4) modelleri arasında Akaike Bilgi Kriterini (AIC) kullanarak bir kıyaslama yapılmıştır. Bunun için ilk olarak (3.34) denklemini kullanmak suretiyle PAR(0), PAR(1), PAR(2), PAR(3), PAR(4) modelleri için ayrı ayrı σ_ε^2 değerleri hesaplanmıştır.

Tablo 4.12. PAR(p) modellerine ait AIC(p) değerleri

İstasyon No	Yöntem	AIC(0)	AIC(1)	AIC(2)	AIC(3)	AIC(4)	UYGUN MODEL	Artık Seri Varyansı σ_ε^2
2304	Momentler Yön.	-11,102	-479,347	-476,435	-486,468	**-487,272**	PAR(4)	0,4968
	Maks.Olb.Yön.	-11,102	-487,449	-484,549	-493,014	**-494,425**	PAR(4)	0,4918
2305	Momentler Yön.	-11,160	-288,792	-285,788	**-291,968**	-290,025	PAR(3)	0,5203
	Maks.Olb.Yön.	-11,160	-292,808	-289,825	**-296,922**	-295,170	PAR(3)	0,5146
2315	Momentler Yön.	-11,169	-162,130	-159,127	**-169,862**	-168,875	PAR(3)	0,6656
	Maks.Olb.Yön.	-11,169	-164,016	-161,016	**-172,371**	-171,353	PAR(3)	0,6617
2316	Momentler Yön.	-11,169	-250,995	-248,506	**-256,989**	-255,638	PAR(3)	0,5440
	Maks.Olb.Yön.	-11,169	-255,221	-253,161	**-263,137**	-262,488	PAR(3)	0,5363
2320	Momentler Yön.	-11,196	-263,107	-260,855	-264,113	**-265,477**	PAR(4)	0,4794
	Maks.Olb.Yön.	-13,002	-311,581	-310,136	-315,396	**-316,111**	PAR(4)	0,4722
2321	Momentler Yön.	-11,210	-112,867	-110,583	-116,981	**-117,930**	PAR(4)	0,6964
	Maks.Olb.Yön.	-11,210	-113,975	-111,686	-118,132	**-119,088**	PAR(4)	0,6941
2322	Momentler Yön.	-11,210	-147,604	-145,380	**-156,516**	-155,387	PAR(3)	0,6269
	Maks.Olb.Yön.	-11,210	-150,518	-148,454	**-160,480**	-159,515	PAR(3)	0,6198
2323	Momentler Yön.	-11,160	-232,084	-231,059	**-239,659**	-237,712	PAR(3)	0,5835
	Maks.Olb.Yön.	-11,160	-237,878	-237,310	**-247,970**	-246,161	PAR(3)	0,5730
2325	Momentler Yön.	-11,226	-123,645	-120,659	**-142,083**	-139,170	PAR(3)	0,6332
	Maks.Olb.Yön.	-11,226	-130,413	-127,427	**-152,521**	-149,759	PAR(3)	0,6131
2328	Momentler Yön.	-11,325	**-79,198**	-76,545	-73,583	-71,025	PAR(1)	0,7004
	Maks.Olb.Yön.	-11,325	**-80,487**	-77,879	-74,948	-72,405	PAR(1)	0,6964
2329	Momentler Yön.	-11,325	-128,866	-126,061	**-130,232**	-129,395	PAR(3)	0,5502
	Maks.Olb.Yön.	-11,325	-131,745	-128,957	**-134,448**	-133,767	PAR(3)	0,5401
2330	Momentler Yön.	-11,325	**-103,680**	-102,220	-99,223	-99,185	PAR(1)	0,6291
	Maks.Olb.Yön.	-11,325	**-104,701**	-103,230	-100,232	-100,241	PAR(1)	0,6263

Buna göre;

PAR(0) için: $\sigma_\varepsilon^2 = 0.9758 \rightarrow AIC(0) = 456 * \ln(0.9758) + 2 * 0 = -11.60$

PAR(1) için: $\sigma_\varepsilon^2 = 0.5239 \rightarrow AIC(1) = 456 * \ln(0.5239) + 2 * 1 = -292.808$

PAR(2) için:

$\sigma_\varepsilon^2 = 0.5250 \rightarrow AIC(2) = 456 * \ln(0.5250) + 2 * 2 = -289.825$

PAR(3) için:

$\sigma_\varepsilon^2 = 0.5146 \rightarrow AIC(3) = 456 * \ln(0.5146) + 2 * 3 = -296.922$

PAR(4) için:

$\sigma_\varepsilon^2 = 0.5143 \rightarrow AIC(4) = 456 * \ln(0.5143) + 2 * 4 = -295.170$

AIC(3) değeri AIC(0), AIC(1), AIC(2), AIC(4) değerlerinden daha küçük çıktığı için seçilen PAR(3) modeli ile işlemlere devam edilecektir. Çünkü AIC değeri minimum olan model en uygun modeldir.

4.1.4. Modele ait ilave testler

Her istasyon için 50'şer adet sentetik seri üretilmiş, daha sonra $y_{v,\tau}=z_{v,\tau}*\sigma_\tau+\mu_\tau$ dönüşümü ile de $y_{v,\tau}$ değerleri elde edilmiştir. Daha sonra üretilen sentetik serilere $x_{v,\tau} = 10^{y_{v,\tau}}$ ters transformasyonu uygulanmak suretiyle sentetik orijinal debi değerleri elde edilmiştir.

İlk olarak tarihi $x_{v,\tau}$ serisine ait istatistiki karakteristiklerden otokorelasyon katsayıları ($r_k(x_{v,\tau})$), periyodik ortalamalar (μ_τ) ve periyodik standart sapmalar (σ_τ) hesaplanmıştır. Daha sonra her bir sentetik seri için aynı karakteristikler hesaplanarak tarihi serinin karakteristiklerine ait %95 güven aralığı hesaplanmıştır. Tarihi korelogramlar, ortalamalar ve standart sapmaların kontrollerinin sonucunda her istasyon için belirlenen modelin o istasyona ait tarihi serinin istatistiksel karakteristiklerini muhafaza ettiği görülmüştür.

Aylık ortalama akımların otoregresif modellemesinde 12 istasyon için PAR modelleri belirlenmiştir. Fazla yer tutmaması için sadece 2305'nolu istasyona ait karşılaştırmaya yer verilmiştir.

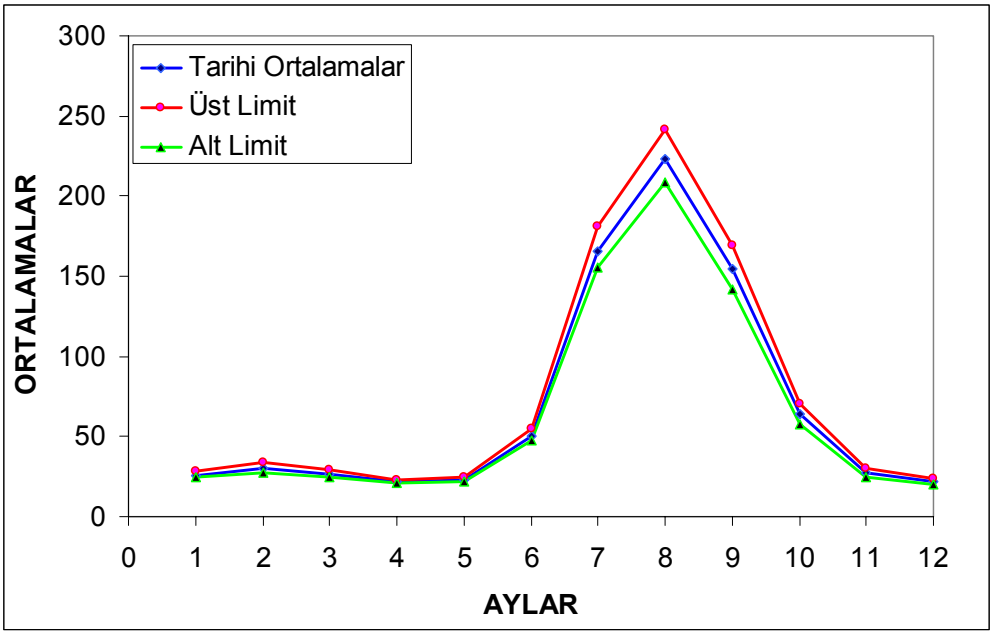
2305 numaralı istasyon için kurulan $z_t=0.6763*z_{t-1}-0,0920*z_{t-2}+0.1485*z_{t-3}+\varepsilon_t$ modeli yardımıyla 50 adet sentetik seri üretilmiştir. Sonra $y_{v,\tau}=z_{v,\tau}*\sigma_\tau+\mu_\tau$ dönüşümü ile $y_{v,\tau}$ değerleri elde edilmiştir. Daha sonra üretilen sentetik serilere $x_{v,\tau}=10^{y_{v,\tau}}$ ters transformasyonu uygulanmak suretiyle sentetik orijinal debi değerleri elde edilmiştir.

4.1.4.1. Ortalamaların kontrolü

2305 numaralı istasyonda üretilen 50 adet sentetik serinin her ayı için ortalamalar ve bunlara ait standart sapmalar kullanılarak alt ve üst limitler elde edilmiştir (Tablo 4.13). 2305 numaralı istasyona ait tarihi periyodik ortalamalar ve %95 güven aralıkları Şekil 4.5'de verilmiştir. Şekilde tarihi ortalamaların bütün aylarda güven sınırları içerisinde kaldığı görülmektedir.

Tablo 4.13. 2305 numaralı istasyona ait tarihi ortalamalar ve %95 güven aralığı

AYLAR	Serilerin Ort.Ortalaması	Serilerin Ort. St.Sapması	Alt Limit X-1.96σ	Tarihi Ortalamalar	Üst Limit X+1.96σ
1	26.103	0.756	24.620	25.953	27.585
2	30.495	1.200	28.143	30.029	32.848
3	26.999	1.010	25.019	26.911	28.979
4	22.035	0.537	20.981	21.932	23.088
5	23.294	0.689	21.944	23.150	24.645
6	51.271	2.178	47.003	49.897	55.539
7	169.702	6.310	157.335	165.458	182.069
8	226.057	7.333	211.684	223.474	240.430
9	156.350	7.020	142.591	155.011	170.110
10	63.565	3.624	56.463	64.203	70.668
11	27.163	1.222	24.769	27.511	29.558
12	21.894	0.743	20.438	21.895	23.350



Şekil 4.5. 2305 numaralı istasyona ait tarihi ortalamalar ve %95 güven aralığı

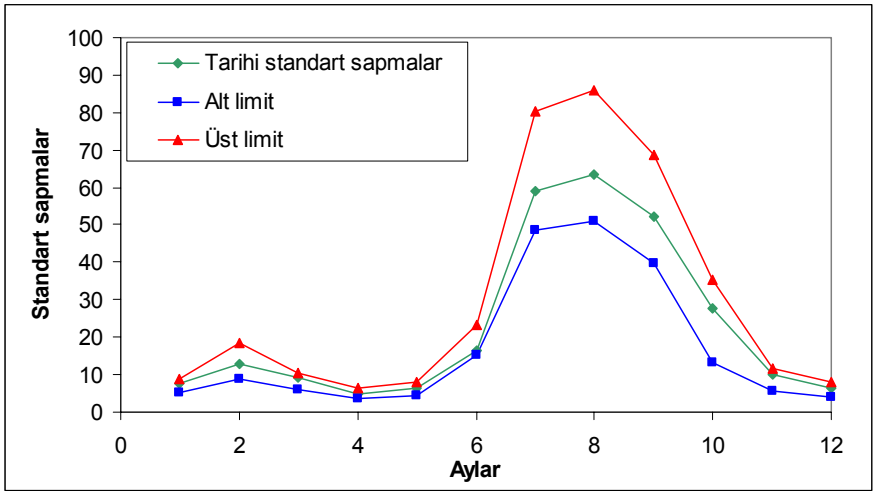
4.1.4.2. Standart sapmaların kontrolü

2305 numaralı istasyonda üretilen 50 adet sentetik serinin her ayı için hesaplanan standart sapmaların ortalaması, bunlara ait standart sapmalar kullanılarak alt ve üst limitler bulunmuştur (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. 2305 numaralı istasyona ait tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı

AYLAR	Serilerin St. Sap.Ortalaması	Serilerin St.Sap Ort. St.Sapması	Alt Limit X-1.96σ	Tarihi Değerler	Üst Limit X+1.96σ
1	7.2027	0.8233	5.5892	8.8163	7.4665
2	13.2930	2.3606	8.6662	17.9199	12.7926
3	7.9678	1.0606	5.8891	10.0466	9.0709
4	4.9928	0.5451	3.9245	6.0612	4.9633
5	6.4194	0.9676	4.5228	8.3159	6.2277
6	19.4575	2.8040	13.9616	24.9533	16.6304
7	66.2141	8.1905	50.1608	82.2674	59.1373
8	65.3198	6.9820	51.6352	79.0045	63.6208
9	53.7568	8.4097	37.2737	70.2398	52.3352
10	23.7956	3.8688	16.2127	31.3784	27.7209
11	8.4199	1.2693	5.9321	10.9076	9.9594
12	5.8260	0.7374	4.3807	7.2713	6.4854

2305 numaralı istasyona ait tarihi periyodik standart sapmalar ve % 95 güven sınırları Şekil 4.6'da verilmiştir. Şekilde tarihi standart sapma değerlerinin bütün aylarda güven sınırları içerisinde kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.6. 2305 numaralı istasyona ait tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı

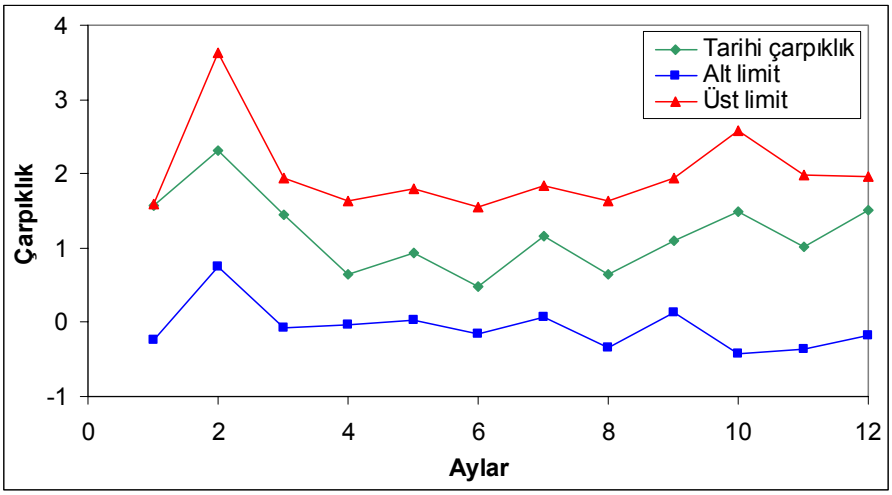
4.1.4.3. Çarpıklık kontrolü

2305 numaralı istasyonda üretilen 50 adet sentetik serinin her ayı için hesaplanan çarpıklıkların ortalaması, bunlara ait standart sapmalar kullanılarak alt ve üst limitler bulunmuştur (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. 2305 numaralı istasyona ait tarihi çarpıklıklar ve %95 güven aralığı

AYLAR	Serilerin Çarpıklıkların Ortalaması	Serilerin Çarpıklıklarının Ort. St.Sapması	Alt Limit X-1.96σ	Tarihi Değerler	Üst Limit X+1.96σ
1	0.6751	0.4653	-0.2368	1.5656	1.5871
2	2.1870	0.7366	0.7433	2.3202	3.6306
3	0.9314	0.5168	-0.0815	1.4570	1.9443
4	0.7972	0.4276	-0.0408	0.6382	1.6353
5	0.9154	0.4520	0.0296	0.9427	1.8013
6	0.6930	0.4333	-0.1563	0.4776	1.5423
7	0.9465	0.4510	0.0624	1.1578	1.8305
8	0.6525	0.5043	-0.3359	0.6363	1.6409
9	1.0410	0.4626	0.1344	1.1037	1.9476
10	1.0772	0.7692	-0.4304	1.4833	2.5848
11	0.8164	0.5965	-0.3527	1.0234	1.9854
12	0.8852	0.5452	-0.1834	1.5091	1.9538

2305 numaralı istasyona ait tarihi periyodik çarpıklıklar ve % 95 güven sınırları Şekil 4.7'de verilmiştir. Şekilde tarihi çarpıklık değerlerinin bütün aylarda güven sınırları içerisinde kaldığı görülmektedir.



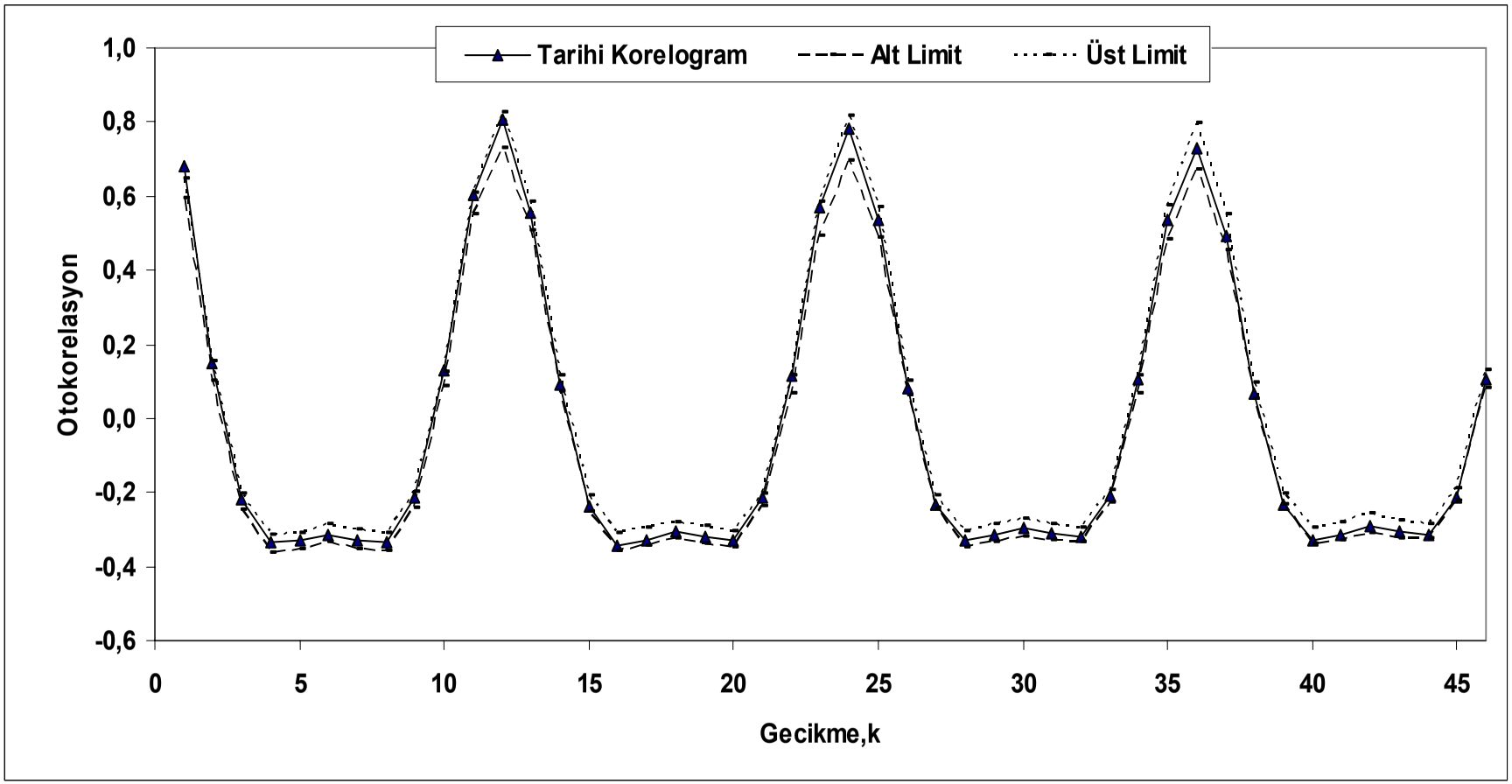
Şekil 4.7. 2305 numaralı istasyona ait tarihi çarpıklıklar ve %95 güven aralığı

4.1.4.4. Korelogramın kontrolü

2305 numaralı istasyonda üretilen 50 adet sentetik seriye ait otokorelasyon katsayıları bulunmuştur. Bulunan otokorelasyon katsayılarının ortalamaları, standart sapmaları ve bunlara ait alt ve üst limitler elde edilmiştir (Tablo 4.16). PAR(3) modelinin belirlendiği 2305 numaralı istasyonun tarihi korelogramına ait % 95 güven aralığı Şekil 4.8'de verilmiştir. Şekilde 1. ve 10. gecikme değerlerinde % 95 güven aralığı sınırları aşılmaktadır. Ancak bu durum kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalmaktadır (0.05× 46 =2.3)

Tablo 4.16. k gecikmelerine ait ortalamalar, standart sapmalar ve %95 güven aralıkları

k	$\bar{r}_k$	ST.SAPMA	ALT LİMİT.	Tarihi K.	ÜST LİMİT.
1	0,6191	0,0135	0,5925	0,6807	0,6456
2	0,1277	0,0146	0,0992	0,1516	0,1562
3	-0,2256	0,0121	-0,2493	-0,2160	-0,2019
4	-0,3390	0,0121	-0,3627	-0,3365	-0,3153
5	-0,3319	0,0122	-0,3558	-0,3301	-0,3080
6	-0,3118	0,0123	-0,3360	-0,3133	-0,2877
7	-0,3269	0,0125	-0,3514	-0,3300	-0,3025
8	-0,3333	0,0115	-0,3559	-0,3350	-0,3108
9	-0,2207	0,0109	-0,2421	-0,2146	-0,1993
10	0,1068	0,0098	0,0876	0,1302	0,1260
11	0,5784	0,0154	0,5481	0,6060	0,6087
12	0,7778	0,0240	0,7308	0,8080	0,8249
13	0,5449	0,0190	0,5076	0,5531	0,5821
14	0,0943	0,0103	0,0741	0,0897	0,1146
15	-0,2302	0,0103	-0,2505	-0,2390	-0,2100
16	-0,3350	0,0120	-0,3586	-0,3431	-0,3114
17	-0,3207	0,0123	-0,3447	-0,3284	-0,2966
18	-0,3030	0,0121	-0,3266	-0,3062	-0,2793
19	-0,3153	0,0117	-0,3383	-0,3210	-0,2924
20	-0,3256	0,0107	-0,3466	-0,3277	-0,3046
21	-0,2221	0,0083	-0,2383	-0,2146	-0,2058
22	0,0906	0,0123	0,0665	0,1155	0,1148
23	0,5370	0,0239	0,4901	0,5685	0,5839
24	0,7540	0,0310	0,6932	0,7805	0,8148
25	0,5277	0,0212	0,4862	0,5344	0,5692
26	0,0806	0,0105	0,0599	0,0799	0,1013
27	-0,2266	0,0085	-0,2433	-0,2328	-0,2098
28	-0,3265	0,0115	-0,3490	-0,3310	-0,3040
29	-0,3109	0,0117	-0,3338	-0,3136	-0,2880
30	-0,2935	0,0123	-0,3176	-0,2940	-0,2695
31	-0,3071	0,0118	-0,3303	-0,3094	-0,2840
32	-0,3155	0,0107	-0,3364	-0,3172	-0,2946
33	-0,2109	0,0079	-0,2264	-0,2095	-0,1954
34	0,0921	0,0120	0,0686	0,1056	0,1157
35	0,5286	0,0244	0,4808	0,5380	0,5764
36	0,7347	0,0317	0,6726	0,7284	0,7968
37	0,5036	0,0250	0,4547	0,4935	0,5526
38	0,0764	0,0110	0,0549	0,0675	0,0979
39	-0,2179	0,0084	-0,2344	-0,2306	-0,2014
40	-0,3175	0,0107	-0,3385	-0,3289	-0,2964
41	-0,3046	0,0117	-0,3275	-0,3164	-0,2816
42	-0,2829	0,0130	-0,3084	-0,2930	-0,2575
43	-0,2996	0,0117	-0,3224	-0,3055	-0,2767
44	-0,3063	0,0102	-0,3264	-0,3136	-0,2862
45	-0,2071	0,0088	-0,2244	-0,2111	-0,1898
46	0,1051	0,0119	0,0818	0,1037	0,1284



Şekil 4.8. 2305 numaralı istasyona ait tarihi korelogram $r_k(x_{v,\tau})$ ve %95 güven aralığı

Tarihi korelogram, ortalama, çarpıklık ve standart sapmaların kontrollerinin sonucunda 2305 numaralı istasyon için belirlenen PAR(3) modeline ait istatistiksel karakteristiklerin tarihi serinin karakteristiklerini muhafaza ettiği görülmektedir. Sonuç olarak bu istasyon için PAR(3) en uygun model olarak belirlenmiştir.

4.2. Geleceğe Yönelik Tahminler

Bu bölümde istasyonlar için kurulan matematiksel modellerle geleceğe yönelik tahminlerde bulunulmuş ve bu tahminlerin gözlenen akım değerleriyle uygunluğu araştırılmıştır. Bu işlem 2305, 2315, 2316, 2322, 2328 istasyonları için gerçekleştirilmiştir.

2305 nolu istasyonda 1996 yılına ait veriler kullanılarak 1997 yılına ait veriler tahmin edilmiş ve bu veriler gözlenen akım değerleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 4.17). Şekil 4.9 da tarihi ve tahmini akımların uyumu, Şekil 4.10'da da tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon 2305 nolu istasyon için verilmiştir.

2315 nolu istasyonda 1998 yılına ait veriler kullanılarak 1999 yılına ait veriler tahmin edilmiş ve bu veriler gözlenen akım değerleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 4.18). Şekil 4.11'de tarihi ve tahmini akımların uyumu, Şekil 4.12'de de tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon 2315 nolu istasyon için verilmiştir.

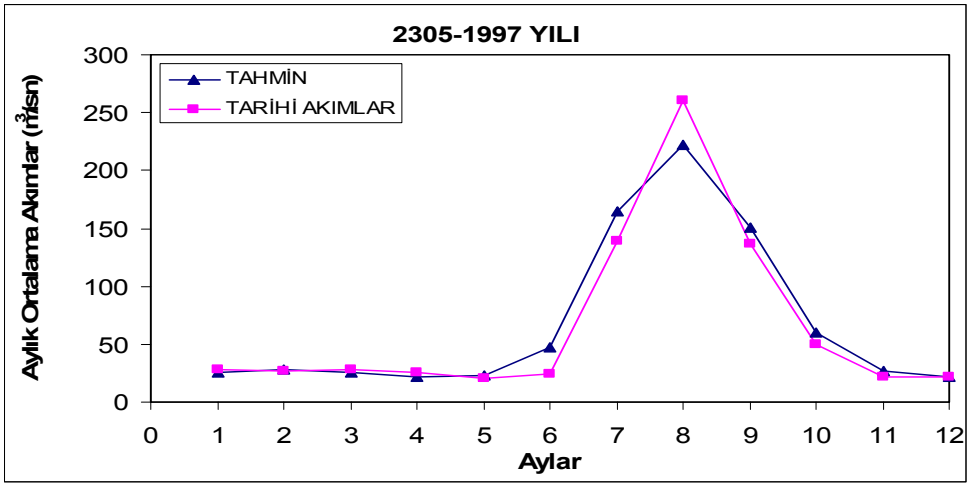
2316 nolu istasyonda 1996 yılına ait veriler kullanılarak 1997 yılı verileri tahmin edilmiş ve bu veriler gözlenen akım değerleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 4.19). Şekil 4.13'de tarihi ve tahmini akımların uyumu, Şekil 4.14'te detarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon 2316 nolu istasyon için verilmiştir.

2322 nolu istasyonda 1981 yılına ait veriler kullanılarak 1982 yılına ait veriler tahmin edilmiş ve bu veriler gözlenen akım değerleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 4.20). Şekil 4.15'de tarihi ve tahmini akımların uyumu, Şekil 4.16'da da tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon 2322 nolu istasyon için verilmiştir.

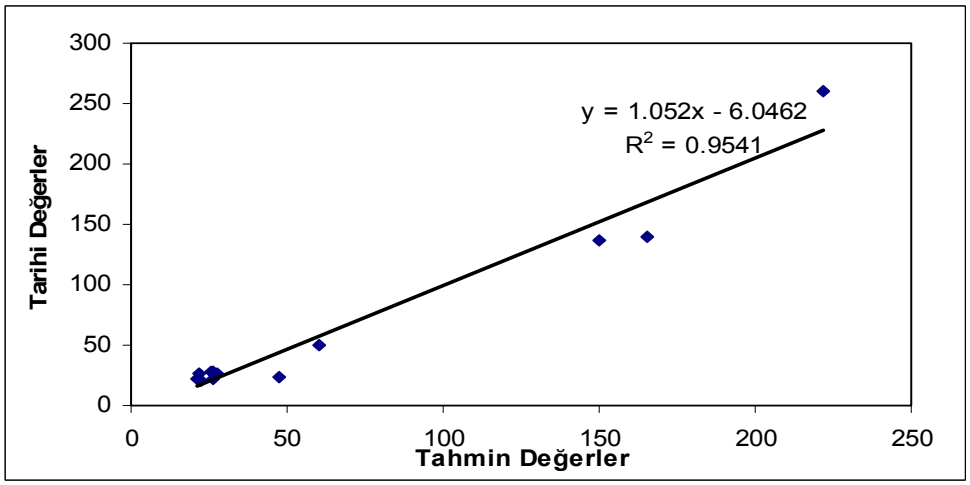
2328 nolu istasyonda 1987 yılına ait veriler kullanılarak 1988 yılına ait veriler tahmin edilmiş ve bu veriler gözlenen akış değerleriyle karşılaştırılmıştır (Tablo 4.21). Şekil 4.17'de tarihi ve tahmini akımların uyumu, Şekil 4.18'de de tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon 2328 nolu istasyon için verilmiştir.

