

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

GEDİZ NEHRİ

**BAZI SU KALİTE PARAMETRELERİNİN
ZAMANSAL VE MEKANSAL DEĞİŞİMİ**

Hanife ÜSTÜNER

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Süer ANAÇ

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 501.04.01

Sunuş Tarihi : 27.03.2012

**Bornova-İZMİR
2012**

Hanife ÜSTÜNER tarafından Doktora tezi olarak sunulan “Gediz Nehri Bazı Su Kalite Parametrelerinin Zamansal ve Mekansal Değişimi” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 27.03.2012 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Süer ANAÇ

.....

Raportör Üye: Doç. Dr. Erhan AKKUZU

.....

Üye : Prof. Dr. Dilek ANAÇ

.....

Üye : Doç. Dr. Yasemin S. KUKUL KURTTAŞ.....

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK

.....

ÖZET

Gediz Nehri Bazı Su Kalite Parametrelerinin

Zamansal ve Mekansal Değişimi

ÜSTÜNER, Hanife

Doktora Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Süer ANAÇ

Mart 2012, 252 sayfa

Bu çalışmada, Gediz Nehri bazı su kalite parametrelerinin zamansal ve mekansal değişimleri Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall, Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testleriyle incelenmiştir.

Çalışmada, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından izlenen 8 istasyon ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından izlenen 3 istasyona ait su kalitesi verileri kullanılmış ve tüm istasyonlar için elektriksel iletkenlik (EC), sodyum (Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), potasyum (K), kalsiyum+magnezyum (Ca+Mg), sülfat (SO₄), klor (Cl), bikarbonat (HCO₃) ve pH parametrelerinde trend analizi yapılmıştır. Ancak, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOD₅), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), çözülmüş oksijen (DO), orto-fosfat (o-PO₄) ve nitrat azotu (NO₃-N) parametrelerinde sadece DSİ istasyonları için trend analizi yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına göre; pek çok istasyonda BOD₅, o-PO₄, EC, Ca+Mg, SO₄ ve HCO₃ parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı artan yönde trend ve bazı istasyonlarda Na, SAR, K ve pH parametrelerinde anlamlı azalan yönde trendler belirlenirken, COD, DO, NO₃-N ve Cl parametrelerinde anlamlı trendler görülmemiştir. Çalışmanın sonucunda, Gediz Nehri sularının sulama suyu olarak kısmen kötüleşme kısmen de iyileşme eğilimi içerisinde olduğu, fakat sucul yaşam için ötrofikasyon tehlikesinin arttığı görülmüştür.

Anahtar sözcükler: Gediz Nehri, su kalitesi, trend, Mann-Kendall testi, Mevsimsel Kendall testi, Bölgesel Kendall testi, Bölgesel Mevsimsel Kendall testi.

ABSTRACT**Spatial and Temporal Variation of
Some Water Quality Parameters in Gediz River**

ÜSTÜNER, Hanife

Ph. D. Dissertation in Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Sürer ANAÇ

March 2012, 252 pages

In this study, spatial and temporal variations of some water quality parameters of Gediz River were evaluated applying Mann-Kendall or Seasonal Kendall, Regional Kendall and Regional Seasonal Kendall tests.

In the study, some water quality parameters, 8 monitoring stations observed by State Hydrolic Works and 3 monitoring stations observed by Electrical Power Resources Survey and Development Administration, were used. Trend analysis were applied in electrical conductivity (EC), sodium (Na), sodium adsorption ratio (SAR), potassium (K), calcium+magnesium (Ca+Mg), sulfate (SO₄), chloride (Cl), bicarbonate (HCO₃) and pH at all stations, but biological oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), dissolved oxygen (DO), orthophosphate (o-PO₄) and nitrogen (NO₃-N) was analysed only at State Hydrolic Works stations.

According the trend analysis results, a statistical significant upward trend was detected in BOD₅, o-PO₄, EC, Ca+Mg, SO₄ and HCO₃ parameters at mostly stations. On the other hand, downward trend was detected in Na, SAR, K and pH parameters at some stations, while COD, DO, NO₃-N and Cl show no trends.

The results of the study, the surface water quality of Gediz River is partly deteriorated and partly ameliorated as a irrigation water but eutrophication risks are increased for aquatic life.

Keywords: Gediz River, water quality, trend, Mann-Kendall test, Seasonal Kendall test, Regional Kendall test, Regional Seasonal Kendall test.

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve araştırmam süresince değerli katkı ve görüşlerini esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Süer ANAÇ'a ve Prof. Dr. Ferit DORSAN'a, Prof. Dr. Dilek ANAÇ'a, Doç. Dr. Erhan AKKUZU'ya, Doç. Dr. Yasemin S. KUKUL'a ve tezin biçimlenmesinde ve yürütülmesinde özverili katkılarda bulunan Yrd. Doç. Dr. Ercan YEŞİLIRMAK'a, gerekli verilerin sağlanmasında kolaylık gösteren DSİ II. Bölge Müdürlüğü çalışanlarından Kimya Mühendisi Sayın Sevil Gül ZENGİN'e, EİE Genel Müdürlüğü çalışanlarından Meteoroloji Mühendisi Sayın Mustafa ÖZKAYA'ya ve tüm çalışma süresi boyunca manevi desteğini hissettiğim eşim Veli ÜSTÜNER ve kızım Ekin Sıla ÜSTÜNER'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
ABSTRACT	vii
TEŞEKKÜR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxxv
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1 Materyal	23
3.1.1 Gediz Havzası'nın ve Gediz Nehri'nin özellikleri	23
3.1.2 Çalışmada kullanılan veriler	34
3.2 Yöntem	37
3.2.1 Veri kalite kontrol.....	37
3.2.2 Trend analizi	37
3.2.3 Debi düzeltmesi	50
4.BULGULAR VE TARTIŞMA.....	51
4.1 Veri Kalite Kontrol	51

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
4.2 Trend Analizi	51
4.2.1 Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOD ₅)	52
4.2.2 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD).....	63
4.2.3 Çözünmüş Oksijen (DO).....	72
4.2.4 Orto-fosfat (o-PO ₄)	80
4.2.5 Elektriksel İletkenlik (EC)	90
4.2.6 Sodyum (Na)	107
4.2.7 Potasyum (K)	137
4.2.8 Kalsiyum+magnezyum	151
4.2.9 Sülfat (SO ₄).....	165
4.2.10 Klor (Cl).....	179
4.2.11 Bikarbonat (HCO ₃)	193
4.2.12 Nitrat Azotu (NO ₃ -N).....	207
4.2.13 pH.....	216
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	232
5.1 Trend Analizi Sonuçları ve Öneriler.....	233
KAYNAKLAR	243

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

ÖZGEÇMİŞ	252
----------------	-----

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1	Ham verilerde belirlenen trend 7
2.2	Debi düzeltilmeli verilerde belirlenen trend 8
2.3	Debinin konsantrasyonlarda seyrelme (dilution) etkisi 11
2.4	Debinin konsantrasyonlarda yıkama (wash-off) etkisi 12
2.5	Debinin konsantrasyonlarda seyrelme ve yıkama etkisinin birlikte görülmesi 12
3.1	Gediz Havzası'nda verileri kullanılan su kalitesi gözlem istasyonları ..36
3.2	Trend analizi akış diyagramı 39
3.3	Seri korelasyon göstermeyen hidrolojik seri 42
3.4	Seri korelasyon gösteren hidrolojik seri 42
4.1	Demirköprü istasyonu BOD ₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....54
4.2	Urganlı istasyonu BOD ₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları 54
4.3	Hacıhaliller istasyonu BOD ₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....55
4.4	Çiçekli istasyonu BOD ₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....56

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.5	Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış BOD ₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	56
4.6	Manisa istasyonu BOD ₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	57
4.7	Muradiye istasyonu BOD ₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	58
4.8	Menemen istasyonu BOD ₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	58
4.9	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen BOD ₅ değerlerinin zamansal değişimi	63
4.10	Demirköprü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	65
4.11	Urganlı istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	65
4.12	Hacıhaliller istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	66
4.13	Çiçekli istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	67
4.14	Çobanisa istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	67
4.15	Manisa istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	68

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.16	Muradiye istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	69
4.17	Menemen istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	69
4.18	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen COD değerlerinin zamansal değişimi	72
4.19	Demirköprü istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	73
4.20	Urganlı istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	74
4.21	Hacıhaliller istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	74
4.22	Çiçekli istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	75
4.23	Çobanisa istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	76
4.24	Manisa istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	76
4.25	Muradiye istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	77
4.26	Menemen istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	78
4.27	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen DO değerlerinin zamansal değişimi	80

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.28	Demirköprü istasyonu o-PO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	81
4.29	Urganlı istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	82
4.30	Hacıhaliller istasyonu o-PO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	83
4.31	Çiçekli istasyonu o-PO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	83
4.32	Çobanisa istasyonu o-PO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	84
4.33	Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	85
4.34	Muradiye istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	85
4.35	Menemen istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	86
4.36	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen o-PO ₄ değerlerinin zamansal değişimi	89
4.37	Demirköprü istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	92
4.38	Urganlı istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	92

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.39	Hacıhaliller istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	93
4.40	Çiçekli istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	94
4.41	Çobanisa istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	94
4.42	Manisa istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	95
4.43	Muradiye istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	96
4.44	Menemen istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	96
4.45	Acısu istasyonu ham EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	97
4.46	Acısu istasyonu debi düzeltmeli EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	98
4.47	Acısu istasyonunda debi ile EC değerleri arasındaki ilişki	98
4.48	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham EC verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	100
4.49	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli EC verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	100

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.50	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile EC değerleri arasındaki ilişki	101
4.51	Manisa istasyonu ham EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	102
4.52	Manisa istasyonu debi düzeltmeli EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	102
4.53	Manisa istasyonunda debi ile EC değerleri arasındaki ilişki	103
4.54	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSI istasyonlarında ölçülen EC değerlerinin zamansal değişimi	106
4.55	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen EC verilerinin zamansal değişimi	106
4.56	Demirköprü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	108
4.57	Urganlı istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	109
4.58	Hacıhaliller istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	109
4.59	Çiçekli istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	110
4.60	Çobanisa istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	111
4.61	Manisa istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	111

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.62	Muradiye istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	112
4.63	Menemen istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	113
4.64	Acısu istasyonu ham Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	114
4.65	Acısu istasyonu debi düzeltmeli Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	114
4.66	Acısu istasyonunda debi ile Na değerleri arasındaki ilişki.....	115
4.67	Gördes Çayı-Daribükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	116
4.68	Gördes Çayı-Daribükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	116
4.69	Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda debi ile Na değerleri arasındaki ilişki	117
4.70	Manisa istasyonu ham Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	117
4.71	Manisa istasyonu debi düzeltmeli Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	118
4.72	Manisa istasyonunda debi ile Na değerleri arasındaki ilişki	118
4.73	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen Na değerlerinin zamansal değişimi	121

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.74	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen Na değerlerinin zamansal değişimi	121
4.75	Demirköprü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış SAR verilerinin verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	124
4.76	Urganlı istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	125
4.77	Hacıhaliller istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	125
4.78	Çiçekli istasyonu TFPW işlemi uygulanmış SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	126
4.79	Çobanisa istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	127
4.80	Manisa istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	127
4.81	Muradiye istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	128
4.82	Menemen istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	129
4.83	Acısu istasyonu ham SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	129
4.84	Acısu istasyonu debi düzeltmeli SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	130

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.85	Acısu istasyonunda debi ile SAR değerleri arasındaki ilişki.....	130
4.86	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	131
4.87	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	131
4.88	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile SAR değerleri arasındaki ilişki.....	132
4.89	Manisa istasyonu ham SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	133
4.90	Manisa istasyonu debi düzeltmeli SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	133
4.91	Manisa istasyonunda debi ile SAR değerleri arasındaki ilişki	134
4.92	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında hesaplanan SAR değerlerinin zamansal değişimi	136
4.93	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında hesaplanan SAR değerlerinin zamansal değişimi	136
4.94	Demirköprü istasyonu K verilerinin verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	138
4.95	Urganlı istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	139

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.96	Hacıhaliller istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	139
4.97	Çiçekli istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	140
4.98	Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	141
4.99	Manisa istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	141
4.100	Muradiye istasyonu TFPW işlemi uygulanmış K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	142
4.101	Menemen istasyonu TFPW işlemi uygulanmış K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	143
4.102	Acısu istasyonu ham K verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	143
4.103	Acısu istasyonu debi düzeltmeli K verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	144
4.104	Acısu istasyonunda debi ile K değerleri arasındaki ilişki.....	144
4.105	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	145
4.106	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	146

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.107	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile K değerleri arasındaki ilişki	146
4.108	Manisa istasyonu ham K verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	147
4.109	Manisa istasyonu debi düzeltmeli K verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	147
4.110	Manisa istasyonunda debi ile K değerleri arasındaki ilişki	148
4.111	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen K değerlerinin zamansal değişimi	150
4.112	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen K değerlerinin zamansal değişimi	150
4.113	Demirköprü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	152
4.114	Urganlı istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tamnincisi sonuçları	153
4.115	Hacıhaliller istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	153
4.116	Çiçekli istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	154
4.117	Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	155

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.118	Manisa istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	155
4.119	Muradiye istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	156
4.120	Menemen istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	157
4.121	Acısu istasyonu ham Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	157
4.122	Acısu istasyonu debi düzeltmeli Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	158
4.123	Acısu istasyonunda debi ile Ca+Mg değerleri arasındaki ilişki	158
4.124	Gördes Çayı-Daribükü istasyonu ham Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	159
4.125	Gördes Çayı-Daribükü istasyonu debi düzeltmeli Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	159
4.126	Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda debi ile Ca+Mg değerleri arasındaki ilişki	160
4.127	Manisa istasyonu ham Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	160

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.128	Manisa istasyonu debi düzeltmeli Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	161
4.129	Manisa istasyonunda debi ile Ca+Mg değerleri arasındaki ilişki.....	161
4.130	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen Ca+Mg değerlerinin zamansal değişimi	163
4.131	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen Ca+Mg değerlerinin zamansal değişimi	164
4.132	Demirköprü istasyonu SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	166
4.133	Urganlı istasyonu SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	167
4.134	Hacıhaliller istasyonu SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	167
4.135	Çiçekli istasyonu SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	168
4.136	Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	169
4.137	Manisa istasyonu SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	169
4.138	Muradiye istasyonu SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	170
4.139	Menemen istasyonu SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	171

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.140	Acısu istasyonu ham SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	171
4.141	Acısu istasyonu debi düzeltmeli SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	172
4.142	Acısu istasyonunda debi ile SO ₄ değerleri arasındaki ilişki	172
4.143	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	173
4.144	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	173
4.145	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile SO ₄ değerleri arasındaki ilişki	174
4.146	Manisa istasyonu ham SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	174
4.147	Manisa istasyonu debi düzeltmeli SO ₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	175
4.148	Manisa istasyonunda debi ile SO ₄ değerleri arasındaki ilişki	175
4.149	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen SO ₄ değerlerinin zamansal değişimi	178
4.150	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen SO ₄ değerlerinin zamansal değişimi	178

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.151	Demirköprü istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	180
4.152	Urganlı istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	181
4.153	Hacıhaliller istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	181
4.154	Çiçekli istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	182
4.155	Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	183
4.156	Manisa istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	183
4.157	Muradiye istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	184
4.158	Menemen istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	185
4.159	Acısu istasyonu ham Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	185
4.160	Acısu istasyonu debi düzeltmeli Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	186
4.161	Acısu istasyonunda debi ile Cl değerleri arasındaki ilişki.....	186
4.162	Gördes Çayı-Darıbüğü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	187

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.163	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	187
4.164	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile Cl değerleri arasındaki ilişki	188
4.165	Manisa istasyonu ham Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	188
4.166	Manisa istasyonu debi düzeltmeli Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	189
4.167	Manisa istasyonunda debi ile Cl değerleri arasındaki ilişki	189
4.168	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen Cl değerlerinin zamansal değişimi	192
4.169	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen Cl değerlerinin zamansal değişimi	192
4.170	Demirköprü istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	194
4.171	Urganlı istasyonu HCO_3 verilerinin verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	195
4.172	Hacıhaliller istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.....	195
4.173	Çiçekli istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	196

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.174	Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	197
4.175	Manisa istasyonu HCO_3 verilerinin verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	197
4.176	Muradiye istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	198
4.177	Menemen istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	199
4.178	Acısu istasyonu ham HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	199
4.179	Acısu istasyonu debi düzeltilmeli HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	200
4.180	Acısu istasyonunda debi ile HCO_3 değerleri arasındaki ilişki.....	200
4.181	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	201
4.182	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltilmeli HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	202
4.183	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile HCO_3 değerleri arasındaki ilişki.....	202
4.184	Manisa istasyonu ham HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	203

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.185	Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	203
4.186	Manisa istasyonunda debi ile HCO_3 değerleri arasındaki ilişki.....	204
4.187	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen HCO_3 değerlerinin zamansal değişimi	206
4.188	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen HCO_3 değerlerinin zamansal değişimi	206
4.189	Demirköprü istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	208
4.190	Urganlı istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	209
4.191	Hacıhaliller istasyonu TFPW işlemi uygulanmış $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	209
4.192	Çiçekli istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	210
4.193	Çobanisa istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	211
4.194	Manisa istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	211
4.195	Muradiye istasyonu TFPW işlemi uygulanmış $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	212

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.196	Menemen istasyonu NO ₃ -N verilerinin verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Senn eğim tahmincisi sonuçları	213
4.197	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen NO ₃ -N değerlerinin zamansal değişimi	215
4.198	Demirköprü istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	218
4.199	Urganlı istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	218
4.200	Hacıhaliller istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	219
4.201	Çiçekli istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	220
4.202	Çobanisa istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	220
4.203	Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	221
4.204	Muradiye istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	222
4.205	Menemen istasyonu TFPW işlemi uygulanmış pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	222
4.206	Acısu istasyonu ham pH verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları	223
4.207	Acısu istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.....	224

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

4.208	Acısu istasyonunda debi ile pH değerleri arasındaki ilişki.....	224
4.209	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	225
4.210	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	225
4.211	Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile pH değerleri arasındaki ilişki	226
4.212	Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	226
4.213	Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış pH debi düzeltmeli pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları	227
4.214	Manisa istasyonunda debi ile pH değerleri arasındaki ilişki.....	227
4.215	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen pH değerlerinin zamansal değişimi	230
4.216	Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen pH değerlerinin zamansal değişimi	230

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Gediz Havzası'ndaki yerleşim yerlerinin nüfusu ve nüfus artış hızı.....	26
3.2 Gediz Havzası'nda mevcut sulamalar	29
3.3 Evsel su tüketim oranları	30
3.4 Gediz Havzası'ndaki yerleşim yerlerinin evsel atık su miktarı ve altyapı durumu	31
3.5 Gediz Havzası'ndaki en yüksek endüstriyel atık su miktarları ve altyapı durumu	31
3.6 Çalışmada kullanılan su kalitesi parametreleri ve analiz standartları	35
3.7 Bir trend testinin olası sonuçlarıyla ilgili olasılıklar	38
4.1 Devlet Su İşleri tarafından izlenen su kalitesi gözlem istasyonlarında % 10 hata sınırını aşan gözlem sayıları	51
4.2 Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.....	53
4.3 Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	59
4.4 Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	60
4.5 Havzadaki yerleşim yerlerinden Gediz Nehri'ne verilen evsel atıksuyun tahmini BOD ₅ yükleri	62
4.6 Gediz Nehri'ne verilen endüstriyel atıksuyun tahmini en yüksek BOD ₅ yükleri	62

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

4.7	Kimyasal Oksijen İhtiyacı parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.....	64
4.8	Kimyasal Oksijen İhtiyacı parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları	70
4.9	Kimyasal Oksijen İhtiyacı parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları	70
4.10	Çözünmüş Oksijen parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.....	72
4.11	Çözünmüş Oksijen parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları	78
4.12	Çözünmüş Oksijen parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları	79
4.13	Orto-fosfat parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	81
4.14	Orto-fosfat parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	86
4.15	Orto-fosfat parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	87
4.16	Elektriksel İletkenlik parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.....	91
4.17	Elektriksel İletkenlik parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları	103
4.18	Elektriksel İletkenlik parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları	104
4.19	Sodyum parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	107

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

4.20	Sodyum parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	119
4.21	Sodyum parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları	119
4.22	Sodyum Adsorbsiyon Oranı parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.....	123
4.23	Sodyum Adsorbsiyon Oranı parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	134
4.24	Sodyum Adsorbsiyon Oranı parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	135
4.25	Potasyum parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	137
4.26	Potasyum parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları	148
4.27	Potasyum parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları	149
4.28	Kalsiyum+magnezyum parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	151
4.29	Kalsiyum+magnezyum parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	162
4.30	Kalsiyum+magnezyum parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	162
4.31	Sülfat parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	165
4.32	Sülfat parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	176

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

4.33	Sülfat parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	176
4.34	Klor parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	179
4.35	Klor parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları	190
4.36	Klor parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	191
4.37	Bikarbonat parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	193
4.38	Bikarbonat parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	204
4.39	Bikarbonat parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	205
4.40	Nitrat azotu parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	207
4.41	Nitrat azotu parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	213
4.42	Nitrat azotu parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	214
4.43	pH parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi	217
4.44	pH parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.....	228
4.45	pH parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.....	229

1. GİRİŞ

Bilinen tüm yaşam formları için gerekli olan su, renksiz, tatsız ve kokusuz bir madde olarak tanımlanmaktadır. Canlıların varlıklarını sürdürebilmeleri için yeterli ve temiz (sağlıklı) suya ihtiyaçları vardır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı, dünyada 1.4 milyar km^3 su olduğunu belirtmektedir. Ancak bu suyun çok küçük bir oranı (% 1'i) kullanılabilir durumdadır (Alparslan vd., 2008).

Türkiye'de yıllık ortalama yağış 643 mm olup, 501 milyar m^3 suya tekabül etmektedir. Bu suyun 274 milyar m^3 'ü toprak ve su yüzeyleri ile bitkilerden buharlaşmalar yoluyla atmosfere geri dönmekte, 69 milyar m^3 'lük kısmı yeraltı suyunu beslemekte, 158 milyar m^3 'lük kısmı ise akışa geçerek çeşitli büyüklükteki akarsular vasıtasıyla denizlere ve kapalı havzalardaki göllere boşalmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 69 milyar m^3 'lük suyun 28 milyar m^3 'ü pınarlar vasıtasıyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden ülkemize gelen yılda 7 milyar m^3 su bulunmaktadır. Böylece ülkemizin yerüstü su potansiyeli 193 (158+28+7) milyar m^3 olmaktadır. Yeraltı suyunu besleyen 41 milyar m^3 dikkate alındığında ülkemizin toplam yenilenebilir yerüstü su potansiyeli brüt 234 milyar m^3 olarak hesaplanmıştır. Ancak günümüz teknik ve ekonomik şartları altında tüketilebilecek yerüstü su potansiyeli, yurtiçindeki akarsularda 95 milyar m^3 , komşu ülkelerden yurdumuza gelen akarsulardan 3 milyar m^3 olmak üzere yılda 98 milyar m^3 'tür. Buna ek olarak 14 milyar m^3 'lük yeraltı su potansiyeli ile birlikte, ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m^3 'tür. Bu miktarın 40.1 milyar m^3 'ü 2003 yılı itibarıyla kullanıma açılmıştır. Kullanımdaki suyun % 74'ü sulama sektöründe, % 15'i içme suyu sektöründe ve % 11'i ise sanayide tüketilmektedir. Buna göre kişi başına düşen teknik ve ekonomik olarak kullanılabilir yıllık su miktarı 1 500 -1 735 m^3 civarında kalmakta ve Türkiye su kısıtı (azlığı) yaşayan ülke konumuna girmektedir (DSİ, 2010).

Yirminci yüzyılın son yarısından bu zamana değin, hızlı nüfus artışı, yaşam standartlarının yükselmesi ve endüstriyel gelişmeler, küresel, bölgesel ve yerel ölçekte önemli su sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Küresel iklim değişikliği, su gereksinimi ile kullanılabilir su miktarı arasındaki dengesizlik, kentsel ve endüstriyel atıksu deşarjlarının neden olduğu su kirliliği, ekosistemlerin bozulması ve yanlış arazi kullanımları sonucu sel, taşkın gibi olayların artması, su krizine neden olan başlıca sorunlar arasında sayılmaktadır. Küresel ölçekte yaşanan su krizi ile ilgili tüm göstergeler durumun giderek kötüleştiğini ve

düzenleyici önlemler alınmaz ise su baskısının daha da artacağına işaret etmektedir (WWDR, 2003; Alparslan vd.'den 2008).

Dünyada suya olan ihtiyacın artması, su kaynaklarının bilimsel yöntemlerle analizlerine büyük önem kazandırmıştır. Bu amaçla, su kaynaklarının zaman zaman etüt edilerek kirlenmenin mevcut olup olmadığının araştırılması doğal su kaynaklarının geleceği yönünden zorunludur. En önemli su kaynakları olan nehirler, aynı zamanda kolay bir atık su deşarj yeri olmuştur. Şehirselleşme ve endüstriyel gelişme sonucu birer güzellik simgesi olan nehirler giderek insan yaşamını tehdit eden bir görünüme ulaşırlar. Bu nedenle nehirlerde su kalitesinin korunması ve izlenmesi konusu büyük bir önem kazanmaktadır (Sümer vd., 2001).

Dünya nüfusunun beşte biri (yaklaşık 1.1 milyar kişi) güvenli ve sağlıklı içme suyuna ulaşamadıkları için hastalanma ve ölüm tehlikesiyle karşı karşıyadır (Alparslan vd., 2008). Hızlı nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşmenin beraberinde getirdiği çevre kirliliği, su kaynaklarının da niteliğini bozmuş ve atıkların boşaltıldığı alıcı ortamlar haline getirmiştir. İçme ve kullanma suyunun sağlanması, arıtılması ve dağıtılması oldukça pahalı ve zor hale geldiğinden su kaynaklarının korunması, planlanması ve yönetimi de kaçınılmaz olmuştur (Gündoğdu vd., 2008).

Yüzeysel suların yönetiminde, son yıllarda üzerinde önemle durulmaya başlanan konu su kalitesinin belirlenmesidir. Su kalitesinin etkisi iki yönlüdür; Öncelikle kirlilik nedeniyle kullanılamayan su kaynakları, yararlanılabilecek yüzeysel su miktarını kısıtlı hale getirir. İkinci olarak, su kirliliği çevreye, tüm canlı hayatına ve insan sağlığına olumsuz etki yaratır. Bu etkiler ülkemizde de, hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişmeye paralel olarak önem kazanmış, yüzeysel sularımızda kalitenin tanınması ve kontrolü çalışmalarına hız verilmiştir. Bu çalışmalar çerçevesinde, noktasal ve noktasal olmayan kirlenme kaynakları açısından arıtma konusu ağırlık kazanmış; gerek bu çabaların sonuçlarını izlemek, gerekse yüzeysel su kaynaklarımızın kalitesinde doğal veya insan müdahalesine dayanan etkenlerle oluşabilecek değişiklikleri izlemek amacıyla su kalitesi gözlem çalışmaları başlatılmıştır (İçağa ve Harmancıoğlu, 1995).