Tablo 4.17. Aylık seriler için tahmin değerleri (2305)

2305 Nolu İstasyon (PAR3)		
AY	**TAHMİNİ DEĞERLER**	**TARİHİ DEĞERLER(1997)**
1	26,0	28,6
2	27,8	27,0
3	25,5	28,0
4	21,5	26,1
5	22,4	20,4
6	47,2	24,2
7	165,3	139,0
8	221,9	261,0
9	150,1	137,0
10	60,5	50,4
11	26,3	22,1
12	21,3	21,9



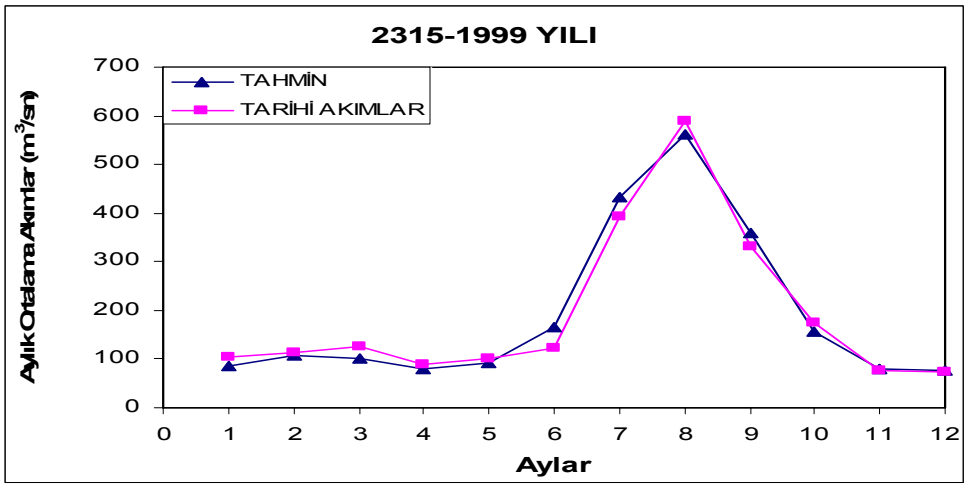
Şekil 4.9. Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2305)



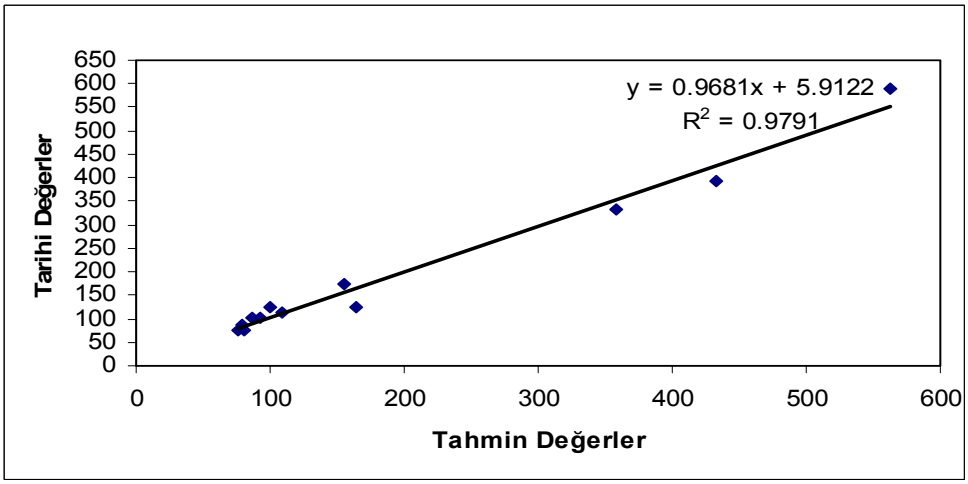
Şekil 4.10. Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2305)

Tablo 4.18. Aylık seriler için tahmin değerleri (2315)

2315 Nolu İstasyon (PAR 3)		
AY	**TAHMİNİ DEĞERLER**	**TARİHİ DEĞERLER(1999)**
1	86,4	103,0
2	108,7	114,0
3	100,3	126,0
4	78,9	88,3
5	93,0	101,0
6	164,9	124,0
7	433,3	392,0
8	562,9	590,0
9	358,1	332,0
10	155,5	175,0
11	80,2	76,2
12	76,1	74,4



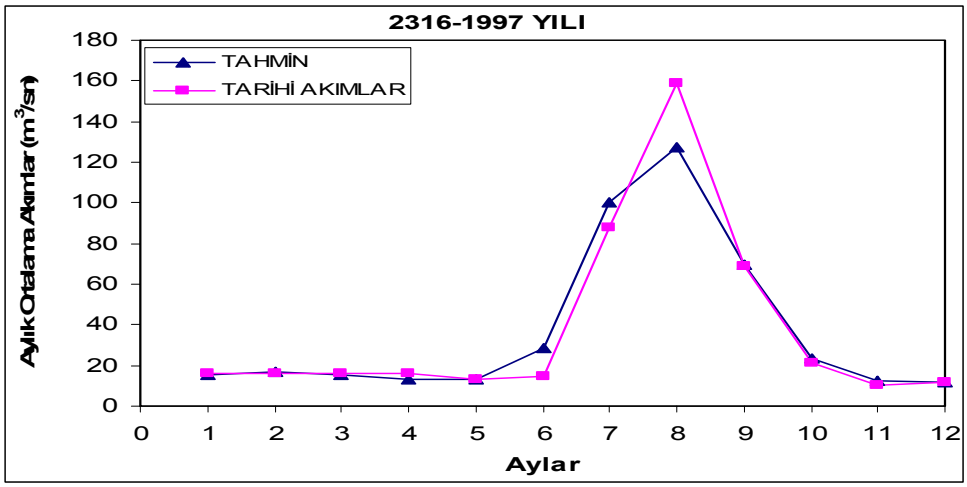
Şekil 4.11. Tarihi ve tahmini akımlarının uyumu (2315)



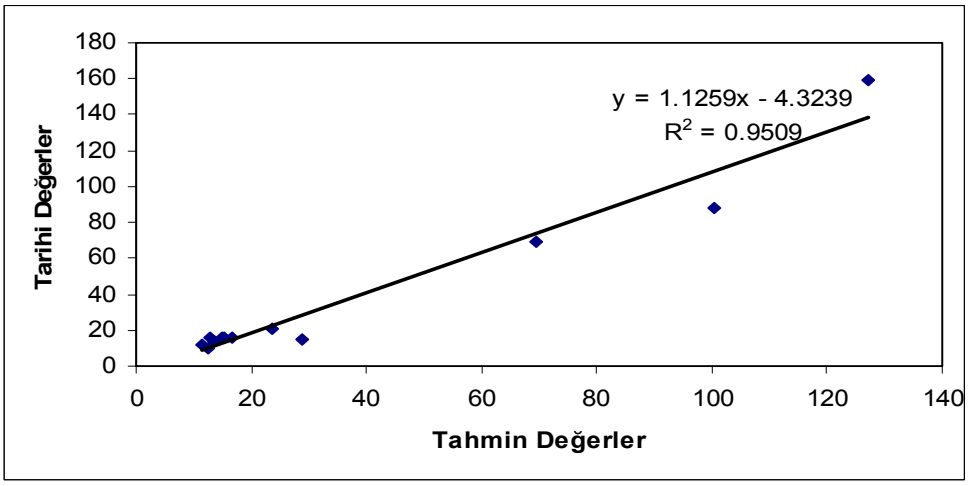
Şekil 4.12. Tarihi ve tahmini akımlar arasındaki korelasyon (2315)

Tablo 4.19. Aylık seriler için tahmin değerleri (2316)

2316 Nolu İstasyon (PAR3)		
AY	**TAHMİN DEĞERLER**	**TARİHİ DEĞERLER(1997)**
1	15,4	16,2
2	16,6	16,3
3	15,1	15,9
4	12,9	16,1
5	13,5	13,5
6	28,8	14,6
7	100,2	87,7
8	127,1	159,0
9	69,6	69,1
10	23,8	21,2
11	12,6	10,3
12	11,3	11,4



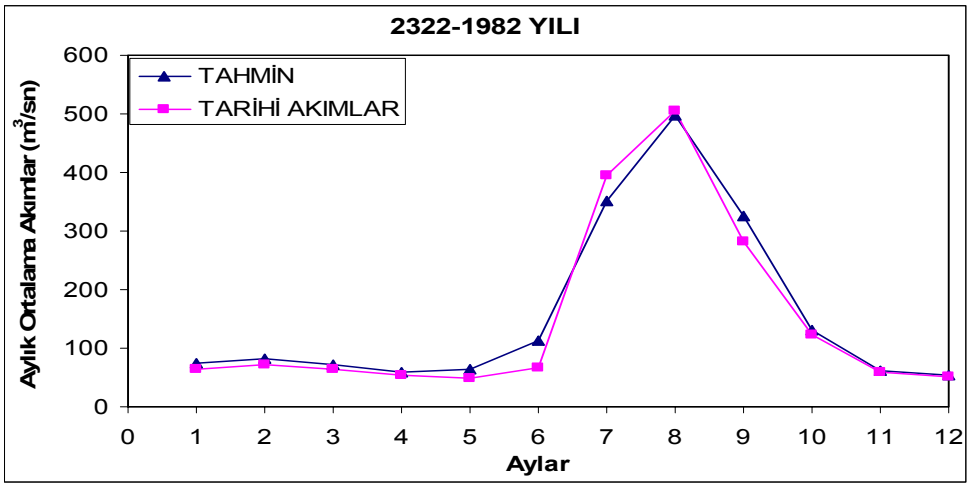
Şekil 4.13. Tarihi ve tahmin akımlarının uyumu (2316)



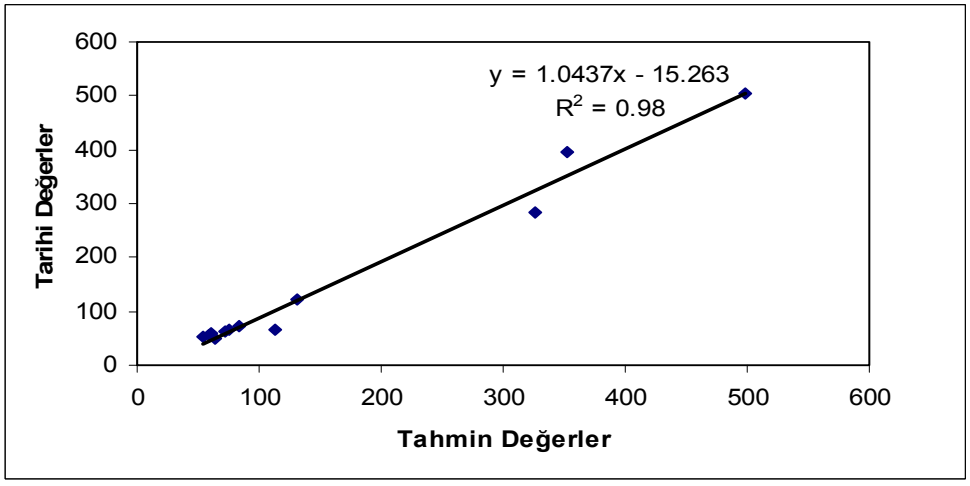
Şekil 4.14. Tarihi ve tahmin akımlar arasındaki korelasyon (2316)

Tablo 4.20. Aylık seriler için tahmin değerleri (2322)

2322 Nolu İstasyon (PAR3)		
AY	TAHMİN DEĞERLER	TARİHİ DEĞERLER(1982)
1	74,6	64,6
2	83,2	71,2
3	72,6	63,0
4	59,1	54,8
5	64,2	49,4
6	112,5	65,9
7	352,5	396,0
8	498,0	506,0
9	326,3	282,0
10	130,7	123,0
11	60,8	60,0
12	53,8	51,9



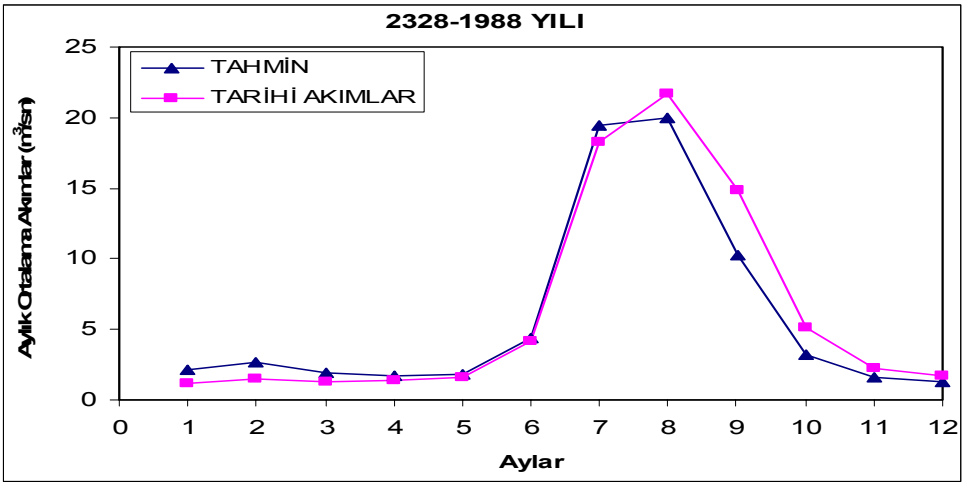
Şekil 4.15. Tarihi ve tahmin akımlarının uyumu (2322)



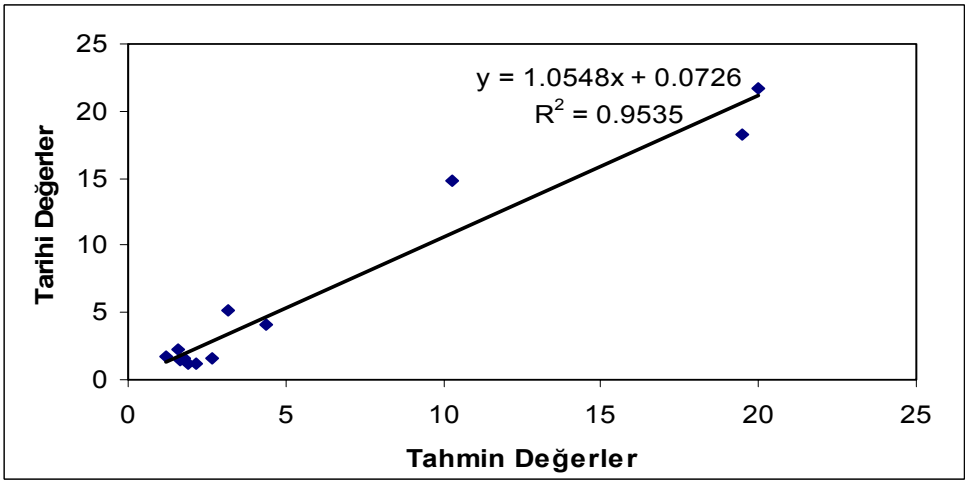
Şekil 4.16. Tarihi ve tahmin akımlar arasındaki korelasyon (2322)

Tablo 4.21. Aylık seriler için tahmin değerleri (2328)

2328 Nolu İstasyon (PAR1)		
AYLAR	**TAHMİN DEĞERLER**	**TARİHİ DEĞERLER(1988)**
1	2,1	1,1
2	2,6	1,5
3	1,9	1,3
4	1,7	1,4
5	1,8	1,6
6	4,4	4,1
7	19,5	18,3
8	20,0	21,7
9	10,3	14,8
10	3,2	5,1
11	1,6	2,3
12	1,2	1,8



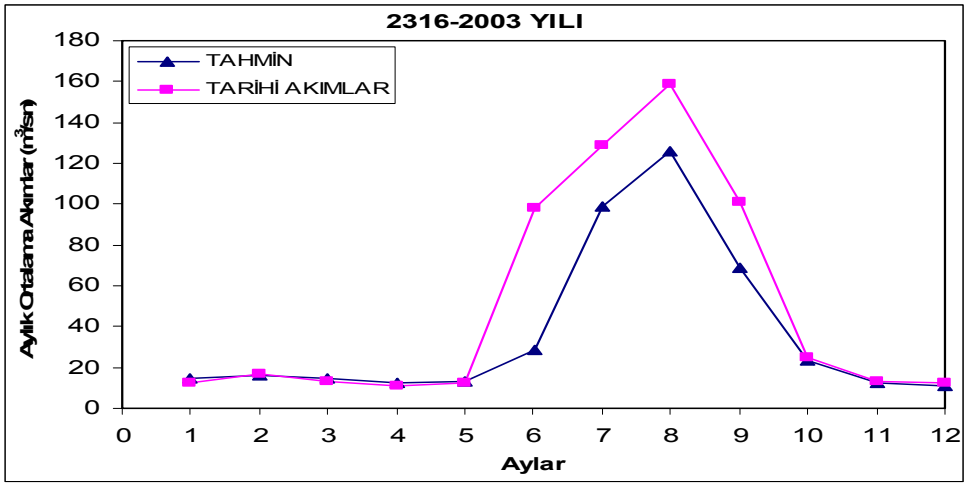
Şekil 4.17. Tarihi ve tahmin akımlarının uyumu (2328)



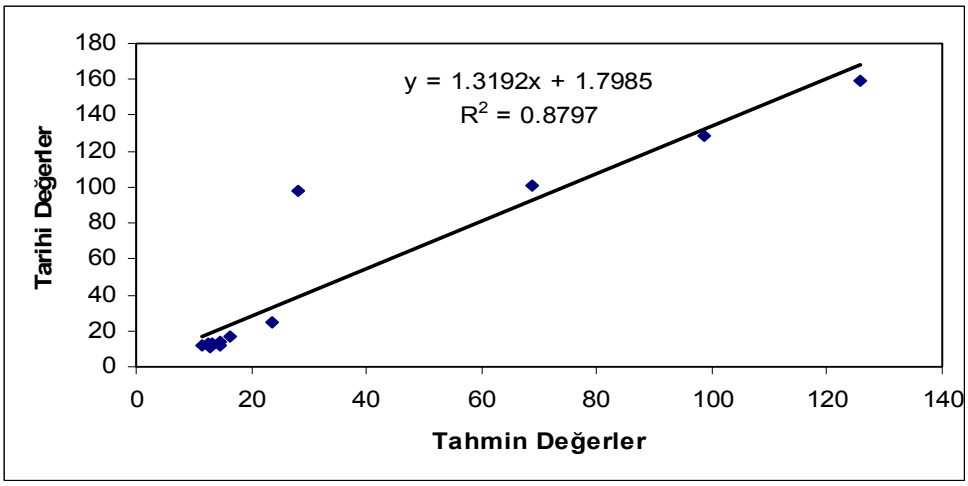
Şekil 4.18. Tarihi ve tahmin akımlar arasındaki korelasyon (2328)

Tablo 4.22. Aylık seriler için tahmin değerleri (2316)

2316 (PAR3)		
AY	**TAHMİN DEĞERLER**	**TARİHİ DEĞERLER(2003)**
1	14.5	12.2
2	16.4	17.0
3	14.7	13.4
4	12.7	11.2
5	13.3	12.4
6	28.3	97.8
7	98.8	129.0
8	125.7	159.0
9	68.9	101.0
10	23.5	24.8
11	12.6	13.0
12	11.3	12.1



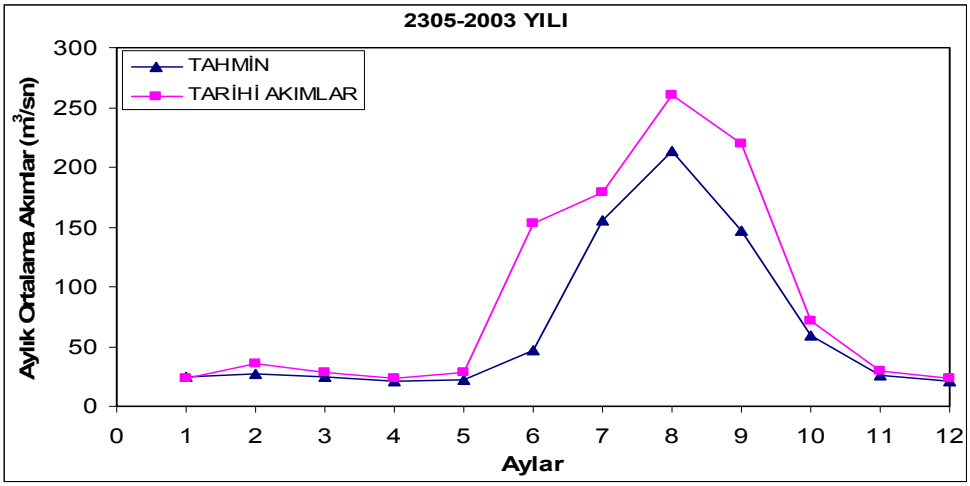
Şekil 4.19. Tarihi ve tahmin akımlarının uyumu (2316)



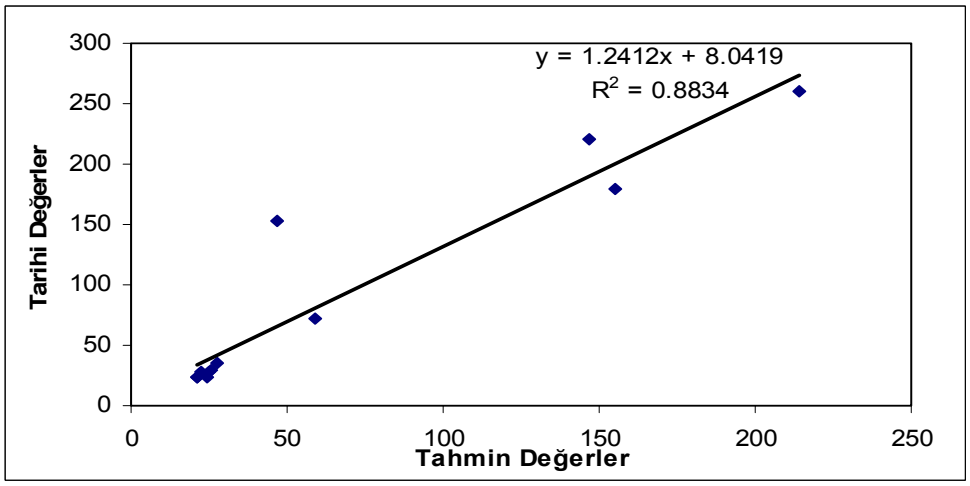
Şekil 4.20. Tarihi ve tahmin akımlar arasındaki korelasyon (2316)

Tablo 4.23. Aylık seriler için tahmin değerleri (2305)

2305 Nolu İstasyon		
AY	**TAHMİN DEĞERLER**	**TARİHİ DEĞERLER(2003)**
1	24.6	23.3
2	27.6	35.6
3	25.2	28.4
4	21.2	23.4
5	22.2	28.0
6	46.8	153.0
7	155.0	179.0
8	213.8	260.0
9	146.5	220.0
10	58.9	71.7
11	25.8	29.6
12	21.1	23.3



Şekil 4.21. Tarihi ve tahmin akımlarının uyumu (2305)



Şekil 4.22. Tarihi ve tahmin akımlar arasındaki korelasyon (2305)

Yapılan bütün kontroller sonucunda 12 istasyona ait aylık ortalama akım değerlerini temsil eden periyodik otoregresif modellerin (PAR) matematiksel ifadeleri verilmiştir. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişiminin ve aralarındaki uyumun izlenmesi amacıyla grafikleri çizilmiştir. İncelenen 12 adet akım gözlem istasyonuna ait korelogram ve kısmi korelogramlar EKB'de verilmiştir. Transforme tarihi ($y_{v,\tau}$) ve sentetik akım değerlerinin aylara göre değişimi ile ilgili grafikler EKC'de verilmiştir. Kullanılan istasyonlar için belirlenen modellerin güvenilirliği için yapılan kontroller sonucunda, seçilen modellerin istatistiksel karakteristiklerinin tarihi serinin istatistiksel karakteristiklerini muhafaza edip etmediğini belirlemek amacıyla çizilen grafikler ise EKD'de verilen grafiklerde görülmektedir. EKC ve EKD'de verilen grafiklerin incelenmesi sonucunda belirlenen modellerin incelenen istasyonlara ait akım verilerini temsil ettiği görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada Çoruh Havzası'nda Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından işletilen 12 adet akım gözlem istasyonunun (AGİ) aylık ortalama akım verileri kullanılarak aylık ortalama akımların stokastik modelleri kurulmuştur. Yıllık ve aylık seriler için otoregresif (AR) modellerin metodolojisi ayrıntılı bir şekilde verilerek aylık serilerin periyodik AR (PAR) modellerinin matematiksel ifadeleri bulunmuştur. Yapılan analizler sonucunda, 12 istasyonda aylık akımlar için elde edilen en uygun PAR(p) modelleri Tablo 5.1'de verilmiştir. Aylık akımlar için kurulan modeller yardımıyla bütün istasyonlar için 50 adet sentetik seri üretilmiş ve kurulan modellerin tarihi serilere ait karakteristikleri muhafaza edip etmediği kontrol edilmiştir.

Tablo 5.1. 12 istasyon için kurulan PAR(p) model ifadeleri

İstasyon No	Seçilen Model	Matematiksel Model
2304	PAR(4)	$z_t = 0{,}705 \times z_{t-1} - 0{,}098 \times z_{t-2} + 0{,}083 \times z_{t-3} + 0{,}083 \times z_{t-4} + 0{,}492\xi$
2305	PAR(3)	$z_t = 0{,}676 \times z_{t-1} - 0{,}092 \times z_{t-2} + 0{,}148 \times z_{t-3} + 0{,}515\xi$
2315	PAR(3)	$z_t = 0{,}548 \times z_{t-1} - 0{,}096 \times z_{t-2} + 0{,}181 \times z_{t-3} + 0{,}662\xi$
2316	PAR(3)	$z_t = 0{,}622 \times z_{t-1} - 0{,}059 \times z_{t-2} + 0{,}174 \times z_{t-3} + 0{,}536\xi$
2320	PAR(4)	$z_t = 0{,}669 \times z_{t-1} - 0{,}030 \times z_{t-2} + 0{,}201 \times z_{t-3} - 0{,}095 \times z_{t-4} + 0{,}472\xi$
2321	PAR(4)	$z_t = 0{,}461 \times z_{t-1} - 0{,}032 \times z_{t-2} + 0{,}112 \times z_{t-3} + 0{,}106 \times z_{t-4} + 0{,}694\xi$
2322	PAR(3)	$z_t = 0{,}539 \times z_{t-1} - 0{,}059 \times z_{t-2} + 0{,}206 \times z_{t-3} + 0{,}620\xi$
2323	PAR(3)	$z_t = 0{,}575 \times z_{t-1} - 0{,}025 \times z_{t-2} + 0{,}173 \times z_{t-3} + 0{,}573\xi$
2325	PAR(3)	$z_t = 0{,}565 \times z_{t-1} - 0{,}152 \times z_{t-2} + 0{,}292 \times z_{t-3} + 0{,}613\xi$
2328	PAR(1)	$z_t = 0{,}516 \times z_{t-1} + 0{,}696\xi$
2329	PAR(3)	$z_t = 0{,}621 \times z_{t-1} - 0{,}088 \times z_{t-2} + 0{,}191 \times z_{t-3} + 0{,}540\xi$
2330	PAR(1)	$z_t = 0{,}582 \times z_{t-1} + 0{,}626\xi$

Bu çalışmada parametrelerin tahmininde momentler metodu ve maksimum olabilirlik metodu kullanılmıştır. Her iki metotla bulunan parametreler karşılaştırılmıştır. Yıllık serilerin modellenmesi sırasında parametre tahminini maksimum olabilirlik metoduyla yapmak daha iyi sonuçlar verebilir. Aylık serilerin modellenmesi sırasında ise serideki eleman sayısı yıllık serilere nazaran fazla olduğu için momentler metoduyla hesaplanan parametreler ile maksimum olabilirlik metodu ile hesaplanan parametreler yaklaşık olarak aynı sonucu verirler. Bu çalışmada da parametre tahmininde iki metodla bulunan parametreler karşılaştırıldığında yaklaşık olarak aynı sonucu verdikleri görülmüştür.

AIC'de parametreler "Maksimum Olabilirlik Yöntemi" ve "'Momentler Yöntemi" ne göre hesaplanmış, anılan her iki parametre tahmin yönteminin vereceği sonuçlar karşılaştırılmıştır

Birbiriyle yarışan modeller arasında en iyi modelin belirlenmesi için bu çalışmada AIC (Akaike Bilgi Kriteri) testi kullanılmıştır. Alternatif olarak BIC (Bayes Bilgi Kriteri) testinin modelin derecesinin seçimi konusunda kullanılması (Hipel, 1985) ve AIC sonuçlarıyla karşılaştırılması düşünülebilir.

Tablo 5.1'deki denklemlerle her istasyon için ayrı ayrı ifade edilen stokastik aylık modeller, söz konusu bölge için gerekli olabilecek işletme ve simülasyon problemlerinde kullanılabilir.

Su kaynakları projelerinde, projelerin oldukça uzun sayılabilecek ekonomik ömürlerinin yanında, genellikle oldukça kısa gözlemlerden yararlanarak karar verme gerekliliği, karar verme sürecinde karşı karşıya kalınan belirsizliği önemli ölçüde arttırmaktadır. Belirsizliğin azaltılabilmesi için gereken uzun akım verileri bulunmadığında, aynı topluma ait olduğu varsayılan yeni örneklerin üretilmesi ancak modelleme yöntemleri kullanılarak mümkün olmaktadır. Bu nedenle, sentetik seri üretimi amacıyla stokastik modelleme yöntemlerine sıklıkla başvurulmaktadır.. Modelleme sonucunda, incelenen konuya ve mevcut verinin güvenilirliğine bağlı olarak; gelecekte beklenen akımın (debi, seviye, akış hacmi) tahmini, çok amaçlı haznelerin işletilmesi, akarsuyun su potansiyelinin belirlenmesi, taşkın uyarılarının yapılması, kurak dönemlerde hidroelektrik üretiminin, şehir suyu ve sulama suyunun dağıtımı ve akarsularda ulaşımın planlanması gibi pek çok konuda tahmin yapmak mümkün olabilir. Bir başka

deyişle, stokastik modeller planlama/tasarım için veri üretmek ya da süreçlerin gelecekteki değerlerini tahmin etmek/senaryolar üretmek amacıyla, karar verme sürecinin önemli bir bileşeni olarak da kullanılabilir (Baran ve Bacanlı 2006). Bu modeller ülkemizde de geliştirilmeli ve geliştirilen modeller yardımıyla su bütçesi tahmin edilerek geleceğe dönük planlar hazırlanmalıdır.

6. KAYNAKLAR

Bacanlı, Ü, G., Baran, T. 2004. Stokastik Modellerde Yıllık Akım Verilerinde Uygunluk Kriterlerinin Değerlendirilmesi, IV Ulusal Hidroloji Kongresi, 215-225, 23-25 Haziran, İstanbul.

Baran, T., Bacanlı, Ü, G., 2006. Uygun Stokastik Model Seçim Ölçütlerinin Değerlendirilmesi, İMO Teknik Dergi, 3687-4002, Yazı 264, İstanbul.

Bayazıt, M. 1998. Hidrolojik Modeller, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

Box, G. E. P. and Jenkins G. M. 1970. Time Series Analysis, Forecasting and Control, Holden-Day, San Francisco.

Büyükyıldız, M. ve Berktay, A. 2006. Sakarya Havzası Aylık Yağışlarının Otoregresif Modellemesi, Pamukkale Üniversitesi Müh. Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 12(1), 117-126, Denizli.

EİE, 2003. Su Akımları Aylık Ortalamaları [1935 - 2000], Elektrik İşleri Etüd İdaresi Genel Müdürlüğü, ISBN 975-7566, Ankara

Hipel, K.W., McLeod, A.I. and Lennox, W.C. 1977. Advances in Box-Jenkins modeling (1. model construction), Water Resources Research,13(3), 567-575.

Loucks, D.P., Stedinger, J.R., Haith, D.A. 1981. Water Resource Systems Planning and Analysis, Prentice-Hall, N.J.

İçağa, Y. 2003. Akarçay Havzası Yağış-Akış İlişkilerinin Modellenmesi, I. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 203-214, 22-26 Eylül, İzmir.

Kahya, E., Karabörk, Ç., Kalaycı, S. 1998. Yeşilırmak Havzasında ARIMA ve Çok Değişkenli Stokastik Modelleme Uygulamaları, II. Ulusal Hidrometeoroloji Sempozyumu, 195-203, 18-20 Kasım, Ankara.

Karabörk, Ç. 1997. Yıllık ve Aylık Akımların Stokastik Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Karabörk, Ç. ve Kahya, E. 1998. Göksu Nehrinin Yıllık ve Aylık Akımlarının Stokastik Modellemesi, S. Ü. Müh.-Mim. Fak.Derg., c. 13, s. 1, Konya.

Karabörk, Ç., Kahya, E. 1999. Sakarya Havzasındaki Aylık Akımların Çok Değişkenli Stokastik Modellemesi, Turkish Journal of Engineering And Environmental Science 23: 133-147.

Merzi, N., Usul, N., Usul, G. 1995. Çoruh Havzasında Oltu Nehrinin (2323 Numaralı İstasyonun) Aylık Akımlarının Stokastik Modellemesi, İMO Teknik Dergi 6 (4): 1049-1058.

Nguyen, V.T.V. and Rouselle, J. 1981. A Stochastic Model For the Time Distribution of Hourly Rainfall Depth, Water Resources Research 17:399-409.

Özçelik, C., Benzeden, E. 2004. Göl Seviyelerinin Matematik Modelleri, IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, 247-259, 23-25 Haziran, İstanbul.

Salas, J. D. Delleur, J. W., Yevjevich, V., Lane, W. L. 1980. Applied Modelling of Hydrologic Time Series, Water Resources Publications, Colorado 80161, U.S.A.

Salas, J.D., Obeysekera, J.T.B. 1982. ARMA Model Identification of Hydrologic Time Series, Water Resources Research 18: 1011-1021.

Sepetçioğlu, M.Y. 1995. Akarsularda Akımların Stokastik Özellikleri ve Akım Serilerinin İstatistiksel Modellemesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

Şarlak, N. Ve Şorman, Ü. 2004. Otoregresif Zaman Serileri Modelleri Parametrelerinin Yeni Bir Metotla (MML) Elde Edilmesi ve Maksimum Olabilirlik Metodu İle Karşılaştırılması Uygulama: Kızılırmak Havzası, IV. Ulusal Hidroloji Kongresi, 235-245, 23-25 Haziran, İstanbul.

Te, W. G., Singh, V.P. 1994. An Autocorrelation Function Method For Estimation Parameters of Autoregressive Models, Water Resources Management 32: 33-56.

Tonkaz, T., Doğan, E. 2005. Şanlıurfa İli Aylık Referans Bitki Su Tüketiminin Otoregresif Olarak Araştırılması , GAP IV. Tarım Kongresi.

Tüzüngüven, S. 2001. Stochastic Modeling And Generation of Daily Precipitation in Gaziantep, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

Uslu, M. 2003. Erzurum İli Kar Yağışlarının Stokastik Modelleri, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.

Yevjevich, V. 1972. Probability and Statistics in Hydrology, Water Resources Publications, Colorado.

Yiğit, U. 1998. Stochastic Modeling of Monthly Flows of Ankara Creek in Sakarya Basin, Yüksek Lisans Tezi, ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yücel, A. Topaloğlu. F., 1999, Adana İli Uzun Yıllık (1929-1990) Günlük Minimum, Ortalama ve Maksimum Sıcaklık Verilerinin Zaman Serisi Analizi İle İncelenmesi, Turkish Journal of Agriculture And Forestry 23 (4): 863-868.

Yürekli, K. and Öztürk F. 2003. Stochastic Modeling of Annual Maximum and Minimum Streamflow of Kelkit Stream, Water International 28 (4): 433–441.

URL1/ www.eie.gov.tr

EKLER

EKA: Kullanılan akım gözlem istasyonlarına ait veriler (EİE, 2003)

Tablo A1. 2304 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1942	2,68	4,35	12,10	4,48	2,43	3,16	33,60	73,50	27,30	13,60	8,71	5,46
1943	5,74	5,96	5,97	4,67	10,40	5,67	21,80	39,80	17,30	6,94	5,23	3,02
1944	2,30	2,16	1,83	7,17	2,62	6,57	24,50	66,60	28,10	12,10	7,01	4,41
1945	3,75	3,41	3,23	4,42	3,58	4,18	13,40	39,00	30,30	14,20	9,07	6,10
1946	5,62	5,19	4,79	11,70	9,85	5,52	26,10	43,10	24,70	11,60	8,06	5,50
1947	8,21	6,95	6,21	6,14	7,38	8,99	26,40	19,10	13,40	7,81	5,00	3,39
1948	3,26	5,96	4,69	7,64	4,33	4,58	24,80	47,10	29,30	11,40	8,62	6,20
1949	4,96	4,87	4,92	4,74	4,74	5,05	11,80	40,30	14,70	8,00	7,25	4,88
1950	4,40	4,28	3,82	4,61	4,74	5,14	29,30	42,60	18,80	11,50	6,28	5,04
1951	8,93	7,74	5,46	5,20	5,20	11,70	34,80	39,00	26,80	13,90	9,47	8,68
1952	9,82	8,27	6,41	5,20	6,76	6,99	40,30	47,00	22,40	11,80	8,69	6,45
1953	5,21	4,79	4,28	4,61	4,74	4,84	21,40	47,00	27,20	13,80	9,98	8,11
1954	6,75	6,73	15,00	17,80	9,54	8,59	31,30	63,30	34,50	17,70	9,88	7,89
1955	6,13	5,86	4,41	3,86	3,88	4,66	11,70	14,80	7,53	4,26	3,10	2,81
1956	2,75	2,76	3,08	3,92	3,63	3,93	20,50	40,20	26,70	11,70	7,44	7,02
1957	5,06	4,95	9,43	17,70	11,60	8,89	30,90	41,00	28,30	15,50	11,20	8,37
1958	7,57	7,50	6,36	6,99	16,90	7,81	28,50	47,30	34,90	18,60	14,50	12,80
1959	8,11	7,20	6,00	5,87	4,97	10,80	37,20	52,90	38,20	13,30	9,13	9,24
1960	8,92	8,67	6,06	4,72	4,59	9,80	51,80	54,50	28,10	13,40	8,87	6,37
1961	5,45	4,64	4,19	3,77	2,56	4,64	16,20	14,90	8,44	3,45	3,80	3,08
1962	2,16	2,62	2,86	3,74	7,74	8,34	33,00	34,90	17,10	10,10	6,42	5,08
1963	4,78	4,59	3,74	4,21	4,68	5,56	46,40	89,90	66,60	29,80	16,10	11,00
1964	9,46	7,59	5,20	2,66	2,85	8,39	37,90	61,80	36,10	14,80	10,80	8,24
1965	7,41	6,66	5,09	3,15	3,18	11,30	43,80	60,40	33,00	12,70	9,54	7,51
1966	7,92	7,60	7,42	6,29	6,67	9,35	33,40	54,30	29,10	13,70	9,58	8,46
1967	6,18	6,05	4,79	4,45	7,27	7,12	16,70	68,70	29,00	24,60	14,10	10,40
1968	9,67	9,53	8,42	8,25	7,90	8,74	102,00	105,00	44,30	16,90	12,70	12,40
1969	10,40	9,26	7,68	4,80	7,52	10,20	65,40	84,70	28,00	12,60	9,56	10,70
1970	12,10	7,41	6,36	5,20	5,33	9,30	44,90	27,30	13,20	8,64	6,33	5,17
1971	5,59	4,90	4,40	3,86	3,25	7,48	24,20	45,30	27,20	10,80	10,20	6,73
1972	6,03	5,14	3,93	2,60	2,60	4,45	29,00	37,90	26,30	12,60	9,71	8,98
1973	8,59	7,86	5,77	4,52	5,31	6,54	21,40	32,00	21,60	11,00	6,51	6,08
1974	6,86	6,78	6,68	5,33	6,57	11,80	24,40	48,20	18,20	8,53	5,77	9,11
1975	6,36	5,04	4,95	5,47	4,94	6,76	39	44,9	22,6	7,22	6,85	6,88
1976	6,52	6,49	5,47	4,97	4,42	6,21	40,4	65,9	46,7	18	8,83	7,98
1977	7,48	5,51	5,37	5,66	5,78	7,9	28,7	53,3	33	14,5	9,45	6,24
1978	6,53	5,76	5,60	6,7	4,35	7,69	34,8	67,2	34,8	14,5	9,74	7,79
1979	7,87	6,77	5,48	5,28	5,91	8,44	28,6	46,8	33,1	16,2	7,01	5,91
1980	7,84	11,3	8,29	7,61	7,13	11,5	74,2	75,1	28	12,3	9,56	7,8
1981	8,28	7,08	6,23	5,57	5,54	7,69	21,9	43,4	41,9	14,4	7,24	6,07
1982	5,83	7,59	6,69	7,76	6,59	6,74	42,5	53,8	27	13,3	10,1	7,4
1983	7,45	6,38	5,26	5,26	5,27	5,61	12,1	19,3	14,9	6,43	5,2	5,16

Tablo A1'in devamı:

1984	5,92	9,28	7,64	5,14	4,2	8,9	28,2	50,1	32,9	15,9	11,5	8,05
1985	5,66	5,1	4,97	5,05	4,66	5,08	36,2	40,1	15,9	7,32	4,8	4,15
1986	6,53	6,23	5,49	5,87	5,82	8,31	35	33,2	29,8	10,2	7,45	6,35
1987	8,15	8,09	5,22	4,98	5,99	4,99	33,3	86,2	38,4	17,9	9,43	7,68
1988	8,16	9,65	10,90	6,02	6,28	8,01	50,9	89,9	51,7	24,1	13,7	10,4
1989	10,90	10,7	8,30	5,81	5,02	12,3	45,4	29,3	15,4	7,97	5,03	4,61
1990	7,60	5,49	6,49	5,8	5	8,67	43,7	56,5	29,8	15,7	6,7	5,44
1991	5,82	7,37	6,65	5,31	5,85	10,4	46	49,7	29,7	13,3	7,21	5,37
1992	6,55	7,17	5,22	4,79	4,98	5,58	29	50,4	40,8	17	11,5	8,68
1993	7,99	7,1	6,29	6,45	6,59	7,43	50,5	77,2	42,2	15	11,5	8,52
1994	7,33	6,05	6,07	5,55	4,56	7,08	30,7	35,7	13,8	7,02	6,15	4,41
1995	4,70	4,91	4,01	3,99	4,04	5,66	31,2	58,6	33,8	12,4	9	7,05
1996	8,64	10,4	6,12	5,31	6,39	6,06	24,9	70,5	24,8	11,3	6,42	6,07
1997	7,56	6,57	7,75	6,98	5,77	5,36	35,7	71	29,1	13,3	7,82	7,77
1998	8,55	6,59	5,51	4,85	4,35	6,96	68,8	64,3	32,4	13,5	8,88	7,3
1999	6,75	7,1	7,20	5,17	4,9	6,38	32,9	43,8	21,1	11,6	6,51	6,17
2000	7,34	6,46	5,67	5,19	5,6	6,34	34	22,6	10,4	5,25	4,47	4,38

Tablo A2. 2315 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1965	128,0	98,9	123,0	88,1	85,3	257,0	495	556	411	183	68,2	52,7
1966	136,0	148,0	101,0	107,0	128,0	153,0	410	629	349	151,0	70,8	70,6
1967	60,1	52,6	59,4	52,3	63,6	113,0	331	652	357	291,0	140,0	111,0
1968	96,7	114,0	223,0	140,0	140,0	244,0	1.030	1.120	588	277,0	146,0	123,0
1969	115,0	110,0	106,0	71,3	80,4	166,0	450	687	265	101	65,7	74,1
1970	154,0	99,8	92,2	89,0	112,0	171,0	424	373	185	104,0	81,8	89,0
1971	161,0	117,0	104,0	86,3	110,0	209,0	307	574	400	147,0	121,0	64,1
1972	100,0	99,7	135,0	72,1	83,7	151,0	547	470	409,0	172,0	76,1	89,1
1973	80,0	113,0	89,3	76,3	164,0	153,0	340	510	414	176,0	70,2	57,4
1974	71,1	123,0	96,9	54,3	64,1	166,0	236	505	253	87,2	67,7	115,0
1975	52,6	60,7	69,7	69,4	75,4	194,0	509,0	395	303	115,0	54,2	55,2
1976	110,0	84,3	67,2	75,8	69,0	174,0	497	644	437	212,0	90,9	87,2
1977	177,0	83,9	72,0	61,7	82,3	125,0	291	480	322	161,0	103,0	99,2
1978	148,0	123,0	77,7	74,0	127,0	173,0	454	632	456	213,0	104,0	69,0
1979	75,3	127,0	133,0	118,0	153,0	157,0	359	538	426	214,0	87,1	64,4
1980	114,0	170,0	152,0	97,0	97,6	203,0	559	581	271	102,0	65,9	65,2
1981	75,8	159,0	101,0	85,8	115,0	169,0	273	465	526	203,0	78,3	83,0
1982	87,5	150,0	106,0	100,0	84,0	119,0	480	535	296	141,0	76,7	58,7
1983	81,6	95,0	85,1	61,6	77,1	167,0	299,0	380	269	109,0	52,8	58,0
1984	88,5	163,0	117,0	110,0	89,5	155,0	300	505	362	189,0	102,0	75,1
1985	69,7	84,0	69,0	77,1	99,7	177,0	520,0	547	239,0	89,0	49,1	62,5
1986	110,0	105,0	111,0	93,2	114,0	174,0	483	498	505	199,0	74,3	61,0
1987	109,0	94,4	72,6	92,6	133,0	111,0	436	980	415,0	189,0	123,0	117,0
1988	114,0	114,0	108,0	99,5	137,0	224,0	655	816	645	335,0	161,0	136,0
1989	152,0	235,0	172,0	111,0	114,0	430,0	792	466	291	135,0	61,6	74,9
1990	94,6	114,0	124,0	83,2	92,8	210,0	580	805	368	162	70,2	73,1
1991	109,0	145,0	129,0	88,0	100,0	282,0	548	582	331	169,0	91,3	62,3
1992	52,6	68,0	78,0	62,2	65,4	189,0	496	682	695	254,0	103,0	94,0
1993	187,0	166,0	125,0	107,0	116,0	255,0	729	1.018	670	243,0	124,0	98,1
1994	70,9	140,0	142,0	107,0	112,0	195,0	541	384	216	103,0	69,3	49,0
1995	85,7	111,0	107,0	130,0	91,1	146,0	319	582	384	148,0	74,4	92,4
1996	145,0	178,0	127,0	94,8	84,9	88,8	252	660	303,0	128,0	56,9	87,8
1997	108,0	90,1	157,0	171,0	92,3	111,0	561	741	359	145,0	71,5	96,5
1998	132,0	128,0	99,0	94,4	115,0	207,0	701	615	452	125,0	81,7	63,3
1999	103,0	114,0	126,0	88,3	101,0	124,0	392	590	332	175,0	76,2	74,4
2000	119,0	266,0	133,0	84,8	95,1	141,0	646	404	302	96,5	51,4	55,3

Tablo A3. 2316 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1965	14,4	15,6	16,9	14,1	15,1	39,3	130	155	74,3	24,1	15,3	14,1
1966	19,0	19,1	18,8	19,6	23,6	36,1	102	139	68,2	23,7	16,9	16,7
1967	13,1	11,9	11,8	12,0	11,8	16,9	69,6	140	55,6	37,5	17,5	17,5
1968	16,9	15,6	17,8	14,5	14,2	31,0	223	179	76,3	35,7	23,1	20,9
1969	22,3	22,1	20,2	17,1	15,4	45,3	123	212	64,2	21,9	15,0	14,6
1970	18,1	13,8	13,2	11,8	14,0	36,2	98,7	66,2	29,7	13,3	12,6	10,0
1971	12,6	13,3	14,0	11,3	10,6	35,0	81,3	146	90,4	22,3	18,9	10,6
1972	12,6	13,0	14,2	11,7	11,9	23,8	102	97,0	83,4	25,1	14,5	12,9
1973	15,0	14,0	10,2	9,61	12,9	15,4	53,4	80,6	56,9	20,4	9,19	7,95
1974	11,6	16,8	12,4	10,8	13,0	45,8	72,4	113	53,3	13,2	11,5	14,7
1975	10,6	10,9	11,3	11,4	10,5	26,1	105	103	52,5	16,2	10,1	11,2
1976	13,5	10,8	10,1	10,2	8,79	23,1	135	170	102	35,0	15,4	13,7
1977	16,7	16,0	16,2	11,7	14,6	26,8	73,8	132	69,8	24,8	13,6	11,1
1978	14,0	13,8	13,3	12,1	17,4	44,3	125	153	84,9	31,5	12,6	9,81
1979	11,4	10,8	10,7	11,1	16,3	27,3	82,4	111	85,3	32,5	12,7	8,71
1980	16,2	30,1	22,8	18,9	16,3	44,4	178	174	80,0	23,0	13,2	12,5
1981	15,3	14,1	12,4	12,4	10,7	24,7	54,7	113	105	33,5	14,4	11,0
1982	13,7	14,6	14,0	11,9	12,0	16,5	98,6	128	73,6	22,2	11,6	10,2
1983	12,0	12,0	10,7	9,98	9,31	19,3	39,3	67,0	44,1	13,1	7,50	9,29
1984	11,9	34,4	18,4	12,3	10,4	25,4	73,5	120	78,3	30,5	13,6	11,2
1985	12,5	13,6	9,06	10,4	11,2	23,1	122	129	54,8	17,2	10,4	8,58
1986	19,3	17,4	16,0	12,9	16,7	48,6	109	119	120	36,0	13,8	11,4
1987	16,4	21,0	13,0	14,7	24,0	17,3	114	203	112	39,4	15,4	12,7
1988	14,5	19,8	20,9	16,4	15,6	37,2	167	196	134	51,9	19,1	18,1
1989	28,6	48,7	36,3	18,5	15,5	61,1	132	76,1	39,1	13,3	8,55	8,64
1990	14,4	15,4	15,8	11,2	11,1	31,5	102	135	70,2	23,9	9,88	8,55
1991	10,2	18,2	17,3	11,7	12,6	48,2	113	120	67,6	23,1	11,8	10,0
1992	13,4	17,0	13,5	10,7	12,0	25,2	88,6	134	116	34,5	16,1	12,1
1993	14,5	16,4	15,8	12,9	11,9	30,7	131	136	106	36,0	16,5	10,7
1994	11,6	12,5	12,1	11,2	10,3	23,2	71,3	69,5	31,2	14,2	8,38	7,15
1995	9,8	11,9	11,3	11,8	13,1	28,0	85,7	161	73,8	23,0	12,7	11,6
1996	16,7	26,7	17,2	14,2	15,9	20,5	69,4	174	52,9	21,7	10,7	12,5
1997	16,2	16,3	15,9	16,1	13,5	14,6	87,7	159	69,1	21,2	10,3	11,4
1998	22,0	19,0	13,9	12,6	13,3	36,2	161	141	100	24,5	14,4	12,5
1999	14,1	16,3	23,5	14,6	14,7	27,1	113	146	62,0	25,8	10,4	9,04
2000	13,4	14,9	13,5	10,8	11,6	15,4	92,2	57,7	24,0	6,9	4,57	6,74

Tablo A4. 2320 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1970	-	-	-	-	-	-	-	-	53	19	9,4	8,2
1971	10,7	11,1	9,13	6,86	8,34	27,1	53,4	91,1	53	16,1	15,9	8,5
1972	9,67	10,3	7,89	3,20	3,20	6,66	51,5	72,9	62	18,8	11,1	10,0
1973	11,2	10,7	7,07	5,96	8,95	13,2	39,4	56,1	36	14,9	7,5	7,1
1974	9,72	11,0	9,53	6,42	8,57	32,7	58,2	95,2	31	10	8,3	10,6
1975	8,73	10,1	10,1	9,51	9,09	17,6	88,2	89,1	37	12,0	8,7	9,2
1976	11,9	8,59	7,14	6,37	5,91	10,0	74,3	88,7	76	27,7	13,2	11,9
1977	13,9	12,3	11,7	8,80	10,3	24,4	65,2	110	60,9	19,7	12,3	9,2
1978	11,6	11,3	10,1	9,91	12,1	32,4	111	138	66	23,1	12,5	10,6
1979	10,7	10,7	11,3	9,35	13,3	26,0	65,5	90,7	58	25,3	11,2	9,1
1980	13,1	20,9	15,5	13,6	12,9	31,9	150	135	47	18,9	13,3	10,4
1981	13,1	13,4	12,1	10,8	11,30	21,8	49,0	89,6	81	24,6	12,6	11,6
1982	13,1	13,7	12,8	11,6	11,5	14,4	104	107	48	18,5	10,9	10,6
1983	11,1	10,0	8,67	7,99	8,13	15,6	34,2	49,0	28	8,5	5,7	7,7
1984	9,85	23,8	16,9	11,6	10,9	20,3	59,3	90,4	56	23,1	13,7	9,5
1985	8,48	9,36	7,10	8,14	7,93	13,3	85,5	89,3	34	10,9	7,3	6,1
1986	12,7	12,1	11,7	9,06	9,70	24,1	78,6	76,9	68	20,2	9,8	8,7
1987	12,8	13,9	9,63	9,20	13,5	10,7	82,1	147	67	26,9	12,3	10,5
1988	10,6	15,4	17,3	13,6	12,9	30,5	138	162	112	42,6	18,7	26,3
1989	20,7	27,9	22,3	11,4	9,16	38,5	90,9	49,5	24	9,4	6,8	6,6
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	52,9	18,6	10,5	9,7
1991	-	-	-	-	-	-	-	-	53	18,6	10,5	9,7
1992	-	-	-	-	-	-	-	-	52,9	18,6	10,5	9,7
1993	11,6	12,8	11,2	10,8	10,1	20,5	99,1	119	83	25,8	14,4	11,6
1994	11,9	11,0	9,70	7,71	6,13	13,8	49,5	53,4	23	8,5	7,1	4,9
1995	6,91	9,28	7,33	9,06	10,3	22,2	74,9	137	61	20	11,2	10,1
1996	13,4	22,4	12,3	10,4	12,1	16,3	63,2	136	37	14,1	6,9	8,1
1997	12,9	12,5	13,0	12,2	9,92	10,1	71,4	121	47	21,1	11,6	11,0
1998	15,0	15,6	11,6	9,03	9,74	27,6	139	135	76	19,3	10,0	8,9
1999	9,43	12,2	14,6	8,27	9,99	20,7	84,9	108	42	18,5	8,2	8,4
2000	10,7	10,8	7,90	8,30	8,38	12,3	73,2	46,3	17	4,8	2,8	5,2

Tablo A5. 2321 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1972	5,1	3,80	5,87	3,77	3,38	6,59	27,1	27,3	41,1	21,8	9,65	7,58
1973	6,97	6,64	3,99	3,24	4,36	6,03	14,1	37,1	40,5	20,1	7,48	4,82
1974	3,53	4,79	4,48	2,69	2,96	7,37	8,69	35,1	29,0	10,4	6,05	11,6
1975	4,16	3,48	2,66	2,54	2,85	8,25	31,9	31,9	36,7	14,0	6,26	6,51
1976	6,34	4,39	3,26	3,39	3,29	9,72	21,5	36,5	42,7	23,9	9,23	5,48
1977	9,66	5,52	3,74	2,66	3,76	8,27	19,0	34,3	33,2	18,7	8,05	5,39
1978	5,24	4,87	3,67	2,79	4,57	8,74	18,5	36,9	36,3	25,3	8,35	5,57
1979	4,78	5,48	6,12	5,12	6,34	9,91	20,4	43,9	45,4	27,3	10,4	6,04
1980	7,28	6,29	5,53	4,48	3,49	7,49	23,8	35,7	27,6	12,1	5,97	6,64
1981	6,64	7,58	5,44	3,26	3,95	8,16	14,9	31,3	50,5	28,7	11,3	6,06
1982	3,97	5,25	3,94	3,21	2,87	5,22	23,0	34,6	31,6	18,2	8,00	4,42
1983	3,31	4,04	2,99	2,50	3,06	8,67	19,1	32,9	31,2	16,6	5,38	3,84
1984	5,15	6,58	3,20	3,15	2,23	6,78	17,6	25,3	33,3	19,3	7,37	4,25
1985	2,95	3,11	2,33	2,10	3,08	5,74	23,5	38,7	27,0	9,10	6,31	7,38
1986	8,01	6,59	6,25	3,88	5,43	10,70	28,8	28,8	46,8	26,1	8,42	4,58
1987	5,60	5,24	4,02	4,65	7,18	6,68	19,6	47,2	39,0	19,4	9,23	5,99
1988	5,42	5,64	4,75	3,96	5,59	9,55	30,7	50,0	56,2	36,7	15,7	7,67
1989	9,39	9,67	7,83	4,76	4,84	16,1	44,7	47,1	37,3	22,6	7,31	5,57
1990	7,18	3,82	3,73	2,91	2,94	9,00	22,0	38,4	36,0	20,9	7,31	6,14
1991	5,18	7,88	5,75	2,95	4,06	11,5	22,5	31,3	38,6	20,4	7,65	3,60
1992	3,31	3,55	2,69	2,05	2,22	7,39	19,2	29,9	49,5	29,8	12,6	6,75
1993	12,20	7,97	5,55	4,44	4,33	9,59	25,8	43,5	51,0	31,7	13,9	6,01
1994	3,88	7,35	4,41	3,49	3,30	8,94	30,7	31,2	29,6	15,6	6,98	3,68
1995	6,61	6,14	3,57	4,93	5,43	9,89	18,2	44,9	38,6	15,4	5,58	5,08
1996	7,66	7,56	4,60	3,16	3,23	4,10	13,0	41,5	33,3	18,4	7,06	8,23
1997	7,19	5,06	4,97	5,14	3,84	5,18	17,2	47,6	45,3	20,6	8,49	6,43
1998	7,21	5,36	3,53	2,44	2,77	7,23	28,4	39,9	36,7	10,7	4,49	4,42
1999	5,42	4,52	5,17	2,63	3,02	7,07	17,4	41,7	41,0	20,0	7,37	9,88
2000	7,89	11,7	7,29	4,93	5,08	7,57	36,2	38,2	38,2	15,6	5,62	6,56

Tablo A6. 2322 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1972	67,7	65,2	80,4	57,7	60,9	107	451	410	380	163	70,9	81,7
1973	71,7	74,1	55,6	51,0	81,5	95,9	255	458	366	158	58,0	44,0
1974	54,1	69,6	58,9	46,0	45,3	123	189	466	229	69,4	46,0	83,6
1975	48,0	48,5	46,3	45,9	46,2	115	426	383	277	93,3	43,0	46,7
1976	66,4	52,8	44,9	49,2	51,7	117	387	616	414	191	71,8	61,4
1977	95,2	70,2	59,5	48,6	55,5	93,7	254	446	300	129	66,3	55,9
1978	70,1	65,6	50,9	47,7	78,9	137	365	590	387	181	82,5	54,3
1979	58,4	62,9	62,7	68,1	87,6	117	290	478	390	187	73,7	44,7
1980	63,3	117	90,9	64,3	68,2	150	469	522	225	91,3	59,2	50,4
1981	64,1	68,7	64,8	53,7	57,8	101	217	397	470	171	72,8	65,7
1982	64,6	71,2	63,0	54,8	49,4	65,9	396	506	282	123	60,0	51,9
1983	53,9	51,7	44,3	39,5	41,0	86,3	218	329	241	85,3	36,3	40,7
1984	53,2	112	75,4	57,6	54,1	96,5	250	450	325	164	80,5	61,9
1985	51,6	57,0	44,8	45,6	53,5	86,7	427	441	200	72,7	38,7	45,1
1986	72,8	65,0	71,6	54,3	71,1	141	402	432	453	162	58,0	51,5
1987	72,4	76,4	60,1	64,7	96,0	86,8	352	867	367	120	75,2	58,3
1988	57,1	81,8	84,3	71,2	86,3	148	552	741	536	249	118	88,2
1989	105	161	123	72,0	68,7	240	588	378	256	106	39,1	41,7
1990	71,9	65,9	93,1	58,6	64,2	162	444	633	327	147	60,7	52,3
1991	64,3	101	90,4	66,8	56,0	177	395	412	260	144	70,2	48,1
1992	46,0	59,3	45,1	44,2	49,4	106	349	554	603	199	84,2	62,9
1993	112	109	86,1	74,7	84,3	150	491	800	543	213	103	69,6
1994	50,7	76,9	73,0	59,7	60,1	111	360	330	186	87,8	55,2	40,5
1995	54,1	57,5	53,2	62,0	63,9	105	257	513	312	113	57,2	52,3
1996	81,3	105	75,1	66,3	64,7	74,1	188	527	219	99,3	47,2	57,7
1997	64,6	60,3	68,4	69,6	55,9	64,5	327	623	307	122	58,2	56,8
1998	88,9	76,3	60,3	53,8	56,7	115	496	497	366	97,8	52,0	41,5
1999	51,9	59,9	77,9	43,3	45,2	82,7	292	507	308	146	53,0	47,0
2000	55,7	99,4	73,4	58,8	60,6	83,0	408	318	227	75,7	33,5	34,6

Tablo A7. 2323 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1963	-	-	-	12,7	12,9	14,9	86,1	201	145	78,5	54,3	22,3
1964	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1965	16,5	16,4	16,2	13,5	13,8	27,3	68,6	88,9	59,5	33,8	19,4	15,5
1966	24,9	19,5	18,2	18,4	19,2	21,3	69,9	121	42,2	17,2	12,3	14,4
1967	16,7	15,9	14,0	13,4	12,5	14,4	30,7	139	57,2	60,7	30,2	19,6
1968	20,5	20,7	19,7	17,8	17,2	28,4	207	225	127	44,3	24,4	21,4
1969	22,0	24,7	18,8	15,4	15,0	25,0	92,7	169	43,7	16,5	16,0	15,6
1970	22,7	18,2	17,9	15,6	15,4	19,7	73,9	59,6	23,8	19,2	12,0	13,9
1971	15,2	14,4	12,1	11,9	11,0	16,6	37,5	108	54,8	13,7	26,9	11,6
1972	14,6	15,8	15,3	13,5	14,8	16,9	71,6	93,5	74,2	28,0	15,3	20,4
1973	21,3	20,7	17,2	16,6	19,3	19,8	50,8	98,0	73,7	28,2	11,5	13,6
1974	19,7	19,4	14,4	12,4	12,9	18,2	30,7	100	35,1	13,1	12,4	20,4
1975	12,4	13,2	14,6	14,0	12,6	16,0	48,7	56,4	37,6	16,5	9,90	12,6
1976	16,3	15,9	10,9	12,0	12,9	22,9	70,4	160	84,7	38,1	19,1	19,2
1977	21,2	18,2	15,9	13,3	13,4	19,8	58,1	124	58,3	25,0	17,2	16,0
1978	16,8	15,5	13,1	13,2	16,8	21,1	61,2	151	71,2	26,4	15,6	12,1
1979	16,4	15,9	16,4	14,4	15,8	16,6	50,5	83,5	83,2	45,8	14,7	12,5
1980	21	38,7	20,7	17,1	16,5	23,8	97,8	113	36,1	17,6	12,3	9,29
1981	15,7	14,4	13,5	15,0	13,4	15,1	39,0	78,3	80,9	26,6	15,3	17,8
1982	17,9	17,4	18,1	18,5	14,3	14,6	70,2	115	47,5	15,0	9,56	14,6
1983	14,8	15,0	14,2	11,9	12,3	12,9	24,8	56,5	51,4	16,2	11,5	16,9
1984	16	19,7	17,0	16,5	15,9	19,1	70,4	199	93,4	34,8	18,6	16,6
1985	14,1	15,3	11,6	12,0	11,6	14,5	77,2	70,8	34,7	15,6	6,17	9,77
1986	14,5	14,7	14,7	14,5	17,3	25,8	87,3	91,2	93,0	21,6	16,1	16,6
1987	22,3	20,7	16,6	14,4	18,2	20,6	78,7	247	90,4	30,4	23,4	14,5
1988	16,6	20,5	17,9	15,6	18,2	25,1	90,5	181	109	53,8	25,5	21,5
1989	19,8	27,0	20,0	17,5	17,3	28,9	85,3	44,7	28,6	13,0	7,04	10,5
1990	15,2	12,1	18,7	15,5	15,1	28,4	87,3	150	53,4	30,1	17,3	17,5
1991	19,2	20,5	24,4	17,5	13,7	32,5	95,9	91,5	38,1	34,3	22,8	12,9
1992	11,1	11,5	11,6	15,3	17,4	21,5	47,4	85,8	101	30,1	18,2	19,4
1993	21,2	21,0	23,9	22,6	20,0	28,3	88,7	218	101	34,3	28,3	24,3
1994	14,5	19,5	24,7	15,4	18,8	19,7	54,2	52,1	31,6	17,9	16,2	11,1
1995	12,2	15,0	15,4	13,1	16,9	20,4	43,3	84,6	64,6	24,3	10,4	12,8
1996	19,2	21,7	19,4	19,0	16,3	15,9	33,8	118	39,3	16,1	9,20	13,6
1997	12,9	12,6	14,6	13,3	11,0	12,9	57,2	109	40,6	23,0	12,4	10,7
1998	16,2	16,6	15,6	14,0	12,0	18,8	96,8	104	81,6	18,5	14,2	10,1
1999	14,4	18,5	17,0	11,3	10,4	20,2	56,8	89,1	47,7	27,5	12,5	14,7
2000	18,5	16,2	14,0	14,1	14,8	17,7	74,2	44,8	26,1	5,44	4,56	6,97

Tablo A8. 2325 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1974	5,23	5,27	4,11	3,43	3,47	7,80	10,3	16,5	4,81	0,880	2,19	4,75
1975	2,95	2,63	2,91	2,63	2,53	5,04	9,73	15,5	6,85	1,31	0,565	2,72
1976	6,08	3,44	3,47	4,50	3,05	5,50	28,3	35,2	14,8	5,25	2,00	3,61
1977	4,81	4,51	5,30	3,92	3,61	4,71	15,2	40,9	7,79	3,48	4,62	3,56
1978	4,12	4,02	3,43	2,82	5,47	6,05	19,0	45,9	10,5	2,37	1,85	2,78
1979	3,86	3,74	3,58	3,39	3,77	4,53	11,1	14,9	10,6	2,73	0,342	1,67
1980	5,89	7,75	5,19	4,26	4,28	6,53	34,4	18,8	5,09	3,26	2,02	2,26
1981	3,83	3,71	3,28	2,62	2,99	3,96	19,6	15,3	9,45	3,00	1,66	2,13
1982	3,49	4,71	4,30	3,53	3,49	3,69	17,4	23,0	7,29	1,93	0,886	2,30
1983	2,69	2,48	2,45	2,64	2,14	2,81	5,49	6,88	5,20	0,960	0,901	2,08
1984	3,29	4,50	3,50	3,06	3,12	4,09	18,1	41,6	6,49	4,63	2,71	3,42
1985	3,92	5,11	4,13	3,84	3,60	4,93	29,4	12,0	2,09	0,466	0,409	2,01
1986	3,77	3,45	3,74	2,81	3,14	4,28	15,9	26,3	21,4	4,90	0,623	3,03
1987	5,24	4,71	4,38	4,31	4,17	4,93	16,5	51,6	7,76	2,25	2,08	3,15
1988	3,68	4,23	3,83	3,87	3,87	5,47	28,8	40,7	15,2	11,5	6,36	3,93
1989	4,47	6,68	5,73	3,81	2,95	7,26	20,2	6,01	0,679	0,074	0,206	1,23
1990	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1991	3,40	8,47	6,20	3,03	3,96	10,0	26,9	17,2	5,53	5,83	1,43	0,994
1992	4,29	5,32	4,97	3,26	3,88	6,50	17,4	26,6	21,4	5,18	1,74	3,68
1993	6,48	4,72	4,80	4,57	3,98	5,70	29,0	52,9	18,8	3,96	3,59	3,38
1994	4,12	3,90	3,89	3,99	3,88	4,34	8,32	11,5	4,45	2,09	1,81	1,98
1995	2,70	3,25	3,62	3,60	3,41	4,06	12,0	25,7	11,3	3,17	0,709	2,97
1996	5,97	4,47	3,43	2,69	2,81	3,87	11,9	28,3	6,02	2,51	0,544	2,56
1997	3,21	3,19	3,93	3,91	2,80	3,61	17,2	20,4	3,39	2,46	0,717	1,28
1998	4,76	3,58	2,96	2,38	2,14	3,13	29,1	19,7	12,4	1,33	1,90	3,61
1999	4,10	4,36	4,33	4,11	3,83	5,24	18,1	12,6	3,45	2,19	0,988	3,68
2000	5,08	3,72	3,13	3,23	2,79	3,42	13,6	6,90	0,712	0,316	0,271	0,42

Tablo A9. 2328 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1982	-	2,81	2,00	1,70	1,83	2,75	24,6	25,3	8,43	3,94	2,87	1,76
1983	1,70	1,45	1,25	1,18	1,23	4,30	13,6	15,2	7,84	1,85	1,06	1,12
1984	2,03	4,89	2,14	1,67	1,61	6,07	18,2	26,5	11,0	5,27	2,68	2,11
1985	1,06	1,49	1,15	1,15	1,38	1,72	22,9	19,1	7,51	2,96	0,974	1,03
1986	1,72	1,79	1,99	1,62	2,05	4,37	22,8	17,3	13,9	3,98	1,77	1,16
1987	1,82	1,81	1,56	1,80	2,62	3,84	16,0	22,8	14,5	5,78	2,72	1,51
1988	1,14	1,53	1,25	1,42	1,61	4,12	18,3	21,7	14,8	5,13	2,27	1,76
1989	2,50	3,69	2,37	2,05	1,60	10,3	27,9	18,5	8,26	2,44	1,06	1,11
1990	1,49	1,71	2,17	1,43	1,82	5,04	14,2	20,1	9,27	2,97	1,35	0,968
1991	1,17	2,48	1,73	1,74	1,74	7,51	21,1	17,5	10,1	3,80	1,69	1,47
1992	1,44	1,34	1,17	0,957	1,24	3,99	18,9	28,7	29,5	5,16	2,40	1,13
1993	6,79	4,60	3,20	3,57	4,23	9,46	29,7	29,8	19,7	5,00	2,67	1,62
1994	1,39	2,92	2,22	1,96	2,22	5,56	21,4	15,1	5,70	3,10	2,33	1,09
1995	0,901	1,56	1,39	2,40	3,04	4,37	13,0	20,5	6,37	1,52	0,766	0,950
1996	3,16	5,87	2,89	1,86	2,00	2,91	9,50	18,4	7,47	2,17	1,27	1,12
1997	1,54	1,33	2,10	2,10	1,52	2,09	24,0	23,0	7,34	2,24	1,20	0,965
1998	2,35	1,93	1,08	1,08	1,17	5,08	23,2	18,9	12,3	1,98	1,05	0,968
1999	1,85	2,46	2,59	1,17	1,28	4,15	20,3	20,9	13,3	5,44	1,52	1,30
2000	1,82	5,42	2,98	1,65	1,39	3,37	23,5	10,9	7,03	1,35	0,936	1,01