Su kalitesi gözlem etkinliklerinin geçmiş 100 yıl kadar öncesine dayanmakla birlikte, izleme işlevinin sistematik yapılması gerektiği ancak son senelerde anlaşılmıştır (Alkan vd., 1995). Pek çok gelişmiş ülkede su kalitesi

gözlem ağları özellikle 1970 yılından itibaren yaygınlaşmıştır. Türkiye’de ise su kalitesi gözlem ağlarının kurulmasına 1979 yılının sonlarında başlanmıştır (İçağa, 1994).

Bu izleme çalışmalarında amaçlanan su kalitesinin mevcut durumunu belirlemek, bu durumun değişip değişmediğini, değişiyor ise bu değişimin hangi yönde olduğunu ortaya koymaktır. Su kalitesi değişkenlerinin zaman içindeki artma veya azalma eğilimleri, bir başka deyişle su kalitesindeki iyileşme veya kötüleşme eğilimleri belirlenir. İstatistiksel anlamda trend analiziyle verilerin olasılık dağılımının değişip değişmediği saptanır (Helsel and Hirsch, 2002).

Trend analizine yönelik çalışmalarda parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Parametrik yöntemler, gözlem verilerinin sayısal değerini kullanan, bundan dolayı sürecin olasılık dağılımının bilinmesini gerektiren yöntemlerdir. En çok bilinen parametrik testler olasılık yoğunluk fonksiyonunun normal varsayıldığı t- testleridir (Lettenmaier et al., 1991). Ancak, mevcut su kalitesi verilerinin çoğunun standart parametrik yöntemlerin gerekliliklerini sağlayamamaları nedeniyle parametrik yöntemlerle analizlerinin uygun olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca, su kalitesi verilerinin eksik olması, bazı konsantrasyon değerlerinin laboratuvar belirleme sınırlarının altında kalması ve değer verilememesi nedeniyle klasik parametrik yöntemlerin uygulanmasında sorunlar yaşanmıştır (Van Belle and Hughes, 1984).

1970 yılından itibaren su kalitesi verilerinin trend analizinde, verilerin sıra istatistiğine dayanan bazı parametrik olmayan testler geliştirilmiştir. Bu testler, su kalitesi verilerinde klasik parametrik testlerdeki normalite, doğrusallık ve bağımsızlık gibi kabullerle karşılaşılmasından dolayı geliştirilmiştir. Buna ek olarak verilerin eksik, kısıtlı olması ve mevsimsellik içermeleri nedeniyle parametrik yöntemlerle analizlerinde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Parametrik olmayan yöntemler, parametrik yöntemlere göre daha esnektir ve bu tip sorunları kolayca aşabilmektedir (İçağa, 1994). Yaygın olarak kullanılan parametrik olmayan yöntemler Sen T, Spearman Rho, Kendall Tau, Mann-Kendall, Mevsimsel Kendall, Mann Whitney ve Kruskal-Wallis H testleriyle son yıllarda geliştirilen Bölgesel (Regional) Kendall gibi testlerdir.

Bu çalışmada, Türkiye’nin tarımsal potansiyel bakımından en önemli havzalarından biri olan Gediz Havzası’nın ana su kaynağı olan ve çeşitli evsel, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu kirlenmeye maruz kalmış Gediz Nehri

su kalite parametrelerinin zamansal ve mekansal değişimi, çeşitli parametrik olmayan istatistiksel testlerle incelenmiştir. Bu amaçla Gediz Nehri ve bazı yan kollarında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından izlenen su kalitesi gözlem istasyonlarından 8 su kalitesi gözlem istasyonundan elde edilen biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOD_5), kimyasal oksijen ihtiyacı (COD), çözünmüş oksijen (DO), orto-fosfat ($o-PO_4$), elektriksel iletkenlik (EC), sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum+magnezyum (Ca+Mg), bikarbonat (HCO_3), klor (Cl), sülfat (SO_4), nitrat azotu (NO_3-N) ve pH parametreleri için trend analizi yapılmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından su kalitesi gözlemlerinin debi ölçümleriyle beraber yapıldığı 3 istasyondan elde edilen elektriksel iletkenlik (EC), sodyum (Na), potasyum (K), kalsiyum+magnezyum (Ca+Mg), bikarbonat (HCO_3), klor (Cl), sülfat (SO_4) ve pH parametreleri için trend analizi hem ham verilerde hem de debi düzeltmeli verilerde yapılmıştır.

Trend analizinde parametrik olmayan istatistiksel yöntemlerden Mann-Kendall, Mevsimsel (Seasonal) Kendall, Bölgesel (Regional) Kendall ve Bölgesel Mevsimsel (Regional Seasonal) Kendall testleri kullanılmıştır. Trendin büyüklüğü ise Sen eğim tahmincisi, Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi, Bölgesel Kendall eğim tahmincisi ve Bölgesel Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi ile hesaplanmıştır. Trend analizinden önce verilerin mevsimsellik gösterip göstermediğı Kruskal-Wallis H testiyle kontrol edilerek mevsimsellik gösteren serilerde Mevsimsel Kendall testi uygulanmıştır. Mevsimsellik göstermeyen serilerin seri korelasyon gösterip göstermediğı otokorelasyon analiziyle kontrol edilmiş ve seri korelasyon göstermeyen serilerde doğrudan orijinal verilere Mann-Kendall testi, seri korelasyon gösteren serilerde ise "trend- free pre-whitening" (TFPW) yöntemiyle seri korelasyon etkisi uzaklaştırıldıktan sonra yeni üretilen seriye Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne ait istasyonlarda su kalite parametreleri anlık debi ölçümleriyle birlikte izlendiğı için, debinin konsantrasyonlar üzerindeki etkisini uzaklaştırmak için parametrik regresyon yöntemi uygulanmış ve trend analizi hem ham verilerde hem de debi düzeltmeli verilerde yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Son yıllarda su kalitesi gözlemleri, çevre ve su kirliliğinde karşılaşılan ciddi sorunlar nedeniyle daha da önem kazanmıştır. Nehir suyu kalite gözlem programlarının en önemli amacı, kirlilik kaynaklarındaki ve dolayısıyla kirlilik seviyelerindeki değişimleri saptamak ve su kalitesini etkileyen etmenleri belirlemektir. Su kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla çıkartılan yasalar sonucunda devletler tarafından yapılan büyük miktardaki harcamaların sonuçlarının değerlendirilmesi, su kalitesindeki değişimlerin saptanması ve trend analizleri için gerekli verilerin büyük bir kısmının ancak son yıllarda elde edilmiş olması, trend analizine olan ilgiyi arttırmaktadır (Kalaycı ve Kahya, 1998).

Bir rastgele değişkenin zaman serilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir trend olup olmadığını belirlemek için parametrik ve parametrik olmayan istatistiksel testler kullanılır. Genellikle değişkenler normal dağılıma sahip olduğunda parametrik testler parametrik olmayan testlere göre daha güçlüdür. Çarpıklık katsayısı arttıkça parametrik testlerin gücü de azalmaktadır (Önöz ve Beyazıt, 2003).

Hidrolojik değişkenlerin uzun dönem değişimlerinin belirlenmesinde iki yol vardır. Zaman içindeki sürekli bir değişim doğrusal (monotonik) trend olarak; kayıtların önce ve sonra diye ikiye ayrılan ve birbiriyle kesişmeyen iki dönemi arasındaki değişim de adım (step) trend olarak adlandırılır. Adım trend için parametrik iki örnek t-testi, eğimin tespitinde ise ortalamalardaki fark kullanılır. Bunun alternatifi, parametrik olmayan sıra-toplam testi ve trend eğimi için Hodges-Lehman (H-L) eğim yöntemidir. Adım trend için parametrik olmayan Mann-Whitney ve bloklararası (intrablok) testler kullanılmaktadır. Doğrusal trend için parametrik regresyon, eğim tespitinde regresyon eğimi, parametrik olmayan Spearman Rho, Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall gibi testler, eğim tespitinde ise Sen eğim tahmincisi ve Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi kullanılır (Helsel and Hirsch, 2002).

Önöz ve Beyazıt (2003), Türkiye'nin değişik bölgelerindeki yıllık akım verilerinde trendi belirlemek için, değişik olasılık dağılımlarında Monte Carlo simülasyonu ile parametrik t-testinin gücünü, parametrik olmayan Mann-Kendall testiyle karşılaştırmışlardır. Olasılık dağılımının normal olduğu durumlarda t-testinin daha güçlü olduğunu, çarpıklık katsayısının artmasıyla t-testinin

gücünün azaldığını ve dağılımın çarpık olduğu durumlarda ise Mann-Kendall testinin daha güçlü olduğunu belirlemişlerdir.

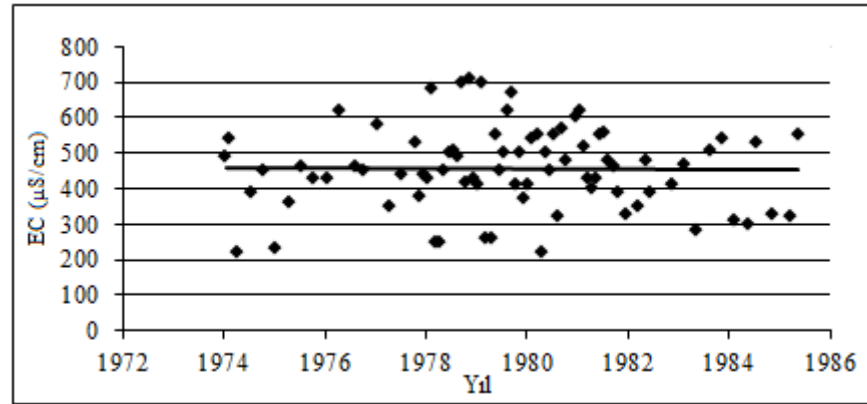
Lettenmaier (1976), adım trend için Mann-Whitney testinin, doğrusal trend için Spearman Rho testinin, bunların parametrik karşılığı olan t-testine göre daha iyi performans gösterdiğini iddia etmektedir. Öte yandan bu iki test, bağımsız veriler gerektirdiğinden, Lettenmaier aralarında bağımlılık olan su kalitesi verilerinin trendlerinin belirlenmesi üzerine odaklanmıştır. Bağımlı zaman serileri için, trend testinin gücünün gözlemlerin bağımlılık şekliyle değiştiğini düşünmüştür. Bu nedenle, bağımlı ve bağımsız gözlemlerin güç eğrileri arasında bir denge kurarak, verilerin bağımlı olması durumunda bir trend belirleme yöntemi geliştirmiştir.

Van Belle and Hughes (1984), değişik parametrik olmayan yöntemlerin birbirine göre gücünü analiz etmişlerdir. İki grup tekniği dikkate almışlardır. Bloklararası (intrablok) yöntemlerde her blok veya mevsim için Kendall tau gibi bir istatistik hesaplanır, sonra bunlar toplanarak tek bir genel istatistik elde edilir. Dizilmiş sıra (aligned rank) yöntemlerde gözlenen her bir değerden blok etkisi uzaklaştırılır, bloklardaki veriler toplanır ve bu toplamlardan tek bir istatistik elde edilir. Van Belle ve Hughes dizilmiş sıra yöntemlerin asimptotik olarak bloklararası testlerden daha güçlü olduğunu, ancak, bloklararası yöntemlerin daha kolay uygulanabildiğini ve değişik modeller için genelleştirilebileceğini belirlemişlerdir.

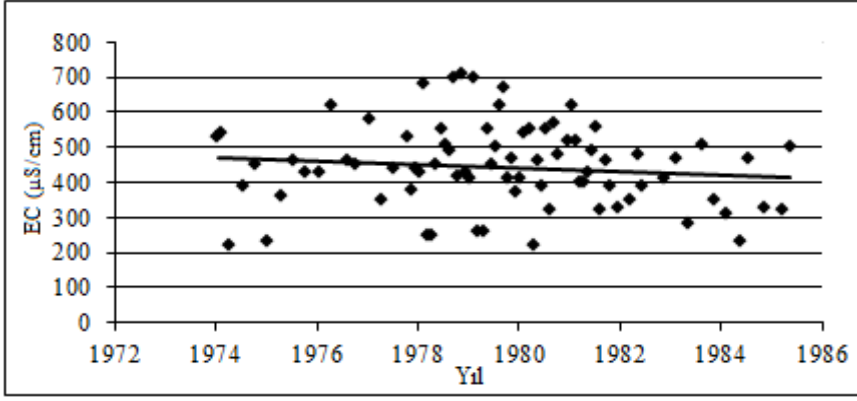
Su kalitesi değişkenlerinin normal dağılıma uymamaları, mevsimsellik içermeleri, akımla kuvvetli bağımlılık göstermeleri, kayıtlarda eksik verilerin olması, analiz sınırının altında değerler içermesi ve seri korelasyon gibi trend analizinde sorun oluşturan bazı karakteristikleri nedeniyle, su kalitesi verilerinin doğrusal trendlerinin belirlenmesinde kullanılabilecek uygun bazı teknikler geliştirilmiştir (Hirsch et al., 1982). Araştırmacıların birinci yaklaşımı, mevsimsellik ve eksik veri içeren veri setleri için parametrik olmayan Mevsimsel Kendall testinin uygulanmasıdır. Mevsimsellik, çarpıklık ve seri korelasyon gösteren serilerde, Mevsimsel Kendall testinin parametrik alternatiflerine göre daha iyi performans gösterdiğini belirlemişlerdir. İkinci olarak bu yöntemle trendin büyüklüğünün hesaplanmasıdır. Bu, özellikle, çarpık dağılımlı verilerin doğrusal trendlerin eğimlerinin hesaplanmasında regresyon eğiminden daha iyi sonuçlar vermektedir. Üçüncü olarak, debi ile su kalitesi değişkenlerinin konsantrasyonları arasındaki ilişki zaman içinde değiştiği için debinin kalite

konsantrasyonları üzerindeki etkilerinin ortadan kaldırılmasını önermektedirler. Debi düzeltilmesi yapılmış bu konsantrasyonlar, yine mevsimsellik ve normal olmayan bir dağılım gösterebilirler. Bu tür serilerin trend analizleri Mevsimsel Kendall testi kullanılarak test edilmiştir (Hirsch et al., 1982).

Su kalite değişkenlerinin konsantrasyonları çoğunlukla debi ile ilişkili olduğundan, bu verilerde ortaya çıkan trendler, debilerdeki trendlerin etkisiyle ortaya çıkmaktadır. Bu ilişkinin derecesi bölgeden bölgeye ve incelenen değişkene bağlı olarak farklılıklar gösterir. Bu nedenle, su kalitesindeki gerçek trendleri ayırt etmek zordur. Debi ile konsantrasyon arasındaki ilişkinin zaman içinde değişimi, gerçek trendi etkileyeceğinden, konsantrasyonların debinin bir fonksiyonu olarak düzeltilmesi uygun olmaktadır. Diğer bir deyişle, trend analizinden önce debi etkisinin parametrik veya parametrik olmayan yöntemlerle ayıklanması gerekmektedir (Helsel and Hirsch, 2002). Örneğin Şekil 2.1’de görüldüğü gibi debi etkisi uzaklaştırılmamış EC değerlerinde çok az azalan yönde trend belirlenmişken, Şekil 2.2’de debi etkisi uzaklaştırılmış EC değerlerinde istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trend belirlenmiştir.



Şekil 2.1. Ham verilerde belirlenen trend.



Şekil 2.2. Debi düzeltmesi yapılmış verilerde belirlenen trend.

Helsel and Hirsch (2002), su kalitesindeki trendleri belirlemek ve hesaplamak için kullanılan yöntemleri ayrıntılı olarak incelemişlerdir. Trend belirleme yönteminin seçimindeki aşamaları aşağıdaki şekilde belirlemişlerdir;

- Analiz edilecek trend hipotezinin tipine karar verilmesi (adım veya doğrusal trend),
- kullanılacak istatistiksel yöntemlerin genel kategorisinin seçilmesi (parametrik veya parametrik olmayan yöntemler),
- analiz edilecek su kalitesi verilerinin seçilmesi (konsantrasyon veya yük),
- değişik veri manipülasyon seçenekleri arasında matematiksel dönüşümlerin kullanılmasıyla ilgili olanların seçilmesi ve su kalitesindeki doğal kaynakların (debi, mevsimsellik gibi) etkilerinin uzaklaştırılması,
- analiz sınırı altında veri içeren su kalitesi kayıtları için trend belirleme tekniğinin seçilmesi.

Su kalitesi zaman serilerinin eksik verilere sahip olması, bazı konsantrasyonların analiz sınırının altında olması durumunda verilerin normal dağılıma uymasını gerektirmeyen ve parametrik olmayan Mann-Kendall testi oldukça kullanışlı bir testtir. Hatalı verilerden veya ekstrem değerlerden (outliers) pek fazla etkilenmez. Trend analizi için verilerin ölçülen gerçek değerleri değil, seri içerisindeki sırası dikkate alınır. Sonra ölçülen değerle önce ölçülen değerler arasındaki işaret farkları toplanarak Mann-Kendall test istatistiği elde edilir. Trendin büyüklüğü ise, Mann-Kendall testiyle yakından ilişkili olan Sen eğim tahmincisi ile hesaplanır (Gilbert, 1987).

Mann-Kendall testi, Kendall Tau testinin özel bir uygulamasıdır. Ancak mevsimselliğe ve seri korelasyona karşı güçlü değildir. Eğer veriler mevsimsellik içeriyorsa bu durumda mevsimselliğe karşı güçlü Mevsimsel Kendall testi

kullanılabilir. Su kalitesi verilerindeki mevsimselliğin giderilmesi için kullanılan, serbest dağılımlı ve parametrik olmayan Mevsimsel Kendall testi, Mann-Kendall testinin değiştirilmiş bir versiyonudur. Bu testte, her mevsim için Mann-Kendall test istatistiği ayrı ayrı hesaplanır ve daha sonra sonuçlar toplanarak genel bir istatistik elde edilir. Her ay bir mevsim olarak alınırsa, her bir ayın verileri sadece o ayın verileri ile karşılaştırılır. Mevsimler arasında karşılaştırma yapılmaz. Trendin büyüklüğü ise, yine mevsimsellik söz konusu olduğu için, Mevsimsel Kendall eğim tahminciyle belirlenir (Hirsch, et al., 1982).

Verilerde içsel bağımlılık (otokorelasyon) olması trend tespitini zorlaştırmaktadır. Özellikle, pozitif içsel bağımlı bir veri seti ile yapılan Mann-Kendall testi sonucunda, yanlış yönde daha büyük trend sonucu (Z) elde edilmektedir (Von Storch and Navarra, 1995). Veri setindeki içsel bağımlılığı ortadan kaldırmak için çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Çalışmalar sonucu pre-whitening yöntemi ile içsel bağımlılık yeterli düzeyde azaltılmaktadır (Yue and Wang, 2002; Kahya ve Cengiz, 2006).

Yue et al. (2001), Kanada'da 213 istasyonda 1957-1997 yılları arasındaki yıllık ortalama, maksimum ve minimum akım verilerinde; 1) Orijinal verilere doğrudan Mann-Kendall (MK) testi, 2) pre-whitening yöntemiyle seri korelasyon etkisi uzaklaştırılmış (PW) verilere Mann-Kendall testi, 3) trend bileşeni ve seri korelasyon etkisi uzaklaştırılmış (TFPW) verilere Mann-Kendall testiyle trend analizi olmak üzere üç farklı yaklaşım uygulamışlardır. Anlamlı trendlerin çoğu MK ve TFPW yaklaşımlarında tespit edilmiştir. Ortalama ve maksimum akımlarda artan ve azalan yöndeki trendler en çok TFPW serilerinde, minimum akımlarda artan yöndeki trendler en çok orijinal MK serilerinde iken azalan yöndeki trendler en çok TFPW serilerinde saptanmıştır.

Kahya ve Partal (2006), 96 adet DMİ yağış istasyonuna ait yıllık ortalama yağış ve aylık toplam yağış serilerinde, 1929-1993 yılları arasında trend olup olmadığını Mann-Kendall, ardışık Mann-Kendall ve Sen T testiyle belirlemişlerdir. Bu testleri uygulamadan önce, seri korelasyon etkisini araştırmışlar ve ocak ve kasım ayları haricinde verilerde içsel bağımlılık saptamamışlardır. Ocak ve kasım aylarında seri korelasyon etkisini pre-whitening (PW) yöntemiyle uzaklaştırdıktan sonra trend analizi yapmışlardır.

Burn et al. (2004), Kuzey Kanada'da Liard Nehri havzasında çeşitli istasyonlarda yürütülen çalışmada; yağış, akım ve sıcaklık verilerinde serisel

korelasyonu otokorelasyon katsayısıyla belirledikten sonra, seri korelasyon göstermeyen verilerde doğrudan Mann-Kendall testini uygulamışlar; seri korelasyon gösterenlerde ise; önce trend bileşenini ayıklamışlar, sonra pre-whitening yöntemini uygulayarak, seri korelasyon etkisini uzaklaştırdıktan sonra (TFPW) Mann-Kendall testini uygulamışlardır.

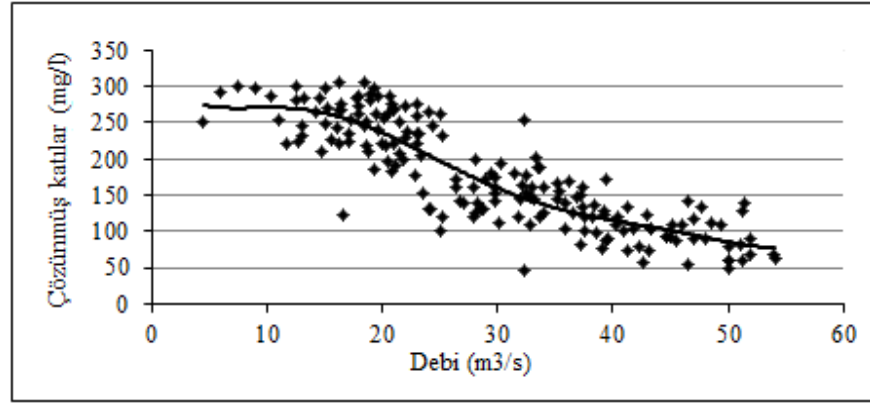
Huang and Zhang (2004), Çin’de, ağaçlandırma, çayır alanlarının artırılması, teraslar yapılması, erozyon kontrolü ve baraj yapılması gibi toprak koruma önlemlerinin uygulandığı Jialuhe Nehri havzasında, 1958-1989 yılları arasında, yağış ve akım trendlerini Mann-Kendall testiyle belirlemişlerdir. Mann-Kendall testini uygulamadan önce verilerdeki seri korelasyon etkisini pre-whitening (PW) yöntemiyle ortadan kaldırmışlardır. Yağışların akımlar üzerindeki etkisini uzaklaştırmak için ise, regresyon yöntemi kullanmışlar ve düzeltmeli akım verilerinde trend analizi yapmışlardır.

Pek çok durumda yılın farklı mevsimleri, su kalitesi konsantrasyonlarındaki değişimin en önemli kaynağıdır. Su kalitesi değişkenlerinde zamanla meydana gelen değişimi daha iyi ayırt etmek için, diğer doğal olayların etkisi gibi, mevsimsel değişimin etkisinin de uzaklaştırılması gerekir. Bu yapılmazsa elde edilen trendin gücü daha az olacaktır. Yüzey sularındaki kalite konsantrasyonlarının çoğu güçlü mevsimsel değişiklik gösterir. Akarsu debisinin kendisi de hemen hemen her zaman mevsimler arasında kuvvetli değişim gösterir. Bu değişimlerin kaynağı, yağış miktarındaki, yağış tipini etkileyen sıcaklıktaki ve evapotranspirasyondaki mevsimsel değişimlerdir. Su kalitesinde gözlenen mevsimsel değişikliklerin bir kısmı debideki bu mevsimsel değişikliklerle açıklanabilir. Ancak bazen debi etkisi ayıklandıktan sonra bile mevsimsellik varlığını korur. Mevsimsel değişikliklerin olası diğer nedenleri, biyolojik aktiviteler, doğal veya insan kaynaklı tarımsal etkinliklerdir. Örneğin, bitki besin maddelerinin konsantrasyonları, gübrelerin mevsimsel uygulanmasıyla ve bitkilerin bu besin maddelerini doğal olarak alması veya vermesiyle değişir. Diğer etkiler yılın farklı zamanlarındaki kar erimesi veya şiddetli yağış gibi farklı nedenlerden kaynaklanmaktadır. Yeraltı suyunun mevsimsel olarak artması veya düşmesi de su kalitesini etkiler. Bir mevsimde debinin kaynağı çoğunlukla yeraltı suyu iken, diğer bir mevsimde yüzeysel akış veya sığ toprak zonlarından gelen hızlı akış olabilir (Helsel and Hirsch, 2002).

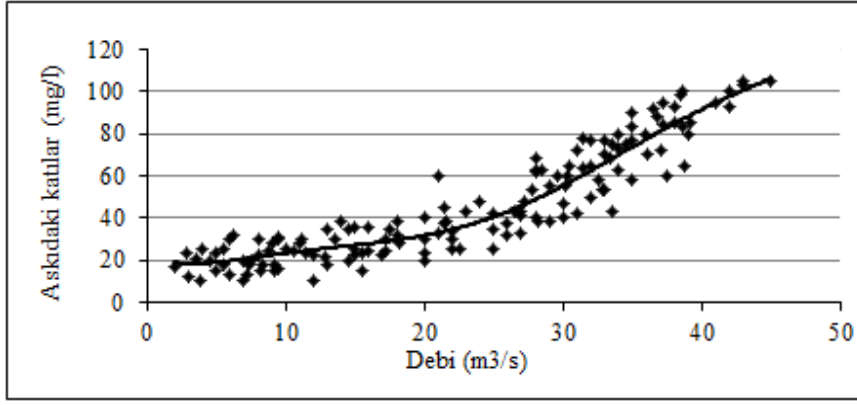
Kirletici kaynaklar noktasal kaynaklar ve yayılı kaynaklar olarak gruplandırılmaktadır. Eğer, bir kaynaktan herhangi bir ortama kirlilik, kontrol

edilebilir ve ölçülebilir nokta deşarjı ile karışıyor ise bu tür kaynaklar noktasal kaynak; eğer kirlilik ortama yayılı olarak karışıyor ise yayılı kaynak olarak sınıflandırılır. Noktasal kaynaklardan gelen kirleticiler evsel ve endüstriyel atıksu deşarjlarıdır. Yayılı kaynaklardan gelen kirleticiler yağış suları ve yıkama suları gibi yüzey akışı ile taşınanlar, tarım ve orman alanlarından gelenler, atmosferden su ve toprağa taşınan kirleticiler, yerleşim alanlarından gelen kontrolsüz yağış suları, katı atık depo ve dökme sahalarından, maden sahalarından, fosseptiklerden yeraltı sularına karışan sızıntı suları ve kirlenmiş nehir, derelerin doğal ortama yayılımı olarak tanımlanır (Orhon vd., 2002).

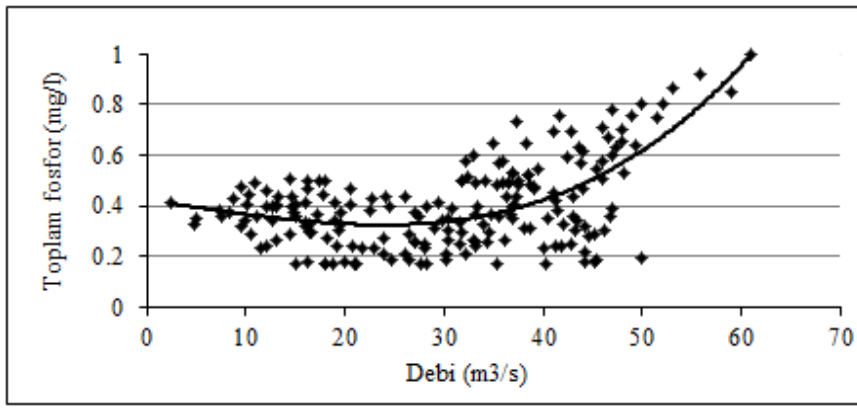
Su kalitesi konsantrasyonlarındaki değişimin önemli bir kısmı genellikle akarsu debisinin bir fonksiyonudur. Akarsu debisinin su kalite parametrelerindeki değişime etkisi iki şekildedir. Birincisi seyrelme etkisi denilen, akarsu debisinin artmasıyla çözünen madde konsantrasyonunun azalmasıdır (Şekil 2.3). Diğer yıkama etkisi denilen, çözünen maddenin yayılı kaynaklardan, örneğin, kentsel alanlardan veya ekili alanlardan yüzeysel akışla veya akarsu kıyı erozyonuyla taşınırken, debinin artmasıyla birlikte konsantrasyonlarda da artışın olmasıdır (Şekil 2.4). Bazı su kalite parametreleri için her iki durum da söz konusu olabilir (Şekil 2.5) (Helsel and Hirsch, 2002).



Şekil 2.3. Debinin konsantrasyonlarda seyrelme (dilution) etkisi.



Şekil 2.4. Debinin konsantrasyonlarda yıkama (wash-off) etkisi.



Şekil 2.5. Debinin konsantrasyonlarda seyrelme ve yıkama etkisinin birlikte görülmesi.

Su kalitesi konsantrasyonları üzerindeki yağış, sıcaklık veya akım vb. gibi doğal, rasgele olayların etkilerinin ayıklanmasıyla değişikliğin arkasındaki gürültü (noise) etkisi azalır, böylece trend daha net olarak görünür. Bu etkiler ayıklandıktan sonra bir trend testinin, su kalitesi değişkeninde zamanla meydana gelen değişimi ayırt etme gücü artar. Debi gibi etkilerin uzaklaştırılması için parametrik regresyon yöntemi veya parametrik olmayan LOWESS (LOcally WEighted Scatterplot Smoothing) yöntemi kullanılır (Helsel and Hirsch, 2002). LOWESS bağıntısı, örnek alma anındaki debiye karşılık gelen su kalitesi değişkeninin beklenen değerini tanımlar. Bu beklenen değer ile ölçülen gerçek değer arasındaki fark debiye bağlı kalıntılardır. Bu kalıntıların ham verinin medyan değeriyle toplamı değişkenin debi düzeltmeli değerini verir (Smith et al., 1996).

Debi düzeltmesi yapılabilmesi için değişimin insan etkisinden uzak olması gerekir. Mevcut sistem üzerinde büyük bir baraj projesi, yeni bir çevirme yapısı veya yeni bir işletme politikasının etkisi altına girmiş debi kayıtları, ilgilenilen

süre boyunca debinin olasılık dağılımı insan eliyle değiştiği için kabul edilemez. İnsan etkisi gösteren bir debi kaydı, insan etkisi kayıt süresi boyunca sürekli varsa kabul edilebilir. İnsan etkisinin debi kayıtlarını kabul edilemez duruma getirdiği durumda iki önemli alternatif vardır. Birincisi ilgilenilen yerdeki doğal akımla aralarında korelasyon olması beklenen yakın ve etkilenmemiş bir istasyona ait akım değerlerini kullanmaktır. İkincisi geçmiş iklim verilerini kullanan deterministik bir havza modelinden geliştirilmiş akımları kullanmaktır (Helsel and Hirsch, 2002).

Frans and Helsel (2005), birden çok gözlem noktasının olduğu bir bölgenin bütünü için geçerli bir trend olup olmadığını belirlemek için Bölgesel Kendall testini geliştirmişlerdir. Bu test, Mevsimsel Kendall testinin değiştirilmiş bir versiyonudur. Mevsimsel Kendall testi gibi Bölgesel Kendall testi de bloklararası bir test olup, Mevsimsel Kendall testindeki mevsimlerin yerini bu testte istasyonlar alır. Bölgedeki her gözlem noktası için bireysel Mann-Kendall test istatistiği ayrı ayrı hesaplanır ve tüm test istatistikleri toplanarak bölgesel trendi gösteren genel bir test istatistiği elde edilir. Genel test istatistiğinin standart sapmasına bölünmesiyle elde edilen Z' 'nin mutlak değeri standart normal dağılım tablosundan $Z_{1-\alpha/2}$ ile karşılaştırılır. Elde edilen sonuç, bölgenin tamamı için genel bir sonuçtur ve zamanla artan veya azalan yönde trend olup olmadığını gösterir. Bu testte her istasyon için en az 10 veya daha fazla gözlem olması gerekmektedir (Frans and Helsel, 2006). Eğer çok sayıda gözlem noktası var ise 10'dan az sayıda veri ile de bu test yapılabilmektedir (D.R. Helsel, 2010, yazılı görüşme).

Bazı istasyonlarda artan yönde trend varken diğerinde azalan yönde trend olabilir. Bölgesel Kendall testiyle her istasyon için ayrı ayrı trend belirlenirken bölge bazında genel bir trend olup olmadığı da belirlenir. Her bir istasyonda aynı yönde trend olması anlamlı bir bölgesel trendin varlığına işaret eder. Pek çok istasyonda trend yoksa veya gözlenen trendler farklı istasyonlarda farklı yönlerde ise bölgesel trend yoktur şeklindeki H_0 hipotezini reddetmek hatalı olabilir. Bölgesel Kendall testi ile istasyonların çoğunda aynı yönde trend belirlendiğinde bu anlamlı bir mekansal trendin varlığına kanıttır. Ancak bu test, trendlerdeki heterojenliği belirlemez, sadece belirlenen güven aralığında trendin artan yönde mi azalan yönde mi olduğunu gösterir. (Frans and Helsel, 2005).

Van Belle and Hughes (1984), hem mevsimler hem istasyonlar arasındaki trendlerdeki homojenliği belirlemek için chi-kare (χ^2) testini önermiştir. Bu global trend testi olarak da adlandırılır. Bu testte, Kendall S istatistiği hesaplanırken, her

istasyon-mevsim kombinasyonunda verilerin yeterli sayıda olması gerekir. m istasyon k mevsim için minimum örnek büyüklüğünün 5mk olması gerekmektedir.

Bölgesel Kendall testi uygulanırken seçilen örnekleme noktaları bölgenin bir bölümünde kümelenmiş olmamalıdır. Bu durumda değerlendirmeye alınmayan diğer kısımlarda trend olmaması veya farklı yönlerdeki trendlerin ihmal edilmesi tehlikesiyle karşı karşıya kalınır ve kümelenmiş istasyonlardan elde edilen sonuçlar bölge bazında yanıltıcı olur. Ayrıca, birbirine çok yakın istasyonların seçilmesi durumunda örneklerde aynı olaylar, örneğin otokorelasyon tekrarlanmış olur. Bu durumda birbirinden bağımsız olması gereken ölçümler daha çok birbirini tekrar etmiş olur (Frans and Helsel, 2005).

Clavins et al. (2001), Letonya’da 11 nehirde 1977-1997 yılları arasında aylık olarak ölçülen debi, renk, COD, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, PO_4 , TDS, HCO_3 , Na, K, Ca, Mg, Cl, ve SO_4 konsantrasyonlarındaki doğrusal trendleri Mann-Kendall testiyle belirlemişlerdir. Debiyle konsantrasyonlar arasındaki ilişkiyi belirlemek için korelasyon katsayısını hesaplamışlardır. Debi ile renk, COD ve $\text{NO}_3\text{-N}$ konsantrasyonları arasında belirgin pozitif korelasyon, HCO_3 , Ca ve Mg konsantrasyonları arasında belirgin negatif korelasyon, Cl ve Na konsantrasyonları arasında daha az belirgin korelasyon, debiyle K konsantrasyonları arasında zayıf korelasyon olduğunu belirlemişlerdir. Trend analizi sonucunda Ca, Mg, SO_4 , HCO_3 ve TDS konsantrasyonlarında belirgin artan yönde, Na, COD, $\text{NH}_4\text{-N}$ ve PO_4 ’ta genellikle azalan yönde, diğer parametrelerde bazı nehirlerde artan bazılarında azalan yönde trend tespit etmişlerdir.

Karabörk (2007), Türkiye’de yıllık ve mevsimsel kuraklık dizilerinin trendlerini, iklimsel verilerden aylık yağış toplamlarıyla aylık ortalama yüzey sıcaklık verilerini kullanarak hesapladığı bölgesel ortalama yüzey nemlilik indekslerini kullanarak, parametrik olmayan Mann-Kendall ve Sen T testleriyle belirlemiştir. Çalışmada Mann-Kendall testi uygulanmadan önce, zaman serilerindeki seri korelasyonu elimine etmek için pre-whitening yöntemi uygulanmıştır. Bazı bölgelerde, 1951-1998 döneminde artan yağışlardan dolayı sonbahar yüzey nemlilik indeksinde ve ayrıca, sonbahar mevsimindeki yağış ve sıcaklık verilerinde belirgin artan yönde trend tespit etmiştir.

Aguilar et al. (2007), Belçika’da yeraltı sularındaki NO_3 trendlerini belirlemek için, önce verilerin normal dağılıma uyup uymadığını belirlemişler, sonra buna bağlı olarak trend yöntemini ve trend büyüklüğünü hesaplamışlardır. Normal dağılıma uyan verilerde, parametrik doğrusal regresyon yöntemini kullanmışlar ve trend büyüklüğünü regresyon eğimiyle belirlemişlerdir. Normal dağılıma uymayan verilerde ise, parametrik olmayan Mann-Kendall testini uygulamışlar, trend büyüklüğünü ise Sen eğim tahmincisiyle hesaplamışlardır. Nitrat konsantrasyonlarının oldukça yüksek, hatta bazen lokal olarak içme suyu limitlerinin üzerine çıktığını, havza boyunca trendlerin artan yönde olduğunu tespit etmişlerdir.

Acar ve Şenocak (2007), Türkiye’nin farklı bölgelerinde konumlanmış olan 46 meteorolojik istasyonda 1938-2000 yılları arasında gözlenen 5, 10, 15, 30 ve 60 dakikalık kısa süreli yağışlarda trendleri araştırmışlardır. Parametrik olmayan Swed-Eisenhart testi ile serilerin homojenlik testleri, trend analizinden önce yapılmış ve kısa süreli yağışların homojen olduğu görülmüştür. Kısa süreli yağışların zaman serileri trend incelemesi için Mann-Kendall testini kullanarak $\alpha = 0.01$ and $\alpha = 0.05$ önem düzeyinde analiz etmişlerdir. İstasyonların 31’inde anlamlı trend bulunmazken, 13 istasyonda pozitif trend, 2 istasyonda negatif trend bulunmuştur.

Deano et al. (2008), antropojenik etkilerden ve mevsimsellikten etkilenen, İspanya’nın Ebro Nehri üzerindeki 13 gözlem istasyonunda, 1981-2004 yılları arasında aylık olarak izlenen 34 fiziksel ve kimyasal su kalitesi parametresinin trendlerini Mann-Kendall testi ve Sen eğim tahmincisiyle analiz etmişlerdir. İstasyonların % 48’inde $\alpha = 0.05$ önem düzeyinde trend belirlenmezken, % 37’sinde pozitif, % 15’inde negatif trend tespit edilmiştir.

Broers and van der Grift (2004), Hollanda’da, hayvancılığın yoğun olduğu ve tarımsal kirlilikten en çok etkilenen Noord-Brabant’ın Dutch bölgesinde, 1984-1998, 1991-1998 ve 1992-1998 yılları arasında yer altı suyu kalitesinin doğrusal trendlerini Mann-Kendall testiyle, trend eğimlerini Kendall Theil yöntemini kullanarak tespit etmişlerdir.

Boyacıoğlu and Boyacıoğlu (2008), Tahtalı havzasında 7 akarsu su kalitesi izleme noktasında 15 günlük aralıklarla 6 yıllık sürede ölçümü yapılmış Cl , $\text{NO}_3\text{-N}$, Na , TDS ve SO_4 parametreleri için Mann-Kendall testi ve Sen eğim tahmincisi tekniklerini kullanılarak trend analizi yapmışlardır. Çalışmada,

incelenen parametrelerin konsantrasyonlarının zamanla değişmediği veya azaldığı tespit edilmiştir. Tarımsal arazi kullanımının kontrol altında olduğu ve içme suyu sağlayan Tahtalı havzasında, yüzey suyu kalitesinin iyi kalitede su sınıfında yer aldığını saptamışlardır.

Kratzer and Shelton (1998), Kaliforniya San Joaquin–Tulare havzalarında, 8 istasyonda 1972-1990 yılları arasında izlenen yüzey suyu kalitesi verilerinden NO_3 , NH_4 , toplam N, o-PO_4 , toplam P ve SS miktarının zaman içindeki değişimlerini, Mevsimsel Kendall testiyle $\alpha = 0.05$ önem düzeyinde incelemişlerdir. Bazı su kalitesi verilerinde de LOWESS yöntemiyle debi düzeltmesi yapmışlardır.

Clow and Mast (1999), Amerika Birleşik Devletleri'nin kuzeydoğusundaki 5 ana su kaynağı havzasındaki 5 nehirde 1968-1996, 8 yağış istasyonunda 1984-1996 su yıllarına ait yağmur sularındaki SO_4 , Ca+Mg ve pH'nın zamansal değişimini parametrik olmayan Mevsimsel Kendall testiyle $\alpha = 0.10$ önem düzeyinde incelemişlerdir. Ayrıca, parametrik regresyon analiziyle nehir suyu verilerinde debi düzeltmesi, yağmur suyu verilerinde ise hacim düzeltmesi yapmışlar ve trend analizini hem ham veriler hem de düzeltmeli verilerde yapmışlardır. Trend büyüklüğünü ise Sen eğim tahmincisiyle belirlemişlerdir.

Kalaycı ve Kahya (1998), Susurluk Havzası nehirlerinin yüzeysel su kalitesi verilerinde doğrusal trend olup olmadığını tespit etmek için Spearman Rho, Sen T, Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testlerini kullanmışlardır. Ayrıca trendlerin doğrusal eğimleri (birim zamandaki değişim) için parametrik olmayan Sen eğim yöntemiyle birlikte Van Belle ve Hughes (1984) tarafından geliştirilen homojenlik testini uygulamışlardır. Parametrik olmayan testler sonucunda, debi ve sediment konsantrasyonunda azalan; su sıcaklığı, EC, Na, K, Ca+Mg , HCO_3 , ve Cl konsantrasyonlarında ise artan yönde trend bulunmuştur. CO_3 , pH, SO_4 , organik madde ve B konsantrasyonlarında ise herhangi bir trend bulunamamıştır.

Fuhrer et al. (1996), Aşağı Columbia nehri havzasında 1973-1995 yılları arasında, su kalitesi parametrelerinden su sıcaklığı, SS, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, o-PO_4 , EC ve TDS parametrelerinde ham verilerde ve debi düzeltmeli verilerde Mevsimsel Kendall testiyle trend analizi yapmışlar, trendin büyüklüğünü ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle belirlemişlerdir. Debi düzeltmesinde LOWESS yöntemini kullanmışlardır.

Smith et al. (1996), Yeni Zelanda ulusal nehir suyu kalite gözlem ağında, kuzey adalarında 44, güney adalarında 33 gözlem noktasında, 1989-1993 yılları arasında aylık olarak ölçülen su sıcaklığı, BOD, DO, berraklık ve bulanıklık, pH, EC, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, toplam N, çözünmüş reaktif P, toplam P ve $\text{g}_{340}/\text{g}_{440}$ (çözünmüş boya göstergeleri) parametrelerinde, hem ham verilerde, hem de LOWESS yöntemiyle debi düzeltmesi yapılmış verilerde, trend olup olmadığını Mevsimsel Kendall testiyle; trend büyüklüğünü ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle belirlemişlerdir. Trend analizi sonucunda, su kalitesinde genel bir iyileşme tespit etmişlerdir. Trend analizinde, $\alpha = 0.10$ önem düzeyinde, tüm ülkede ham verilerle debi düzeltmeli verilerde gözlenen trendler arasında genellikle farklılık olmadığını tespit etmişlerdir. Hem ham verilerde hem debi düzeltmeli verilerde su sıcaklığı, BOD, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$ ve toplam P parametrelerinde azalan yönde, DO, EC, berraklık ve $\text{g}_{340}/\text{g}_{440}$ parametrelerinde artan yönde trend belirlemişlerdir. Bulanıklık ve toplam N parametrelerinde ham verilerde azalan yönde trend tespit etmişken, debi düzeltmeli verilerde herhangi bir trend tespit etmemişlerdir.

Kalaycı vd. (2007), Parametrik olmayan Spearman Rho, Sen T, Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testlerini kullanarak; Meriç, Marmara Suları, Susurluk, Ege Suları ve Sakarya Havzalarının, Marmara Bölgesi sınırları içinde kalan bölümlerinde yer alan 12 adet gözlem istasyonundaki akım, sıcaklık, pH, $\text{EC} \times 10^6$, HCO_3 , CO_3 , Cl, SO_4 , Na, K, Ca+Mg, B ve sertlik parametrelerinin farklı zaman aralıklarındaki değişimini incelemişlerdir. Birim zamandaki değişim için parametrik olmayan Sen T trend eğim yöntemini kullanmışlardır. Farklı gözlem sürelerine göre aylık ortalama olarak incelenen parametrelerde azalan trendler, en çok akım ve B parametrelerinde gözlenmiştir. Diğer su kalitesi parametrelerinde ise, istatistiksel olarak anlamlı trendlerin hemen hemen tamamı artan yöndedir. Aylık verilerin trend analiz sonuçlarına göre; Meriç, Susurluk ve Sakarya Havzaları'ndaki nehir sularında kirlenme eğiliminin olduğu sonucuna varmışlardır.

Chen et al. (2004), Sarı Nehir ana kol ve yan kollarında, 1960-2000 yılları arasında 312 istasyonunda ölçülen azot kirliliğinin 1960 yılından sonra, özellikle, 1990 yılından sonra arttığını tespit etmişlerdir. Trend analizini $\alpha = 0.10$ önem düzeyinde Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testleriyle yapmışlardır. Amonyum azotu ve toplam azotta artan trend belirlemişlerdir. Azot konsantrasyonları ana kolda membadan mansaba doğru artmıştır. Toplam azot ve $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u membada 1.0 mg/l'den az iken, toplam N mansapta 4-5 mg/l'yi, $\text{NH}_4\text{-N}$

ise 1.0 mg/l'yi aşmıştır. Ancak en yüksek azot kirliliğine, endüstriyel atık sularla kanalizasyon sularının karıştığı bazı yan kollarda rastlanmıştır olup, toplam N'un 50-250 mg/l arasında, $\text{NH}_4\text{-N}$ 'nin ise 10-20 mg/l arasında olduğu belirlenmiştir. Azot konsantrasyonlarının birçok izleme noktasında, bölgesel sosyo-ekonomik göstergelerle örneğin nüfus yoğunluğu, kullanılan azotlu gübre miktarı, hayvancılık, endüstriyel girdiler ve çıktılarla pozitif korelasyon gösterdiğini saptamışlardır. Mevsimsel azot konsantrasyonları havzada istasyonların bulundukları yere göre değişmektedir. Kırsal ve tarımsal alanlarda bulunan gözlem istasyonlarında yağışlı dönemlerde, kentsel ve endüstriyel alanlarda ise kurak dönemlerde daha yüksek azot konsantrasyonları belirlenmiştir. Sulamalarda aşırı su kullanımı sonucu, gübrelenmiş tarımsal alanlardan sulamadan dönen sulardaki azot nehre karışmakta ve azot konsantrasyonu artmaktadır. Ana kolda debiyle azot konsantrasyonları arasında, debi azaldığında azot konsantrasyonlarının arttığı yönünde güçlü bir ters ilişki belirlenmiştir.

Sosiak (1999), Kanada'da Glenmore rezervuarının membasındaki Elbow Nehri'nin su kalitesi değişkenlerinde zaman içinde anlamlı bir değişiklik olup olmadığını belirlemek için trend analizi yapmıştır. Çalışmada, 1979-1997 yılları arasında en az 4 veriye sahip değişkenlerde doğrusal trendlerin belirlenmesinden önce mevsimsellik için Kruskal-Wallis testi uygulanmıştır. Anlamlı mevsimsellik gösteren değişkenlere Mevsimsel Kendall testi, anlamlı mevsimsellik göstermeyen verilere ise Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Testlerin sonuçları $\alpha = 0.10$ önem düzeyinde değerlendirilmiştir. Toplam 8 su kalitesi değişkeninin 4'ünde anlamlı trend belirlenmiştir. Çözünmüş fosfor, bulanıklık, fekal koliform ve toplam koliform konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiştir. Ancak bu artışta Glenmore rezervuarının olumsuz bir etkisinin olduğuna dair herhangi bir ipucu bulunamamıştır. Diğer değişkenlerden, toplam fosfor, debi, toplam veya çözünmüş organik karbon ve toplam inorganik azotta önemli bir trend görülmemiştir.

Larson (2001), ABD'nin Illinois eyaletindeki Illinois su sisteminde 1965-1995 yılları arasında izlenen 14 istasyondaki 11 su kalitesi parametresinin zamansal değişimlerini belirlemiştir. Değerlendirmeye alacağı istasyonları belirlerken 10 yıldan daha uzun süreli kayıtları olan, düzenli aralıklarla örnek alınan (> 9 ad/yıl), bir su kalitesi izleme programına bağlı, ölçülen parametreleri çeşitli olan istasyonlar olmasına dikkat etmiş ve istasyonların coğrafi konumunu da dikkate almıştır. DO, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{+NO}_2\text{-N}$, toplam kjeldahl azotu (TKN), toplam P, SO_4 , bulanıklık, toplam SS, fekal koliform, siyanür ve fenol

parametrelerinde anlamlı bir trend olup olmadığını Mevsimsel Kendall testiyle, trendin büyüklüğünü ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle belirlemiştir.

Vant and Smith (2004), Yeni Zelanda Waikato Nehri üzerindeki 10 istasyonda, 1987-2002 yılları arasında izlenen 19 su kalitesi parametresinin, 100 istasyonda, 1990-2002 yılları arasında izlenen 14 su kalitesi parametresinin trendlerini Mevsimsel Kendall testiyle, trend eğimini ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle tespit etmişlerdir. Su kalitesi değişkenleri üzerindeki debi etkisini ayıklamak için LOWESS yöntemini kullanmışlar ve verilerin çoğunda trend analizini hem ham veriler hem de debi düzeltilmeli veriler üzerinde yapmışlardır. Araştırmacılar, havzadaki arazi kullanım durumunun, belirli değişkenlerin trend büyüklüğünü değiştireceğini belirtmişlerdir. Örneğin, havzada çayır alanlarının bulunduğu yerlerdeki istasyonlarda elektriksel iletkenliğin yüksek olduğunu, hatta jeotermal kaynaklardan ve noktasal atık su kaynaklarından etkilenen istasyonlarda iletkenliğin daha da yüksek olduğunu, madencilik atık sularının, kanalizasyon sularının ve hayvancılık yapılan alanlardan gelen suların su kalitesini olumsuz etkilediğini saptamışlardır.

Yeşilırmak (2006), Büyük Menderes akarsuyunda COD, EC, SO₄, Cl, HCO₃, Na, K, Ca ve Mg parametrelerinin gözlem süreleri içerisindeki trendlerini Mevsimsel Kendall trend analizi yöntemini kullanarak incelemiştir. Trend yönlerinin parametreler ve istasyonlar arasında farklılık gösterdiğini saptamıştır. İstasyonların çoğunda COD değerlerinde artan yönde trend belirlemiştir. Trend analizi sonuçlarını değerlendirdiğinde EC, SO₄ ve Mg parametreleri açısından Büyük Menderes akarsuyunda iyileşme, Cl ve HCO₃ parametrelerinde kötüleşme olduğunu, Na, K ve Ca parametrelerinde ise bir değişim olmadığı sonucuna varılabileceğini belirtmiştir.

Grosso et al. (2008), Brezilya'nın en gelişmiş bölgelerinden biri olan Sao Paulo eyaletinde 7 havzada, 1979-2001 yılları arasında 14 gözlem istasyonunda izlenen DO, BOD, NO₃, P, Cl, NH₄ ve fekal koliform verilerinin doğrusal trendlerini ve trend büyüklüklerini $p \leq 0.05$ anlamlılık düzeyinde Mevsimsel Kendall testi ile belirlemişlerdir. Trend büyüklüklerini Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle belirleyen araştırmacılar, istasyonların çoğunda su kalitesinin kötüleştiğini tespit etmişlerdir. Bunun nedenlerini nüfus artışı, kentsel ve endüstriyel atıksular ile tarımsal uygulamalar olarak belirlemişlerdir.

Lassaletta et al. (2009), İspanya'nın Ebro Nehri havzası akarsularında 1981-2005 yılları arasında izlenen NO_3 konsantrasyonlarının zaman içindeki değişimini doğrusal trend analiz yöntemlerinden Mevsimsel Kendall testiyle, trend eğimlerini Mevsimsel Kendall trend eğim yöntemiyle, tarımsal alanlarla NO_3 konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi regresyon analiziyle belirlemişlerdir. Yapılan trend analizi sonucunda, 65 su kalitesi izleme noktasının % 46'sında NO_3 konsantrasyonlarının zaman içinde artma eğilimi gösterdiğini ve NO_3 konsantrasyonlarındaki değişimin % 69'unun tarımsal alanlarda meydana geldiğini tespit etmişlerdir.

Frans and Helsel (2005), Washington Colombia havzasındaki 474 kuyudan 1998, 2000 ve 2002 yıllarında alınan su örneklerinde NO_3 konsantrasyonlarındaki değişimi, LOWESS tekniği, Friedman testi ve Bölgesel Kendall testleriyle incelemişlerdir. 1998-2002 yılları arasında Colombia havzasında medyan NO_3 konsantrasyonlarının ve 10 mg/l'nin üzerinde NO_3 içeren kuyuların yüzde olarak hafif bir azalış gösterdiğini belirlemişlerdir. Lowess grafiğinden elde edilen sonuçlar da hafif azalışı destekler yöndedir. Friedman testinde 1998, 2000 ve 2002 örnekleme dönemlerinde NO_3 konsantrasyonlarında istatistiksel olarak belirgin farklılıklar olduğunu, ancak bu farklılıkların hepsinin aynı yönde olmadığı için bir trend göstergesi olamayacağını ifade etmişlerdir. Çalışmalarında, Bölgesel Kendall testi sonucunda nitrat konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı bir bölgesel trend olmadığını tespit etmişlerdir.

Sparague and Lorenz (2009), ABD'nin doğu, batı ve orta kesimlerindeki akarsularda, 1993-2003 yılları arasında toplam fosfor ve toplam azot konsantrasyonlarındaki değişimi, hem ham verilerde, hem de debi düzeltmeli verilerde, mevsimselliği ve mekansal korelasyonu dikkate alan Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle tespit etmişlerdir.

Sullivan et al. (2009), ABD'de Mısır Kuşağı nehirlerindeki 31 istasyonda, 1996-2002 ve 2000-2006 dönemlerinde pestisit konsantrasyonunda trendleri belirlemişlerdir. Mevsimsel Kendall ve Bölgesel Kendall testlerinin değiştirilmiş versiyonları ile, parametrik mevsimsel dalgalanmalı regresyon modelini ve bu testin debi düzeltmeli versiyonunu kullanmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda Mısır Kuşağı nehirlerinde, 1996-2006 yılları arasında pestisit konsantrasyonlarındaki trendlerin azalan yönde olduğunu, bu azalışı bazı pestisit kullanımlarını düzenleyici çalışmalarla veya pazarlama zorluklarından dolayı yıllık pestisit kullanımındaki azalışlarla açıklamışlardır.