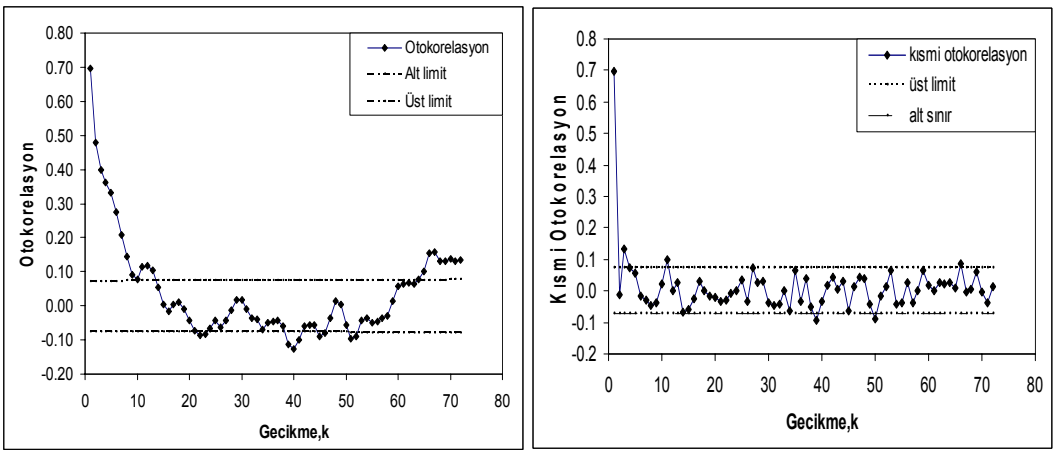
Tablo A10. 2329 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1982	-	-	7,26	5,68	5,11	6,57	45,9	56,7	10,2	3,35	3,96	5,28
1983	6,12	5,83	5,53	5,01	5,00	6,15	12,5	30,5	14,7	2,88	1,50	2,49
1984	7,52	13,2	8,36	7,15	6,37	10,6	47,7	95,6	27,0	11,2	13,4	9,45
1985	8,59	9,68	8,22	7,14	7,87	9,73	53,7	43,5	10,0	5,35	2,60	5,93
1986	9,24	7,28	7,76	6,73	7,77	12,9	54,6	55,9	43,6	9,40	1,93	6,60
1987	11,9	12,3	8,03	6,90	10,7	9,76	50,2	130	30,6	7,49	5,61	6,84
1988	7,63	8,98	6,93	6,47	7,81	11,4	50,3	76,1	55,8	30,4	13,1	10,9
1989	13,8	10,8	8,63	7,08	6,30	15,7	51,1	15,9	4,32	2,19	1,89	3,54
1990	7,94	7,85	8,08	6,14	6,11	13,7	55,2	68,2	21,9	9,85	5,43	5,83
1991	7,62	11,5	9,94	7,75	8,29	20,6	63,1	49,5	18,0	12,2	6,18	4,87
1992	6,30	7,74	7,87	6,71	6,09	9,62	32,1	59,4	39,6	10,6	5,10	7,38
1993	10,2	8,12	7,93	7,02	8,34	12,6	55,9	129	40,3	7,96	5,88	5,67
1994	7,49	7,18	7,32	6,52	7,77	9,31	27,3	34,3	11,4	6,10	5,21	4,84
1995	5,48	7,33	6,90	6,97	6,55	8,99	30,9	66,1	34,0	9,17	2,52	5,85
1996	9,85	8,16	6,82	6,29	6,86	7,09	18,0	72,6	17,4	4,59	2,25	4,98
1997	5,26	5,91	5,85	5,70	5,09	4,94	27,8	64,1	14,2	5,22	2,01	3,05
1998	7,40	6,01	5,30	4,91	5,38	5,69	72,4	65,5	44,4	6,32	3,12	5,26
1999	6,95	7,44	9,18	6,93	6,62	9,02	31,5	45,9	23,3	14,2	7,26	9,68
2000	7,54	6,71	7,01	6,48	6,17	7,02	45,1	22,3	7,52	1,49	1,85	2,89

Tablo A11. 2330 nolu istasyona ait aylık ortalama akım değerleri (m^3/s)

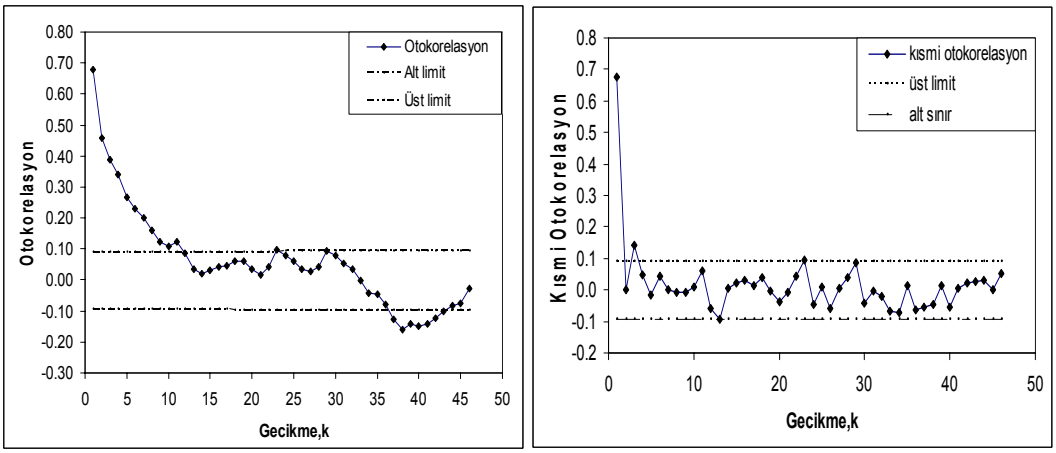
YIL	EKİM	KASIM	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZ.	TEM.	AĞUST.	EYLÜL
1982	-	-	1,32	0,809	0,887	1,08	6,54	10,8	13,0	4,07	2,49	1,34
1983	1,23	0,971	0,717	0,606	0,680	1,04	2,45	9,15	10,2	6,47	1,85	1,29
1984	1,03	2,30	1,34	0,694	0,734	0,995	3,54	9,36	10,5	7,30	1,98	1,24
1985	1,05	0,859	0,678	0,649	0,578	0,933	3,05	6,84	6,41	2,28	1,06	0,755
1986	1,03	1,10	1,09	0,882	1,32	2,44	5,94	6,14	9,92	6,01	2,32	1,43
1987	1,60	1,42	1,22	1,60	1,60	1,45	4,12	7,95	10,5	5,11	2,59	1,96
1988	1,64	1,75	1,28	0,891	0,869	1,24	3,20	6,18	9,82	7,31	4,04	2,39
1989	2,12	2,58	2,14	1,24	1,12	2,13	5,00	7,40	4,93	3,25	1,62	1,02
1990	1,21	1,17	1,19	1,05	0,776	1,48	3,20	6,22	5,88	2,91	1,48	0,964
1991	0,942	1,11	1,08	0,922	0,575	1,21	3,38	8,39	10,6	5,35	1,71	0,861
1992	0,900	1,44	1,37	0,965	0,792	0,943	3,29	6,73	11,7	10,3	3,02	1,49
1993	1,60	1,67	1,15	1,07	0,958	1,84	4,82	7,92	12,3	6,17	2,89	1,07
1994	1,12	1,71	1,34	1,09	0,569	1,25	4,43	7,48	7,74	3,53	1,76	0,731
1995	0,919	1,33	0,838	0,873	0,894	1,78	3,08	9,91	11,1	4,06	1,72	1,11
1996	1,37	1,64	0,716	0,630	0,639	0,806	2,07	11,7	5,82	3,85	1,61	1,26
1997	1,15	1,22	0,958	0,968	0,793	0,770	2,67	5,60	6,20	3,74	1,65	1,14
1998	1,48	0,940	0,593	0,501	0,923	1,24	5,73	7,43	5,91	1,94	1,37	0,997
1999	0,859	0,976	1,18	0,576	0,623	0,979	2,91	7,95	7,33	4,25	1,09	0,879
2000	1,25	1,16	0,765	0,678	0,690	0,948	3,79	4,70	4,87	2,34	1,32	1,22

EKB: Kullanılan akım gözlem istasyonlarına ait korelogram ve kısmi korelogramlar



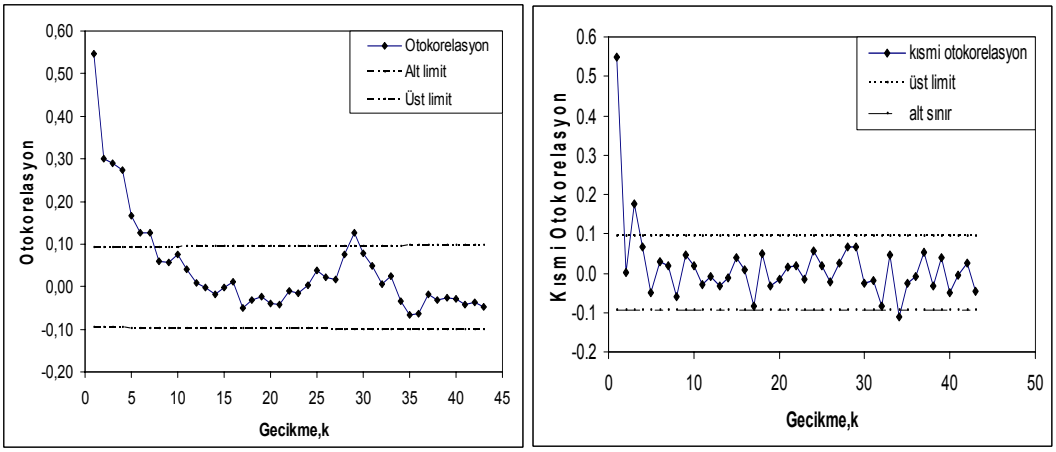
(a) (b)

Şekil B.1. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2304)**



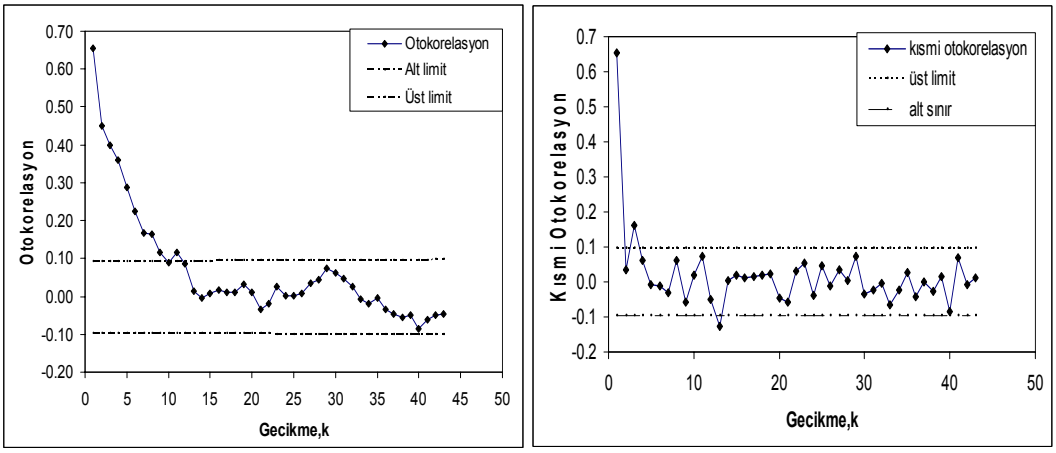
(a) (b)

Şekil B.2. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2305)**



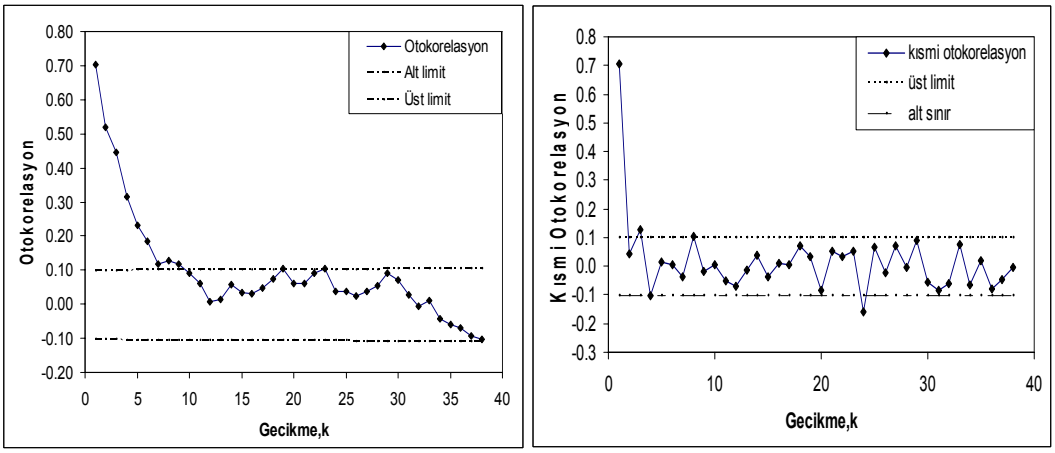
(a) (b)

Şekil B.3. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2315)**



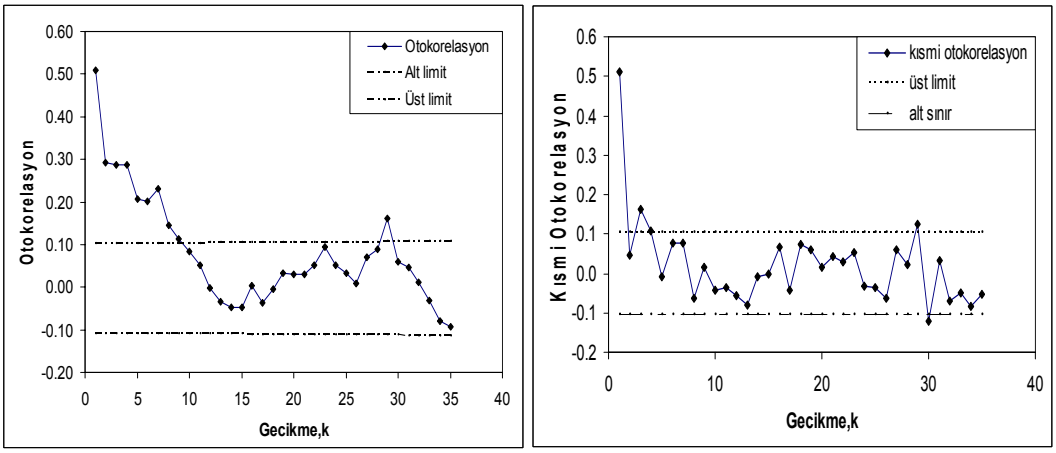
(a) (b)

Şekil B.4. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2316)**



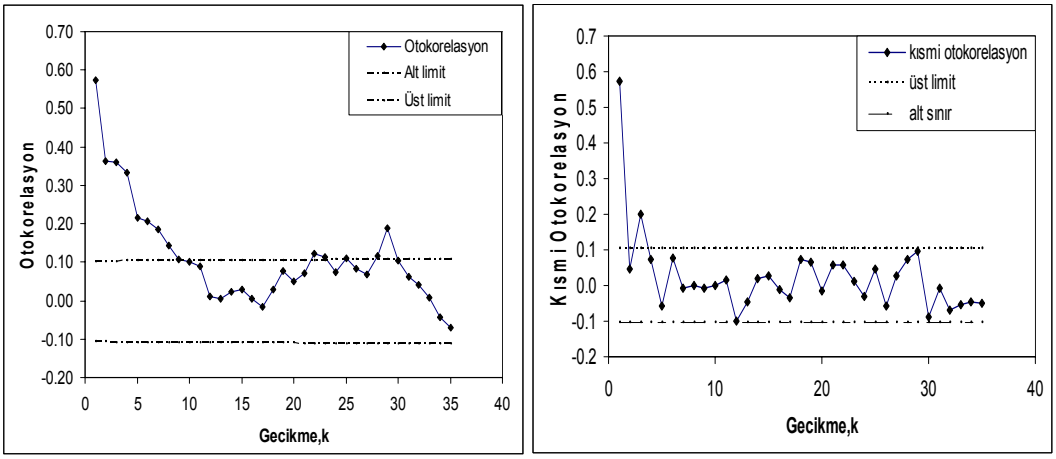
(a) (b)

Şekil B.5. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2320)**



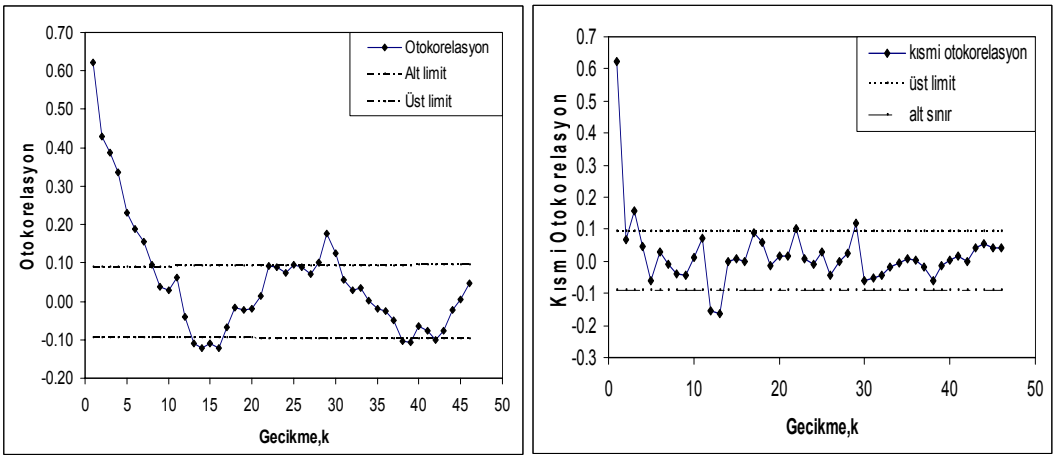
(a) (b)

Şekil B.6. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven **(2321)**



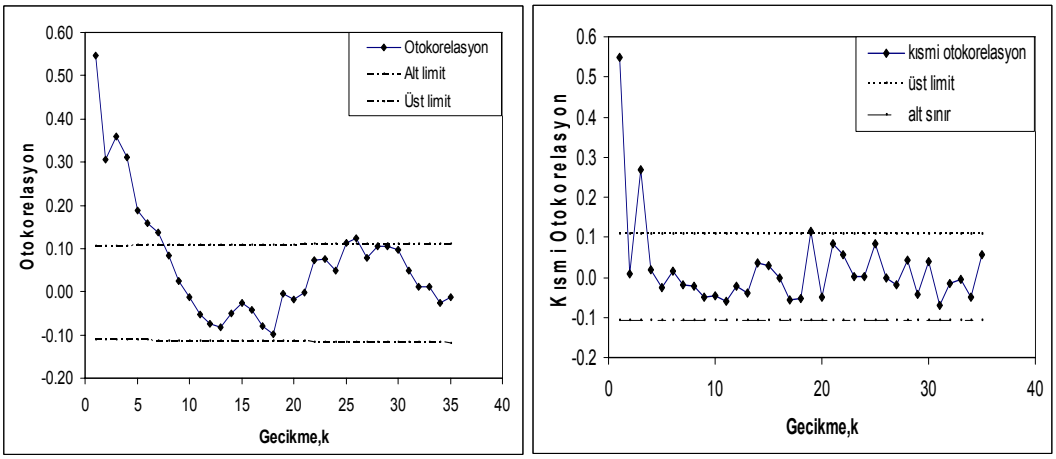
(a) (b)

Şekil B.7. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2322)**



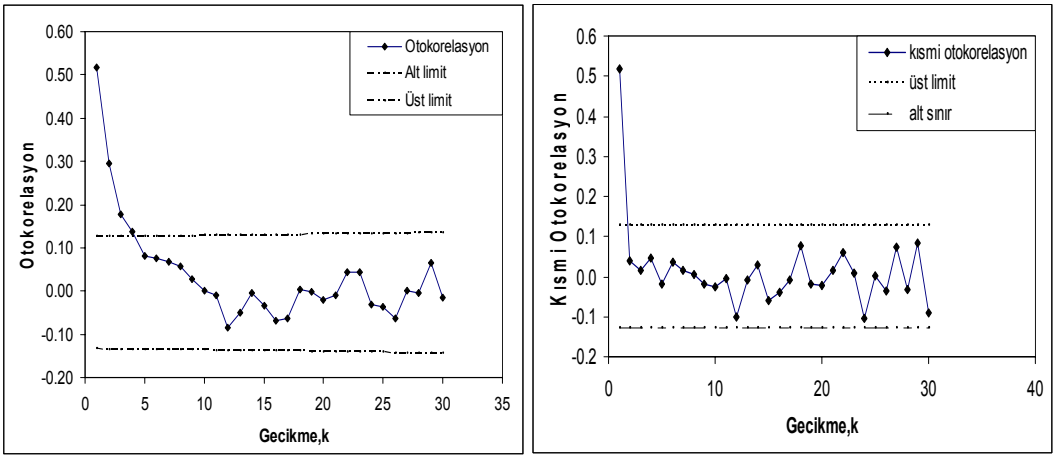
(a) (b)

Şekil B.8. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2323)**



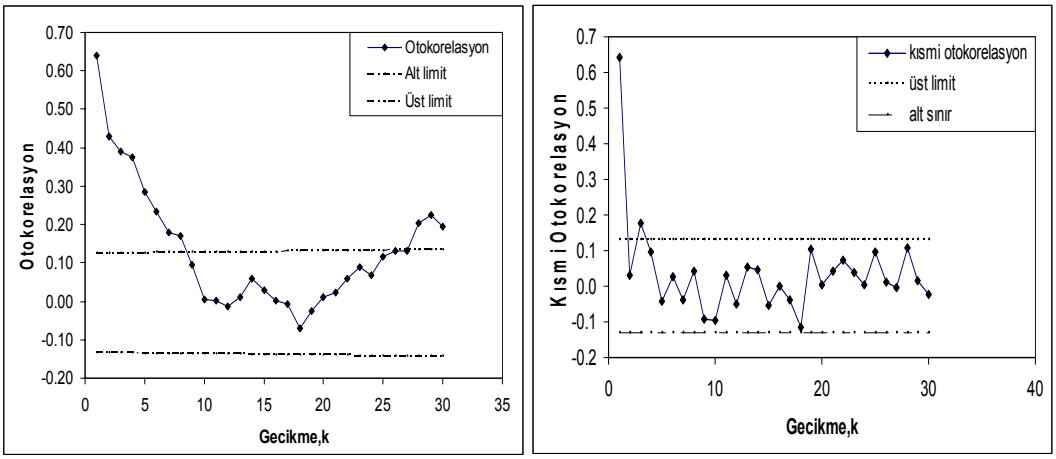
(a) (b)

Şekil B.9. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2325)**



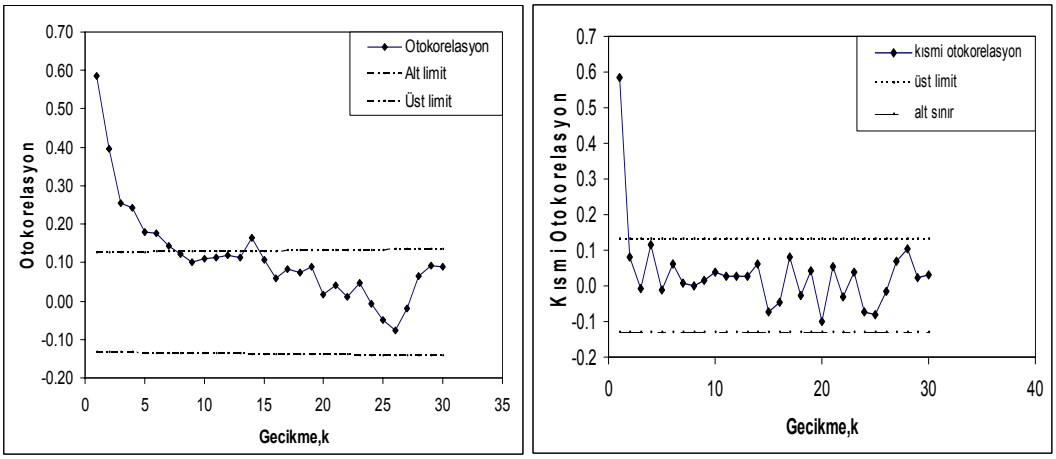
(a) (b)

Şekil B.10. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2328)**



(a) (b)

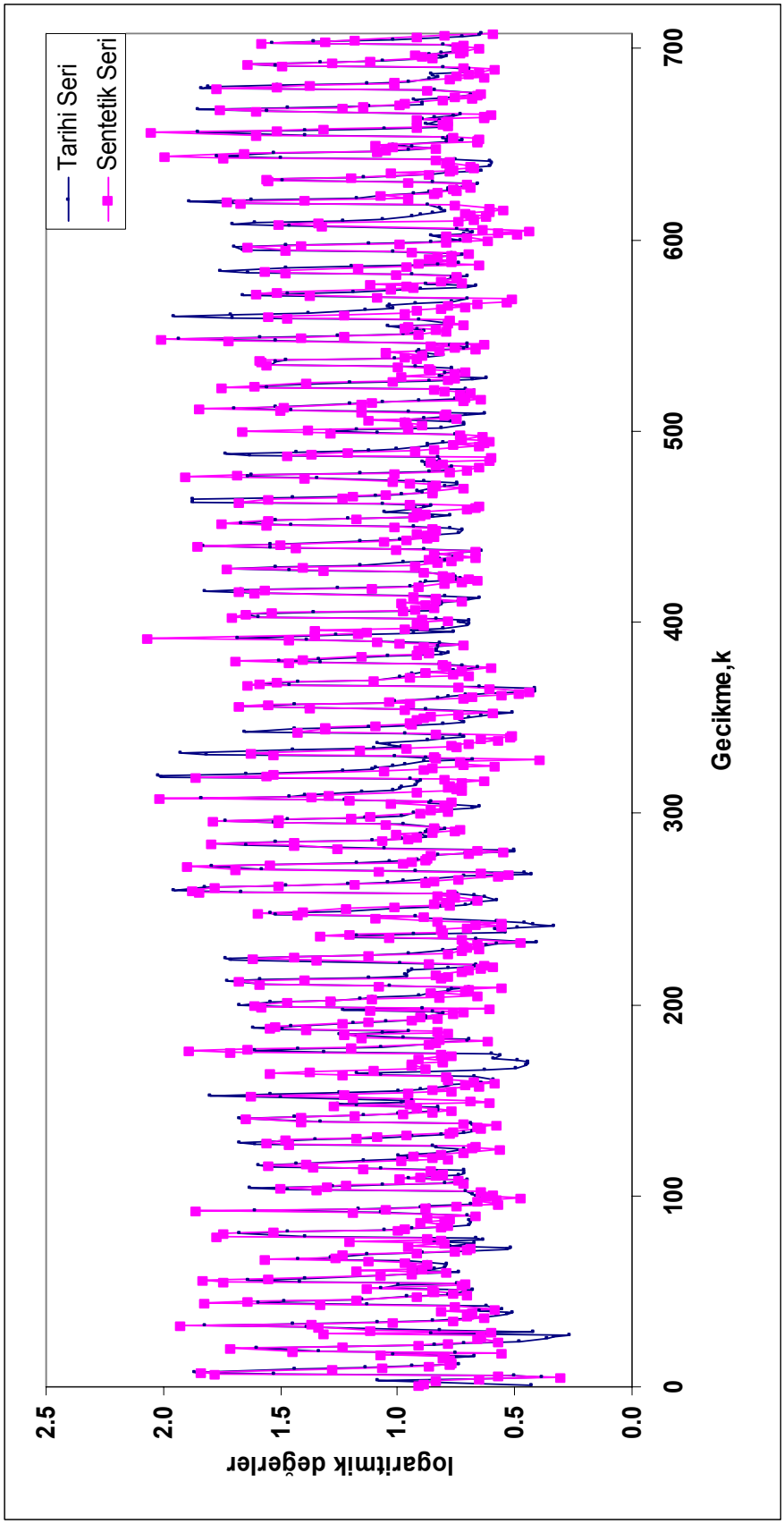
Şekil B.11. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2329)**



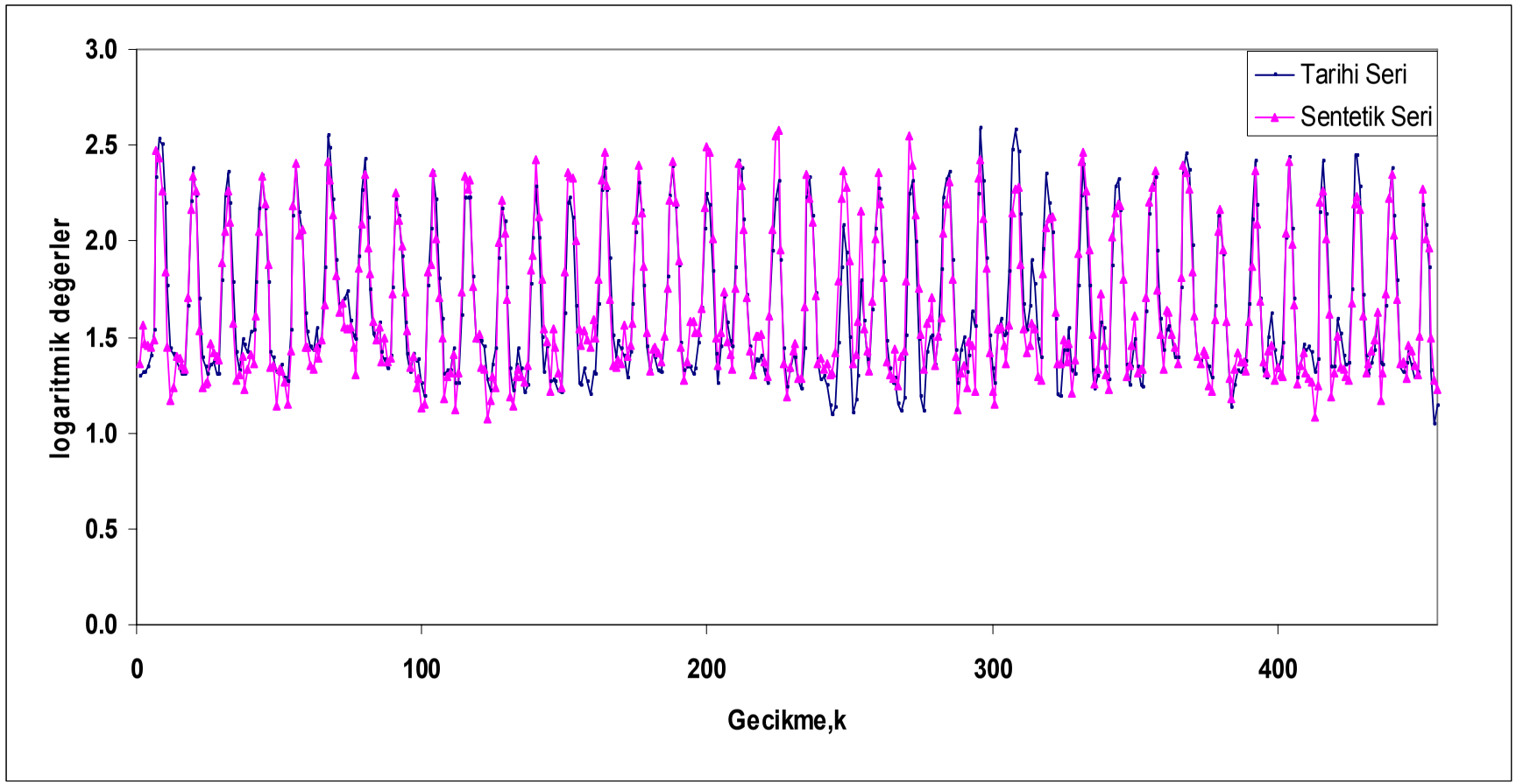
(a) (b)

Şekil B.12. Aylık akımların korelogram(a), kısmi korelogram(b) ve %95 güven aralığı **(2330)**

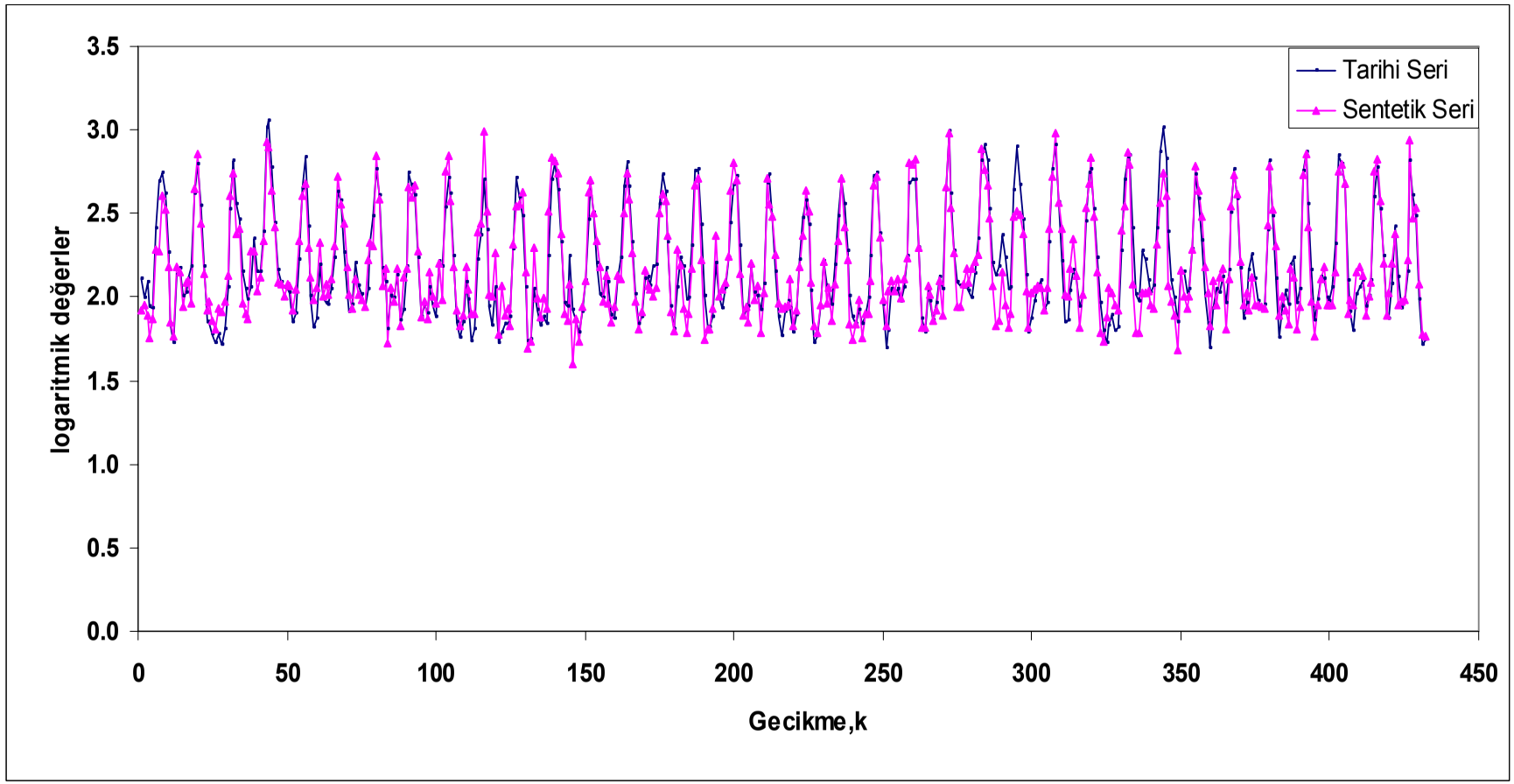
EK C: Transforme tarihi ve sentetik akım serilerinin aylara göre değişimi