Ingersoll et al. (2008), ABD'nin Kayalık Dağlar bölgesinde 1993-2004 yılları arasında 54 kar istasyonu ile 16 kar suyu istasyonunda NH_4 , NO_3 ve SO_4 konsantrasyonlarındaki zamansal değişimi, Bölgesel Kendall testiyle incelemişlerdir.

Clark (2010), ABD Jeolojik Araştırmalar Merkezi'nin Idaho, Batı Wyoming ve Kuzey Nevada'daki 26 akım gözlem istasyonundan elde ettiği 41 yıllık kayıtları kullanarak akımlardaki değişimleri belirlemiştir. Her istasyonda, 1967-2007 döneminde yıllık ortalama akım, yıllık minimum günlük akım, yıllık akımların 25. ve 50. yüzdelik dilimlerini kullanarak Mann-Kendall ve Bölgesel Kendall testleriyle trend analizi yapmıştır.

Ege Bölgesi'nin Büyük Menderes'ten sonra ikinci büyük akarsuyu olan Gediz Nehri'nde su kalitesiyle ilgili önceden yapılmış bazı çalışmalar mevcuttur.

İçağa (1994), Gediz Nehri ve yan kollarındaki, Baklacı, Urganlı, Killik, Medar, Muradiye ve Menemen istasyonlarında Cl, DO, EC, $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ ve SS miktarında, 1979-1989 yılları arasındaki doğrusal trendleri, Spearman Rho, Orijinal Kendall ve Mevsimsel Kendall testi, adım trendleri, Kruskal-Wallis H testi, çok adımlı trendleri Mann-Whitney testi ile belirlemiştir. Konsantrasyonlar üzerindeki debi etkisini uzaklaştırmak için ise parametrik regresyon yöntemini kullanmıştır. Cl için Muradiye ve Menemen, EC için Urganlı, Killik, Medar, Muradiye ve Menemen, $\text{NH}_3\text{-N}$ için Killik ve Muradiye, $\text{NO}_2\text{-N}$ için Muradiye, $\text{NO}_3\text{-N}$ için Urganlı, Medar ve Muradiye, SS için Killik, Muradiye ve Menemen istasyonlarında doğrusal trendler artan yönde belirlenmiştir. DO için hiç bir istasyonda istatistiksel olarak anlamlı doğrusal trend belirlenmezken, Cl için anlamlı adım veya çok adımlı trend belirlenmemiştir. Adım veya çok adımlı trendler DO için Muradiye ve Menemen'de, EC için Baklacı, Killik, Medar, Muradiye ve Menemen'de, $\text{NH}_3\text{-N}$ için tüm istasyonlarda, $\text{NO}_2\text{-N}$ için Medar ve Muradiye hariç, $\text{NO}_3\text{-N}$ için Baklacı ve Urganlı hariç ve SS için Medar hariç tüm istasyonlarda artan yönde belirlenmiştir.

Okur vd. (1997), Mart 1995-Şubat 1996 tarihleri arasındaki bir yıllık periyot boyunca, Gediz Nehri'nin doğduğu noktadan denize döküldüğü noktaya kadar 7 noktadan su örnekleri alarak, bu su örneklerinde pH, EC, Na, K, Ca+Mg, Cl, SO_4 , CO_3 , HCO_3 , RSC, SAR gibi bazı fiziksel ve kimyasal analizlerle, B, Fe, Cu, Zn, Mn, Co, Pb, Cr, Cd ve Ni gibi bazı iz element ve ağır metal analizleri yapmışlar

ve Gediz Nehri'ndeki kirlilik düzeyinin dağılımını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, Gediz Nehri'nin büyük bir bölümünün suda çözünebilir tuzlarca zengin ve bazı aylarda ise ağır metallerce kirlenmiş olduğunu belirlemişlerdir.

Kahya vd. (1998), Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nce su kalitesinin izlendiği Gediz Nehri-Acısü ve Gediz Nehri-Manisa köprüsü istasyonlarındaki debi, sıcaklık, sediment, pH, EC, Na, K, Ca+Mg, CO₃, HCO₃, Cl, SO₄, organik madde, ve B parametrelerinde, 1970-1994 yılları arasındaki doğrusal trendleri, Sen T testi, Spearman Rho testi, Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testleriyle, doğrusal eğimleri Sen eğim tahmincisiyle, global trendleri ise Van Belle ve Hughes tarafından geliştirilen χ^2 testiyle tespit etmişlerdir. Her iki istasyonda debi ve organik madde parametrelerinde azalan, sıcaklık, pH, EC, Na, K, CO₃, HCO₃, ve Cl parametrelerinde artan yönde anlamlı trendler belirlerken, B parametresinde Acısü istasyonunda artan, Manisa köprüsü istasyonunda ise azalan yönde anlamlı trend belirlemişlerdir. Çalışmada ayrıca mevsimler arasında trendlerin genellikle homojen olduğunu ve havza bazında yalnız HCO₃ parametresinde global trend olduğunu saptamışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Gediz Havzası'nın ve Gediz Nehri'nin özellikleri

3.1.1.1 Havzanın coğrafi konumu

Antik adı Hermos olan Gediz Nehri, Ege Bölgesi'nin ikinci büyük akarsuyudur. Gediz Havzası, 38° 04' - 39° 13' kuzey enlemleri ile 26° 42' - 29° 45' doğu boylamları arasında yer alır. Gediz Nehri, Murat Dağı'nın kuzey ve batı yamaçlarından inen Murat suyu, Ayrancı suyu ile Şaphane Dağı'ndan doğan Gediz suyunun birleşmesiyle meydana gelir. Gediz Nehri, kuzeydeki Simav Dağları'ndan inen Selendi Çayı ile Deliniş Çayı'nı, güneyden de Kula volkanik bölgesinden gelen küçük dereleri alarak Demirköprü Barajı'na gelir. Salihli kuzeyinde güneydoğudan gelen Alaşehir Çayı'nı, Salihli-Turgutlu arasında güneydeki Bozdağlar'ın dik yamaçlarından inen irili ufaklı dereleri alan akarsu, Manisa yakınlarında kuzeydoğudan gelen Kum Çayı ile güneyden gelen Nif Çayı ile birleşir. Gediz Nehri, Dumanlı ve Yamanlar Dağı'nı bir boğazla geçerek Menemen ovasına ulaşır. Buradan itibaren eğimi oldukça düşük olan ovayı geçerek İzmir körfezinin kuzeyinde Foça ile Çamaltı Tuzlası arasında Ege Denizi'ne dökülür (Anonim, 2007a).

Drenaj alanı 17 500 km², yüzeysel su potansiyeli 1.95 milyar m³ olan Gediz Nehri ve kollarının toplam uzunluğu 386 km olup, Gediz Havzası Türkiye yüzölçümünün % 2.2'sine ve su potansiyeli açısından da % 1.7'sine sahiptir. Kuzeyinde Bakırçay ve Susurluk, güneyinde Büyük Menderes ve Küçük Menderes havzaları bulunmaktadır (DSİ, 2005).

3.1.1.2 Havzanın jeolojik özellikleri

Gediz Havzasının temelini Paleozoik (I. Zaman) yaşlı şistler, gnayslar, kristalize kalkerler teşkil eder. Havzanın güneyinde Bozdağlar, doğusunda Uysal Dağı, Umurbaba Dağı, kuzeyde Dibek Dağı, Keçi Dağı, daha kuzeyde Demirci ve Simav Dağları tamamen paleozoik formasyonlardan ibarettir. Manisa ve çevresi, Menemen'in kuzeydoğusu, Gölarmara'nın kuzeybatısında Çal Dağı çevresi, Akhisar'ın kuzeydoğusunda Mesozoik (II. Zaman) yaşlı andezit, tuf gibi parçalanmış volkanik kayalarla, masif kalker, kum taşı, konglomera ve

mermerler bulunmaktadır. Gediz vadisinin kenar kısımları yani Alaşehir, Salihli, Turgutlu ovalarının güneyinden Manisa ovasının doğusuna kadar uzanan sahalarda Tersier (III. Zaman) yaşlı lav ve tuf tabakaları ile karışık kalker, mermer, konglomera, killi jipsli kumtaşı ve yer yer siltli kumlu, çakıllı killi, jipsli kayalara rastlanır. Doğuda Kocaçay'ın kuzeydoğusundan inip havzanın batı ucuna kadar uzanan Gediz Nehri, Alaşehir Çayı, Nif Çayı, Kum Çayı, Gürdük (Medar) Çayı ve diğer yanderelerin taşıdıkları malzemelerle Kuaterner (IV. Zaman) yaşlı alüvyon (kil, kum, silt, çakıl) ve birikinti konileri (blok, çakıl, kum) meydana gelmiştir. Genellikle litoloji moloz, çakıl, kum, silt ve kilden oluşmaktadır. Yamaçlardan ova ortalarına doğru alüvyon malzemesi incelmektedir (Anonim, 1974).

Gediz Ovası tektonik bir çökme sonucu oluşmuş olup, ovanın oluşumuna sebep olan faylanmalar genel olarak doğu-batı yönündedir. Ayrıca kuzey-güney yönünde tali faylar da bulunmaktadır. Bu fay hatları boyunca da termal kaynaklara rastlanır. Bunların en önemlileri Alaşehir Sarıkız ılıcası, Urganlı ılıcası, Salihli Sart çamur ılıcası ve Salihli Kurşunlu kaplıcalarıdır (DSİ, 1982).

3.1.1.3 Havzanın iklim özellikleri

Gediz Havzası, yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ılık ve yağışlı olan tipik Akdeniz iklimine sahiptir. Havzanın doğu ucundaki yüksek kesimler Akdeniz iklimi ile kara iklimi arasında bir geçiş bölgesi oluşturur. Bu kesimlerde, özellikle kış aylarında kar yağışı görülür ve sıcaklıklar daha düşüktür. Havzanın ortalama yıllık yağışı, 635 mm civarındadır. Havzanın batı ucundaki delta alanında 10 m kotundaki Menemen ilçesinde yıllık toplam yağış 484 mm iken, havzanın doğu ucunda 850 m kotundaki Gediz ilçesinde yıllık toplam yağış 760 mm'ye ulaşır. Ortalama yıllık yağışın % 75'i aralık ile nisan ayları arasındaki 5 aylık dönemde düşer. Yıllık ortalama sıcaklık 15.6°C'dir. (DSİ, 2005).

3.1.1.4 Havzanın tarımsal durumu

Genel anlamda havzanın 2/3'ü doğal veya kullanılmamış alandır. Bunu çoğunlukla havzanın kuzey ve kuzeydoğusunda bulunan dağlık alanlar oluşturmaktadır. Geriye kalan 1/3'lük alanın % 53.2'si tarımsal alan, % 35.5'i orman ve fundalık, % 1.9'u göller ve tuzlalar, yaklaşık % 9.4'lük kısmı kentsel alan niteliğindedir (Anonim, 2008a).

Ülkemizin önemli nehir havzalarından biri olan Gediz Havzası, tarihi ve kültürel zenginliklere bağlı olarak, tarım ve sanayi merkezi olmuştur. Gediz Havzası'nda tarımsal faaliyetlerin genel olarak sulu tarıma dayanması ve özellikle sulu tarımın yoğun olarak yapıldığı Alaşehir-Manisa-Menemen hattı boyunca hızlı sanayileşmenin getirdiği nüfus yoğunluğu Gediz Nehri'ne duyulan ihtiyacı, hem su kullanımı hem de atık suların deşarjı noktasında artırmıştır. Bu nedenle Gediz Nehri'nde önemli miktarda kirlilik meydana gelmektedir (Anonim, 2004b).

Gediz Havzası ülkemizde en yüksek tarımsal teknolojilerin uygulandığı ve buna bağlı olarak yüksek verimliliklere ulaşıldığı bir bölgedir. Kullanılan iyi nitelikli tohum, sulama, gübreleme, ilaçlama ve tarımsal mekanizasyon istenen verimi sunmaktadır (Anonim, 2004b). Türkiye toplam tarımsal üretim değerinin yaklaşık % 10'u bu havzadan gelmektedir. Havzanın toprak yapısı her türlü derin köklü bitkinin yetişmesine uygun olup, üretimi yapılan başlıca ürünler çekirdeksiz kuru üzüm, sofralık ve yağlık zeytin, pamuk, tütün, tahıllar, mısır, bazı sebze ve meyveler ile kavun ve karpuzdur. Havzada son yıllarda tütün ve pamuk ekim alanlarında azalma, zeytin, bağ ve mısır alanlarında artış olmuştur. Türkiye'de bulunan sebze alanlarının % 5.6'sı, zeytin alanlarının % 10'u ve bağ alanlarının % 16'sı Gediz Havzası'nda yer almaktadır (DSİ, 2005).

3.1.1.5 Havzada nüfus, sosyal ve endüstriyel durum

Gediz Havzası'nda 12 ilçe merkezi ile Manisa, 4 ilçe merkezi ile İzmir, 2 ilçe merkezi ile Kütahya ve Uşak il merkezi (kısmen) yer almaktadır. Ancak, İzmir ili Foça ve Çiğli ilçeleri, Gediz Nehri su kalitesi gözlem istasyonlarından mansaptaki son istasyon olan Gediz Nehri-Menemen köprüsü istasyonunun mansabında yer aldıklarından çalışmaya dahil edilmemiştir. Havzadaki yerleşim merkezlerine ait 1997, 2000 ve 2007 yılı nüfus sayımı sonuçları ve nüfus artış hızı Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonim, 1998; DİE, 2003; Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2009).

Çizelge 3.1. Gediz Havzası'ndaki yerleşim yerlerinin nüfusu ve nüfus artış hızı (DİE, 2003).

İller	İlçeler	1997	2000	2007	(1997-2007) Yıllık artış hızı ^a (%)
İzmir	Kemalpaşa	67 223	73 114	81 777	1.96
	Menemen	99 325	114 457	126 934	2.45
Manisa	Manisa (merkez)	259 621	278 555	332 346	2.47
	Ahmetli	18 666	18 852	15 830	-1.65
	Akhisar	152 404	152 582	157 161	0.31
	Alaşehir	98 122	93 760	97 541	-0.06
	Demirci	70 767	59 314	51 958	-3.09
	Gölmarmara	16 997	17 831	16 087	-0.55
	Gördes	37 908	38 110	33 171	-1.33
	Köprübaşı	11 602	10 851	9 851	-1.64
	Kula	48 809	52 986	48 034	-0.16
	Salihli	143 016	149 151	155 016	0.81
	Sarıgöl	34 721	35 621	35 893	0.33
	Saruhanlı	65 129	68 134	58 205	-1.12
	Selendi	25 376	26 061	24 355	-0.41
	Turgutlu	114 774	122 091	135 830	1.68
Uşak	Merkez (kısmen)	165 615	179 458	209 033	2.33
Kütahya	Gediz	76 796	77 483	54 259	-3.47
	Şaphane	11 549	11 715	7 697	-4.06
Toplam		1 518 420	1 580 126	1 806 004	1.73
Türkiye		62 865 574	67 803 927	70 586 256	1.16

^a : Sayımlar arası dönem için üstel yöntemle hesaplanmış yıllık nüfus artış hızıdır.

Türkiye nüfusunun % 2.56'sını barındıran havzanın, 1997-2007 yılları arasında nüfus artış hızı % 1.73 olarak gerçekleşmiştir. Aynı dönemde Türkiye'nin yıllık nüfus artış hızı % 1.16 olup, havzadaki nüfus artış hızı Türkiye ortalamasının üzerindedir. Havzada Kemalpaşa, Menemen, Manisa merkez, Turgutlu ve Uşak merkezde nüfus artış hızı, Türkiye ortalamasının üzerinde iken, diğer ilçelerde ortalamanın altında hatta bazı ilçelerde nüfus azalışı tespit edilmiştir.

Gediz Havzası, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerin yoğunluğu nedeniyle diğer bölgelerimizden önemli miktarda göç almıştır. 2000 yılı genel nüfus sayımında doğum yerine göre belirlenen nüfusları incelediğimizde; havza nüfusunun yaklaşık % 71.25'inin havzada doğan kişilerden oluştuğu,

% 28.75'inin ise göçle geldiği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca tarımdaki makineleşme nedeniyle kırsal iş olanaklarının azalmış olduğu köylerden istihdam olanaklarının fazla olduğu ilçe merkezlerine nüfus akışı meydana gelmiştir. Havzada 1997-2007 yılları arasında, şehir nüfusundaki yıllık artış hızı % 2.19 iken, köy nüfusunda % 1.07'lik azalış belirlenmiştir. Türkiye'nin ortalama nüfus yoğunluğu 88 kişi/km² iken, havzanın 98 kişi/km²'dir. Havzada okuma yazma oranı oldukça yüksektir. Okur-yazarlık oranı 1975 yılında % 65 civarındayken, 2000 yılında % 90'lara ulaşmıştır (DİE, 2003).

Havza sınırları içinden İzmir-Manisa-Balıkesir, Manisa-Salihli-Simav Kütahya ve Salihli-Kula-Uşak devlet karayolu geçmektedir. Bunun yanı sıra İzmir-Manisa-Balıkesir ve İzmir-Manisa-Alaşehir-Uşak olmak üzere iki koldan demiryolu geçmektedir. Ayrıca İzmir ve Uşak'ta havaalanı bulunmaktadır. Akhisar'da bulunan askeri havaalanı ise kullanımda değildir.

Havzada hızlı bir sanayileşme yaşanmaktadır. Uşak, Manisa, Kemalpaşa, Salihli, Akhisar, Turgutlu ve Menemen'de Organize Sanayi Bölgeleri kurulmuştur. Ancak bu Organize Sanayi Bölgeleri dışında da sanayi tesisleri bağımsız şekilde dağılmaktadır.

Havzanın Yukarı Gediz olarak adlandırılan, Demirköprü Barajı'nın membasındaki kısımda Gediz, Şaphane, Uşak merkez (kısmen), Selendi, Demirci ve Kula ilçeleri yer almaktadır. Aşağı Gediz olarak adlandırılan Demirköprü Barajı'nın mansabındaki kısımda Sarıgöl, Alaşehir, Salihli, Köprübaşı, Gördes, Gölarmara, Akhisar, Saruhanlı, Ahmetli, Turgutlu, Manisa merkez, Kemalpaşa, Menemen, Foça ve Çiğli ilçeleri bulunmaktadır.

Gediz ilçesinde kömür işletmeleri, gıda, dokuma, deri, madeni eşya ve mobilya gibi sektörlerde faaliyet gösteren işletmeler bulunmaktadır (Anonim, 2006a). Uşak Organize Sanayi Bölgesi'nde, başta tekstil ve seramik olmak üzere kimya, mermer, yün yıkama ve gıda sanayi gibi pek çok sanayi kuruluşu bulunmaktadır. Uşak'ta deri sanayi ile ilgili işletmeler ise Uşak-Denizli yolu üzerinde kurulan Deri Organize Sanayi Bölgesi'nde toplanmıştır. Deri işletmelerinin atıkları Büyük Menderes Nehri'ne verilmektedir (Anonim, 2005a).

Demirci'de halı fabrikaları, Alaşehir'de alkol üretimi, Salihli'de zeytinyağı fabrikaları, kuru üzüm işletmeleri ve deri fabrikaları, Kula'da yünlülük dokuma ve deri fabrikaları, Akhisar'da zeytin işletmeleri ve zeytinyağı fabrikaları ile süt ve

süt ürünleri fabrikaları, tavukçuluk, Turgutlu'da tuğla fabrikaları, konserve ve un fabrikaları, kuru üzüm işleme tesisleri ile zeytinyağı fabrikaları, Manisa'da başta tekstil ve deri fabrikaları olmak kuru üzüm işleme ve konserve fabrikaları gibi çeşitli sanayi kuruluşları yer almaktadır (Anonim, 2008b).

Kemalpaşa'da Organize Sanayi Bölgesi kurulmuş olmakla birlikte İzmir-Kemalpaşa-Turgutlu bağlantısını sağlayan İzmir-Ankara karayolu üzerinde tekil yapılaşmış pek çok tesis bulunmaktadır. Kemalpaşa'da demir-çelik, metal, dokuma ve giyim, elektrikli makinalar, elektronik, gıda, karayolu taşıtları imalat sanayi, kimya, mermer ve granit işletmeleri, plastik sanayi çeşitli makine ve yedek parça, karton ve ambalaj, seramik, toprak ürünleri, ayakkabı, karo ve boya üretimi, mermer, maden işleme vb. gibi çok geniş bir yelpazede üretim yapan tesis mevcuttur (Anonim, 2006b).

Menemen'de gıda, tekstil, yüncülük, makine sanayi, pamuk sanayi, mobilya imalatı, parafin imalatı, deri, doğal taş, tuz, klima, kimyasal madde ve tıbbi malzeme imalatının yanı sıra çömlekçilik ve deri en önemli sektörlerdir. Son yıllarda İzmir'deki deri sanayi gibi bazı büyük sanayi kuruluşları Menemen Deri Organize Sanayi Bölgesi'ne kaymıştır. Bölgede deri üreten imalathane ve işletmelerle birlikte deri makinaları ve deri sanayinde kullanılan yardımcı madde araç gereçleri üreten ve bunların üretiminde kullanılan yardımcı ve ana maddelerin ticaretini yapan işletmeler bulunmaktadır (Anonim, 2006b).

3.1.1.6 Havzanın su kaynakları, su yapıları ve Gediz Nehri'nin kirlilik durumu

Gediz Nehri havzanın en önemli akarsuyu olup, Kütahya ili sınırları içindeki Murat ve Şaphane dağlarından doğar, Uşak ve Manisa illerinden geçerek İzmir'in Foça ve Menemen ilçeleri arasından denize dökülür. Gediz Nehri'ne, Yukarı Gediz olarak adlandırılan Demirköprü Barajı'nın membasındaki kesimde, kuzeyden Selendi, Deliniş (Kocaçay) ve Demirci (Demrek) Çayı katılır. Aşağı Gediz olarak adlandırılan Demirköprü Barajı'nın mansabındaki kesimde, kuzeyden Kum Çayı, güneyden Alaşehir Çayı, Nif Çayı ve Ahmetli Deresi katılır. Bunlardan başka Gediz Nehri çok sayıda yan derelerle beslenmektedir. Bu yan derelerin en önemlileri Kurşunlu Deresi, Tabak Çayı, Karaçalı Deresi ve Irlamaz Çayı'dır.

Havzada bulunan yüzeysel su kaynakları bugüne kadar, Türkiye'nin genelinde olduğu gibi özellikle sulama amaçlı olarak kullanılmıştır. Havzada yer alan başlıca su rezervuarları, Marmara Gölü, Demirköprü Barajı, Afşar Barajı, Buldan Barajı ve Gördes Barajı'dır. Demirköprü Barajı, sulamanın yanında enerji üretimi ve taşkın kontrolü gibi çok yönlü işleve sahiptir. Barajdan itibaren Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatörü olmak üzere 3 adet regülatör bulunmaktadır. Afşar ve Buldan Barajları sulama amaçlı, 2009 yılında inşaatı tamamlanan Gördes Barajı'ndan yaklaşık 15 000 ha alanın sulanması amaçlanmaktadır. Bu barajdan aynı zamanda İzmir kentine içme suyu verilecektir. Gediz Nehri Havzası'nda bulunan ve halen işletmede olan sulamalar Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Gediz Havzası'nda mevcut sulamalar (DSİ, 2008).

Sulama Adı	Brüt Sulama Alanı (ha)	Su Kaynağı
Sarıgöl Sulaması	2 740	Buldan Barajı
Alaşehir Sulaması	13 523	Afşar Barajı
Adala Sulaması	23 672	Adala Regülatörü
Ahmetli Sulaması	64 056	Ahmetli Regülatörü
Gökkaya Pompaj Sulaması	1 180	Ahmetli Regülatörü
Menemen Sulaması	25 893	Emiralem Regülatörü
Akpınar Sulaması	1 080	Akpınar Kaynakları
Karayahşi Sulaması	1 034	Ahmetli Regülatörü ve Marmara Gölü
Üçpınar Sulaması	242	Üçpınar Göleti
Karaağaç Sulaması	164	Karaağaç Göleti
Yenişehir-Güneli Sulaması	300	Gediz Nehri
Hisarköy-Kısıkköy Sulaması	681	Gediz Nehri

Ancak, bugün Gediz Nehri ve kolları kirlilik tehdidiyle karşı karşıya olup, oluşan kirliliği dört ana grupta toplayabiliriz.

- 1- Evsel kökenli olan, çoğunlukla biyolojik arıtma ile giderilebilen atıksular,
- 2- Sanayi bölgelerinden kaynaklanan ve genelde içlerinde bulunan kimyasal bileşikler nedeniyle özel arıtma yöntemlerine gereksinim gösteren sanayi atıkları,
- 3- Tarımsal alanlarda kullanılan tarım ilaçları ve suni gübrelerin kalıntıları ile kirlenmiş olan sulamadan dönen sulardır (Anonim, 2008a).

Su kaynaklarının kirlenmesine neden olan evsel atıksular yerleşim yerlerinden (konut, okul, hastane, otel vb. işletmeler) kaynaklanırlar ve iklimsel şartlar, yaşam standartları ve kültürel alışkanlıklar atıksuların özelliğini etkiler (Alparslan vd., 2008). Gediz Havzası'nda bulunan yerleşim yerlerinin çoğunda kanalizasyon sistemi olmasına rağmen, deşarj noktalarında atıksu arıtma tesisi bulunmaması nedeniyle, toplanan atıksular doğrudan Gediz Nehri'ne veya kollarına deşarj edilmektedir. Havzadaki yerleşim yerlerinin evsel atıksu miktarları, Çizelge 3.1'de verilen 2000 yılı nüfusları ile Çizelge 3.3'te verilen nüfusa bağlı kişi başına günlük su tüketim miktarları kullanılarak hesaplanan evsel su tüketimlerinin % 70-80'inin kanalizasyon şebekesine varacağı kabulünden (2. Çevre Şurası Raporu, 1994; Erdoğan vd.'den 2005) yararlanılarak hesaplanmış ve yerleşim yerlerinin alt yapı durumları ile birlikte Çizelge 3.4'te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Evsel su tüketim oranları (Anonim, 1985).

Nüfus	Tüketim oranı (l/kişi/gün)
< 3 000	60
3 001 - 5 000	70
5 001 - 10 000	80
10 001 - 30 000	100
30 001 - 50 000	120
50 001 - 100 000	170
100 001 - 200 000	200
200 001 - 300 000	225

Havzada yaşanan hızlı sanayileşme nedeniyle, Gediz Nehri sularını kirleten en önemli kaynaklardan biri de endüstriyel atıksulardır. Havzada en yüksek atıksu hacimlerini deşarj eden endüstriyel sektörler; deri (% 57.7), gıda (% 18.8), tekstil (% 9.7), otomotiv (% 3.0), metal (% 3.0) ve kağıt (% 2.9) olarak belirlenmiştir. Bu altı sektör, toplam endüstriyel atıksu hacminin % 95.1'lik kısmını deşarj etmektedirler. Nehir havzasına deşarj edilen en yüksek hacimli endüstriyel atıksuların tahmini Çizelge 3.5'te verilmiştir (Anonim, 2008a).

Çizelge 3.4. Gediz Havzası'ndaki yerleşim yerlerinin evsel atıksu miktarı ve altyapı durumu (Anonim, 2008b).