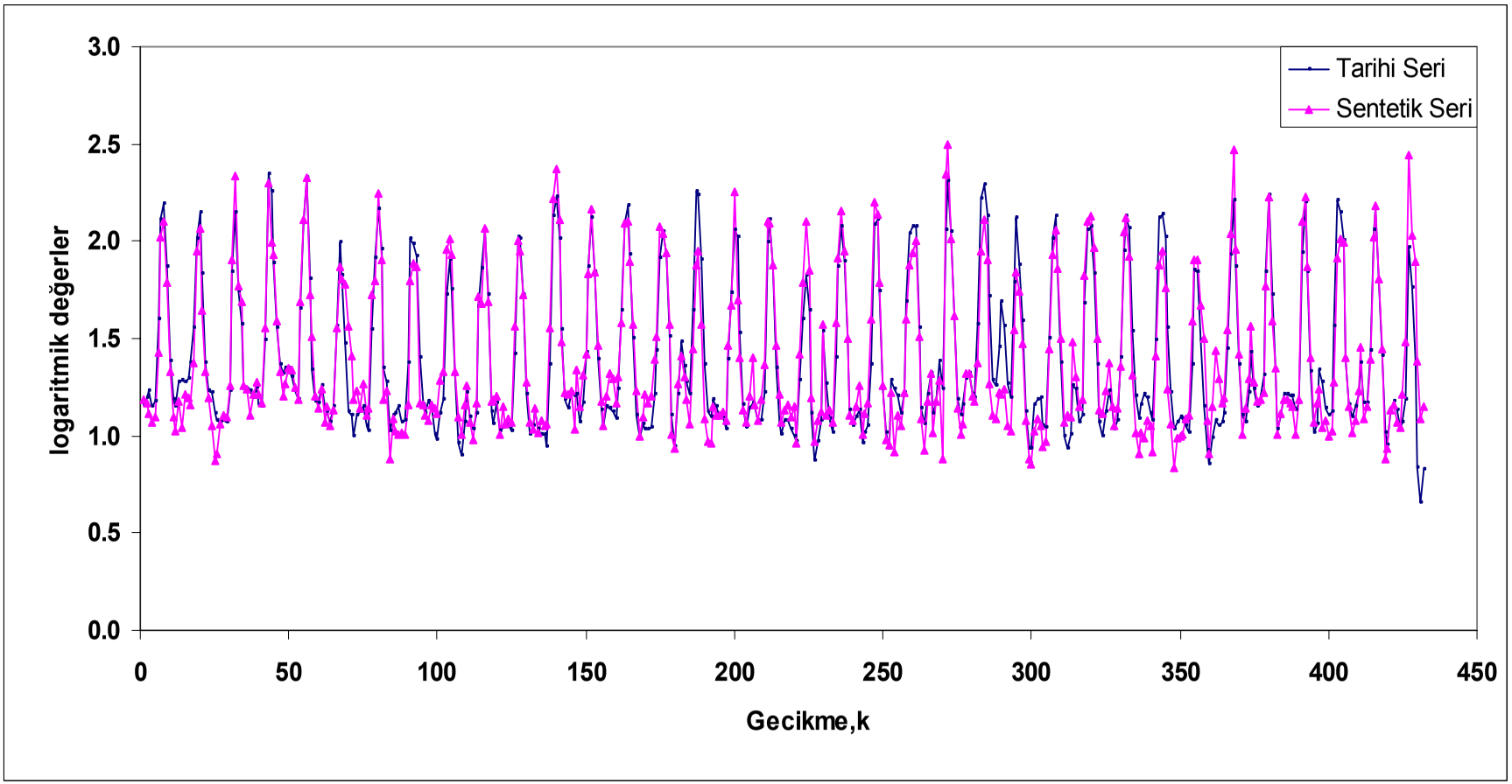
Şekil C.1. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2304)



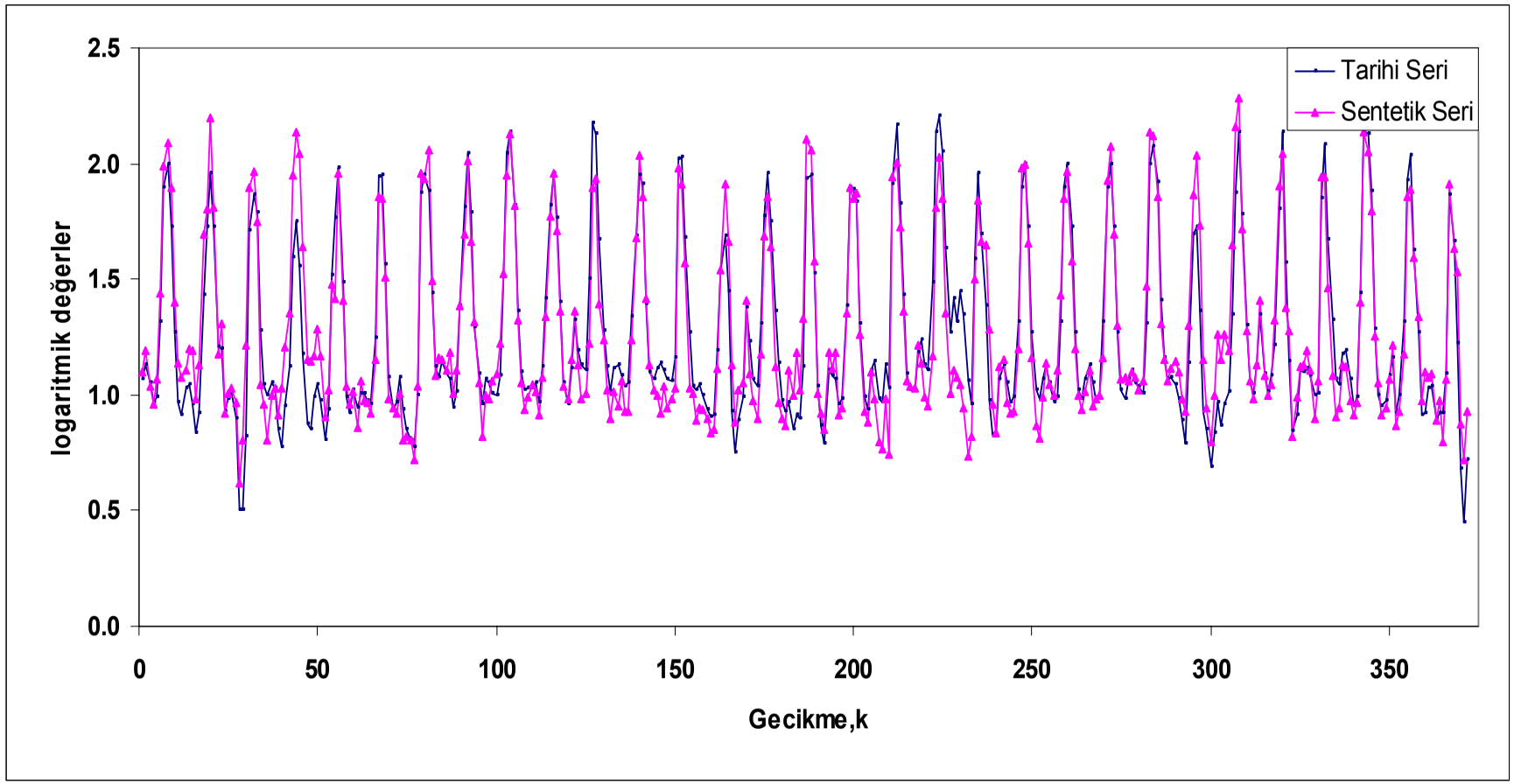
Şekil C.2. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2305)



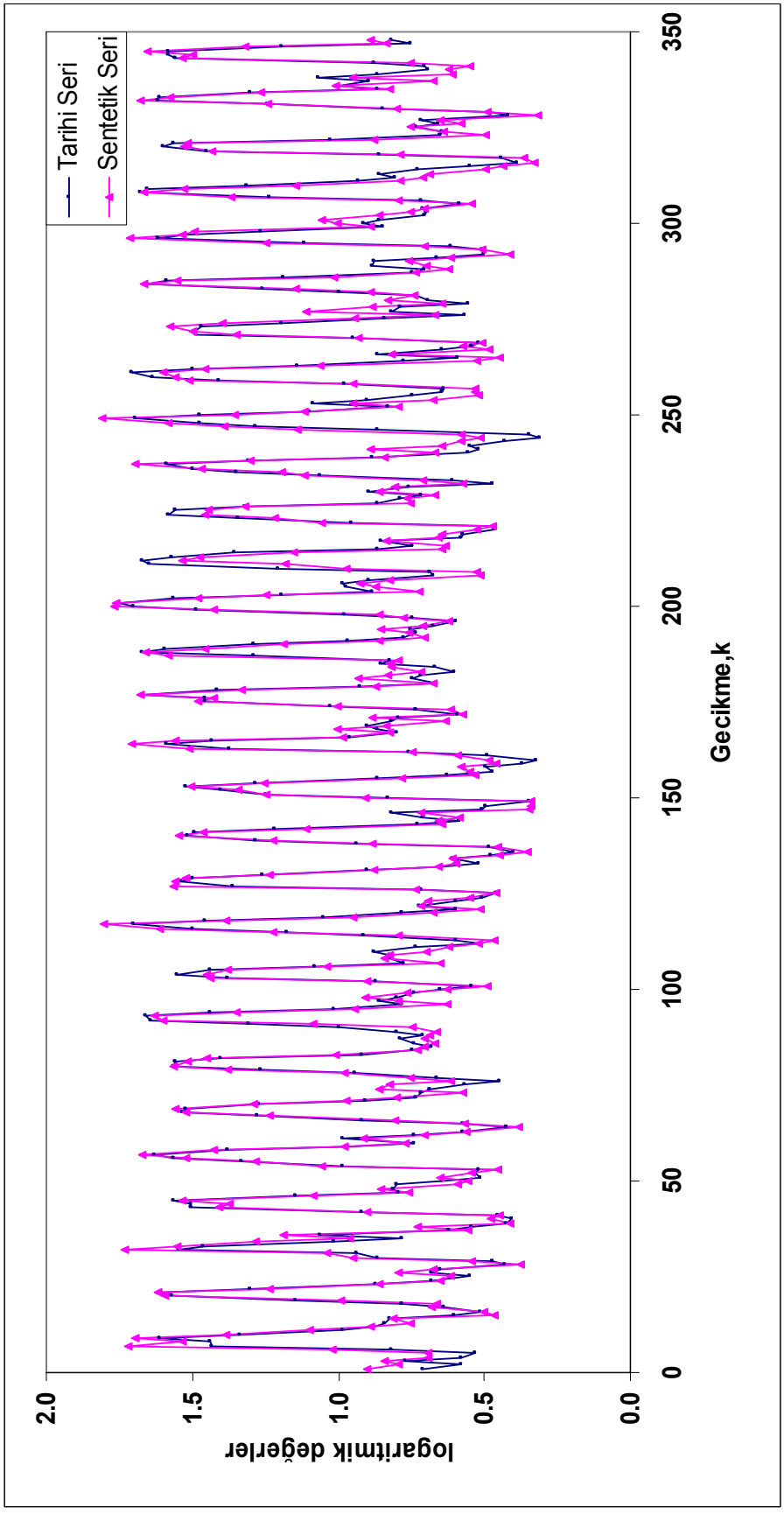
Şekil C.3. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2315)



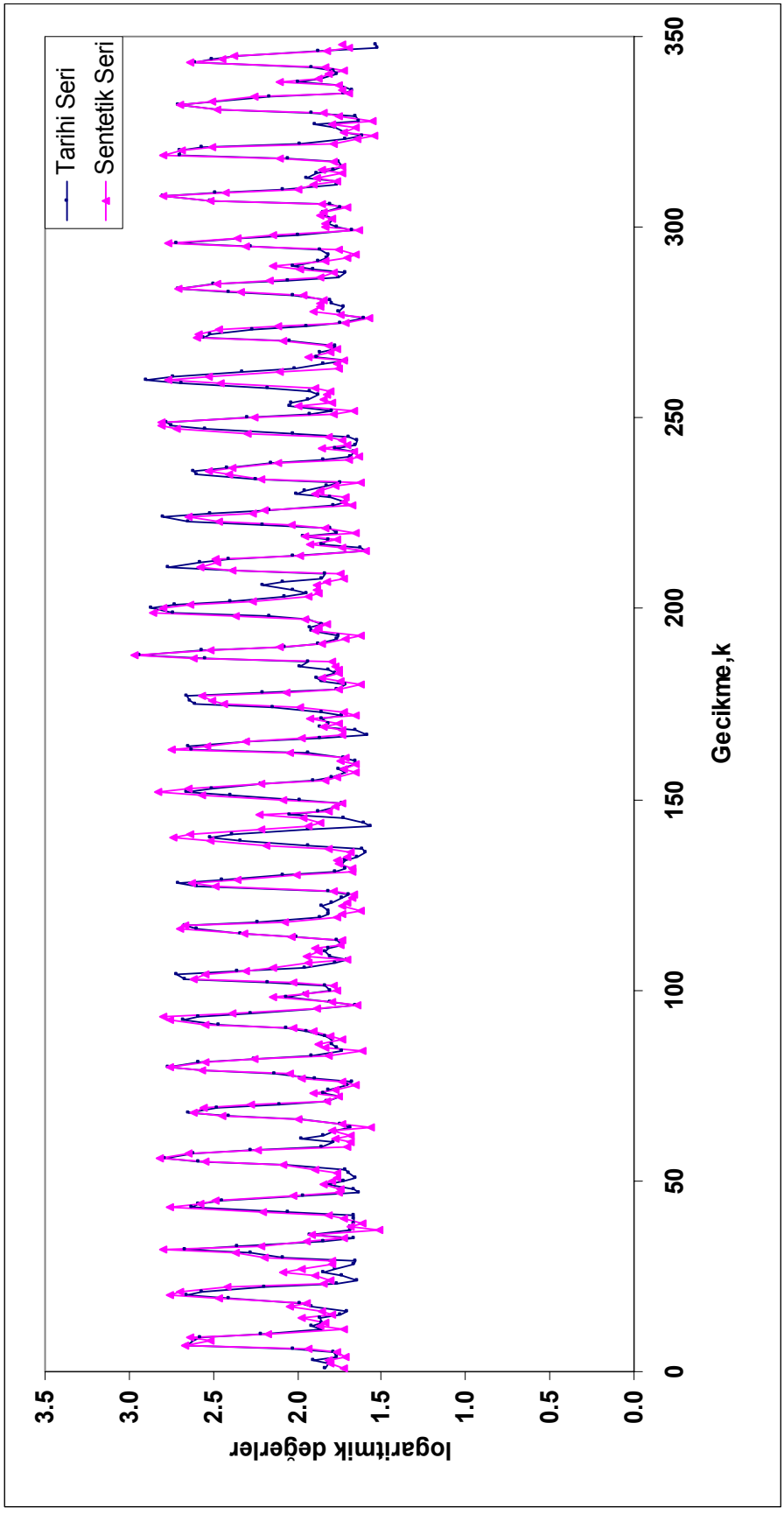
Şekil C.4. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2316)



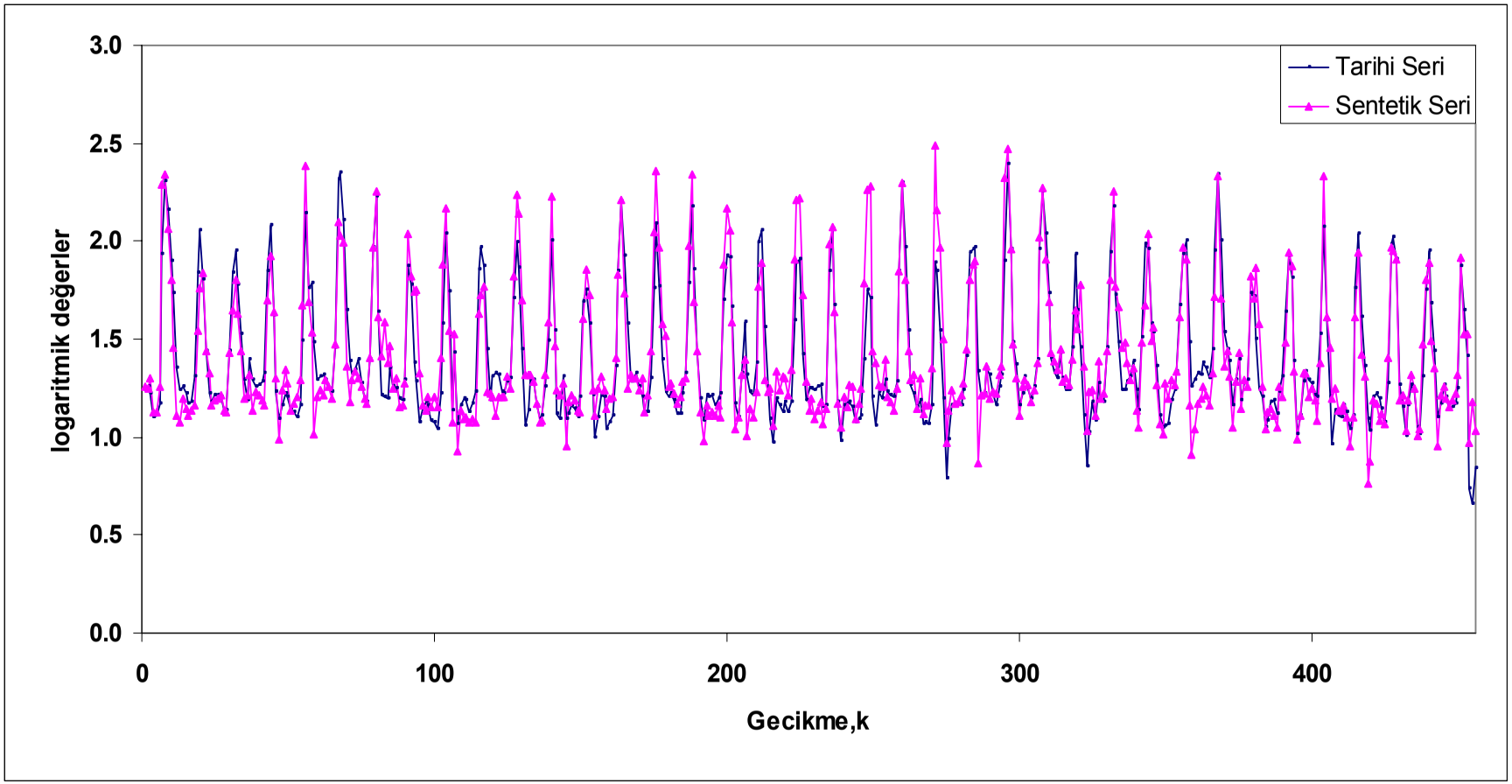
Şekil C.5. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2320)



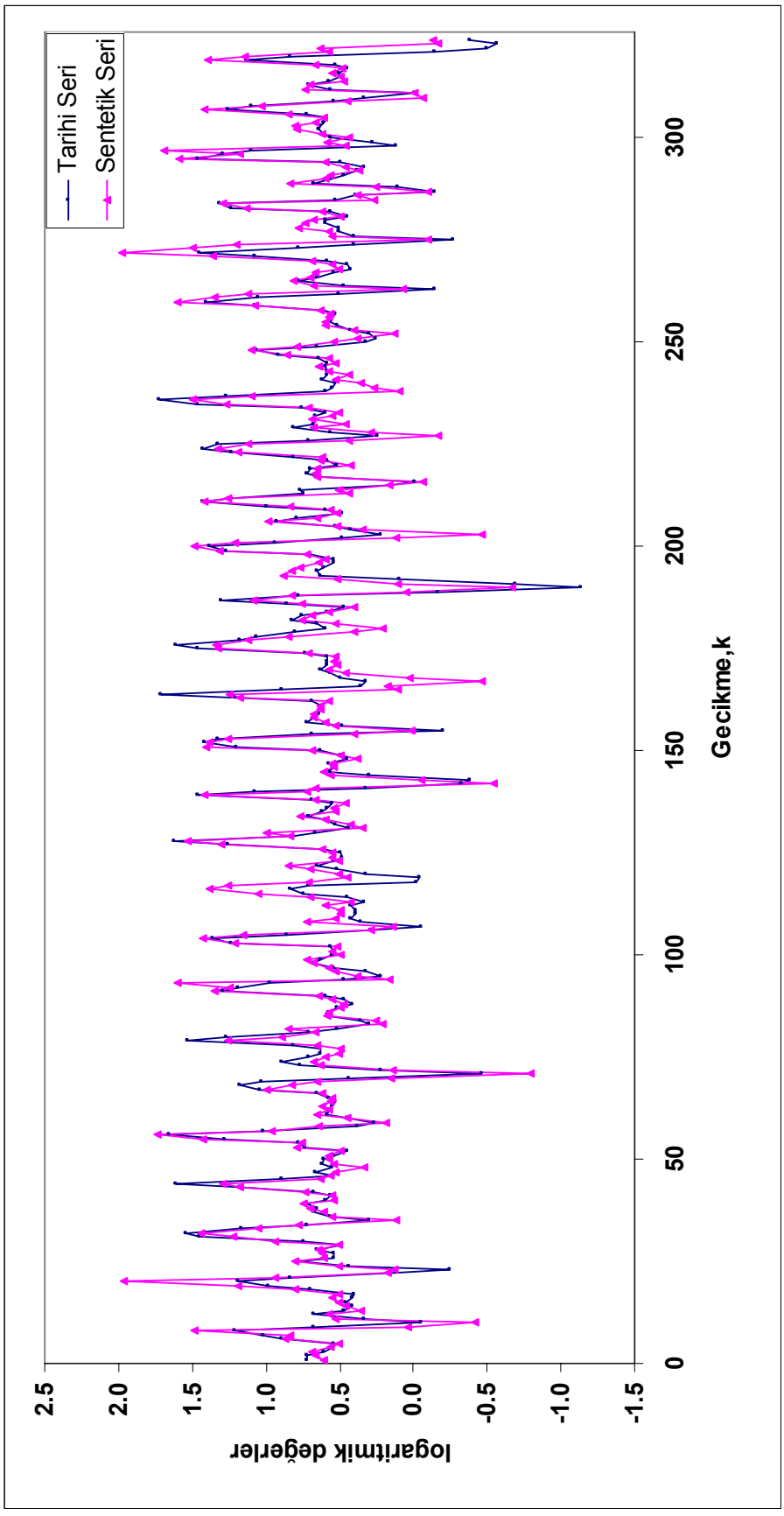
Şekil C.6. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2321)



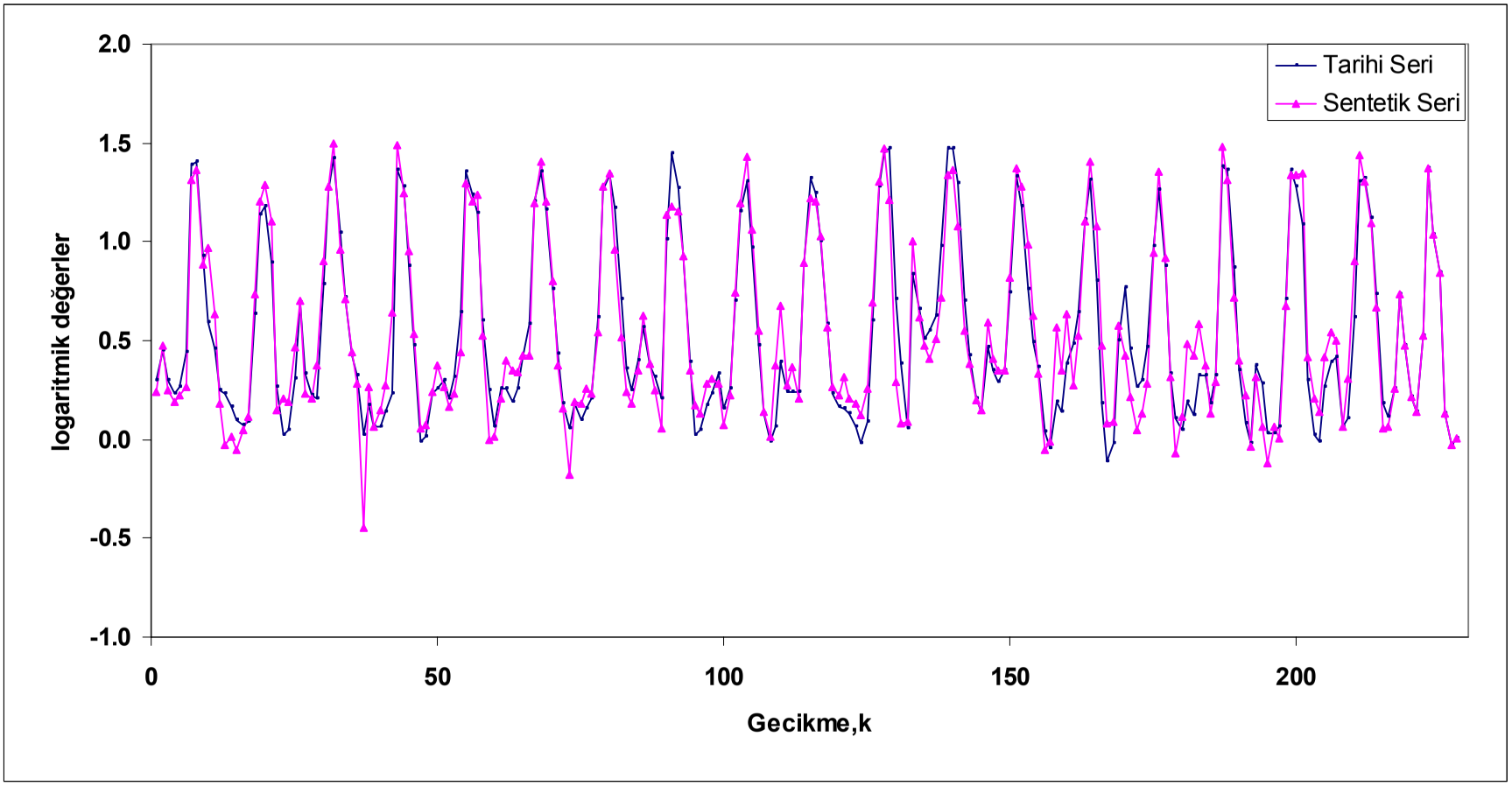
Şekil C.7. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2322)



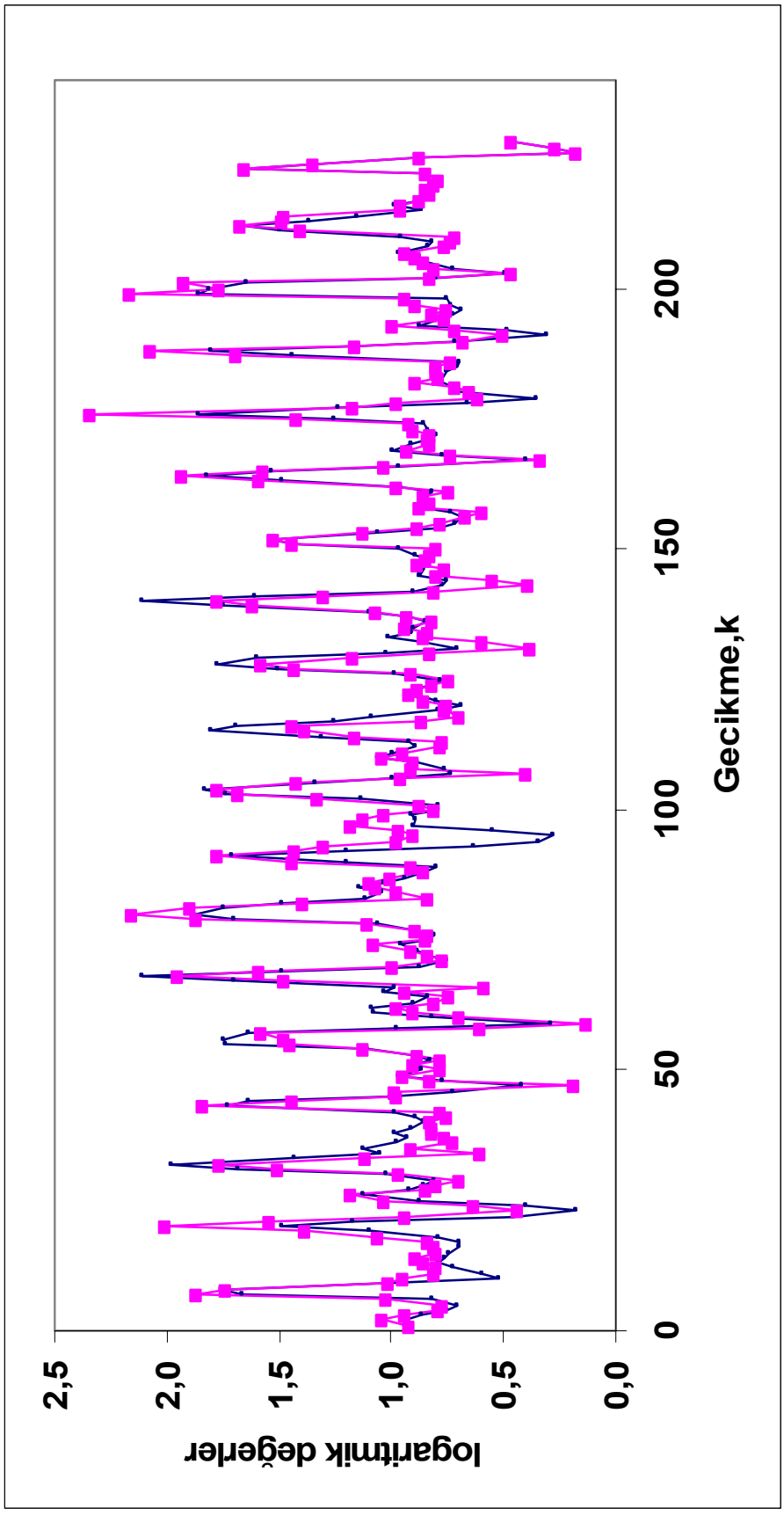
Şekil C.8. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2323)



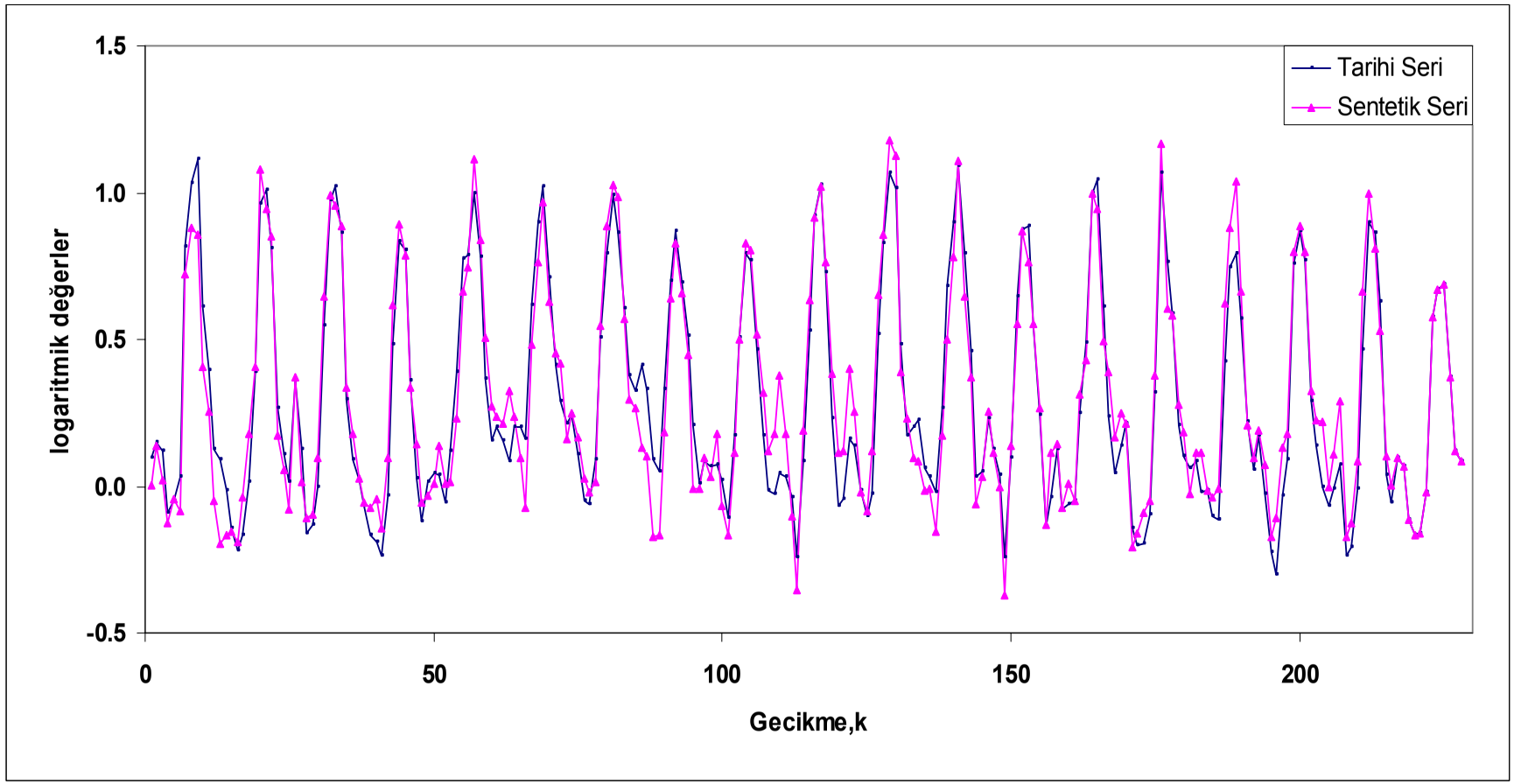
Şekil C.9. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2325)



Şekil C.10. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2328)

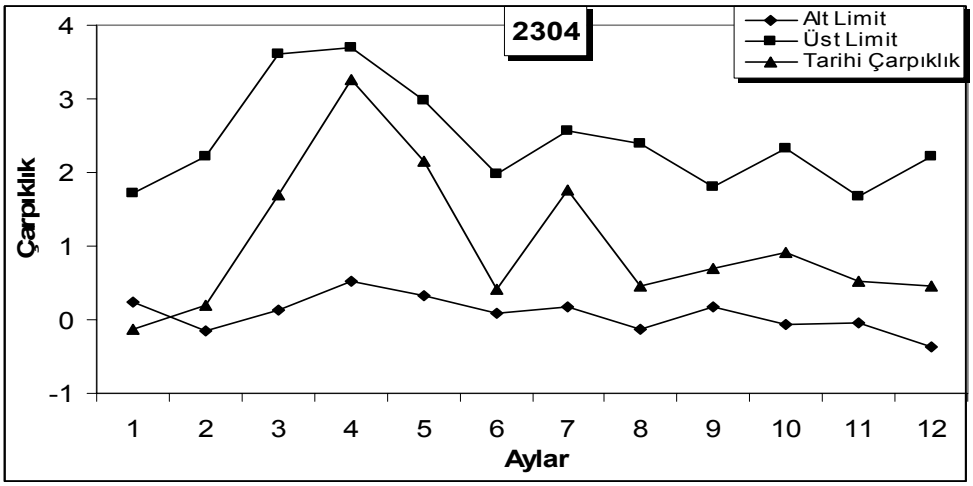


Şekil C.11. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2329)

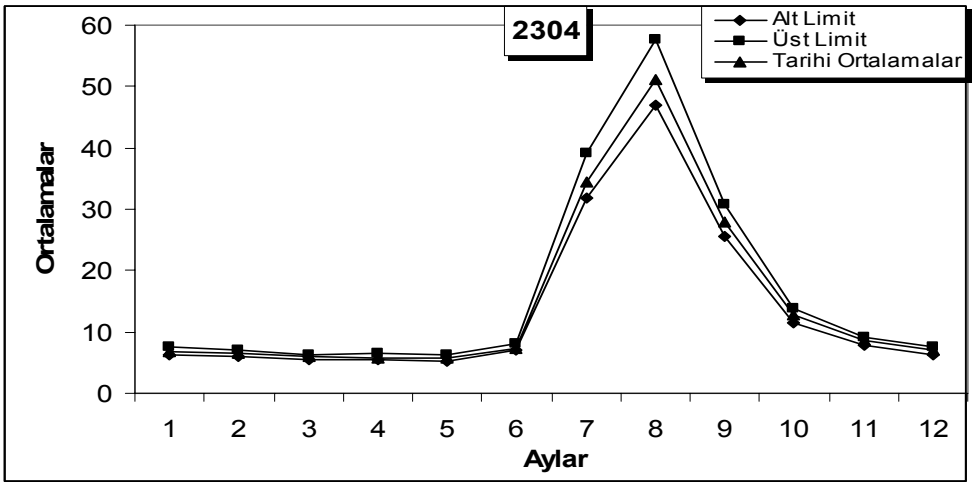


Şekil C.12. Transforme tarihi ve sentetik akım değerlerinin ($y_{v,\tau}$) aylara göre değişimi(2330)

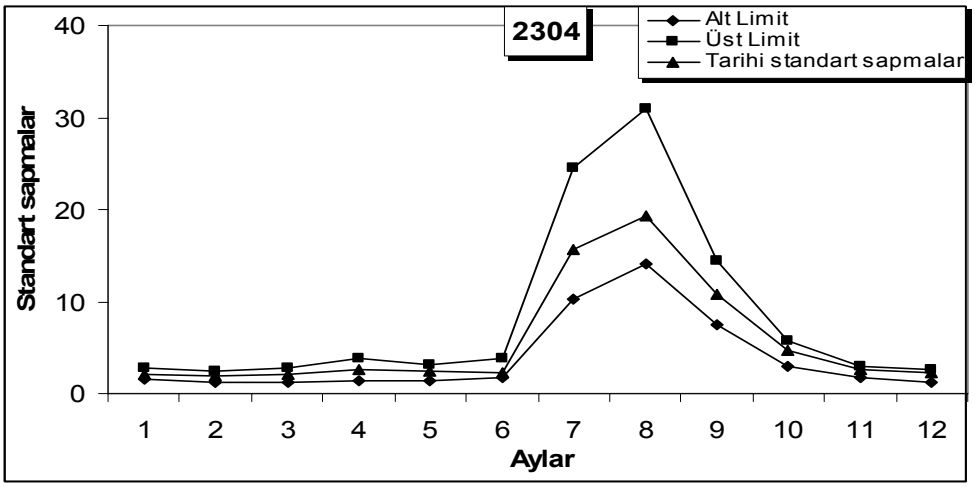
EK D: Kullanılan istasyonlara ait istatistiksel karakteristiklerin tarihi karakteristiklerle karşılaştırılması



(a)

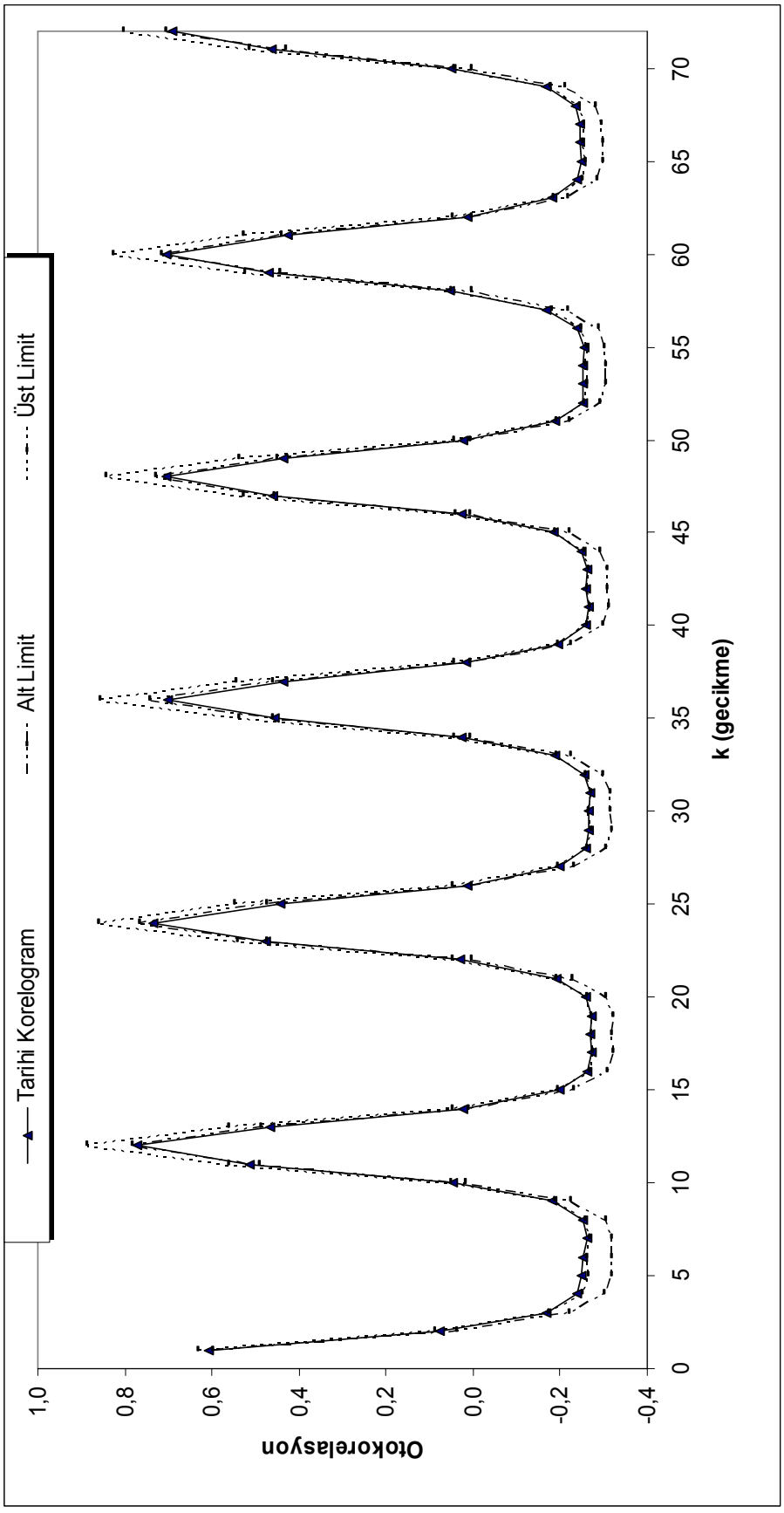


(b)

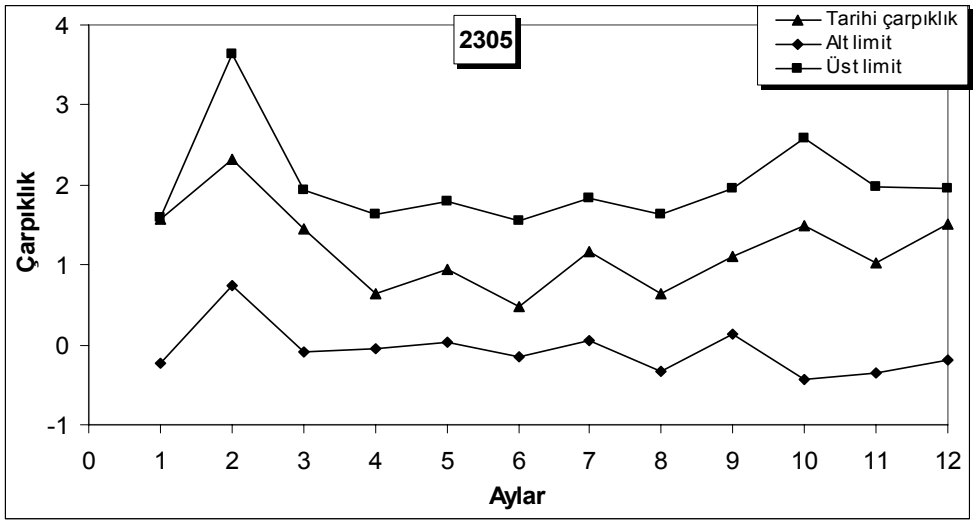


(c)

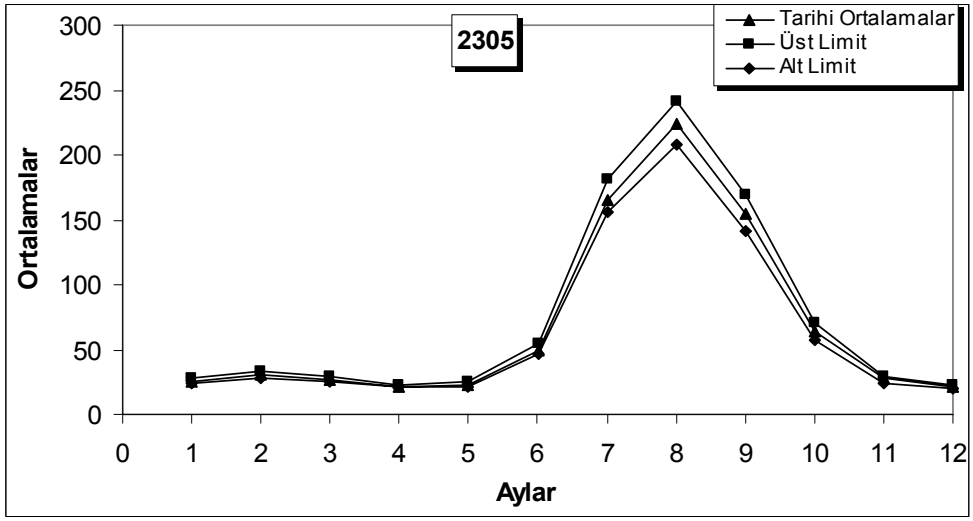
Şekil D.1. 2304 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



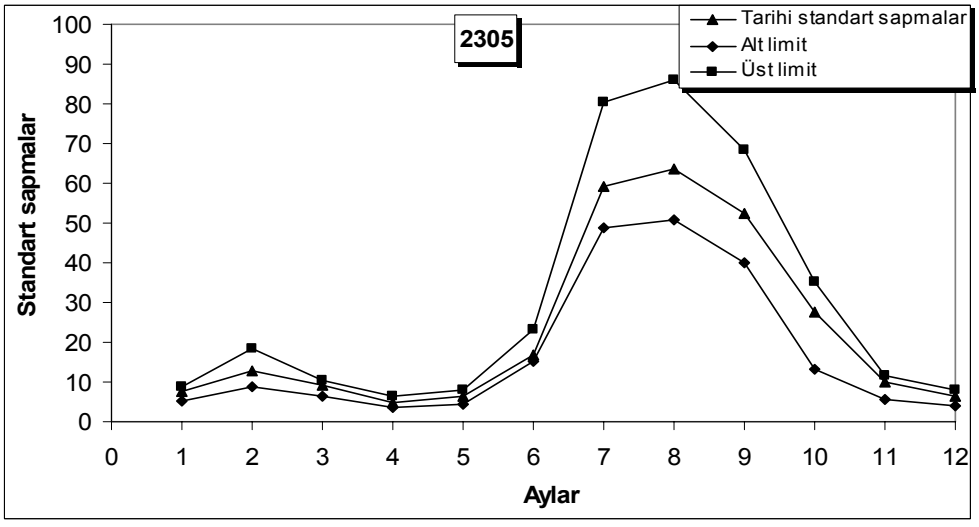
Şekil D.2. 2304 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

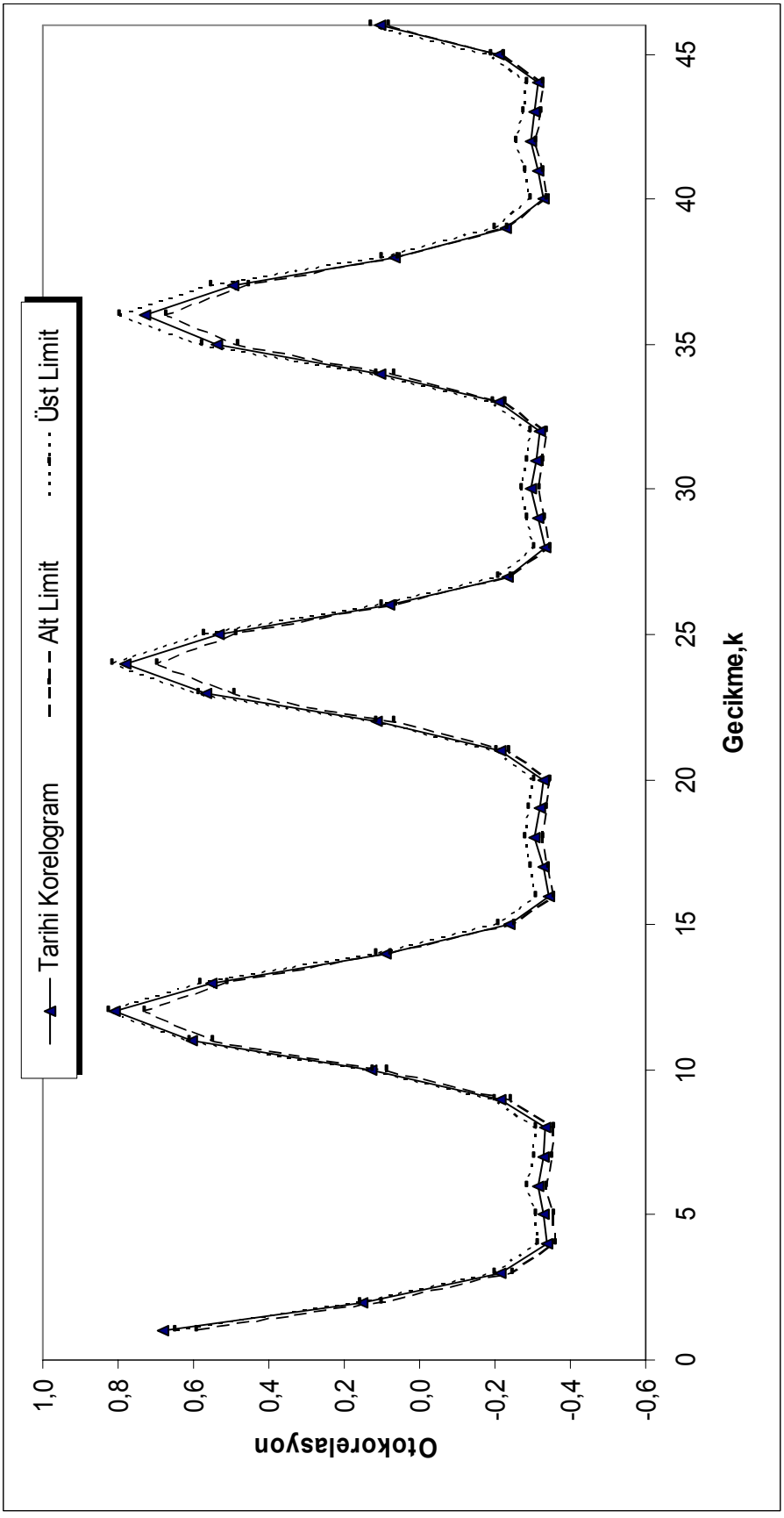


(b)

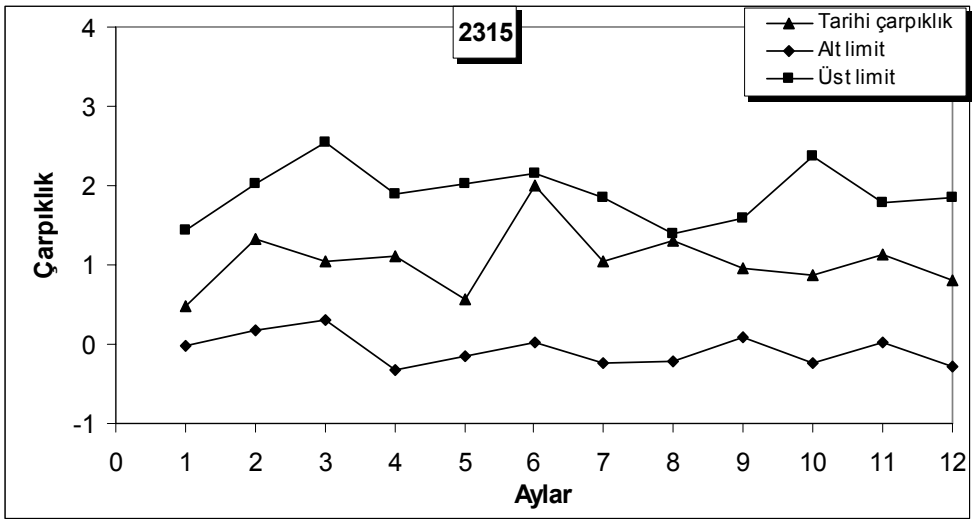


(c)

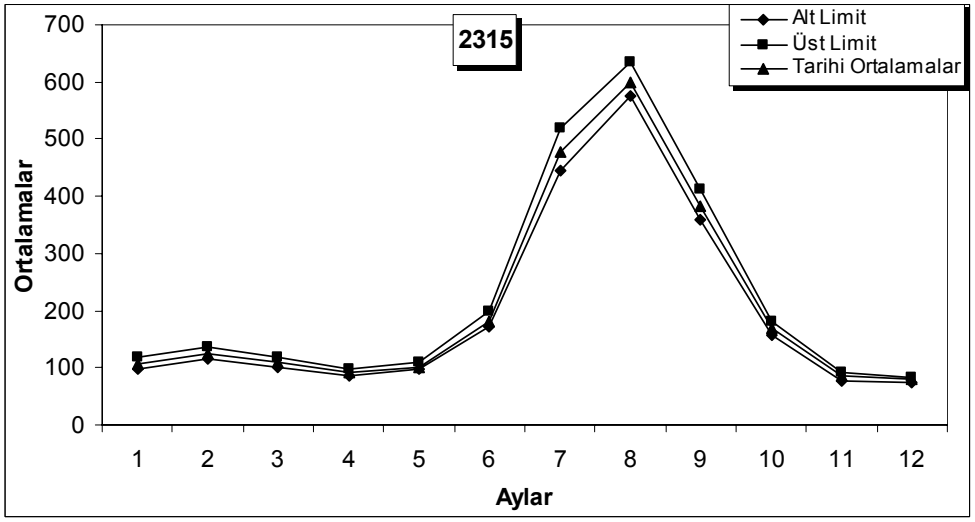
Şekil D.3. 2305 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



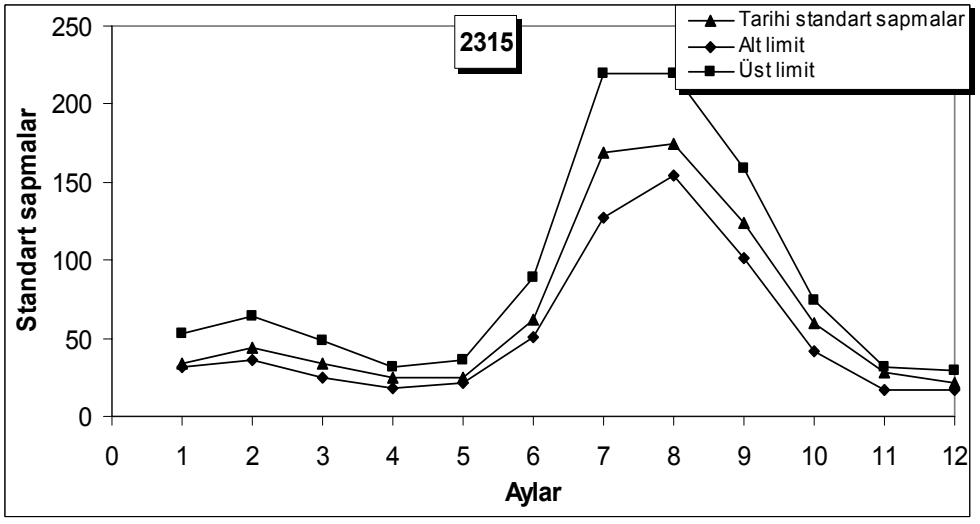
Şekil D.4. 2305 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

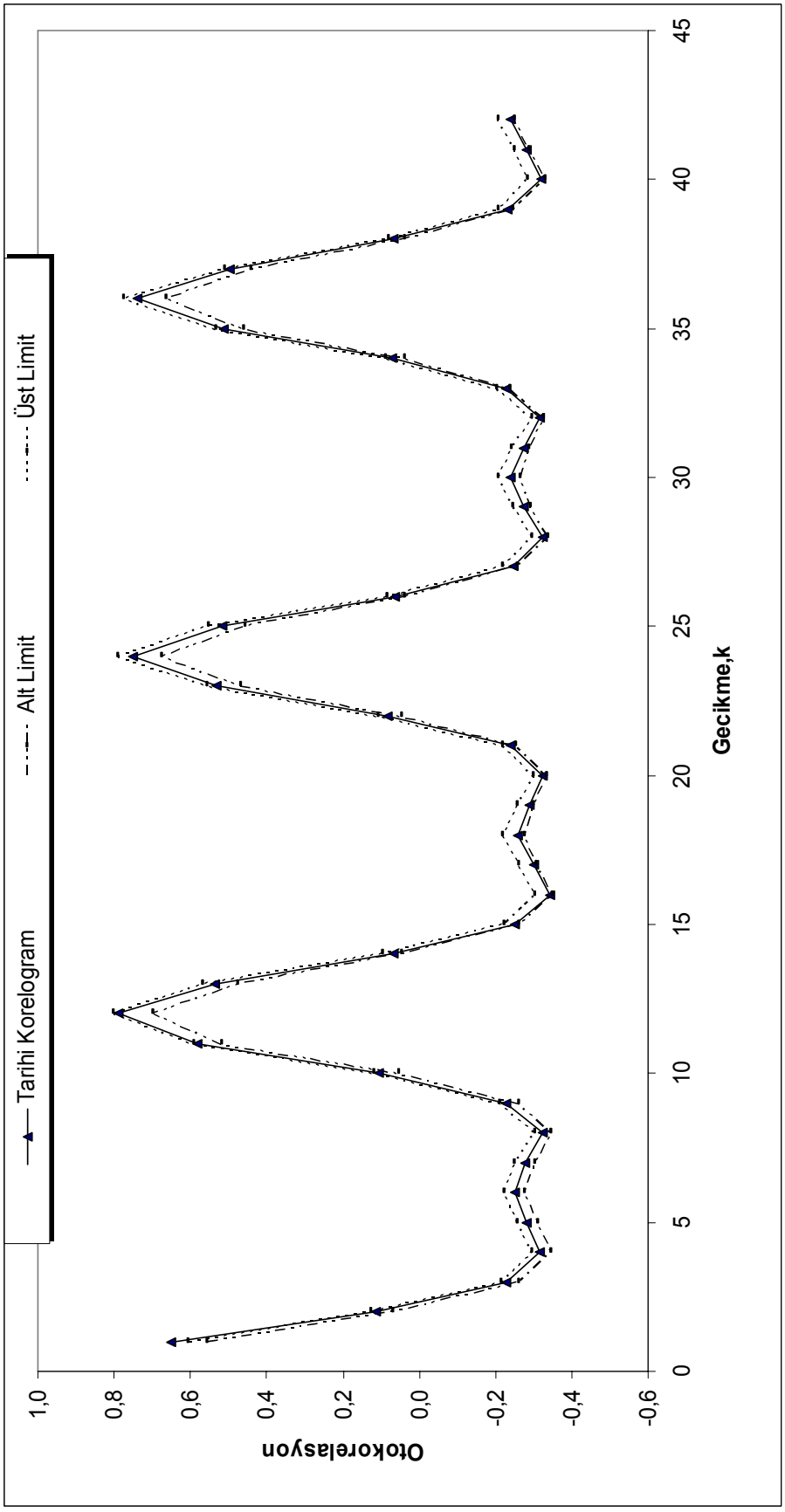


(b)

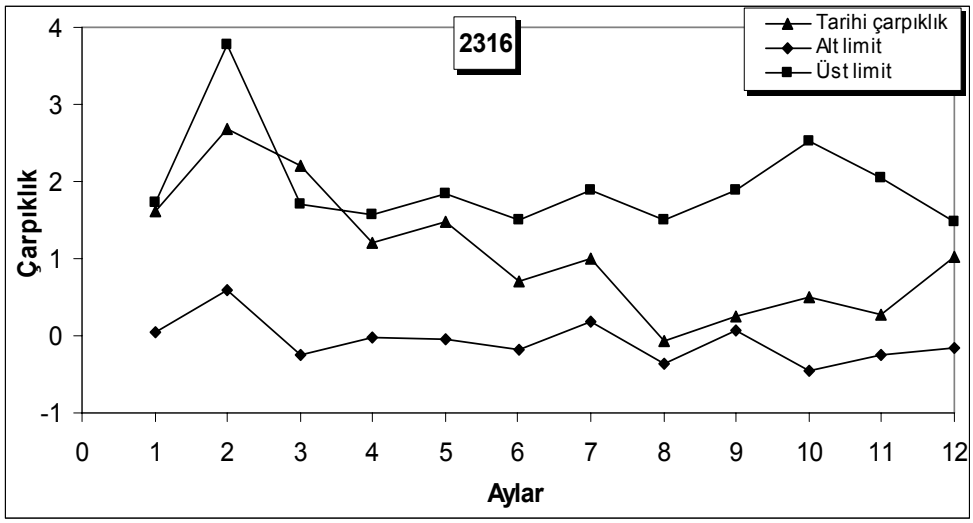


(c)

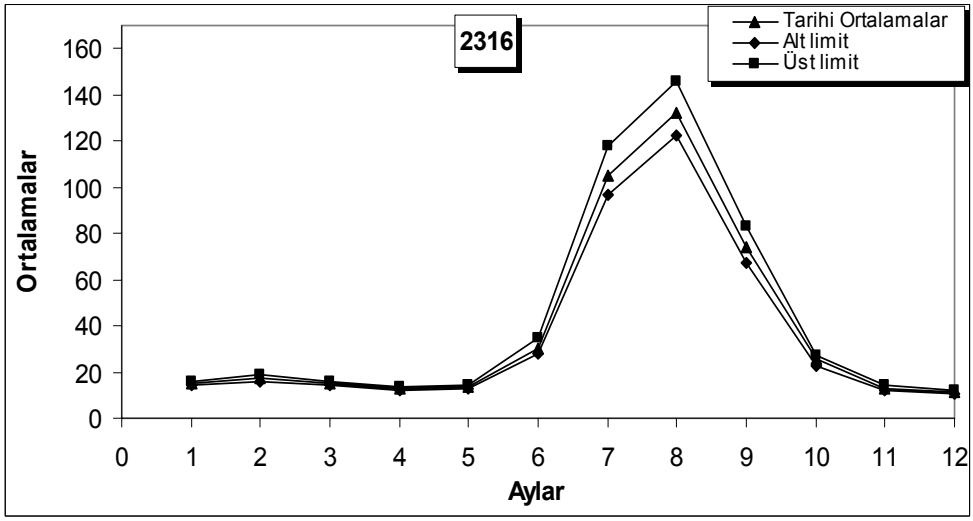
Şekil D.5. 2315 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



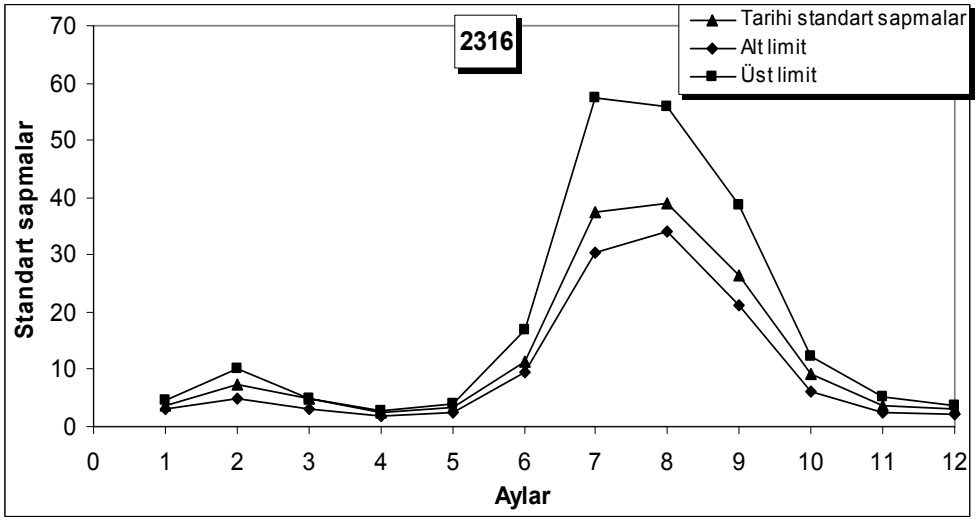
Şekil D.6. 2315 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

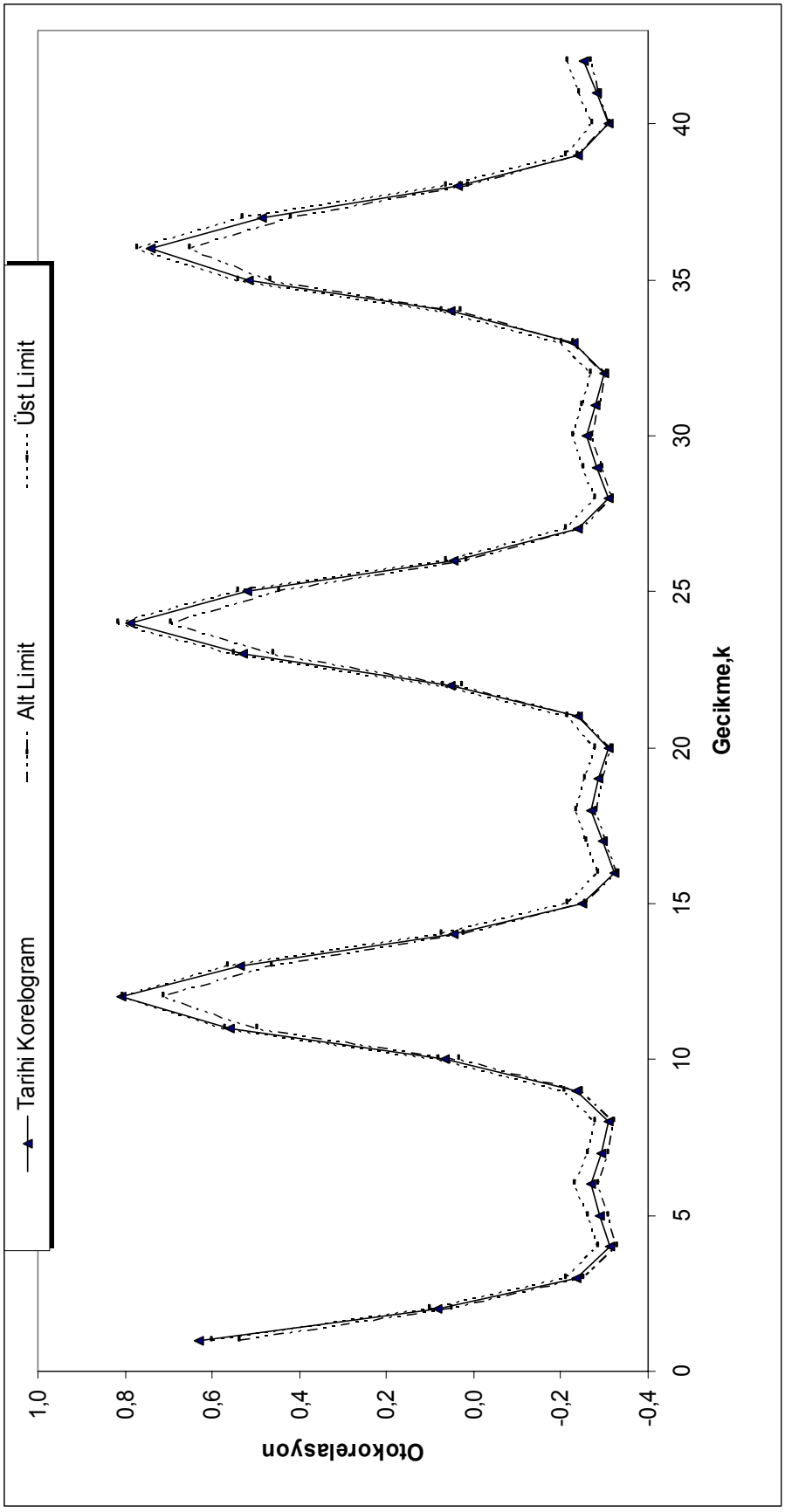


(b)