İlçeler	Evsel atıksu miktarı (m ³ /gün)	Kanalizasyon	Arıtma tesisi ve türü
Kemalpaşa	9 322.04	+	-
Menemen	17 168.55	+	-
Manisa (merkez)	47 006.16	+	Fiziksel+Damlatmalı filtre
Ahmetli	1 413.90	İnşaat halinde	İnşaat halinde
Akhisar	22 887.30	+	Fiziksel+Damlatmalı filtre
Alaşehir	11 954.40	+	Fiziksel+Damlatmalı filtre
Demirci	7 562.54	+	-
Gölmarmara	1 337.33	+	İnşaat halinde
Gördes	3 429.90	+	-
Köprübaşı	813.83	+	-
Kula	6 755.72	+	-
Salihli	22 372.65	+	-
Sarıgöl	3 205.89	+	-
Saruhanlı	8 687.09	-	-
Selendi	1 954.58	+	-
Turgutlu	18 313.65	+	-
Gediz	9 879.08	+	Biyolojik
Şaphane	878,63	+	-
Uşak (merkez)	26 918.70	+	-

Çizelge 3.5. Gediz Havzası'nda en yüksek endüstriyel atıksu miktarları ve altyapı durumu (Anonim, 2008a).

İlçeler	Endüstriyel atıksu miktarı		Atıksu arıtma tesisi ve türü
	(m ³ /gün)	%	
Menemen	16 102	33.86	Fiziksel+Kimyasal+Biyolojik
Manisa	15 865	33.36	Fiziksel+Kimyasal+Biyolojik
Kemalpaşa	6 694	14.07	-
Uşak	7 500	15.82	-
Turgutlu	1 235	2.60	-

Aslında beşinci en yüksek endüstriyel atıksu debisi Kula endüstriyel bölgesinden kaynaklanmaktadır. Ancak 1 255 m³/gün olan endüstriyel atıksu debisi Gediz Nehri'ne deşarj edilmemekte, Kula'daki volkanik alana deşarj edilmektedir (Anonim, 2008a).

Gediz Nehri'nin doğduğu noktaya en yakın yerleşim yerleri Kütahya iline bağlı Gediz ve Şaphane ilçeleridir. Gediz ilçesinde 1992 yılından beri işletmede olan ve biyolojik arıtma yapan evsel atıksu arıtma tesisi 18 728 m³/gün kapasitelidir. İlçede dağınık halde bulunan 34 adet sanayi kuruluşuna ait atıksular ile Şaphane ilçesinde üretilen evsel atıksularla 4 adet sanayi kuruluşuna ait atıksular doğrudan Gediz Nehri'ne boşaltılmaktadır (Anonim, 2006a).

Demirköprü Barajı'nın membasında yer alan büyük yerleşim merkezlerinden Uşak ili evsel atıksu arıtma tesisi, Mayıs 2007'de tamamlanıncaya kadar ilin evsel atıksuları arıtılmadan doğrudan Gediz Nehri'ne deşarj edilmekteydi. (Anonim, 2008a). 1990 yılından beri faal durumda olan Uşak Organize Sanayi Bölgesi'nde büyük kısmı tekstil sektörü (iplik, konfeksiyon, kumaş dokuma, battaniye, pamuk dokuma vb.) olmak üzere, gıda (süt ve süt ürünleri yemek fabrikası, vb.), kimya, seramik, mermer, yün yıkama (sıcak ve soğuk), çelik, madeni yağ gibi değişik sektörlerde faaliyet gösteren toplam 160 işletme bulunmaktadır. İç piyasada tüketilen gazlı sargı bezinin % 95'i, peluş battaniyenin % 85'i, seramik yer ve duvar karolarının % 20'si Uşak'ta üretilmektedir (Anonim, 2005a). Bu işletmelerin atıksuları, Gediz Nehri'ne deşarj edilmekteydi. Organize Sanayi Bölgesi'nin atıksuları için mevcut kapasitesi 12 000 m³/gün, hedeflenen kapasitesi 18 000 m³/gün olan arıtma tesisinin inşaatına Eylül 2005'te başlanmış ve Şubat 2007'de tamamlanmıştır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yapan tesis Mart 2007'de işletmeye alınmış olup; Nisan 2008'de Mahalli Çevre Kurulu kararı ile deşarj izni verilmiştir. Bölgede günde 25 ton katı atık, 20-25 ton arıtma çamuru açığa çıkmaktadır. Katı atıklar ve arıtma çamuru, sanayi bölgesi içerisinde açık alanda depolandıkları alanda yakılmaktadır (Anonim, 2008a).

Demirköprü Barajı'nın membasında bulunan yerleşim yerlerinden Selendi, Demirci ve Kula ilçelerinde evsel atıksu arıtma tesisi yoktur. 14 adet işletmenin bulunduğu Demirci Halıcılar Sanayi Sitesi'nde 200 m³/gün kapasiteli atıksu arıtma tesisi mevcuttur. Kula ilçesinde yerleşim birimi atıksuları ve faaliyette olan 38 adet deri işletmesine ait atıksular Kula ilçesinde yanardağ akıntılarının bulunduğu mevkide yeraltına verilmektedir. İlçede Deri Organize Sanayi Bölgesi kurma ve arıtma tesisi kurma çalışmaları devam etmektedir (Anonim, 2008a).

Demirköprü Barajı'nın mansabında bulunan yerleşim merkezlerinden Akhisar ve Alaşehir ilçesi ile Manisa merkez ilçede kentsel arıtma tesisi mevcuttur. Akhisar Belediyesi atıksu arıtma tesisi 1997 yılında işletmeye alınmış

ve kapasitesi 9 500 m³/gün'dür. Akhisar ilçesinde bulunan 14 adet işletmenin çoğunun çevreye zarar verecek katı ve sıvı atığı bulunmamaktadır. Evsel atık dışında kimyasal atık üreten sanayi tesisi de yoktur. Tüm atıksular Akhisar atıksu arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Arıtma tesisine uzak olan bazı işletmeler kendi paket arıtma sistemlerini kurmuştur. Alaşehir Belediyesi atıksu arıtma tesisi 1994 yılında işletmeye alınmış olup, kapasitesi 22 032 m³/gün'dür (Anonim, 2008a).

Manisa merkez evsel atıksu arıtma tesisi 1994 yılından beri faal olup, kapasitesi 31 000 m³/gün'dür. Manisa Belediye sınırları içindeki 156 endüstriyel işletmeden Salkım Tarım Ürünleri Kuru Üzüm İşleme Fabrikası ile Kenan Evren Küçük Sanayi Sitesinde bulunan işletmeler, atıksularını belediye evsel atıksu arıtma tesisine göndermektedirler (Anonim, 2008a).

Manisa ilinde 36 adet işletmenin bulunduğu Manisa Dericiler Sanayi Sitesi'nde üretilen evsel ve endüstriyel atıksuları arıtacak 3 000 m³/gün kapasiteli arıtma tesisi, 2008 yılında deneme çalışmalarına başlamıştır (Anonim, 2008a).

Manisa Organize Sanayi Bölgesi'nin kuruluş çalışmaları 1963 yılında fizibilite etütleri ile başlamış ve 1970 yılından itibaren sanayicilere yer tahsisi yapılmaya başlanmıştır (Manisa Organize Sanayi Bölgesi, 2009). Yaklaşık 20 000 işçinin çalıştığı ve 128 adet işletmenin bulunduğu Manisa Organize Sanayi Bölgesi'nde;

- Avrupa için üretilen televizyonların yaklaşık % 17'si,
- Türkiye için üretilen televizyonların yaklaşık % 65'i, bisiklet üretiminin % 35'i, buzdolabı üretiminin % 26'sı

üretilmektedir. Organize Sanayi Bölgesi'nden kaynaklanan evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların bir bölümünün arıtıldığı 6 500 m³/gün kapasiteli biyolojik ve kimyasal atıksu arıtma tesisi Haziran 1993'te tamamlanmış olup, arıtma faaliyeti günümüze dek kesintisiz olarak devam etmektedir. Diğer yandan, Organize Sanayi Bölgesi'nde giderek artan yapılaşmaya paralel olarak artan atıksu miktarı nedeni ile mevcut atıksu arıtma tesisinin hidrolik kapasitesinin yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Ek olarak 15 000 m³/gün atıksu arıtma kapasiteli arıtma tesisinin II. kısmı yapılarak, Aralık 2001 tarihinde işletmeye alınmıştır (Anonim, 2008b).

Havzada bulunan Manisa iline bağlı Ahmetli, Demirci, Gölarmara, Gördes, Köprübaşı, Kula, Salihli, Sarıgöl, Saruhanlı, Selendi ve Turgutlu

ilçeleriyle İzmir iline bağlı Kemalpaşa ve Menemen ilçelerinde 2006 yılı sonu itibarıyla evsel atıksu arıtma tesisi mevcut değildir. Bu ilçelerde üretilen evsel atıksular doğrudan Gediz Nehri'ne veya yan kollarına verilmektedir. Salihli, Turgutlu, Kemalpaşa ve Menemen ilçe belediyeleri Gediz Nehri'ne en yüksek debili atıksu deşarjı yapan belediyeler arasında kalmaktadır. Gölarmara ve Ahmetli Belediyeleri'nce 2006 yılında atıksu arıtma tesisi inşaatına başlanmış ve 2008 yılında tamamlanarak deneme çalışmalarına başlanmıştır (Anonim, 2008a).

Menemen Organize Deri Endüstrisi Bölgesi 1993 yılında faaliyetlerine başlamış ve 1998 yılında açık bölge ilan edildikten sonra tüm endüstrilerin kullanımına açılmıştır. Yaklaşık 2 000 işçinin çalıştığı ve 100 firmanın bulunduğu Menemen Deri Serbest Bölgesi'nde 15 500 m³/gün kapasiteli fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yapan atıksu arıtma tesisi mevcuttur (Anonim, 2008a).

Ayrıca, yüksek tarım potansiyeline sahip havzada, tarımsal alanlardan gelen tarım ilaçları ve suni gübrelerin kalıntılarıyla kirlenmiş olan sular ve zeytinyağı üretimi sırasında çıkan karasuyun arıtılmadan nehre deşarj edilmesi, Gediz Nehri'nde kirliliğe katkıda bulunan diğer önemli etmenlerdir (Anonim, 2008b).

3.1.2. Çalışmada kullanılan veriler

Bu çalışmanın ana materyalini DSİ 2. Bölge Müdürlüğü tarafından izlenen su kalitesi gözlem istasyonlarından, Gediz Nehri ana kol üzerinde 6 istasyon, yan kol üzerinde 2 istasyon olmak üzere toplam 8 istasyon ile EİE Genel Müdürlüğü tarafından debi ölçümleriyle beraber izlenen 3 istasyona ait su kalitesi verileri oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan su kalitesi parametreleri, DSİ Genel Müdürlüğü ve DSİ 2. Bölge Müdürlüğü Kimya Laboratuvarlarında, Çizelge 3.6'da verilen standartlarda analiz edilmiştir.

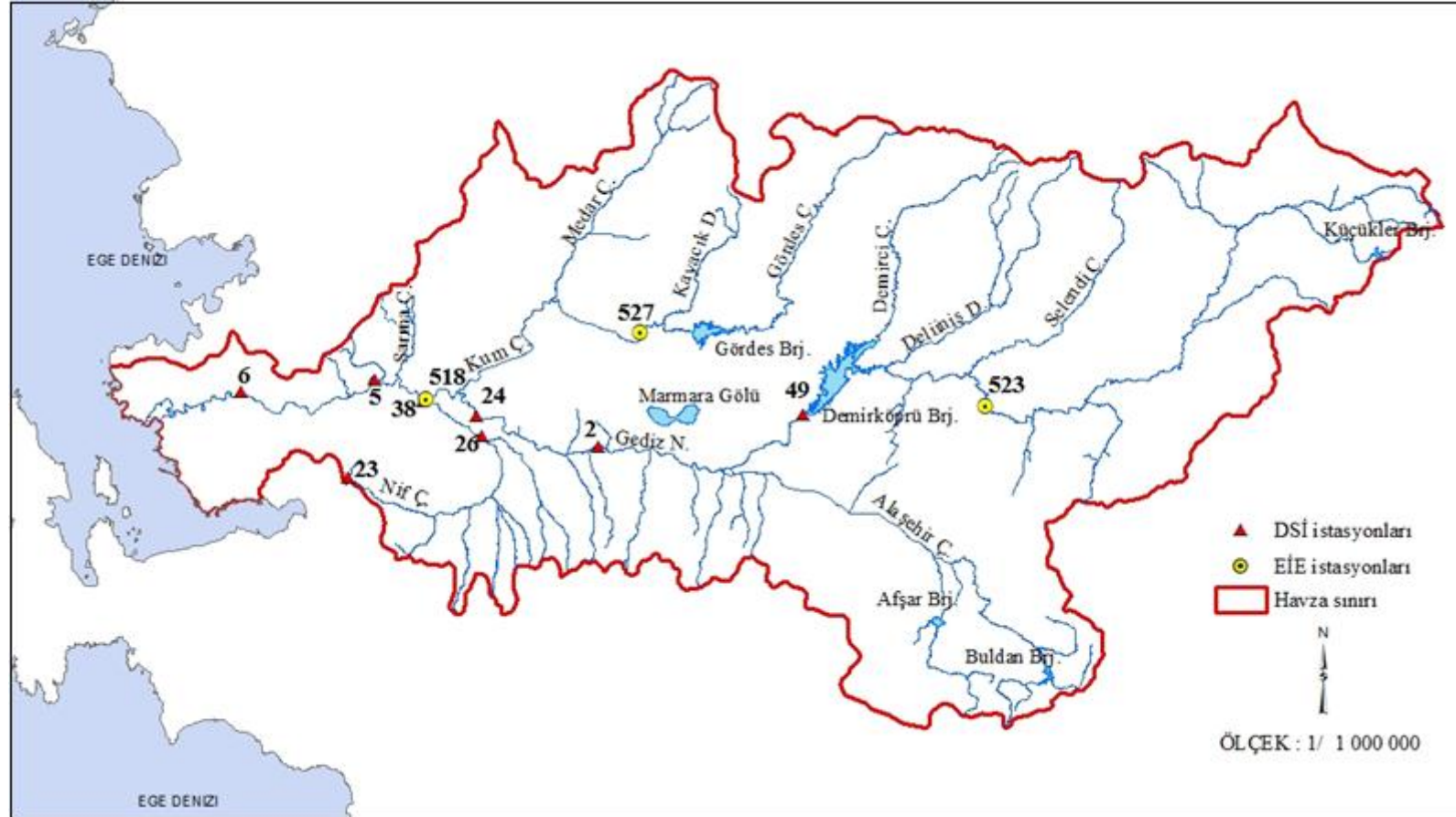
Çizelge 3.6. Çalışmada kullanılan su kalitesi parametreleri ve analiz standartları.

Parametre	Simge	Birim	Standart No
Biyolojik Oksijen İhtiyacı	BOD	mg/l	STMD-2005 S. 5-2
Kimyasal Oksijen İhtiyacı	COD	mg/l	DR. LANGE KIT
Çözünmüş Oksijen	DO	mg/l	TS 5677 EN 25814
Orto-fosfat	o-PO ₄	mg/l	TS EN ISO 10304-1
Elektriksel İletkenlik	EC	µS/cm	TS 9748 EN 27888
Sodyum	Na	mg/l	TS EN ISO 14911
Potasyum	K	mg/l	TS EN ISO 14911
Kalsiyum+Magnezyum	Ca+Mg	me/l	TS EN ISO 14911
Bikarbonat	HCO ₃	mg/l	TS 3790 EN ISO 9963-1
Klorür	Cl	mg/l	TS EN ISO 10304-1
Sülfat	SO ₄	mg/l	TS EN ISO 10304-1
Nitrat azotu	NO ₃ -N	mg/l	TS EN ISO 10304-1
pH			TS 3263 ISO 10523

Devlet Su İşleri tarafından izlenen su kalitesi gözlem istasyonlarından Demirköprü Barajı-mansap (49), Gediz Nehri-Urganlı köprüsü (2), Nif Çayı-Hacıhaliller mansap (24), Nif Çayı-Çiçekli memba (23), Nif Çayı-Çobanisa mansap (26), Gediz Nehri-Manisa köprüsü (38), Gediz Nehri-Muradiye köprüsü (5) ve Gediz Nehri-Menemen köprüsü (6) istasyonlarındaki BOD₅, COD, DO, o-PO₄, EC, Na, K, Ca+Mg, HCO₃, Cl, SO₄, NO₃-N ve pH verileri 1997-2006 yılları arasında elde edilebilmiştir. Nif Çayı-Çiçekli istasyonunda su kalitesi ölçümleri 1997-2002 yılları arasında şubat, nisan, haziran ve aralık aylarında, 2003-2006 yılları arasında ocak, nisan, temmuz ve kasım aylarında olmak üzere yılda 4 kez yapılmıştır. Diğer istasyonlarda ise şubat, nisan, haziran, ağustos, ekim ve aralık aylarında olmak üzere yılda 6 kez yapılmıştır (Şekil 3.1).

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından 1983 yılından beri izlenen Gediz Nehri-Acısü (523), Gediz Nehri-Manisa köprüsü (518) istasyonu ile 1995 yılından beri izlenen Gördes Çayı-Darıbükü (527) istasyonundaki EC, Na, K, Ca+Mg, HCO₃, Cl, SO₄ ve pH verileri 2006 yılı sonuna kadar aylık veriler olarak elde edilebilmiştir.

Çalışmada değerlendirmeye alınan su kalitesi gözlem istasyonlarının konumları Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Gediz Havzası'nda verileri kullanılan su kalitesi gözlem istasyonları.

3.2 Yöntem

3.2.1 Veri kalite kontrol

Trend analizinden önce anyon ve katyonlarda, Anyon-Katyon Dengesi ilişkisi kullanılarak kalite kontrol işlemi yapılmıştır.

Laboratuvar analiz sonuçlarına göre, litrede miliekivalan (me/l) olarak ifade edilen anyonların toplamı katyonların toplamına eşit olmalıdır:

$$\sum \text{Katyon (me/l)} = \sum \text{Anyon (me/l)} \quad (3.1)$$

Analizlerde genellikle; kişisel hatalar, kullanılan alet ve kimyasal maddelerden gelen hatalar, kullanılan yöntemden ileri gelen hatalar ve düzensiz-belli olmayan hatalar olmak üzere 4 çeşit hata yapılabilmektedir. Analizlerde toplam anyon ile toplam katyon hata kontrolü için önce % hata değeri hesaplanır:

$$\% \text{ hata} = \frac{\sum \text{Katyon} - \sum \text{Anyon}}{\sum \text{Katyon} + \sum \text{Anyon}} \times 100 \quad (3.2)$$

eşitliği ile hesaplanan % hatanın izin verilebilir sınırlar içerisinde olup olmadığı kontrol edilir (Ayyıldız, 1990). Dünya Sağlık Örgütü (WHO), yüzey suları için % 10'a kadar hata oranının kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğunu belirtmiştir (WHO, 1996).

3.2.2 Trend analizi

Çalışmada, uygun trend testinin belirlenmesi için, önce verilerin mevsimsel değişim gösterip göstermedikleri, WQSTATPLUS programında, Kruskal-Wallis H testiyle belirlenmiştir. Trend analizi WQSTATPLUS programı kullanılarak, mevsimsel değişim gösteren serilerde Mevsimsel Kendall testi, mevsimsel değişim göstermeyen serilerde Mann-Kendall testi ile yapılmıştır. Mann-Kendall testi seri korelasyona duyarlı olduğu için, önce veri setinin seri korelasyon gösterip göstermediği MINITAB programında otokorelasyon analiziyle kontrol edilmiştir. Seri korelasyon göstermeyen serilerde Mann-Kendall testi doğrudan orijinal seriye uygulanmıştır. Seri korelasyon gösteren serilerde ise, Microsoft Excel programında trend-free pre-whitening (TFPW) işlemiyle seri korelasyon etkisi uzaklaştırıldıktan sonra, yeni üretilen seriye Mann-Kendall testi

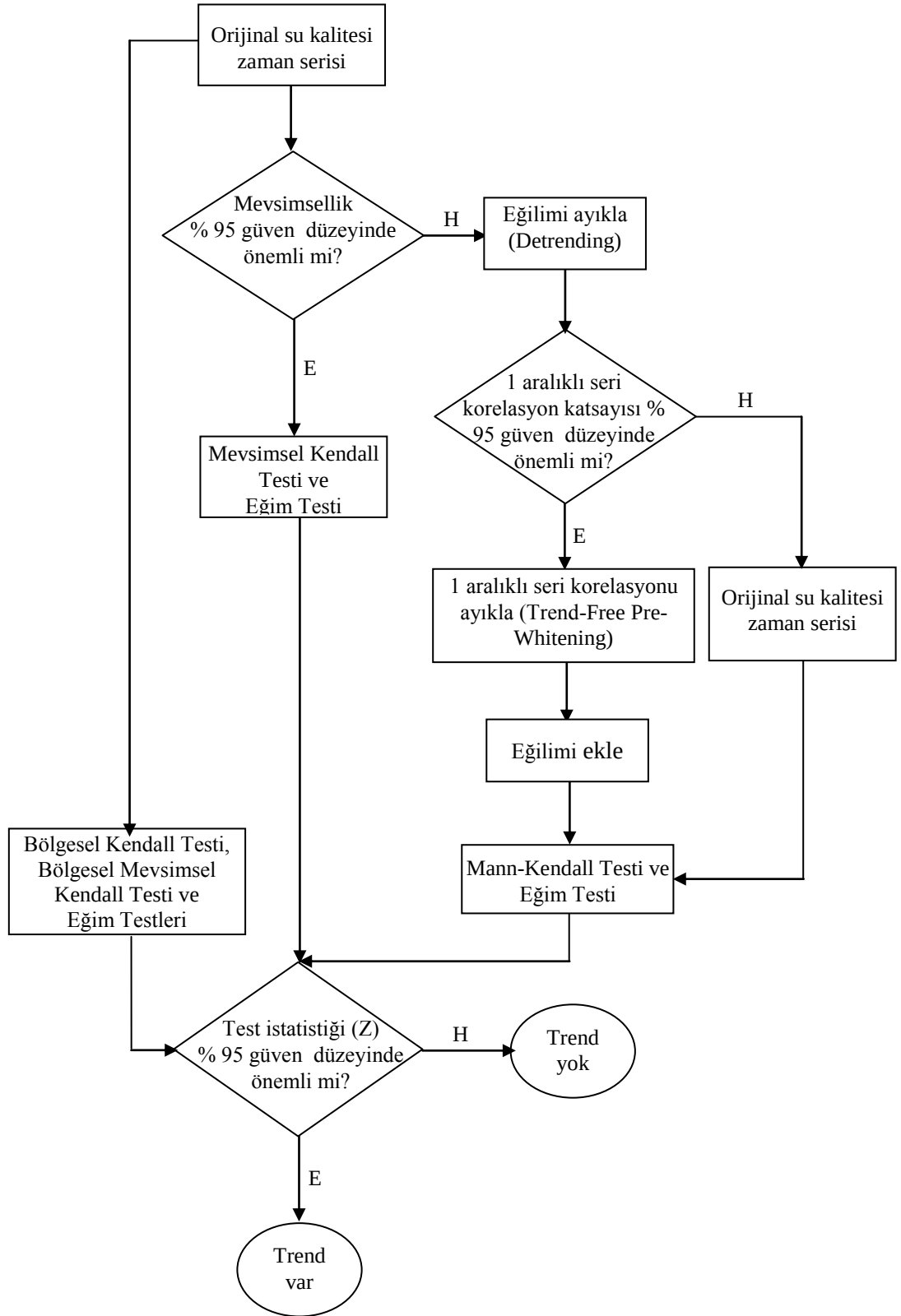
uygulanmıştır. Debi kayıtlarının mevcut olduğu EİE istasyonlarına ait su kalite parametrelerinde, WQSTATPLUS programında regresyon yöntemiyle debi düzeltilmesi işlemi yapılmış ve trend analizi hem ham verilerde, hem de debi düzeltilmeli verilerde yapılmıştır. Bölgesel trend ise Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testleriyle, Microsoft Excel ve Kendall.exe programları kullanılarak belirlenmiştir (Helsel et al., 2006). Trend analizine ait akış diyagramı Şekil 3.2’de verilmiştir.

Yapılan tüm analiz sonuçları, % 95 güven aralığında değerlendirilmiştir.

Belirli bir anlamlılık düzeyinde, trend olup olmadığına karar vermek için kullanılan hipotezler; Sıfır hipotezi (H_0 = Trend yoktur), Alternatif hipotez (H_1 = Trend vardır) şeklindedir. Test sonucunda H_0 ya reddedilir veya reddedilmez. H_0 ’ı reddememe trend olmadığının kanıtlandığı anlamına gelmez. Bu mevcut kanıtların trend olduğu sonucuna varmak için yeterli olmadığını gösterir. Trend analizi açısından bir istatistiksel testin sonuçları Çizelge 3.7’de özetlenmiştir. H_1 doğru olduğunda H_0 ’ı seçme olasılığı testin güven aralığıdır ($1-\alpha$). H_1 doğru olduğunda H_1 ’i seçme olasılığı testin gücüdür ($1-\beta$) (Helsel and Hirsch, 2002).

Çizelge 3.7. Bir trend testinin olası sonuçlarıyla ilgili olasılıklar.

Karar	Trend yoktur, H_0 doğru	Trend vardır, H_0 yanlış
H_0 ’ı reddedeme (Trend yoktur)	Olasılık $1-\alpha$	II. tip hata β
H_0 ’ı reddetme (Trend var)	I. tip hata Önem düzeyi α	Güç $1-\beta$



Şekil 3.2. Trend analizi akış diyagramı.

3.2.2.1 Kruskal-Wallis H testi

Çalışmada, trend analizinde kullanılacak uygun trend testinin belirlenmesi için, önce verilerin mevsimsel değişim gösterip göstermediği Kruskal-Wallis H testiyle belirlenmiştir.

Bu test, parametrik olmayan tek yönlü varyans analizidir ve birbirinden bağımsız iki ya da daha fazla grubun bağımlı bir değişkene ilişkin ölçümlerinin karşılaştırılarak, iki dağılım arasında anlamlı bir fark olup olmadığını test etmek amacıyla kullanılır. Bu testte ve parametrik olmayan diğer testlerde, gruplara ait ölçümlerin karşılaştırılmasında aritmetik ortalama yerine ortanca (medyan) değer esas alınır.

Bu testte önce bütün veriler küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanarak her birine sıra numarası verilir. Kruskal-Wallis test istatistiği H aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(n+1) \quad (3.3)$$

- R_i = i. gruptaki gözlemlerin sıra numaraları toplamı,
- n_i = i. gruptaki veri sayısı,
- i = 1, 2, 3, ..., k,
- k = grup sayısı
- n = toplam veri sayısı.

Eğer α önem seviyesinde $H > \chi_{\alpha, v}^2$ ise mevsimsellik olmadığını gösteren H_0 hipotezi reddedilir, diğer bir deyişle mevsimsellik vardır denir. Ancak bu testin uygulanabilmesi için yıllar içindeki örnekleme frekansının sabit olması, yani aynı mevsimlerde örnekleme yapılmış olması ve her mevsimde en az 4 veri olması gerekmektedir.

Eğer seride aynı değere sahip birden fazla gözlem varsa, Kruskal-Wallis H' istatistiği;

$$H' = \frac{H}{1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^g (t_i^3 - t_i)}{(n^3 - n)} \right)} \quad (3.4)$$

g = birbirine eşit veri grupları sayısı,
 t_i = i. gruptaki birbirine eşit verilerin sayısı,
 (Helsel and Hirsch, 2002; NIC, 2003; Şenol, 2004).

Devlet Su İşleri tarafından izlenen istasyonlardan, Nif Çayı-Çiçekli istasyonu ile EİE tarafından izlenen Gördes Çayı-Darıbükü istasyonuna ait veriler, her mevsimde en az 4 veri koşulunu (Helsel and Hirsch, 2002; NIC, 2003) sağlamadıkları için Kruskal-Wallis H testi uygulanamamış, Mann-Kendall testi uygulanmıştır.

3.2.2.2 Otokorelasyon analizi

Bir zaman serisinde ardışık elemanlar arasındaki içsel bağımlılığın ölçülmesinde en çok kullanılan parametreler otokorelasyon katsayılarıdır. Aralarındaki zaman aralığı $k\Delta t$ olan iki andaki x_t ve x_{t+k} değerleri iki farklı rastgele değişken gibi düşünülürse bunların arasındaki korelasyon katsayısı;

$$\rho_k = \frac{\text{cov}(X_t, X_{t+k})}{\text{Var}X_t} \quad (3.5)$$

formülüyle hesaplanır ve k aralıklı otokorelasyon katsayısı olarak adlandırılır. Bu katsayı eldeki n elemanlı örnekten aşağıdaki denklemle tahmin edilir.

$$r_k = \frac{\sum_{t=1}^{n-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2} \quad k= 1, 2, 3, \dots \quad (3.6)$$

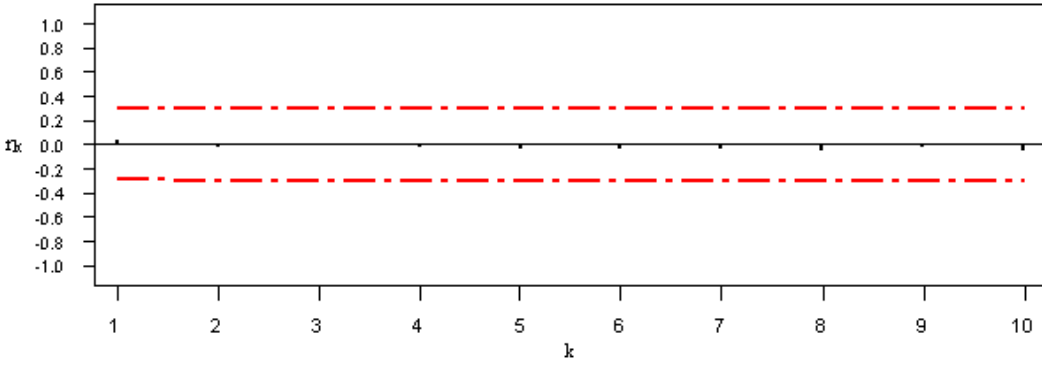
x_t : t anında gözlenen değer,
 x_{t+k} : $t+k$ anında gözlenen değer,
 k : lag (aralık).

Örnekten hesaplanan r_k katsayılarının, % 95 güven düzeyinde 0'dan anlamlı derecede farklı olup olmadıkları, Eşitlik 3.7'de verilen Anderson'un tolerans limitleri testi kullanılarak belirlenebilir (Beyazıt, 1981).

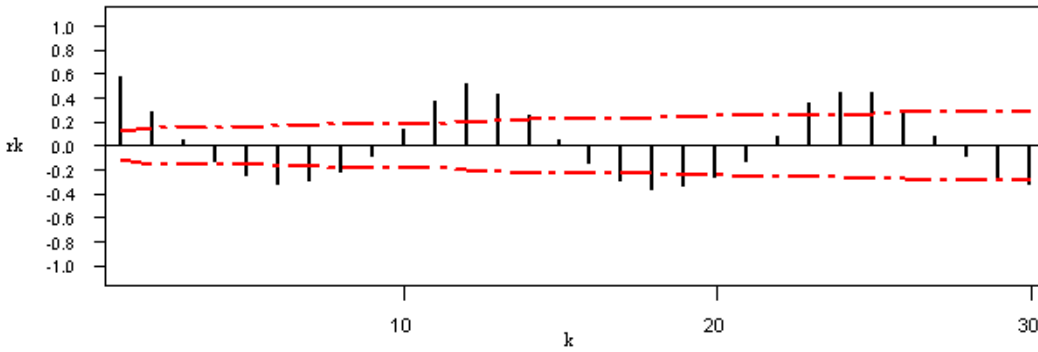
$$TL(r_k) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{N-k-1}}{N-k} \quad (3.7)$$

$\nu = N - k - 1$ seviyeli serbestlik derecesi

Bu tolerans limitleri, k arttıkça tolerans bandı oluşturur. Eğer hesaplanan r_k katsayıları, Eşitlik 3.7 ile hesaplanan ve Şekil 3.3'te verilen tolerans bandının içinde kalırsa, % 95 güvenle ardışık gözlemler arasında korelasyonun olmadığına karar verilir. r_k katsayıları, Şekil 3.4'te görüldüğü gibi tolerans bandı dışına çıkıyorsa, ardışık gözlemler arasında korelasyon olduğuna karar verilir.



Şekil 3.3. Seri korelasyon göstermeyen hidrolojik seri.



Şekil 3.4. Seri korelasyon gösteren hidrolojik seri.

Hidrolojik zaman serilerinin analizinde serisel korelasyon dikkate alınmalıdır. Özellikle, zaman serisinde pozitif bir serisel korelasyon varsa, belirli bir önem seviyesinde gerçekte olması gerekenden daha önemli bir trend

bulunacaktır (Zhang et al., 2001). Verinin serisel korelasyonunu gidermek için değişik yaklaşımlar ortaya konmuştur. En yaygın yaklaşımlar, Von Storch and Navara (1995) tarafından önerilen zaman serisine pre-whitening işleminin uygulanmasıdır. Yue and Phinney (2003), pre-whitening yöntemiyle seri korelasyon uzaklaştırıldıktan sonra, trendin de bir bölümünün uzaklaştırıldığını belirtmişler; buna karşılık trendin bir bölümü uzaklaştırılmaksızın serisel korelasyonun uzaklaştırılabildiği Trend-Free Pre-Whitening (TFPW) yöntemini geliştirmişlerdir.

Trend-Free Pre-Whitening'de aşağıdaki işlem basamakları uygulanır (Yue and Phinney, 2003).

- Orijinal zaman serisinde trend eğimi β hesaplanır.

$$\beta = \text{medyan} \frac{(x_i - x_j)}{(i - j)} \quad i < j \quad (3.8)$$

- Orijinal zaman serisinden doğrusal trend uzaklaştırılır.

$$Y_t = X_t - \beta t \quad (3.9)$$

$X_t = t$ anında gözlenen orijinal zaman serisi,

$Y_t =$ trendsiz zaman serisi.

- Y_t serisinin lag 1 r_1 seri korelasyon katsayısı hesaplanır.
- Eğer pozitif serisel korelasyon değeri (r_1) istatistiksel olarak 0'dan anlamlı derecede farklı değilse veya negatifse, serisel bağımsızlık olduğuna karar verilir ve orijinal zaman serisine Mann-Kendall testi uygulanır. Ancak, (r_1) istatistiksel olarak 0'dan anlamlı derecede farklı ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak seriden pozitif serisel korelasyon uzaklaştırılır.

$$Y'_t = Y_t - r_1 Y_{t-1} \quad (3.10)$$

$Y'_t = t$ anındaki serisel bağımsız trendsiz seri,

- Hesaplanan trend, Y'_t serisine eklenerek Y''_t prewhitened serisi oluşturulur.

$$Y''_t = Y'_t + \beta t \quad (3.11)$$

Sonuç olarak, Mann-Kendall testi bu prewhitened serisine uygulanır.

3.2.2.3 Mann-Kendall testi

Parametrik olmayan bir test olup, Kendall Tau testinin özel bir uygulamasıdır (Larson, 2001; Yue et al., 2002). Bu testte zamana göre sıralanmış $x_1, x_2, \dots, x_n$ gözlemlerinde n adet veri için $j > k$ olmak üzere $(x_j - x_k)$ farklarının işaretleri belirlenir. Mann-Kendall testinin istatistiği S ;

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} \text{sgn}(x_j - x_k) &= 1 && \text{eğer } x_j - x_k > 0 \\ &= 0 && \text{eğer } x_j - x_k = 0 \\ &= -1 && \text{eğer } x_j - x_k < 0 \end{aligned} \quad (3.13)$$

eşitliklerinden hesaplanır. Test istatistiği S 'nin varyansı ise;

$$\text{VAR}(S) = n(n-1)(2n+5)/18 \quad (3.14)$$

eşitliğinden hesaplanır (Gilbert, 1987; Helsel and Hirsch, 2002). Eğer verilerde benzer değerler (bağ durumları) varsa; $\text{VAR}(S)$ aşağıdaki eşitlikten hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{VAR}(S) = & \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(2t_p+5) - \sum_{q=1}^h u_q(u_q-1)(2u_q+5) \right] \\ & + \frac{\sum_{p=1}^g t_p(t_p-1)(t_p-2) \sum_{q=1}^h u_q(u_q-1)(u_q-2)}{9n(n-1)(n-2)} + \frac{\sum_{p=1}^g t_p(t_p-1) \sum_{q=1}^h u_q(u_q-1)}{2n(n-1)} \end{aligned} \quad (3.15)$$

Bu eşitlikte;

g = birbirine eşit veri grupları sayısı,

t_p = p . gruptaki birbirine eşit verilerin sayısı,

h = çoklu veri içeren zaman periyotlarının sayısı,

u_q = q . zaman periyodundaki çoklu verilerin sayısı.

S ve $\text{VAR}(S)$ hesaplandıktan sonra Z istatistiği hesaplanır.

$$\begin{array}{lll}
S > 0 & \text{ise} & Z = \frac{(S-1)}{[\text{VAR}(S)]^{1/2}} \\
S = 0 & \text{ise} & Z = 0 \\
S < 0 & \text{ise} & Z = \frac{(S'+1)}{[\text{VAR}(S')]^{1/2}}
\end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} S > 0 \\ S = 0 \\ S < 0 \end{array}} \right\} \quad (3.16)$$

Eğer α önem seviyesinde $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ ise trend olmadığını gösteren H_0 hipotezi reddedilir, diğer bir deyişle trend vardır denir. Eğer Z negatifse trend aşağıya doğru yani azalan yönde, Z pozitifse trend yukarıya doğru yani artan yöndedir.

3.2.2.4 Sen eğim tahmincisi

Eğer zaman serisinde doğrusal trend mevcutsa, gerçek eğimi, yani birim zamandaki değişimi tespit etmek için hatalı verilerden veya ekstrem değerlerden etkilenmeyen, eksik değerlerin olduğu kayıtlara uygulanabilen ve Mann-Kendall testiyle yakından ilişkili olan parametrik olmayan Sen Eğim Tahmincisi yöntemi kullanılabilir (Gilbert, 1987).

Burada önce j ve k zamanlarındaki veriler x_j ve x_k olmak üzere ($j > k$ şartıyla), her istasyona ait tüm veri çiftleri için bireysel eğim (Q) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$Q = \frac{(x_j - x_k)}{(j - k)} \quad (3.17)$$

Sen Eğim Tahmincisi tüm Q değerlerinin medyanıdır (Gilbert, 1987; Helsel and Hirsch, 2002).

3.2.2.5 Mevsimsel Kendall testi

Mann-Kendall testinin genelleştirilmiş bir şeklidir (Gilbert, 1987). Çevre bilimlerinde trend belirlenmesinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir. Bu testte örneklemenin yapıldığı dönemler, yani, haftalık, on beş günlük, aylık veya 2'şer aylık dönemlerin her biri mevsim olarak adlandırılır (Helsel and Hirsch, 2002).

Mevsimsel Kendall testinde, önce her mevsim için Mann-Kendall test istatistiği S_i ile varyansı $VAR(S_i)$ ayrı ayrı hesaplanır.

$$S_i = \sum_{k=1}^{n_i-1} \sum_{l=k+1}^{n_i} \text{sgn}(x_{il} - x_{ik}) \quad (3.18)$$

$l > k$, $n_i = i$. mevsimdeki veri sayısıdır.

$$VAR(S_i) = \frac{1}{18} \left[n_i(n_i - 1)(2n_i + 5) - \sum_{p=1}^{g_i} t_{ip}(t_{ip} - 1)(2t_{ip} + 5) - \sum_{q=1}^{h_i} u_{iq}(u_{iq} - 1)(2u_{iq} + 5) \right] \\ + \frac{\sum_{p=1}^{g_i} t_{ip}(t_{ip} - 1)(t_{ip} - 2) \sum_{q=1}^{h_i} u_{iq}(u_{iq} - 1)(u_{iq} - 2)}{9n_i(n_i - 1)(n_i - 2)} + \frac{\sum_{p=1}^{g_i} t_{ip}(t_{ip} - 1) \sum_{q=1}^{h_i} u_{iq}(u_{iq} - 1)}{2n_i(n_i - 1)} \quad (3.19)$$

burada;

$i = 1, 2, \dots, K$,

$g_i = i$ mevsiminde birbirine eşit veri grupları sayısı,

$t_{ip} = i$ mevsimi için p . gruptaki birbirine eşit verilerin sayısı,

$h_i =$ çoklu veri içeren i mevsimindeki örnekleme zamanlarının (veya zaman periyotlarının) sayısı,

$u_{iq} = i$ mevsiminde q . zaman periyodundaki çoklu verilerin sayısı.

S_i ile $VAR(S_i)$ değerleri hesaplandıktan sonra tüm istatistikler birleştirilerek Mevsimsel Kendall test istatistiği ve varyansı hesaplanır (Hirsch et al., 1982; Gilbert, 1987; Helsel and Hirsch, 2002).

$$S' = \sum_{i=1}^K S_i \quad (3.20)$$

$$VAR(S') = \sum_{i=1}^K VAR(S_i) \quad (3.21)$$

Daha sonra Mevsimsel Kendall Test istatistiği, Z , hesaplanır.

$$\left. \begin{aligned}
 S' > 0 \quad \text{ise} \quad Z &= \frac{(S' - 1)}{[\text{VAR}(S')]^{1/2}} \\
 S' = 0 \quad \text{ise} \quad Z &= 0 \\
 S' < 0 \quad \text{ise} \quad Z &= \frac{(S' + 1)}{[\text{VAR}(S')]^{1/2}}
 \end{aligned} \right\} \quad (3.22)$$

Eğer α önem seviyesinde $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ ise trend vardır ve Z negatifse trend azalan yönde, pozitifse artan yöndedir.

3.2.2.6 Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi

Sen eğim tahmincisinin genelleştirilmiş bir şeklidir. Önce her i mevsiminde yer alan tüm veri çiftleri için bireysel eğim hesaplanır.

$$Q_i = \frac{(x_{il} - x_{ik})}{(l - k)} \quad (3.23)$$

x_{il} = l . yılın i . mevsimindeki veri,
 x_{ik} = k . yılın i . mevsimindeki veri, $l > k$ 'dır.
 $i = 1, 2, \dots, K$.

Bu işlem tüm mevsimler için tekrarlanır. Tüm Q_i değerlerinin medyanı Mevsimsel Kendall Eğim Tahmincisi'dir (Gilbert, 1987; Helsel and Hirsch, 2002).

3.2.2.7 Bölgesel Kendall testi

Mevsimsel Kendall testinin değiştirilmiş bir versiyonudur. Bu testte mevsimlerin yerini istasyonlar alır.

Bölgesel Kendall testinde, önce her mevsim için her istasyonun Mann Kendall test istatistiği S_L ile varyansı $\text{VAR}(S_L)$ ayrı ayrı hesaplanır.

$$S_L = \sum_{k=1}^{n_L-1} \sum_{l=k+1}^{n_L} \text{sgn}(x_{Ll} - x_{Lk}) \quad (3.24)$$

$l > k$, $n_L = L$. istasyondaki veri sayısıdır.

$$\begin{aligned}
\text{VAR}(S_L) = & \frac{1}{18} \left[n_L(n_L - 1)(2n_L + 5) - \sum_{p=1}^{g_L} t_{Lp}(t_{Lp} - 1)(2t_{Lp} + 5) - \sum_{q=1}^{h_L} u_{Lq}(u_{Lq} - 1)(2u_{Lq} + 5) \right] \\
& + \frac{\sum_{p=1}^{g_L} t_{Lp}(t_{Lp} - 1)(t_{Lp} - 2) \sum_{q=1}^{h_L} u_{Lq}(u_{Lq} - 1)(u_{Lq} - 2)}{9n_L(n_L - 1)(n_L - 2)} + \frac{\sum_{p=1}^{g_L} t_{Lp}(t_{Lp} - 1) \sum_{q=1}^{h_L} u_{Lq}(u_{Lq} - 1)}{2n_L(n_L - 1)} \quad (3.25)
\end{aligned}$$

Bu eşitlikte;

$g_s = L$ istasyonunda birbirine eşit veri grupları sayısı,

$t_{Lp} = L$ istasyonu için p . gruptaki birbirine eşit verilerin sayısı,

$h_L =$ çoklu veri içeren L istasyonundaki örnekleme zamanlarının (veya zaman periyotlarının) sayısı,

$u_{Lq} = L$ istasyonunda q . zaman periyodundaki çoklu verilerin sayısı.

Her mevsim için tüm istasyonlara ait S_L ile $\text{VAR}(S_L)$ değerleri hesaplandıktan sonra tüm istatistikler birleştirilerek Bölgesel Kendall Test istatistiği S_r ve $\text{VAR}(S_r)$ elde edilir (Frans and Helsel, 2006).

$$S_r = \sum_{L=1}^n S_L \quad (3.26)$$

$$\text{VAR}(S_r) = \sum_{L=1}^n \text{VAR}(S_L) \quad (3.27)$$

$$\left. \begin{aligned}
S_r > 0 \quad \text{ise} \quad Z_r &= \frac{(S_r - 1)}{[\text{VAR}(S_r)]^{1/2}} \\
S_r = 0 \quad \text{ise} \quad Z_r &= 0 \\
S_r < 0 \quad \text{ise} \quad Z_r &= \frac{(S_r + 1)}{[\text{VAR}(S_r)]^{1/2}}
\end{aligned} \right\} \quad (3.28)$$

Eğer α önem seviyesinde $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ ise trend vardır ve Z negatifse trend azalan yönde, pozitifse artan yöndedir.

3.2.2.8 Bölgesel Kendall eğim tahmincisi

Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi benzer şekilde hesaplanır. i mevsimi için L istasyonundaki bireysel eğim;

$$Q_L = \frac{(x_{Ll} - x_{Lk})}{(l - k)} \quad (3.29)$$

x_{Ll} = L istasyonunun l . yılındaki veri,

x_{Lk} = L istasyonunun k . yılındaki veri, $l > k$ 'dır.

$L = 1, 2, \dots, n$

i mevsimi için tüm istasyonlardaki Q_L değerleri hesaplanır. Tüm Q_L değerlerinin medyanı o mevsimin Bölgesel Kendall Eğim Tahmincisi'dir (Frans and Helsel, 2006).

3.2.2.9 Bölgesel Mevsimsel Kendall testi

Tüm mevsimler ($i = 1, 2, 3, \dots, K$) ve tüm istasyonlar ($L = 1, 2, 3, \dots, n$) için elde edilen bireysel Mann-Kendall test istatistikleri ve varyansları toplanarak veya her istasyon için hesaplanan Mevsimsel Kendall istatistikleri (S') ve varyansları ($VAR(S')$) toplanarak Bölgesel Mevsimsel Kendall Test istatistiği S_R ve varyansı $VAR(S_R)$ elde edilir (Sparague and Lorenz, 2009; D. R. Helsel, 2010, yazılı görüşme).

$$S_R = \sum_{L=1}^n \sum_{i=1}^K S_{Li} \quad \text{veya} \quad S_R = \sum_{L=1}^n S' \quad (3.30)$$

$$VAR(S_R) = \sum_{L=1}^n \sum_{i=1}^K Var(S_{Li}) \quad \text{veya} \quad VAR(S_R) = \sum_{L=1}^n VAR(S') \quad (3.31)$$

Eğer α önem seviyesinde $|Z| > Z_{1-\alpha/2}$ ise trend vardır ve Z negatifse trend azalan yönde, pozitifse artan yöndedir.

3.2.2.10 Bölgesel Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi

Bölgesel Kendall eğim tahmincisi ve Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi yöntemine benzer şekilde hesaplanır. Bu testte, Eşitlik 3.29 kullanılarak tüm mevsimlerde tüm istasyonların tüm veri çiftleri için bireysel eğim (Q_L) ayrı ayrı hesaplanır ve tüm Q_L değerlerinin medyanı Bölgesel Mevsimsel Kendall eğim tahmincisidir. Veya Eşitlik 3.23 ile tüm istasyonların tüm mevsimleri ve tüm veri çiftleri için ayrı ayrı hesaplanan bireysel eğimlerin (Q_i 'lerin) medyanı Bölgesel Mevsimsel Kendall eğim tahmincisidir (Frans and Helsel, 2006).

3.2.3 Debi düzeltmesi

Su kalitesi konsantrasyonlarındaki debi etkisini ayıklamak için parametrik regresyon analizi uygulanmıştır. Regresyon analizinin en basit şekli iki değişken arasındaki basit doğrusal regresyondur. Burada su kalitesi değişkeni y ile zaman x değişkeni arasındaki ilişkinin;

$$y = \beta_0 + \beta x + \varepsilon \quad (3.32)$$

şeklinde olduğu kabul edilmektedir. ε , beklenen değeri 0 olan kalıntı (hata) terimidir. Buna göre y 'nin x 'e göre regresyon denklemi

$$y = b_0 + b_1 x \quad (3.33)$$

şeklinde yazılabilir. b_0 ve b_1 , β_0 ve β_1 regresyon katsayılarının eldeki örnekten hesaplanan değerleridir (Beyazıt, 1981).

Debi düzeltmesi yöntemi WQSTATPLUS programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konsantrasyon debi ilişkisi değişik regresyon eşitlikleriyle ifade edilebilir. Bu çalışmada log-log ilişkisi kullanılmıştır.

$$\log(y) = a + b \log(x) \quad (3.34)$$

burada;

y = konsantrasyon,

x = debidir.

Gözlenen su kalitesi (log konsantrasyon) değerinden, yukarıdaki denklemle tahmin edilen konsantrasyon ($b(\log \text{ debi}) + a$) değeri çıkartılır. Her kalıntı, orijinal log konsantrasyon serisinin ortalamasına eklenerek, debi düzeltmeli log konsantrasyon serisi üretilir. Debi düzeltmeli log konsantrasyon serisinin ortalaması orijinal log konsantrasyon serisinin ortalamasıyla aynıdır. Sonra bulunan log konsantrasyonların antilogaritması alınarak debi düzeltmeli konsantrasyon serisi üretilir (NIC, 2003).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Veri Kalite Kontrol

Anyon-kasyon dengesi ilişkisi kullanılarak yapılan kontrol işlemi sonucunda, DSI'ye ait verilerde % 10 hata sınırını aşan gözlemler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne ait tüm verilerin belirlenen hata sınırları içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Devlet Su İşleri tarafından izlenen su kalitesi gözlem istasyonlarında % 10 hata sınırını aşan gözlem sayıları.

İstasyon no	İstasyon adı	% 10 hata sınırını aşan gözlem sayısı
0502049	Demirköprü Barajı-Mansap	2
0502002	Gediz Nehri-Urganlı Köprüsü	1
0502024	Gediz Nehri Hacıhaliller mansap	1
0502023	Nif Çayı-Çiçekli Memba	4
0502026	Nif Çayı-Çobanisa Mansap	8
0502038	Gediz Nehri-Manisa Köprüsü	6
0502005	Gediz Nehri-Muradiye Köprüsü	1
0502006	Gediz Nehri-Menemen Köprüsü	2

Devlet Su İşleri'ne ait verilerden Na, K, Ca+Mg, SO₄, Cl ve HCO₃, parametrelerinde, % 10 hata sınırını aşan gözlemler ayıklandıktan sonra trend analizi yapılmıştır. Diğer parametrelerde trend analizi tüm gözlem değerleri dikkate alınarak yapılmıştır.

4.2 Trend Analizi

Bu çalışmada değerlendirmeye alınan istasyonlara ait su kalitesi parametrelerinde trend analizi parametrik olmayan yöntemlerden Mann-Kendall, Mevsimsel Kendall, Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testleriyle yapılmıştır. Trendin büyüklüğü ise Sen eğim tahmincisi, Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi, Bölgesel Kendall eğim tahmincisi ve Bölgesel Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi ile hesaplanmıştır. Trend analizinden önce verilerin mevsimsellik gösterip göstermediği Kruskal-Wallis H testiyle kontrol edilmiştir. Mevsimsellik gösteren serilerde Mevsimsel Kendall testi, mevsimsellik göstermeyen serilerde ise Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Ancak Mann-Kendall testi uygulanmadan önce, verilerin seri korelasyon gösterip göstermediği otokorelasyon analiziyle kontrol edilmiştir. Seri korelasyon göstermeyen serilerde doğrudan orijinal

verilere Mann-Kendall testi, seri korelasyon gösteren serilerde Trend-Free Pre-Whitening (TFPW) işlemiyle seri korelasyon etkisi uzaklaştırıldıktan sonra yeni üretilen seriye Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Debi kayıtlarının mevcut olduğu EİE istasyonlarına ait verilerde ayrıca konsantrasyonlar üzerindeki debi etkisi parametrik regresyon yöntemiyle giderilmiş ve yukarıda belirtilen işlemler hem ham verilerde hem debi düzeltilmeli verilerde uygulanmıştır.

Devlet Su İşleri tarafından izlenen istasyonlardan Nif Çayı-Çiçekli istasyonu hariç diğer istasyonlarda gözlemler 1997-2006 yılları arasında eşit aralıklarla şubat, nisan, haziran, ağustos, ekim ve aralık aylarında yılda 6 kez yapılmıştır. Nif Çayı-Çiçekli istasyonunda ise 1997-2002 yılları arasında şubat, nisan, haziran ve aralık aylarında, 2003-2006 yılları arasında ise ocak, nisan, temmuz ve kasım aylarında olmak üzere yılda 4 kez yapılmış olup, bazı aylarda da 1 veya 2 veri mevcuttur. Bu istasyonda örnekleme frekansları diğer istasyonlarla aynı olmadığı için ve her mevsimde en az 4 veri koşulunu (Helsel and Hirsch, 2002; NIC, 2003) sağlamadığı için Kruskal-Wallis H testi, Mevsimsel Kendall testi ve bu testin bir versiyonu olan Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testleri uygulanamamış, sadece Mann-Kendall testi uygulanmıştır.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından aylık olarak izlenen Gediz Nehri-Acısü istasyonu ile Gediz Nehri-Manisa köprüsü istasyonunda veriler 1983 yılından, Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda ise, 1995 yılından 2006 yılı sonuna kadar elde edilmiştir. Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda her mevsimde en az 4 veri koşulu (Helsel and Hirsch, 2002; NIC, 2003) sağlanamadığı için sadece Mann-Kendall testi uygulanmıştır. Ayrıca EİE'ye ait istasyonların gözlem periyotları ve gözlem aralıkları DSİ istasyonlarıyla uyumlu olmadığı için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testleri sadece DSİ verilerinde uygulanmıştır.