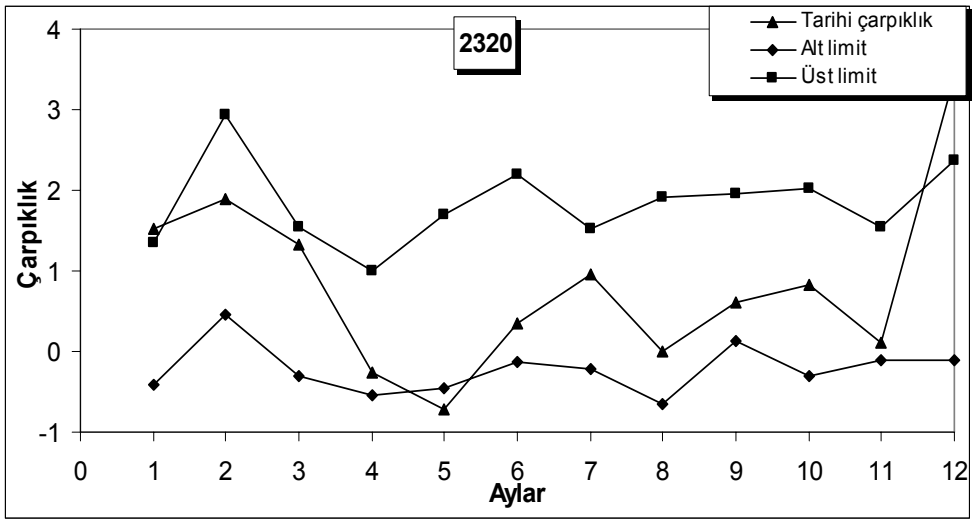


(c)

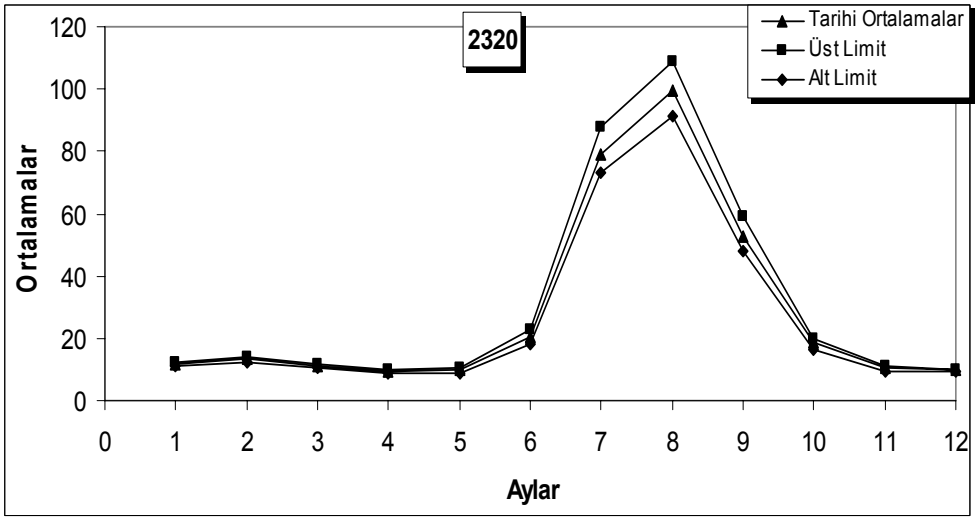
Şekil D.7. 2316 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



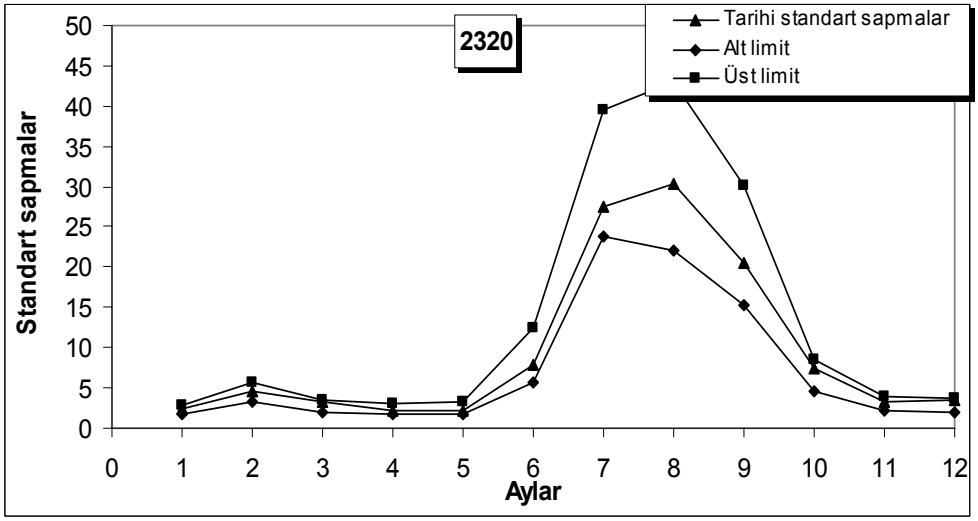
Şekil D.8. 2316 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

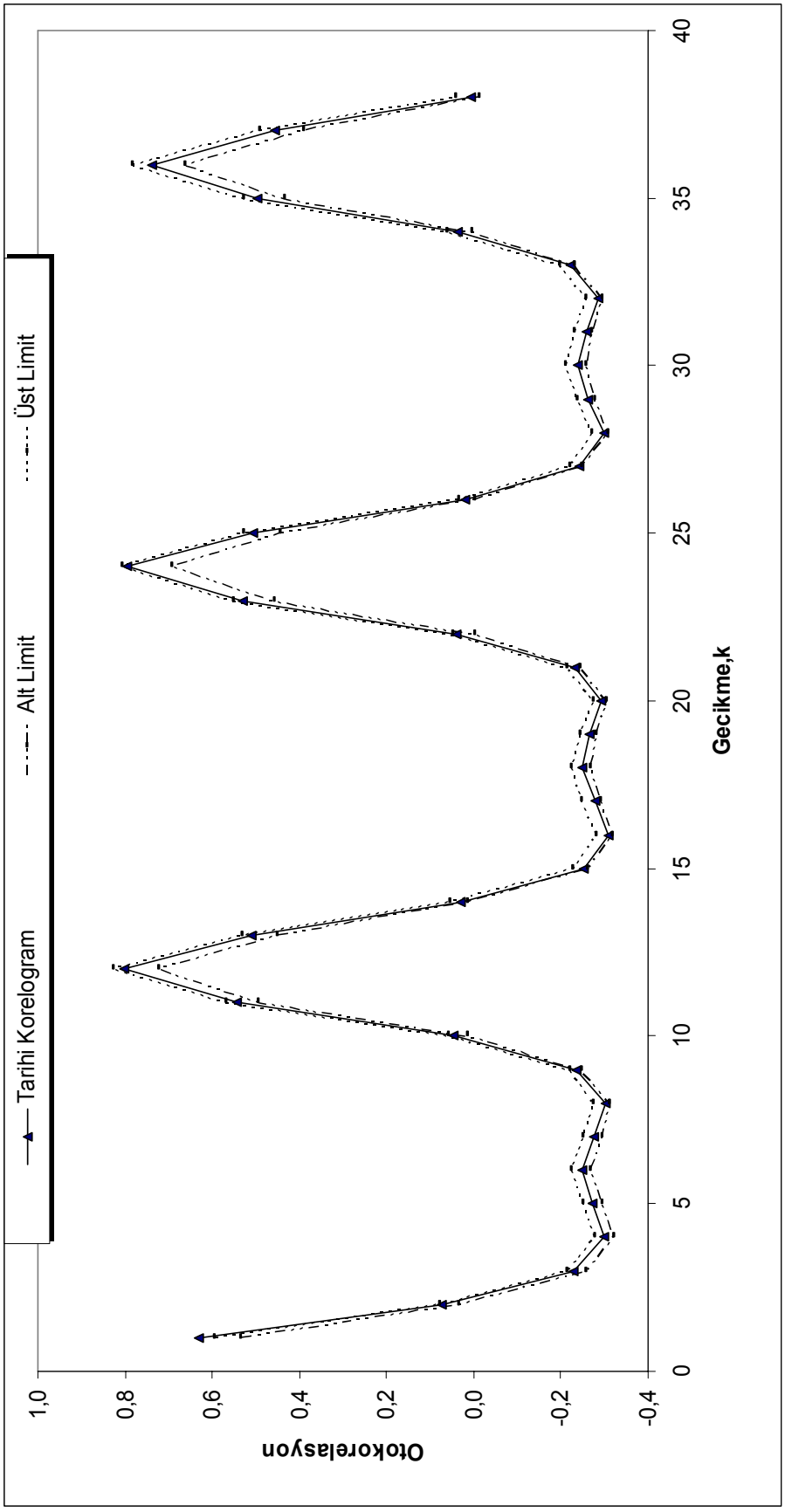


(b)

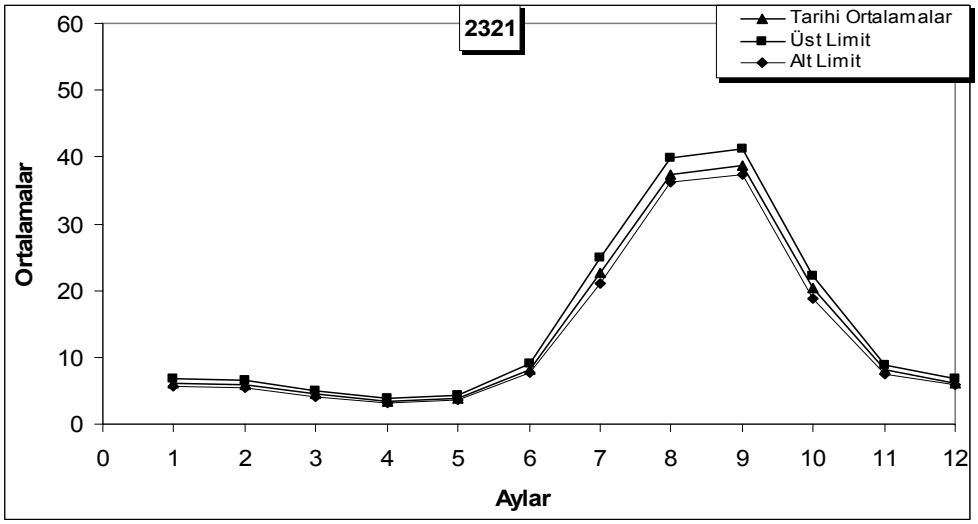


(c)

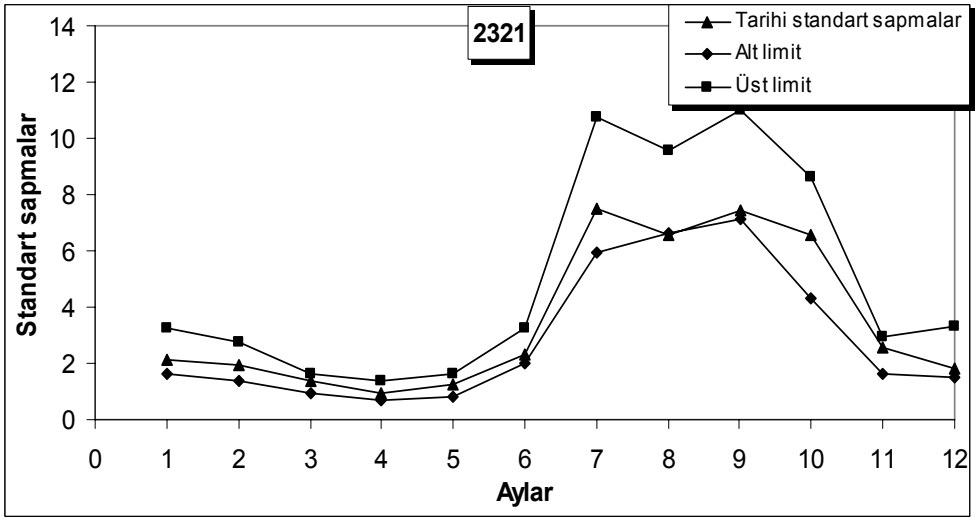
Şekil D.9. 2320 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



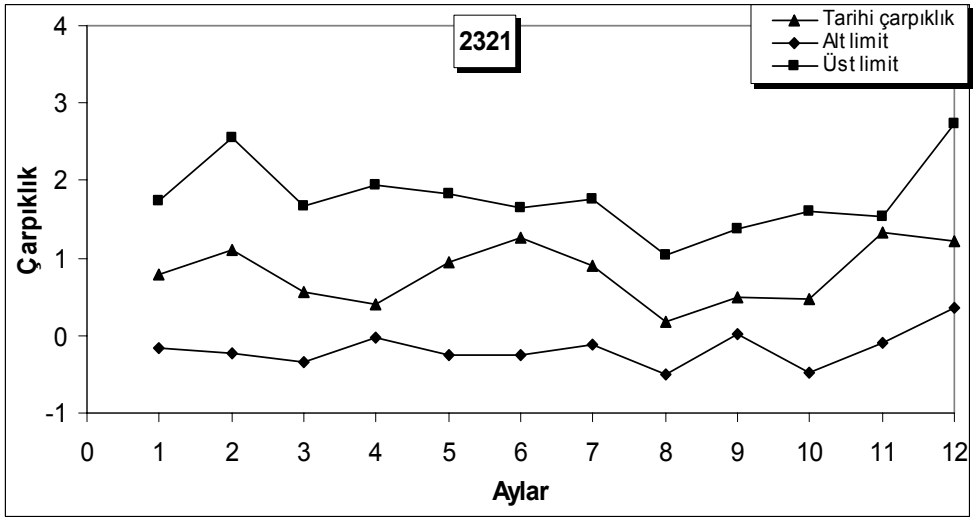
Şekil D.10. 2316 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

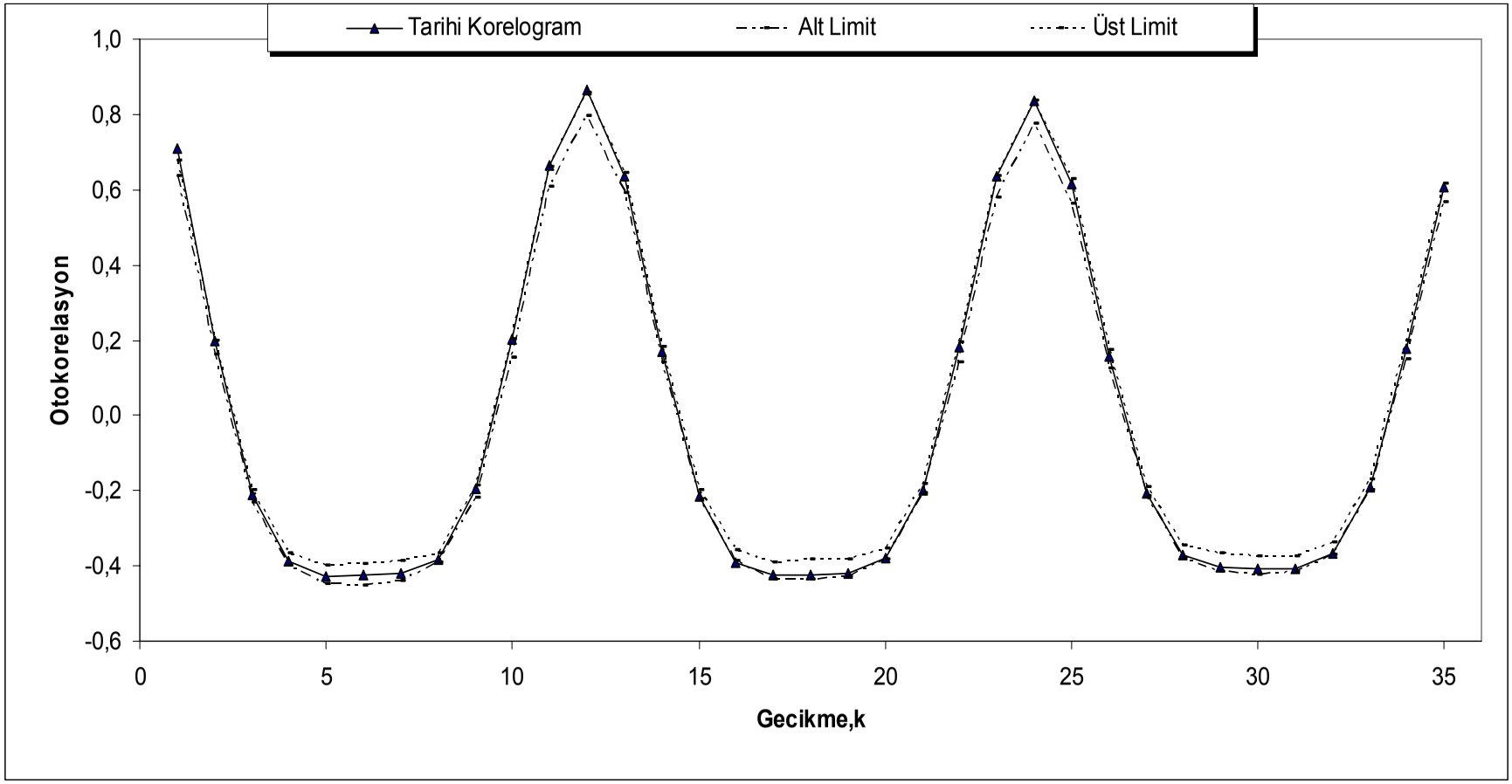


(b)

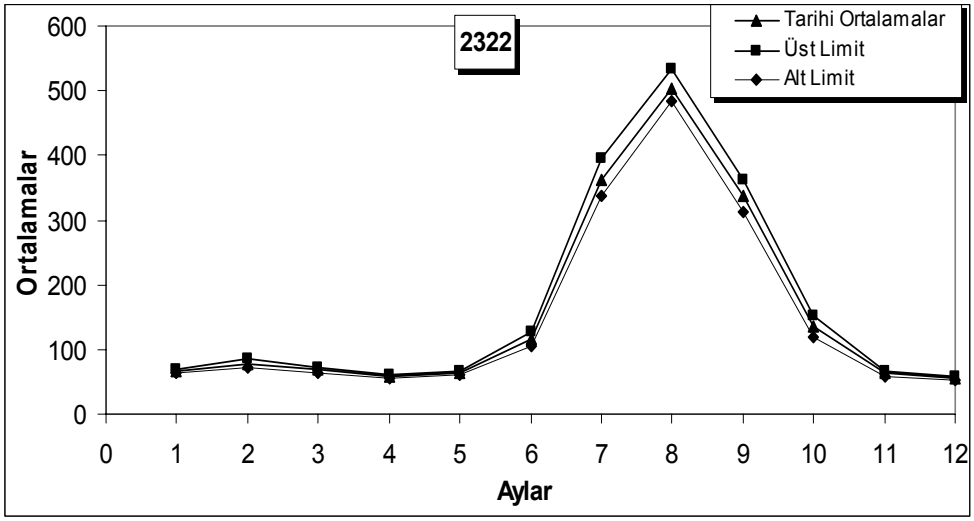


(c)

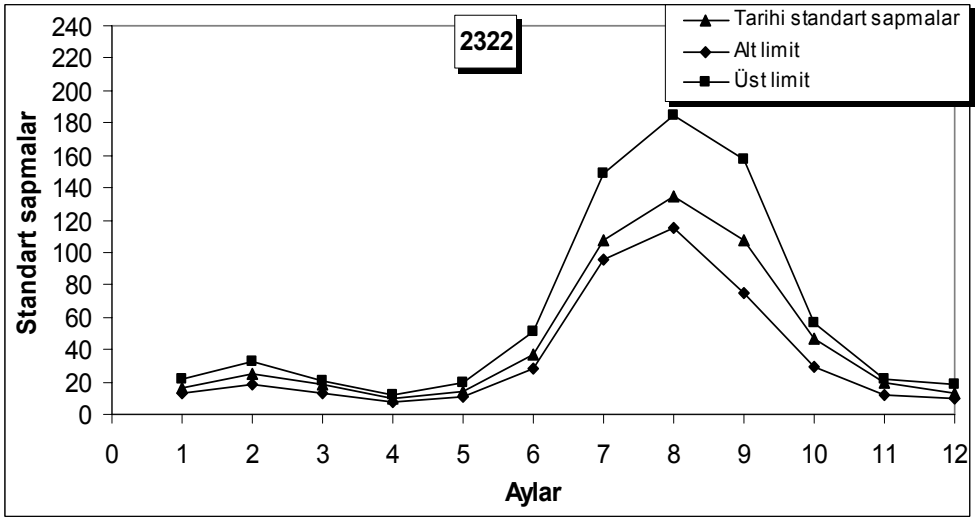
Şekil D.11. 2321 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



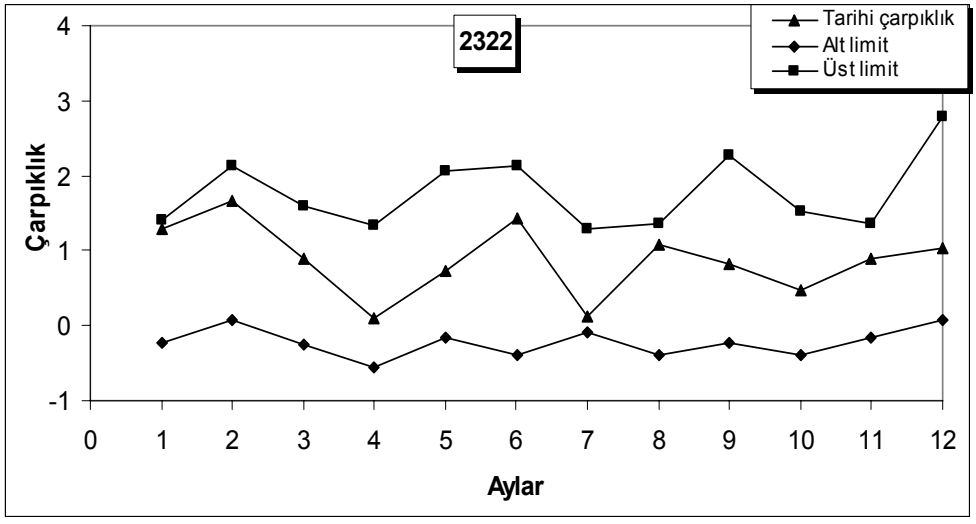
Şekil D.12. 2321 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

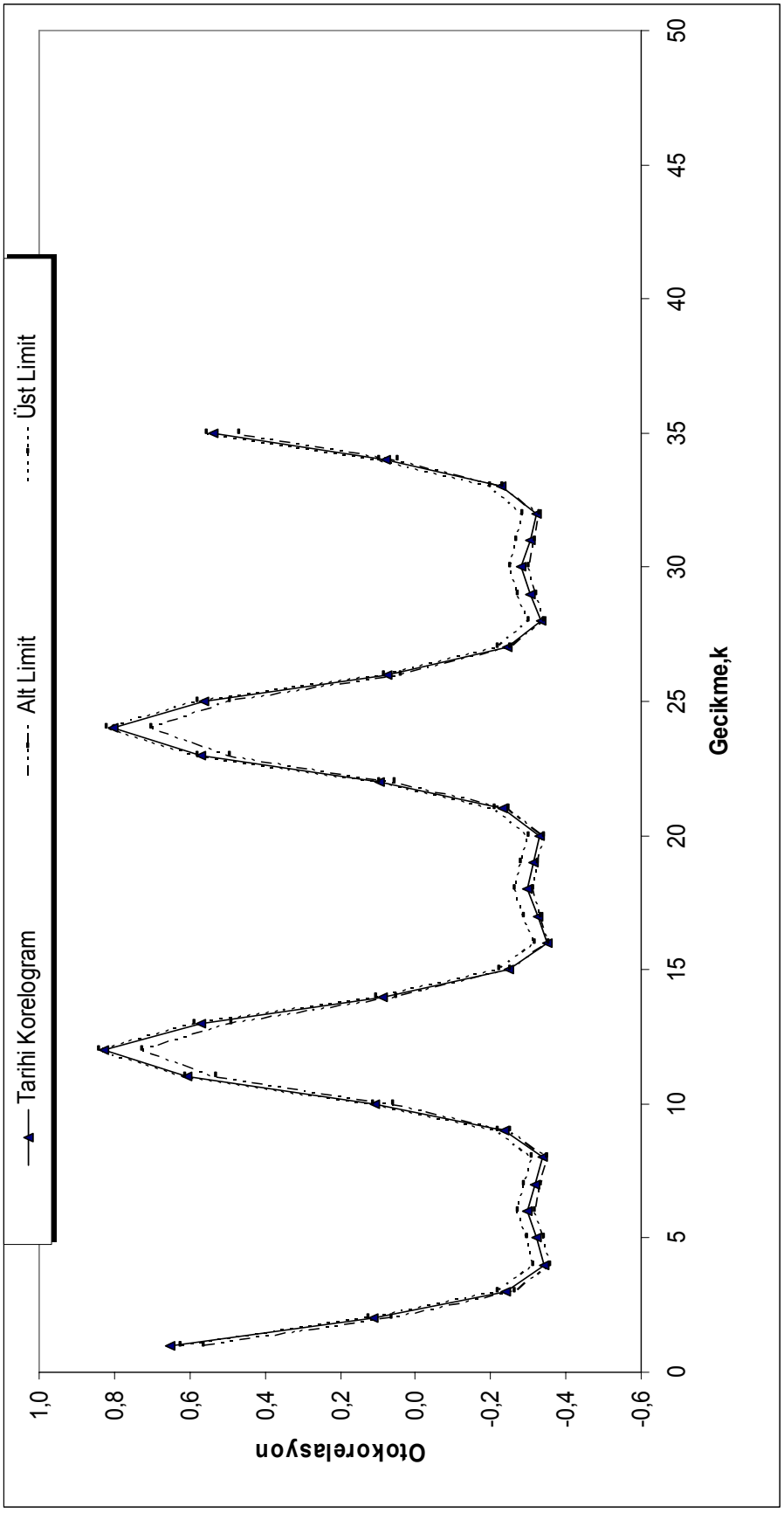


(b)

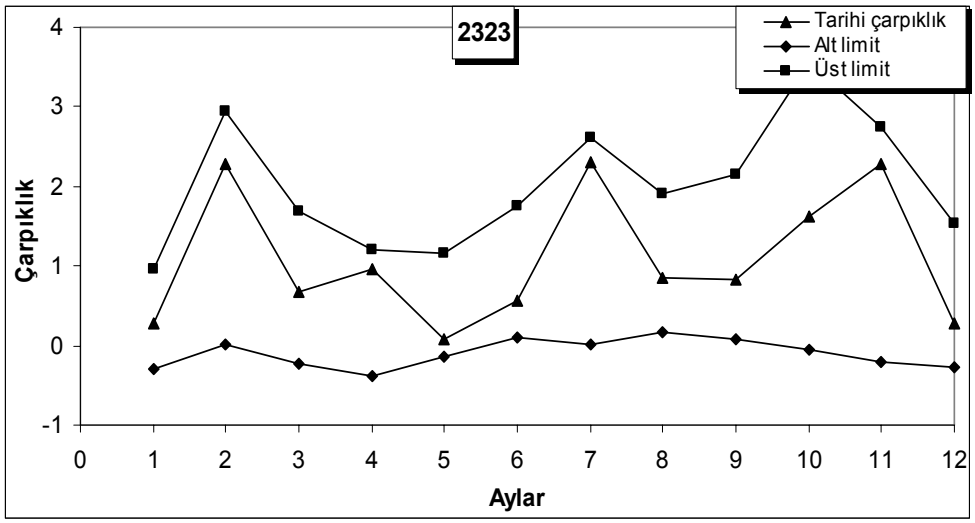


(c)

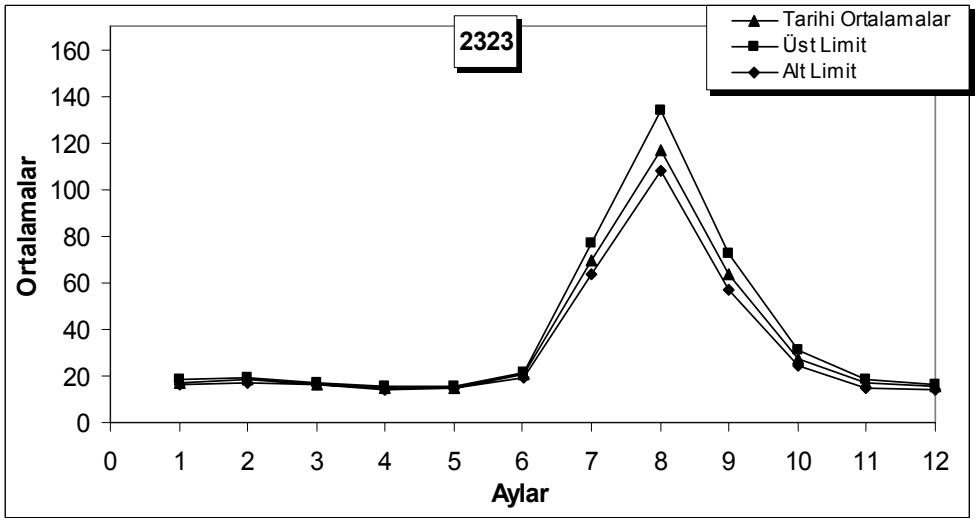
Şekil D.13. 2322 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



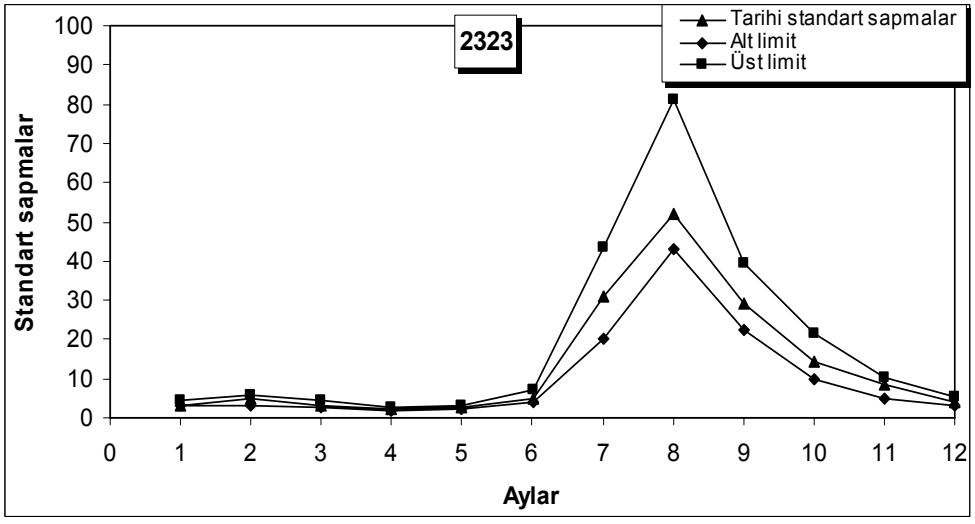
Şekil D.14. 2322 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

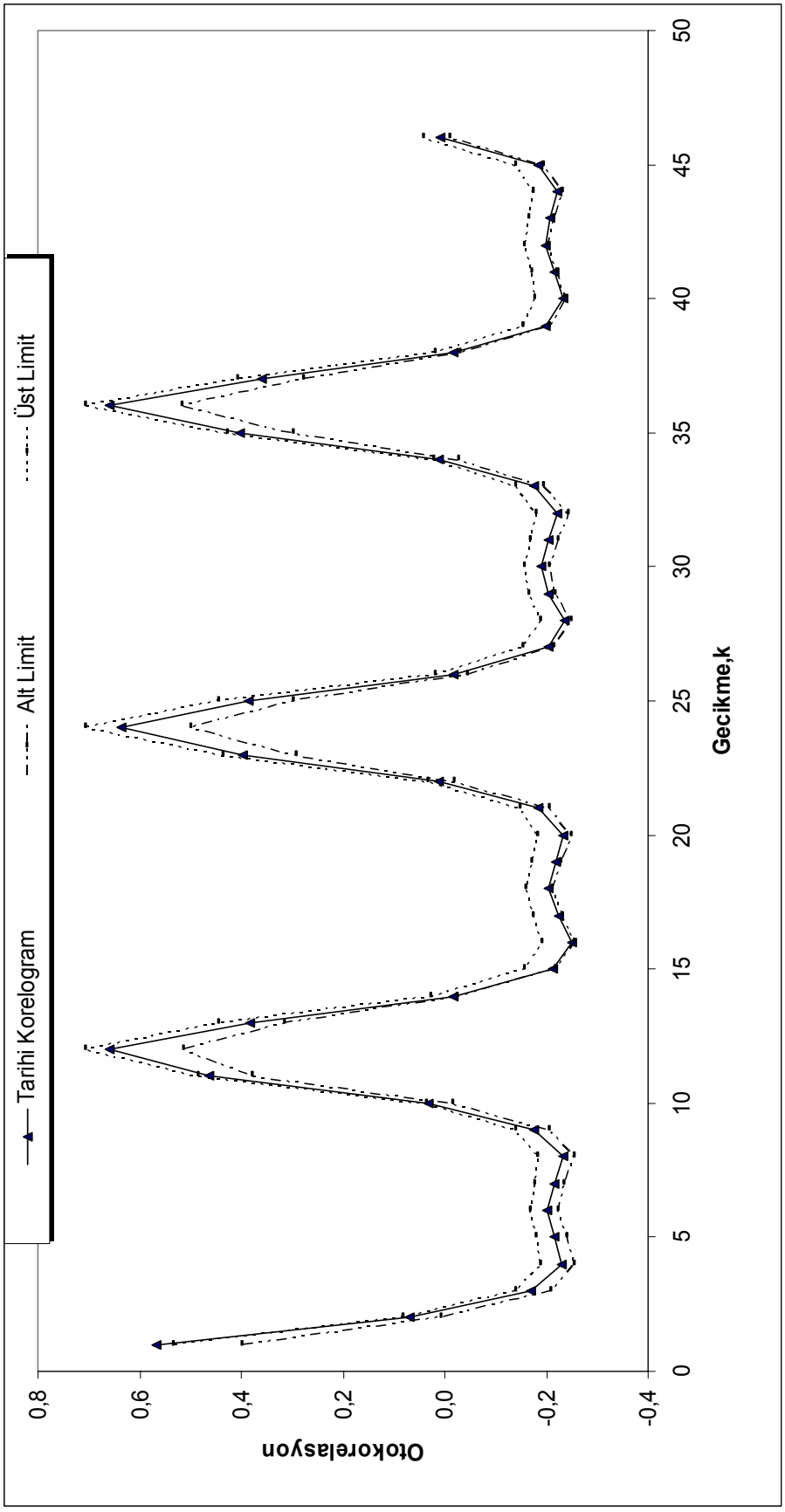


(b)

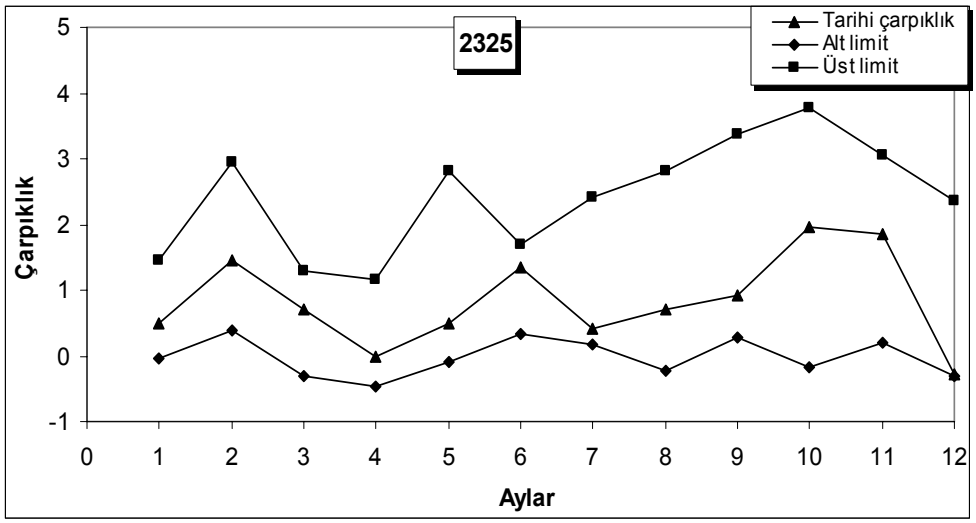


(c)

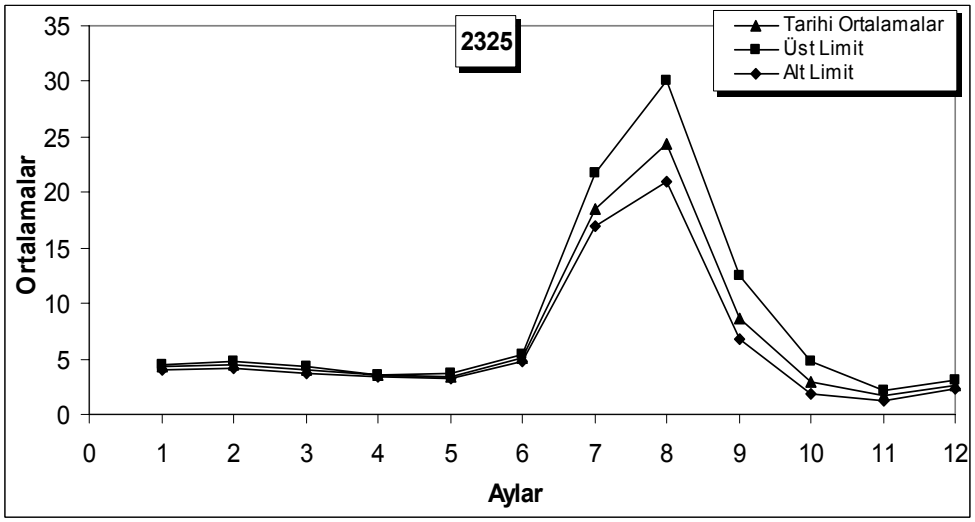
Şekil D.15. 2323 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



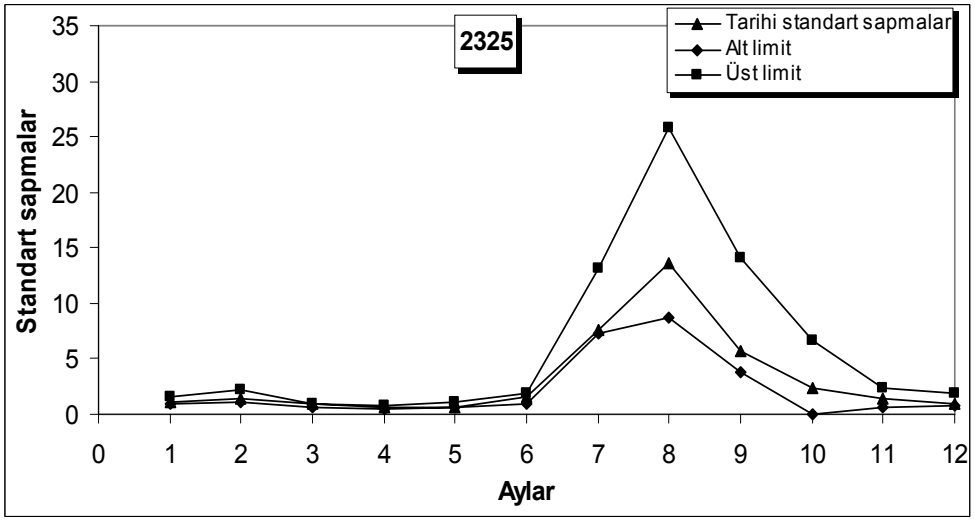
Şekil D.16. 2323 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

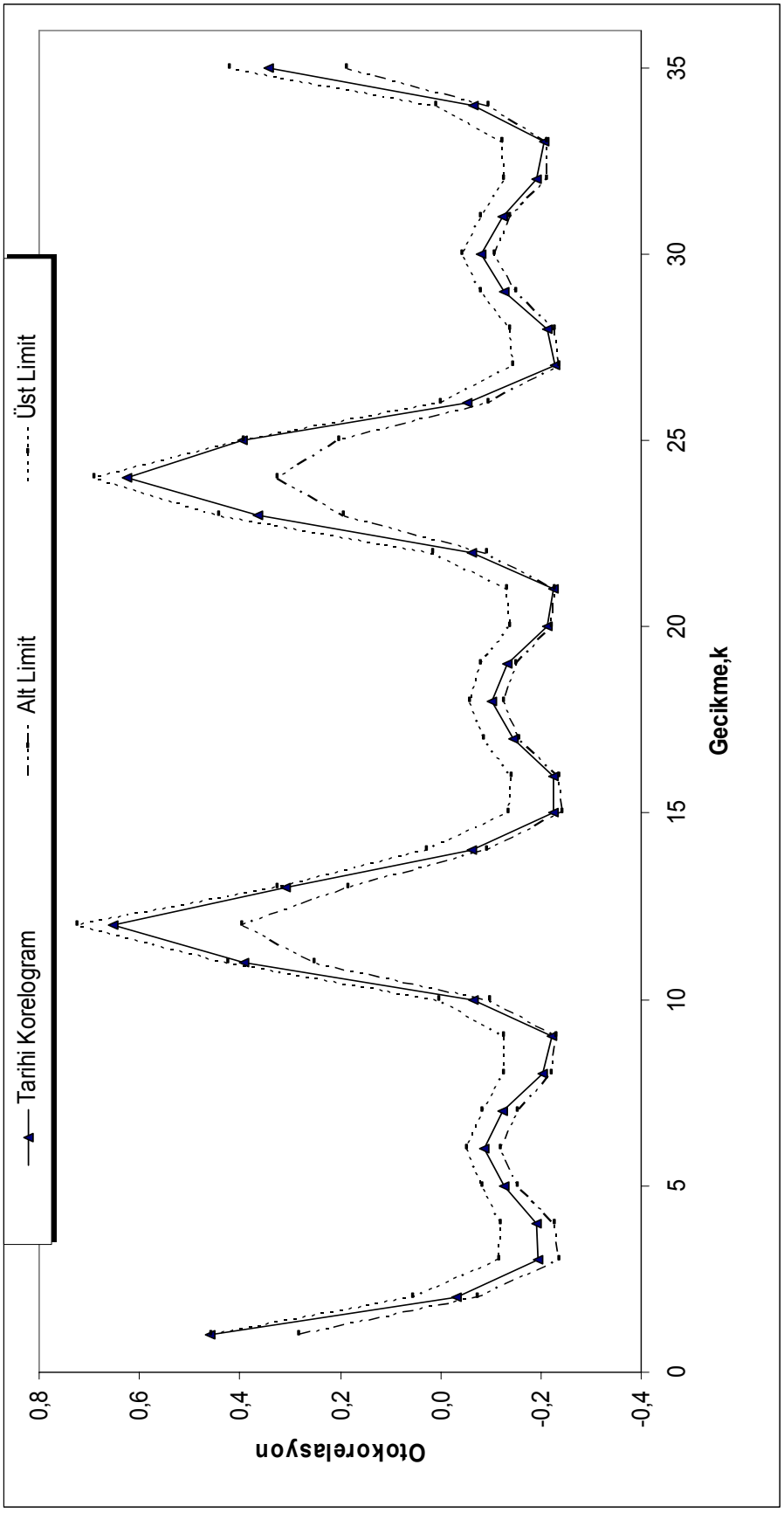


(b)

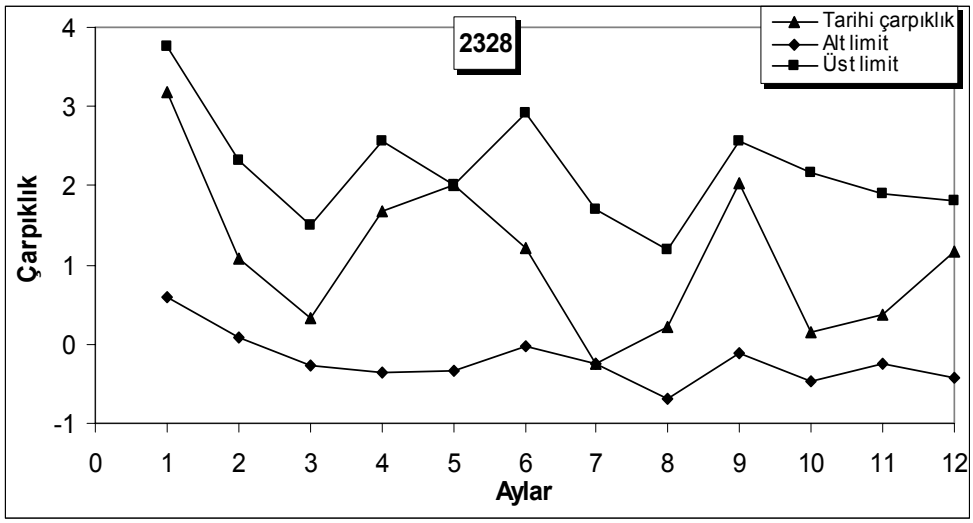


(c)

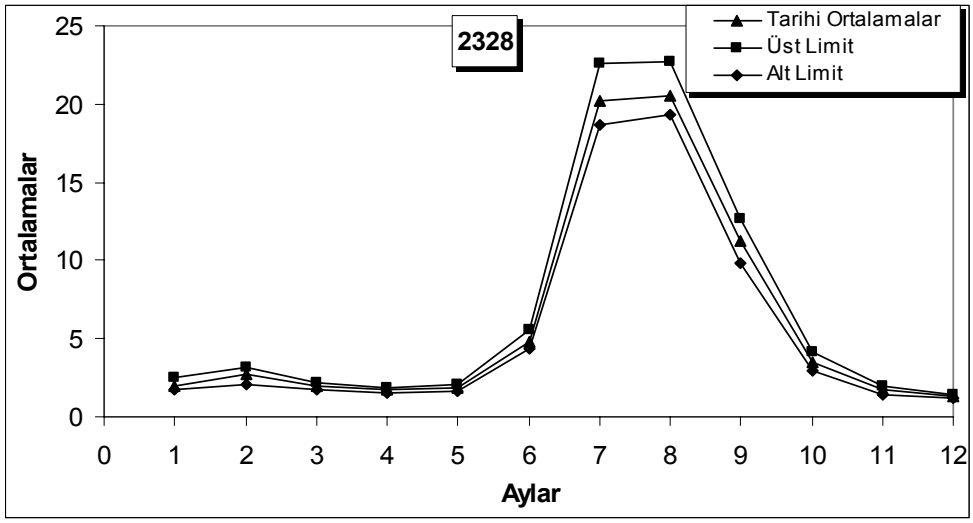
Şekil D.17. 2325 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



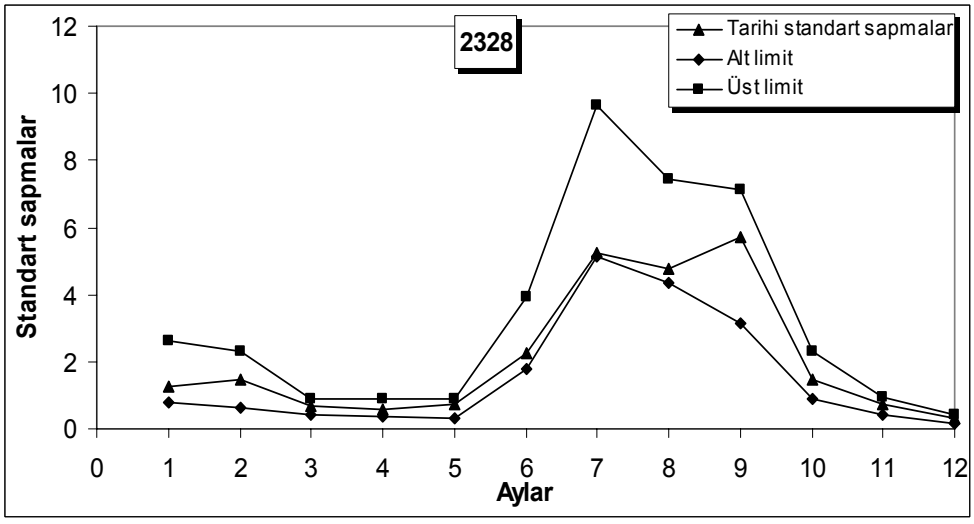
Şekil D.18. 2325 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

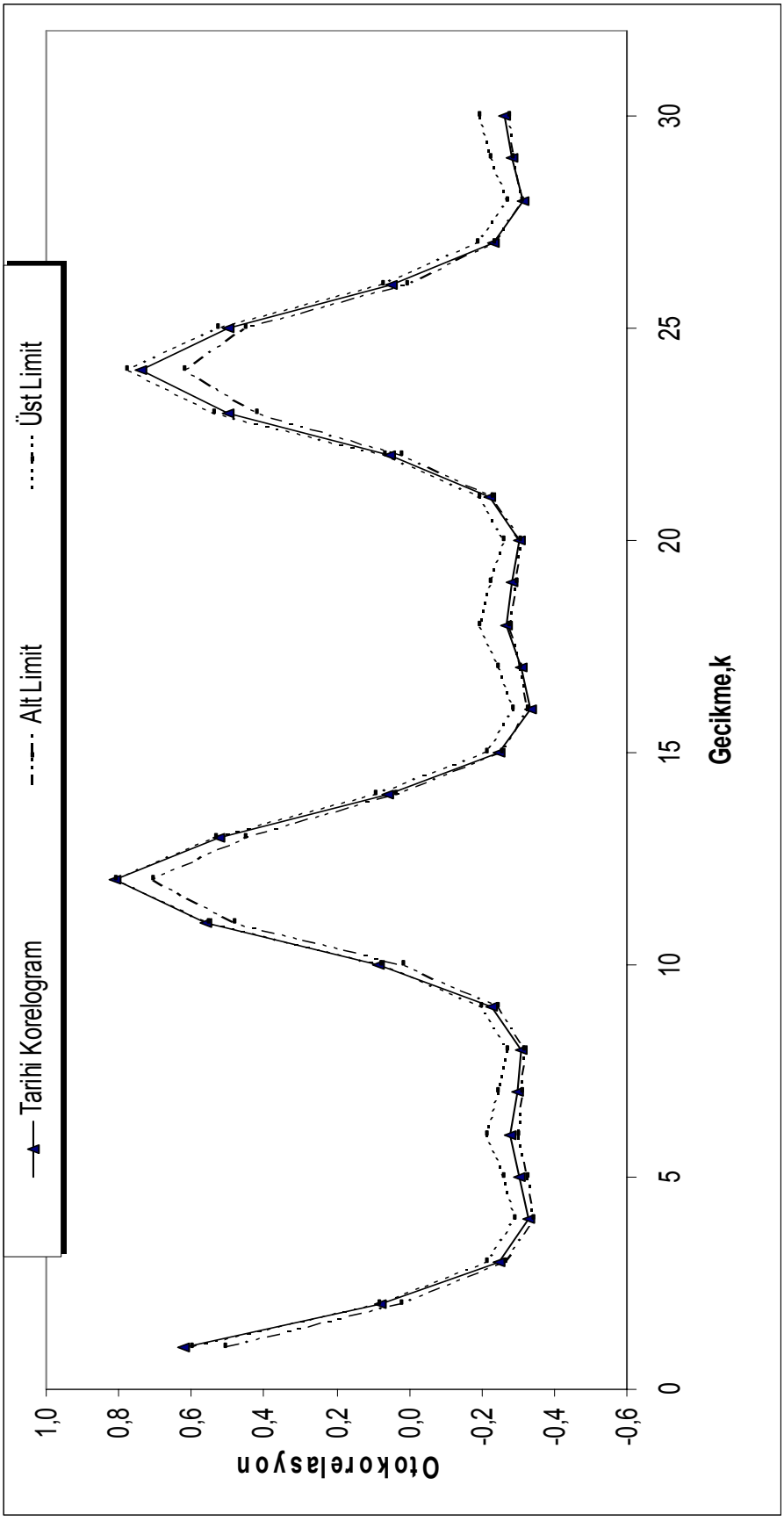


(b)

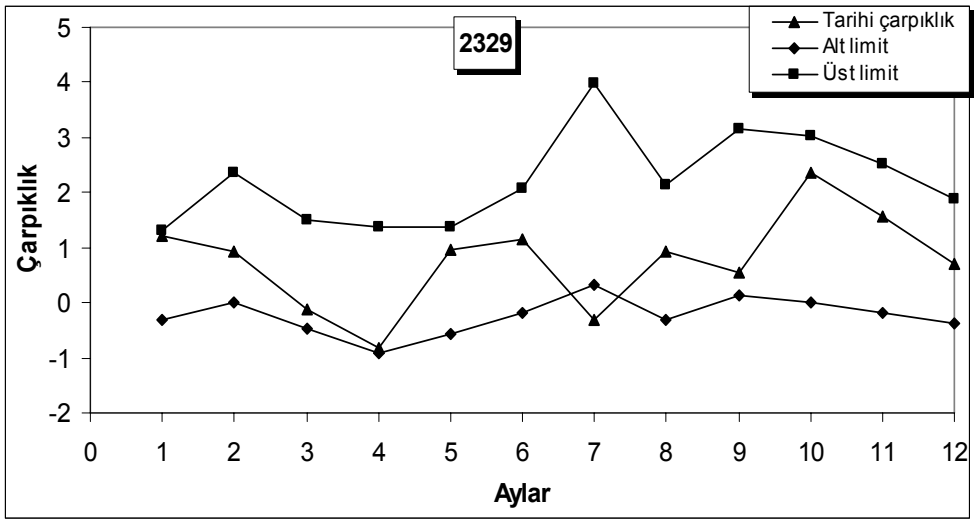


(c)

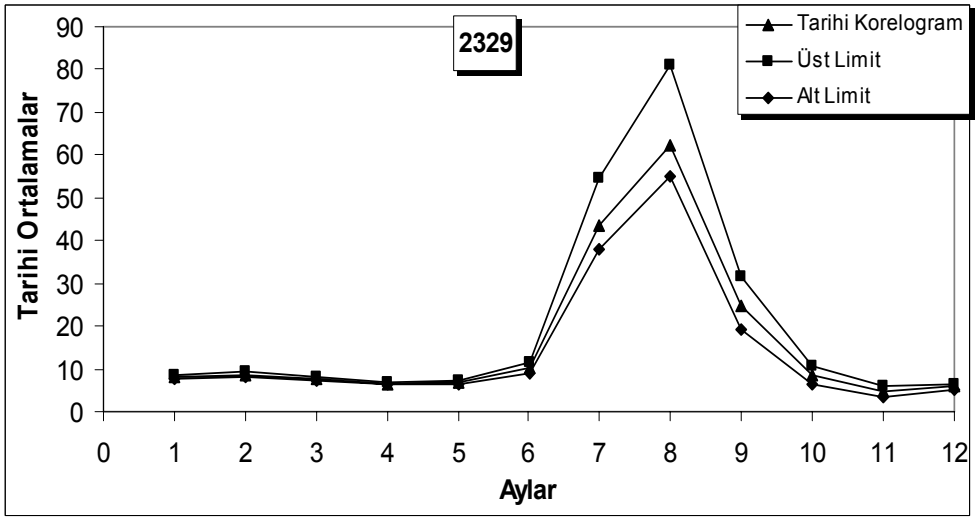
Şekil D.19. 2328 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



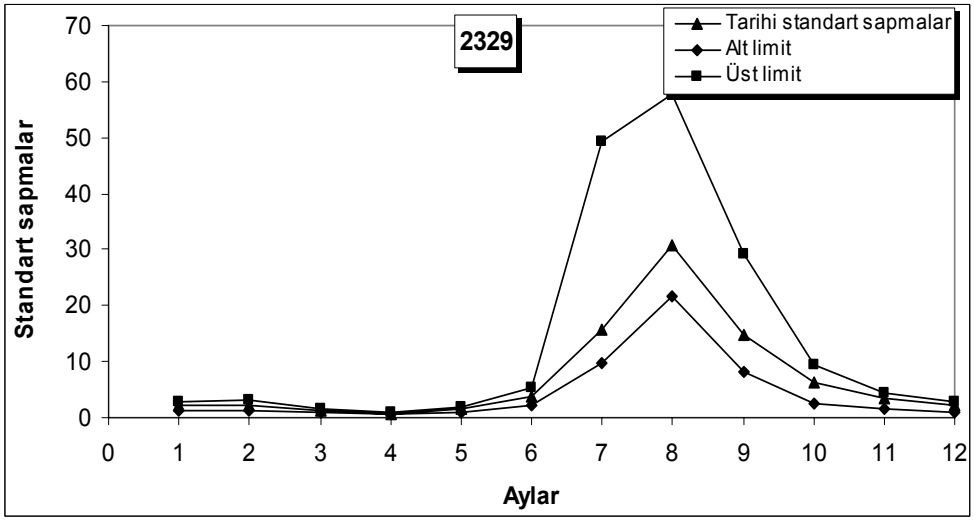
Şekil D.20. 2328 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

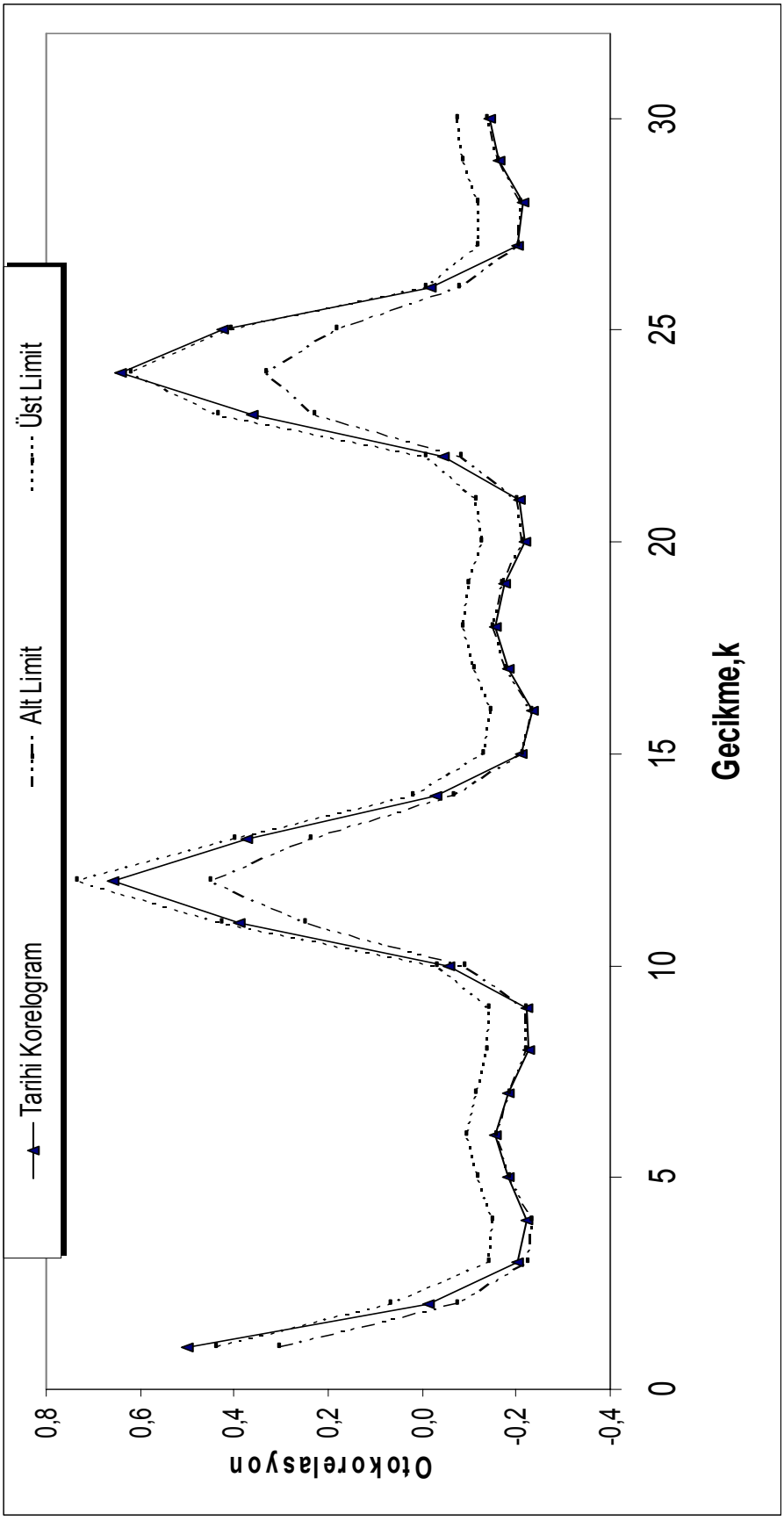


(b)

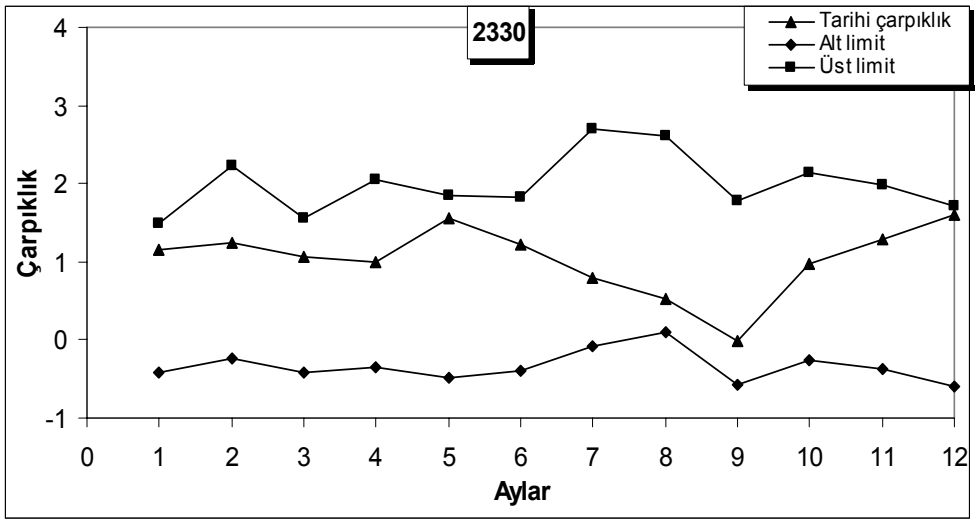


(c)

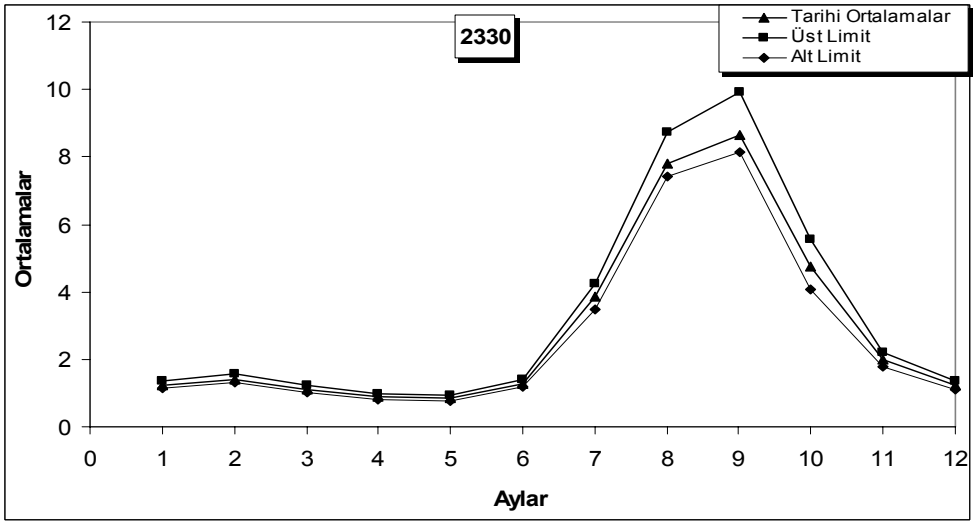
Şekil D.21. 2329 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



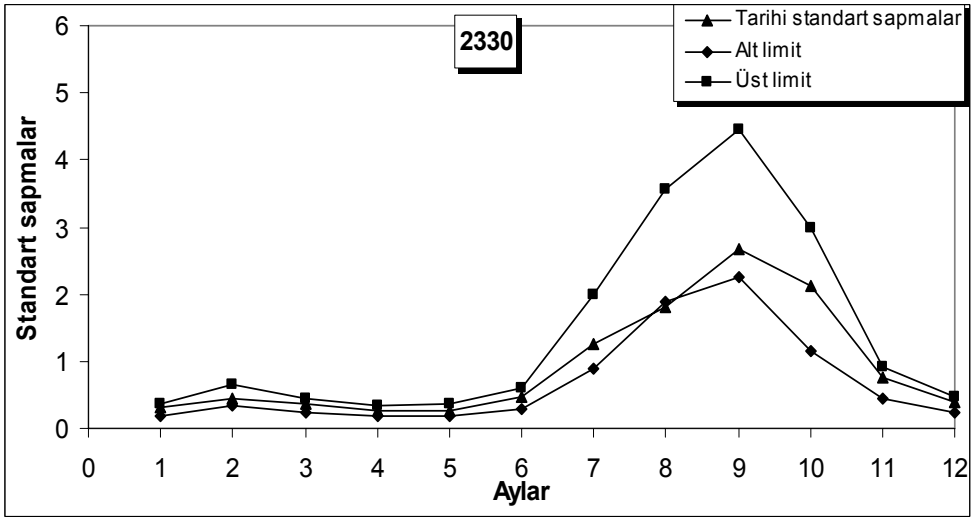
Şekil D.22. 2329 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı



(a)

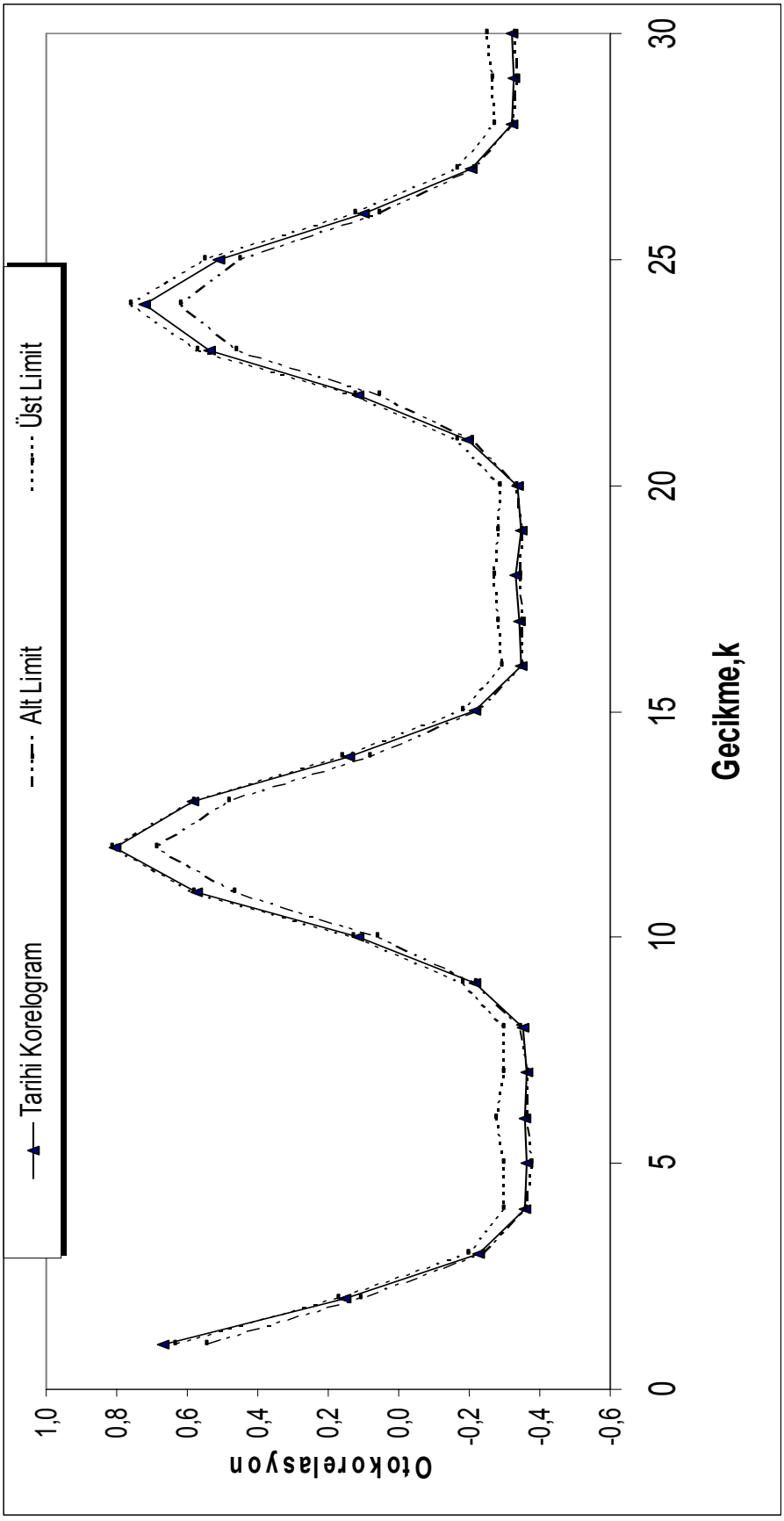


(b)



(c)

Şekil D.23. 2330 numaralı istasyona ait (a) tarihi çarpıklıklar, (b) tarihi ortalamalar, (c) tarihi standart sapmalar ve %95 güven aralığı



Şekil D.24. 2330 numaralı istasyona ait korelogram ve %95 güven aralığı