4.2.1 Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOD₅ - mg/)

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametresinin Kruskal-Wallis H testi ile mevsimsellik, otokorelasyon analizi ile seri korelasyon gösterip göstermediği % 95 güven düzeyinde belirlenmiş ve bu sonuçlara göre uygulanacak trend testi belirlenerek Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
Demirköprü	43	8.21	11.07	-	-0.06	0.29	-0.34	-	M-K
Urganlı	47	12.53	"	+					S-K
Hacıhaliller	44	8.01	"	-	-0.12	0.29	-0.34	-	M-K
Çiçekli	29	o	o	o	0.33	0.36	-0.44	-	M-K
Çobanisa	42	2.23	11.07	-	0.52	0.29	-0.35	+	TFPW M-K
Manisa	47	6.55	"	-	0.15	0.28	-0.33	-	M-K
Muradiye	40	5.46	"	-	0.25	0.30	-0.36	-	M-K
Menemen	39	2.64	"	-	-0.02	0.31	-0.37	-	M-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

:- Mevsimsellik yok

: o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

: TLL : Alt tolerans limiti

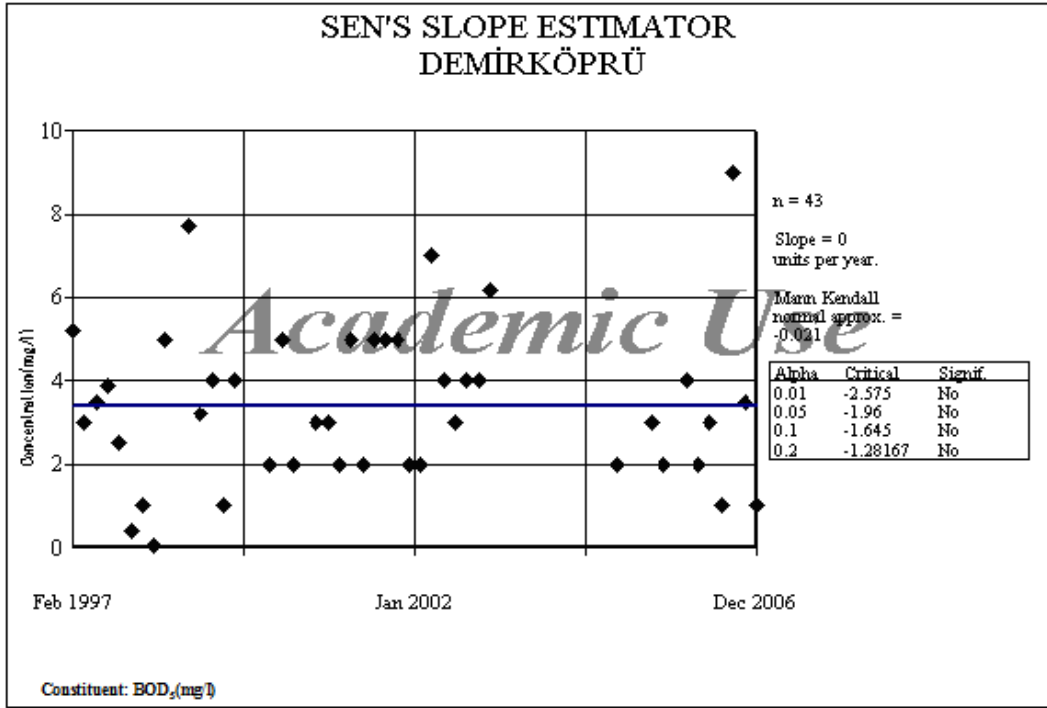
^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

: - Seri korelasyon yok

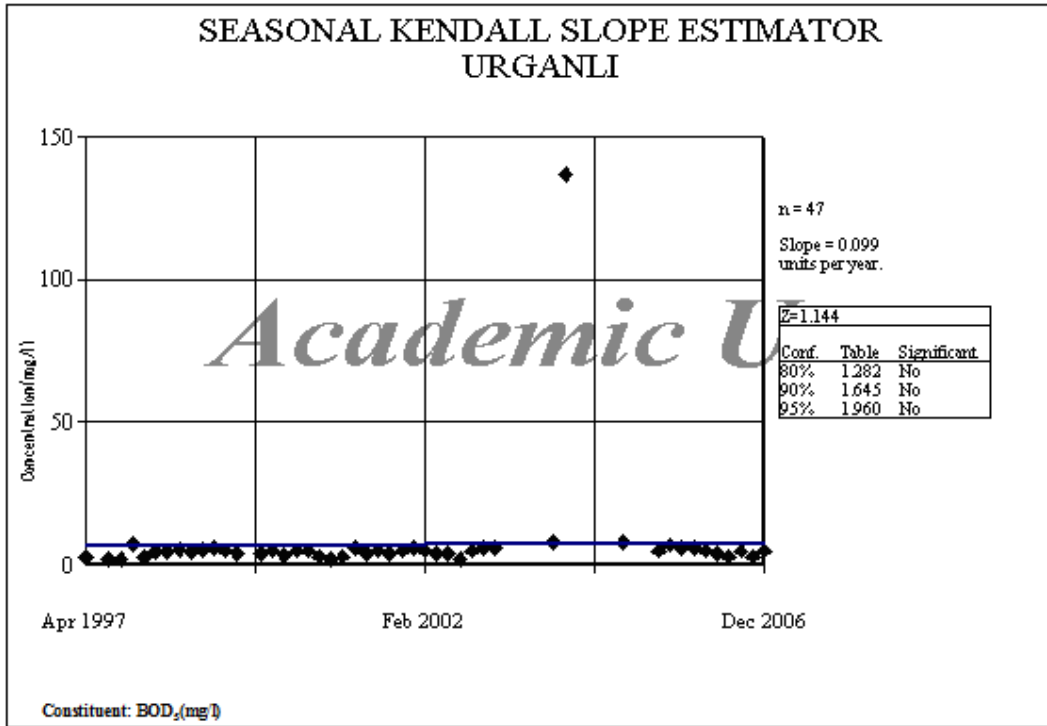
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için mevsimsellik ve seri korelasyon sonuçları dikkate alınarak yapılan trend analizi sonuçları, membadan mansaba doğru sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Demirköprü istasyonu BOD₅ parametresi için, Mann-Kendall test istatistiği $Z = -0.021$ olarak tahmin edilmiştir. Tahmin edilen Z istatistiği, % 95 güven düzeyinde kritik tablo değeri ile karşılaştırıldığında, trendin anlamlı olmadığı görülmektedir. Trendin eğimi, Sen eğim tahmincisiyle sıfır olarak tahmin edilmiştir.

Urganlı istasyonu BOD₅ parametresinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.2’de verilmiştir. Test istatistiği $Z = 1.144$ olup, artan yönde bir trend olduğunu, ancak trendin istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. BOD₅ değerlerindeki yıllık artış miktarı, Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.099 mg/l olarak hesaplanmıştır.

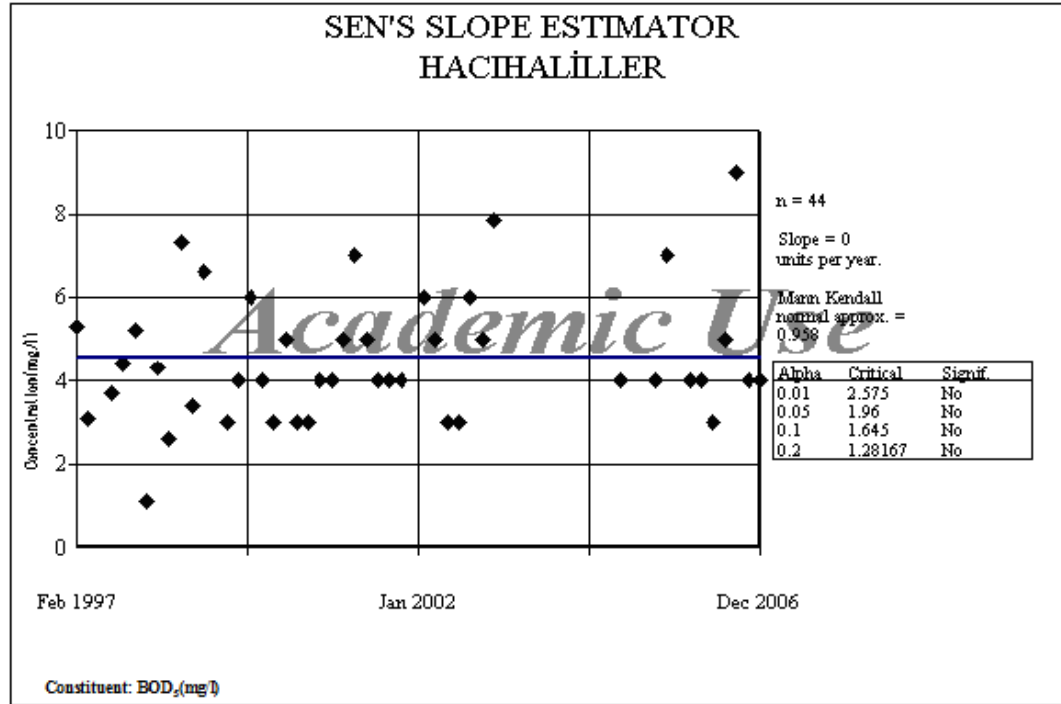


Şekil 4.1. Demirköprü istasyonu BOD₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.2. Urganlı istasyonu BOD₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Hacıhaliller istasyonu BOD₅ parametresi için yapılan trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Hesaplanan Mann-Kendall test istatistiği $Z = 0.958$ olup, artan yönde bir trend olduğunu göstermektedir. Ancak hesaplanan Z istatistiği, % 95 güven düzeyinde kritik tablo Z değeri ile karşılaştırıldığında, tespit edilen trendin anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Bu güven düzeyinde anlamlı olmayan trendin eğimi ise Sen eğim tahmincisiyle sıfır olarak tahmin edilmiştir.

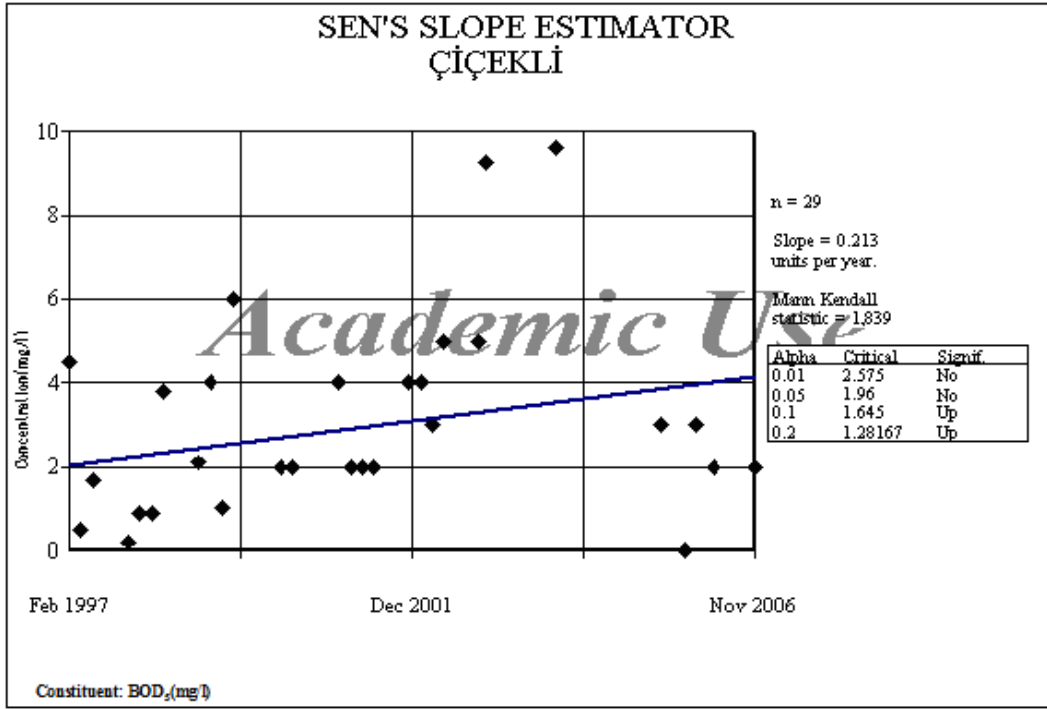


Şekil 4.3. Hacıhaliller istasyonu BOD₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

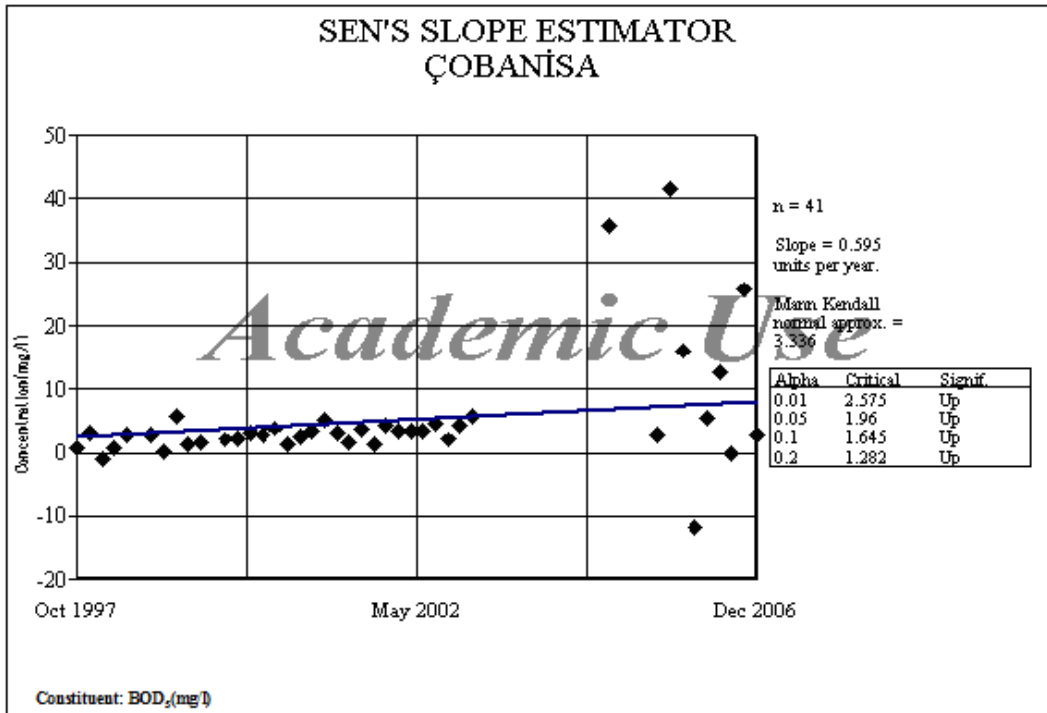
Gediz Nehri'nin Nif Çayı kolunda, membada yer alan Çiçekli istasyonunda ölçülen BOD₅ verilerinin Mann-Kendall testi ile yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.4'te grafiksel olarak verilmiştir. Test istatistiği $Z = 1.839$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer artan yönde ancak istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan bir trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisi yıllık artış hızını 0.213 mg/l olarak tahmin etmiştir.

Gediz Nehri'nin Nif Çayı kolunda, mansapta yer alan Çobanisa istasyonunda, 1997-2006 döneminde ölçülen BOD₅ verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi, TFPW işlemiyle giderildikten sonra, yeni seriye uygulanan Mann-Kendall testi trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.5'te verilmiştir. Test istatistiği $Z = 3.336$ olarak tahmin edilmiştir. Trendin % 95 güven düzeyinde

anamlı ve artan yönde olduğu tespit edilmiştir. BOD₅ değerlerindeki yıllık artış miktarı ise, Sen eğim tahminciyle 0.595 mg/l olarak hesaplanmıştır.

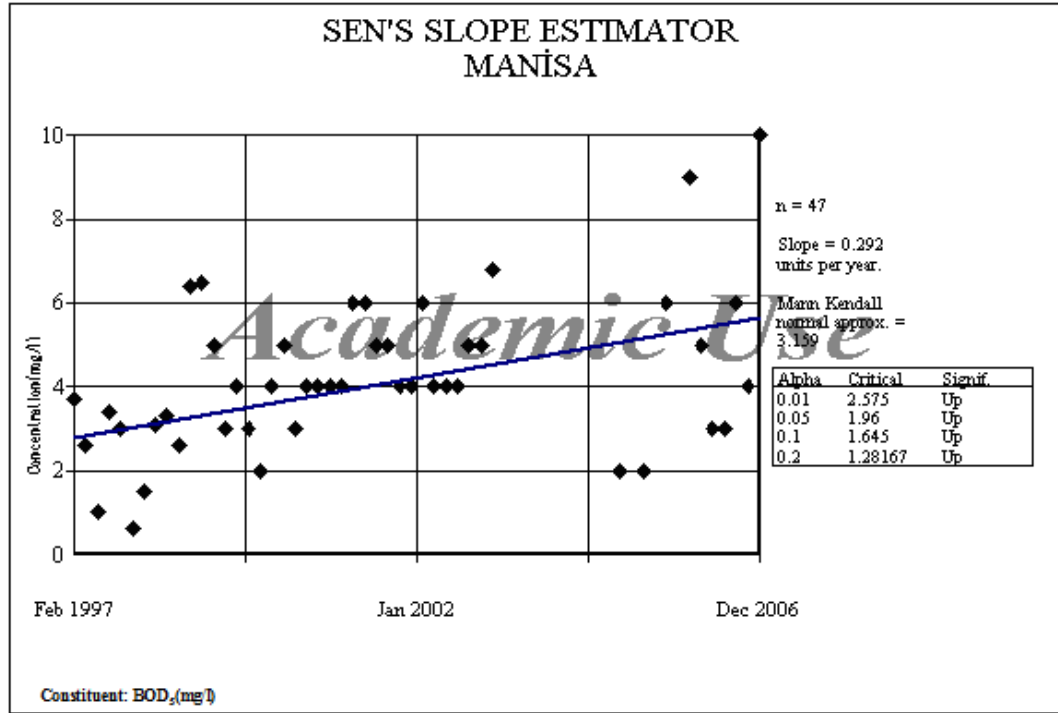


Şekil 4.4. Çiçekli istasyonu BOD₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.5. Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış BOD₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

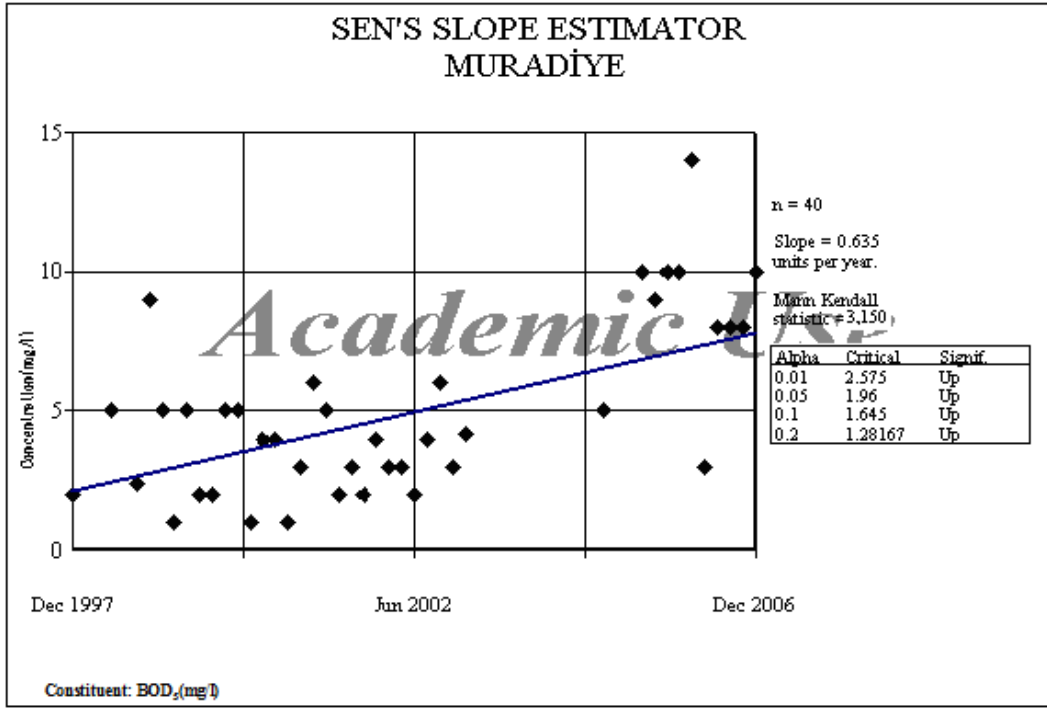
Manisa istasyonu BOD₅ verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Z değeri 3.159 olarak hesaplanmıştır. İstatistiksel olarak, seçilen güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde bir trend olduğu görülmektedir. Sen eğim tahmincisiyle BOD₅ değerlerindeki artış miktarı ise 0.292 mg/l/yıl olarak tahmin edilmiştir.



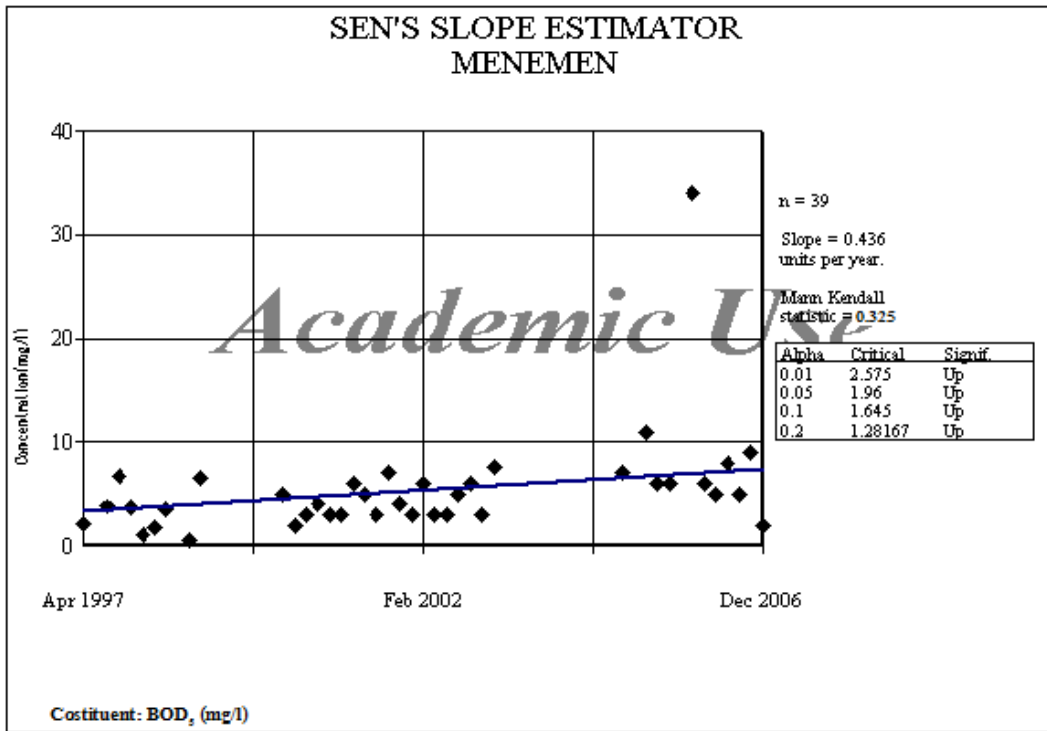
Şekil 4.6. Manisa istasyonu BOD₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Muradiye istasyonu BOD₅ verileri için yapılan trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.7'de verilmiştir. Mann-Kendall test istatistiği $Z = 3.150$ olarak tahmin edilmiş ve % 95 güven düzeyinde anlamlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Sen eğim tahmincisi ile BOD₅ değerlerindeki yıllık artış 0.635 mg/l olarak tahmin edilmiştir.

Menemen istasyonu BOD₅ verileri için Mann-Kendall testiyle yapılan ve Şekil 4.8'de grafiksel olarak verilen trend analizi sonucunda, Z değeri 3.025 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, % 95 güven düzeyindeki kritik tablo değeri ile karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak artan yönde anlamlı bir trend olduğu görülmüştür. Sen eğim tahmincisiyle yıllık artış miktarı 0.436 mg/l olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.7. Muradiye istasyonu BOD₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.8. Menemen istasyonu BOD₅ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için mevsimsellik durumuna göre, Mann-Kendall testi veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, su kalitesi verileri trend analizinde en yaygın kullanılan % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Demirköprü	43	M-K	-0.021	0.000	1.96	o
Urganlı	47	S-K	1.144	0.099	1.96	o
Hacıhaliller	44	M-K	0.958	0	1.96	o
Çiçekli	29	M-K	1.839	0.213	1.96	o
Çobanisa	41	TFPW M-K	3.336	0.595	1.96	+
Manisa	47	M-K	3.159	0.292	1.96	+
Muradiye	40	M-K	3.150	0.635	1.96	+
Menemen	39	M-K	3.025	0.436	1.96	+

^a: + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Çizelge 4.3'te verilen analiz sonuçları incelendiğinde, Nif Çayı-Çobanisa istasyonundan önceki istasyonlarda, Demirköprü istasyonu hariç, istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan artan yönde trendler; Nif Çayı Çobanisa istasyonu ve sonrasındaki istasyonlarda ise % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trendler belirlenmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı trend belirlenen istasyonlar incelendiğinde, bu istasyonların nüfusun ve sanayi tesislerinin en yoğun olduğu bölgede bulunduğu görülmüştür.

Gediz Nehri BOD₅ parametresi için bölgesel trendi tespit etmek amacıyla, örnekleme frekansları aynı olan Çiçekli istasyonu hariç diğer 7 su kalitesi gözlem istasyonuna ait veriler kullanılarak yapılan Bölgesel Kendall (RK) ve Bölgesel Mevsimsel Kendall (RSK) trend testi sonuçları Çizelge 4.4'te verilmiştir.

Çizelge 4.4. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	51	3.114	0.422	1.96	+
Nisan (RK)	47	2.089	0.175	1.96	+
Haziran (RK)	47	1.311	0.057	1.96	o
Ağustos (RK)	46	3.167	0.333	1.96	+
Ekim (RK)	49	2.477	0.250	1.96	+
Aralık (RK)	62	1.728	0.143	1.96	o
RSK	302	5.659	0.200	1.96	+

^a: + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Bölgesel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçlarına göre; şubat, nisan, ağustos ve ekim aylarında % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trendler belirlenmiştir. BOD₅ değerlerinde 1997-2006 yılları arasında yıllık artış; şubat ayında 0.422 mg/l, nisan ayında 0.175 mg/l, ağustos ayında 0.333 mg/l, ekim ayında 0.250 mg/l olarak hesaplanmıştır. Haziran ayında görülen artan yöndeki trend (yıllık 0.057 mg/l artış) ile aralık ayında görülen artan yöndeki trend (yıllık 0.143 mg/l artış) ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda ise seçilen güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiş ve yıllık artış 0.200 mg/l olarak tahmin edilmiştir.

Sularda organik kirliliğin bir ifadesi olan BOD₅, karanlık ortamda 20°C sıcaklıkta, 5 gün boyunca mikroorganizmaların sudaki tükettiği oksijen miktarıdır (EPA, 2001).

Nehir sularında ölçülen BOD₅ değerleri, suda bulunan ve bakterilerce kolayca parçalanabilir özellikteki toplam (çözünmüş+katı) organik madde derişiminin bir göstergesidir. Su içindeki organik madde miktarı ne oranda büyükse BOD₅ değeri de o oranda yüksek olur (Küçüksezgin vd., 2006).

Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, evsel ve endüstriyel atık suların tüketcekleri çözünmüş oksijen miktarının belirlenmesiyle, kirlenme potansiyelinin ve alıcı ortamların özümleme kapasitesinin tayininde kullanılan bir parametredir. BOD₅ parametresi; arıtma sistemlerinin tasarımı ve işletilmesi, alıcı ortama atıksu deşarj limitlerinin uygunluğunun denetlenmesi ve biyolojik arıtma sistemlerinin performansının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Anonim, 2007b).

Su kalitesinin bozulmasına neden olan en önemli kirleticiler kaynaklardan evsel atıksuların özelliğini iklimsel şartlar, yaşam standartları ve kültürel alışkanlıklar önemli ölçüde etkiler. Evsel atıksular, büyük oranda karbon, azot ve fosfor gibi bileşiklerden oluşmaktadır. Atıksuların arıtılmadan doğrudan alıcı ortam olarak isimlendirilen kıta içi su kaynaklarına (akarsular, göller vb.) verilmesi halinde, atıksu içindeki karbon esaslı organik bileşikler biyolojik mekanizmalar yoluyla parçalanıp karbondioksit ve suya dönüşebilirler ve bu süreçte sudaki oksijeni tüketirler (Alparslan vd., 2008). Dolayısıyla alıcı ortama verilen evsel atıksu miktarı arttıkça, mikroorganizmaların ihtiyaç duyduğu oksijen miktarı da artacaktır. Gediz Havzası'nda da yerleşim yerlerinin çoğundan toplanan atıksular arıtılmadan Gediz Nehri'ne veya kollarına verilmektedir.

Gediz Nehri'nde evsel atıksular nedeniyle oluşan BOD₅ kirlilik yükleri, Çizelge 3.4'de verilen evsel atıksu miktarları ve arıtılmamış evsel atıksu karakterizasyonu (Metcalf and Eddy, 1991) tablosunda BOD₅ için verilen orta kuvvetteki konsantrasyon değeri (220 mg/l) kullanılarak hesaplanmış ve Çizelge 4.5'te verilmiştir. Biyolojik arıtma tesisi bulunan yerleşim yerlerinde BOD₅ yükleri hesaplanırken, BOD₅'in tamamının arıtılmadığı, % 80 verimle arıtıldığı yaklaşımla bulunulmuş (Qasım, 1999) ve Manisa, Akhisar, Alaşehir ve Gediz ilçelerinde BOD₅ yüklerinin % 20'si dikkate alınmıştır.

Su kalitesinin bozulmasına neden olan kirleticiler kaynaklardan endüstriyel atıksuların özellikleri, endüstri türüne göre farklılıklar göstermektedir. Ayrıca, aynı sektörde faaliyet gösteren endüstrilerde bile kullanılan hammaddeler ve uygulanan süreçlerin farklılığı, oluşan atıksuyun özelliğine etki edebilmektedir. Buna rağmen endüstri sektörüne bağlı olarak atıksuların bazı ortak özellikleri bulunmaktadır. Örneğin gıda endüstrisi atıksularının yüksek organik kirlilik (genellikle BOD cinsinden) içerdiği söylenebilir. Tabakhanelerden kaynaklanan atıksuların tipik özellikleri arasında kıl, katı madde, BOD, azot, krom, sülfid, yüksek pH ve koku sayılabilir (Alparslan vd., 2008).

Gediz Nehri'ne ilçeler tarafından deşarj edilen endüstriyel atıksuyun en yüksek BOD₅ yüklerinin tahmini Çizelge 4.6'da gösterilmiştir (Anonim, 2008a).

Çizelge 4.5. Havzadaki yerleşim yerlerinden Gediz Nehri'ne verilen evsel atıksuyun tahmini BOD₅ yükleri.

Yerleşim Yeri	BOD ₅ yükü (kg/gün)
Kemalpaşa	2 050.85
Menemen	3 777.08
Manisa (merkez)	2 068.27
Ahmetli	311.06
Akhisar	1 007.04
Alaşehir	525.99
Demirci	1 663.76
Gölmarmara	294.21
Gördes	754.58
Köprübaşı	179.04
Kula	1 486.26
Salihli	4 921.98
Sarıgöl	705.30
Saruhanlı	1 911.16
Selendi	430.01
Turgutlu	4 029.00
Uşak (merkez)	5 922.11
Gediz	434.68
Şaphane	193.30

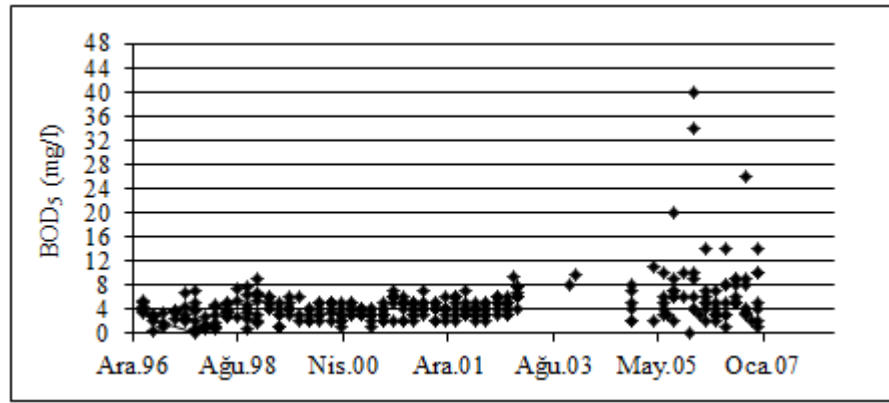
Çizelge 4.6. Gediz Nehri'ne verilen endüstriyel atıksuyun tahmini en yüksek BOD₅ yükleri.

Yerleşim Yeri	BOD ₅ yükü (kg/gün)
Manisa	11 142.00
Menemen	2 823.00
Kemalpaşa	1 371.00
Turgutlu	1 068.00
Salihli	1 066.00

Çizelge 4.5 ve 4.6 incelendiğinde; en yüksek BOD₅ yüklerinin Uşak, Salihli, Turgutlu, Kemalpaşa, Manisa merkez ve Menemen ilçelerinden kaynaklandığı, ayrıca, en yüksek BOD₅ yüklerinin evsel atıksulardan kaynaklandığı görülmektedir. Bu tablolardan elde edilen sonuçlar, yapılan trend analizi sonucunda elde edilen sonuçları doğrulamaktadır. Yani Gediz Nehri ve kollarına en yüksek BOD₅ yüklerini veren ilçeler aynı zamanda BOD₅ değerlerinde anlamlı

artış eğilimlerinin belirlendiği Nif Çayı-Çobanisa, Manisa, Muradiye ve Menemen istasyonlarıdır.

Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan, Tablo 1. "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre $BOD_5 < 4$ mg/l 1. sınıf, 4-8 mg/l 2. sınıf, 8-20 mg/l 3. sınıf, > 20 mg/l 4. sınıf olarak sınıflandırılır. 1997-2006 yılları arasında Gediz Nehri BOD_5 değerleri genellikle 8 mg/l'nin altında, kısmen de 8-20 mg/l arasındadır. BOD_5 değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi grafiksel olarak Şekil 4.9'da verilmiştir. SKKY kriterlerine göre; Gediz Nehri suları genellikle 1. ve 2. sınıfta yer almaktadır. Ancak grafikten görüleceği gibi, 2004 yılından sonra kötüleşme eğilimindedir. Trend analizleri sonucunda da BOD_5 değerlerinde artan yönde trendler tespit edilmiş olup, bu trend devam ederse Gediz Nehri sularının daha kötü kaliteli sular sınıfına gireceği söylenebilir.



Şekil 4.9. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen BOD_5 değerlerinin zamansal değişimi.

4.2.2 Kimyasal Oksijen İhtiyacı (COD - mg/l)

Kimyasal oksijen ihtiyacı parametresinin, Kruskal-Wallis H testiyle mevsimsellik, otokorelasyon analiziyle seri korelasyon gösterip göstermediği % 95 güven düzeyinde belirlenmiş ve bu sonuçlara göre uygulanacak uygun trend testi belirlenerek Çizelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
Demirköprü	34	1.86	11.07	-	0.48	0.33	-0.40	+	TFPW M-K
Urganlı	39	2.50	"	-	0.08	0.31	-0.37	-	M-K
Hacıhaliller	36	3.68	"	-	0.29	0.32	-0.39	-	M-K
Çiçekli	22	o	o	o	0.08	0.41	-0.54	-	M-K
Çobanisa	37	3.83	11.07	-	0.21	0.31	-0.38	-	M-K
Manisa	37	2.33	"	-	0.16	0.31	-0.38	-	M-K
Muradiye	38	4.33	"	-	0.25	0.31	-0.37	-	M-K
Menemen	37	7.45	"	-	0.16	0.31	-0.38	-	M-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

ˆ - Mevsimsellik yok

: o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

: TLL : Alt tolerans limiti

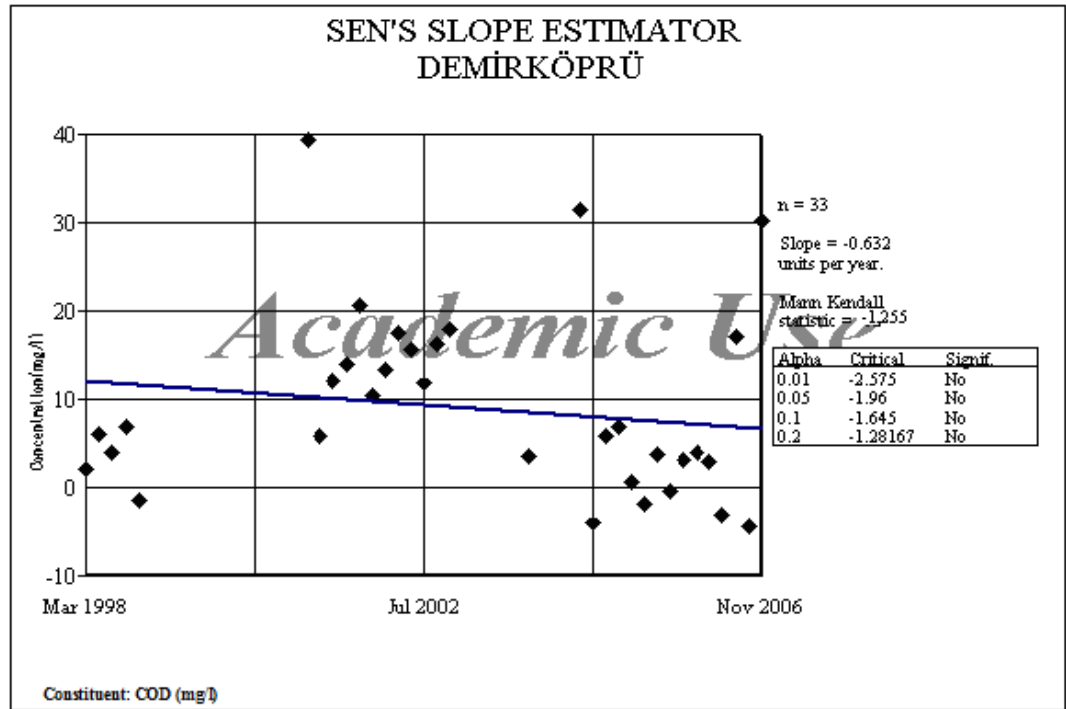
^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

: - Seri korelasyon yok

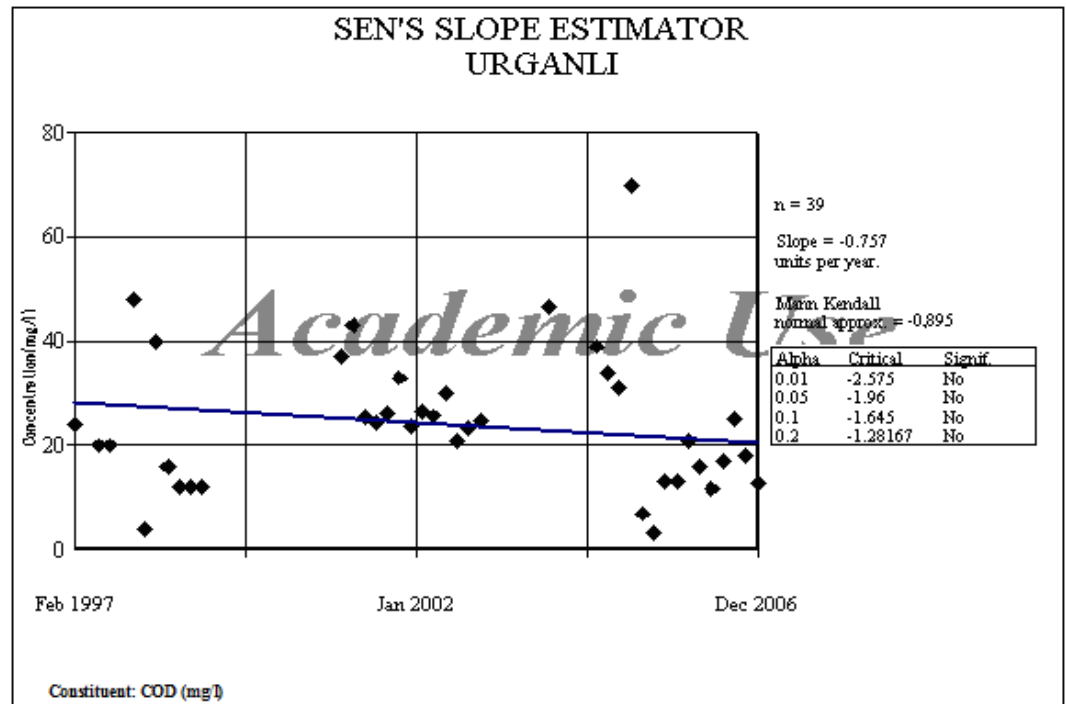
Gediz Nehri COD parametresi için yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Demirköprü istasyonu COD verilerindeki seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle giderildikten sonra, yeni seride Mann-Kendall testi ile yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.10'da verilmiştir. Test istatistiği $Z = -1.255$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer azalan yönde trend olduğunu, ancak % 95 güven düzeyinde trendin anlamlı olmadığını göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle COD değerlerindeki yıllık azalış miktarı 0.632 mg/l tahmin edilmiştir.

Urganlı istasyonu COD verilerinde yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.11'de verilmiştir. Mann-Kendall test istatistiği $Z = -0.895$, Sen eğim tahmincisiyle eğim -0.757 mg/l olarak tahmin edilmiştir. Ancak belirlenen azalan yöndeki trend ve yıllık azalış miktarı % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir.

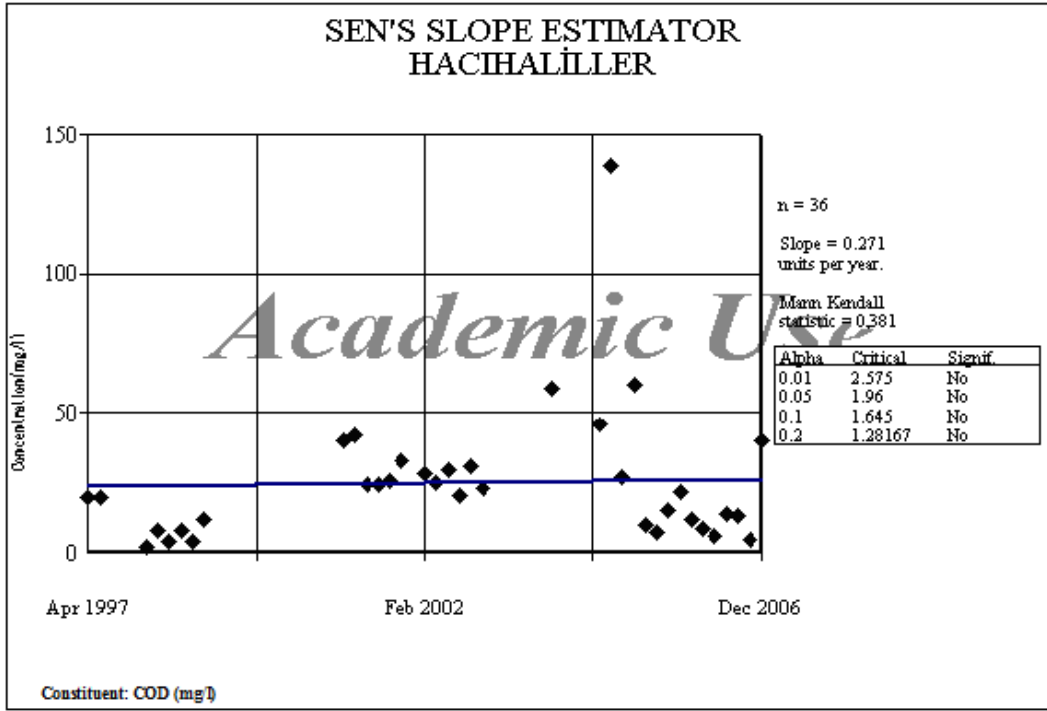


Şekil 4.10. Demirköprü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.11. Urganlı istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

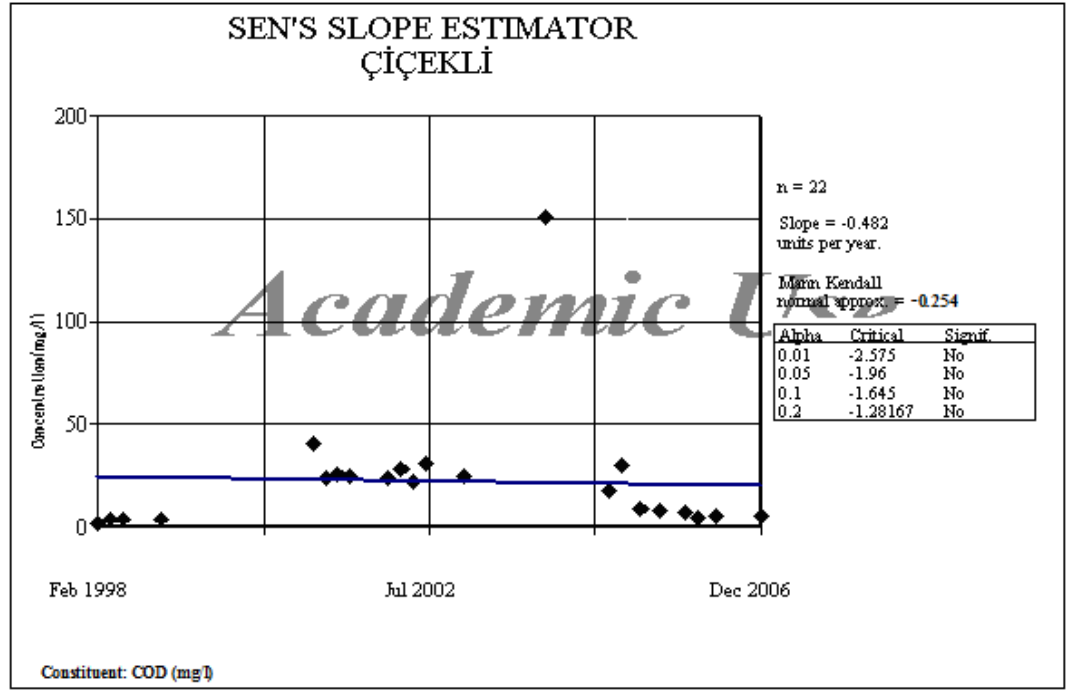
Hacıhaliller istasyonu COD verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, 0.381 olarak hesaplanan Z değeri, % 95 güven düzeyinde anlamlı bir trend olmadığını göstermektedir. COD değerlerindeki değişim ise Sen eğim tahmincisiyle 0.271 mg/l/yıl olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.12).



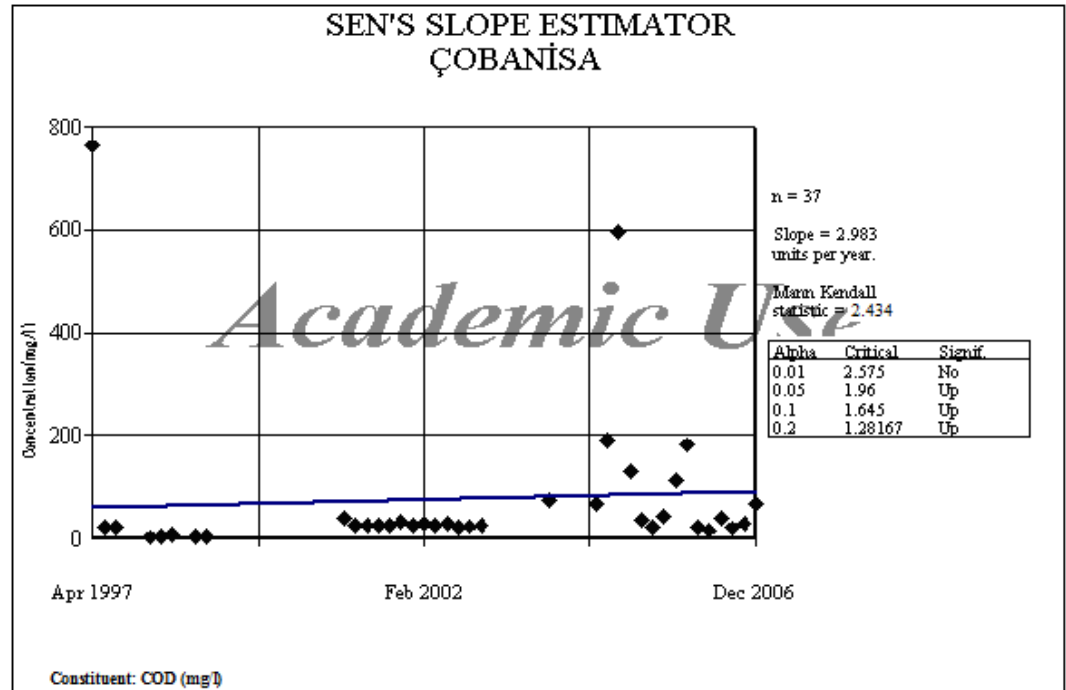
Şekil 4.12. Hacıhaliller istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Nif Çayı-Çiçekli istasyonu COD parametresi için yapılan ve Şekil 4.13'te verilen trend analizi sonucunda, Mann-Kendall test istatistiği $Z = -0.254$ olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değer kritik tablo değeri Z ile karşılaştırıldığında, seçilen güven düzeyinde anlamlı olmayan azalan yönde trend olduğu tespit edilmiştir. COD değerlerindeki yıllık azalış ise 0.482 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Nif Çayı-Çobanisa istasyonu COD verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.14'te verilmiştir. Test istatistiği $Z = 2.434$ olarak tahmin edilmiş ve artan yönde trend olduğu belirlenmiştir. Trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olduğu ve Sen eğim tahmincisiyle COD değerlerindeki artışın 2.983 mg/l/yıl olduğu tespit edilmiştir.

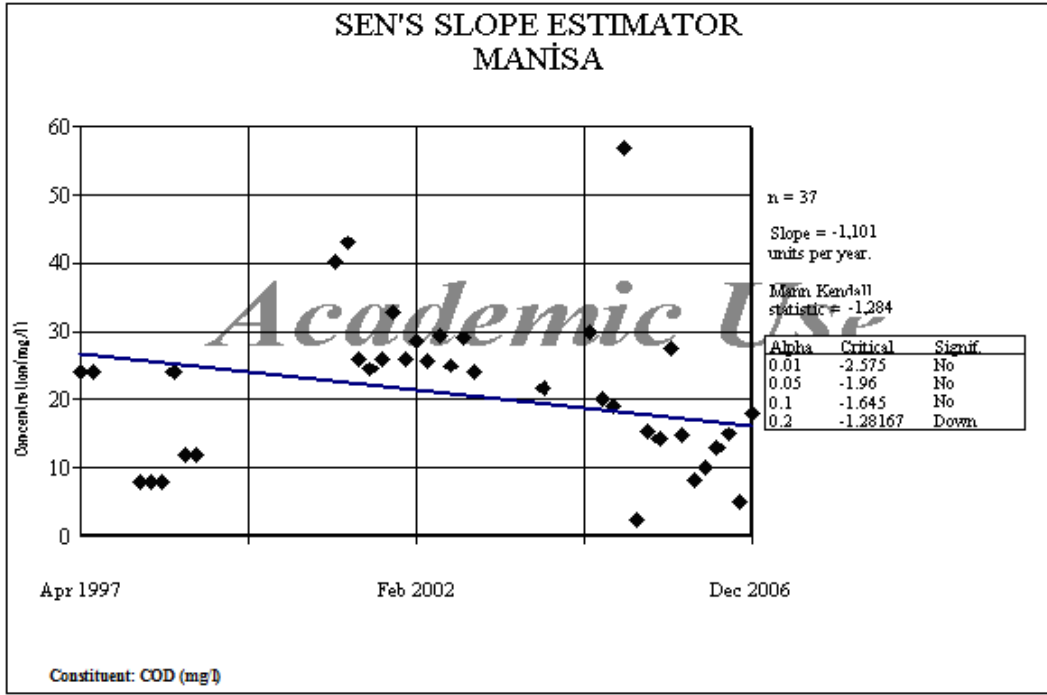


Şekil 4.13. Çiçekli istasyonu COD verileri için Mann-Kendall testi ve Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.14. Çobanisa istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları

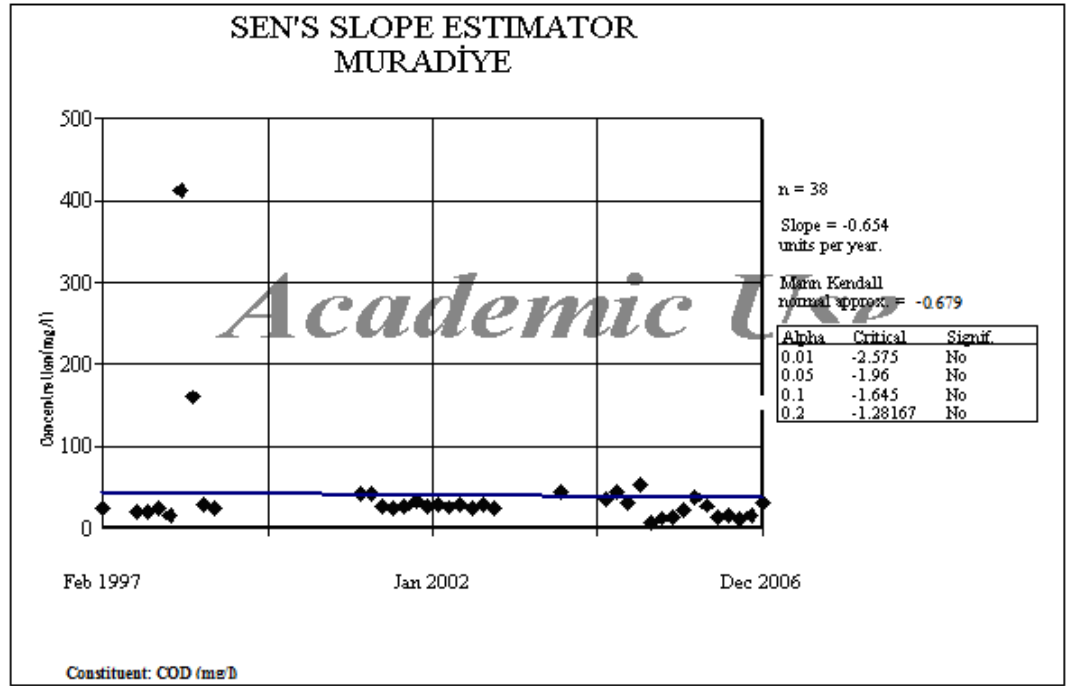
Manisa istasyonu COD verilerinde, Şekil 4.15'te verilen Mann-Kendall testi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan azalan yönde trend belirlenmiştir. Yıllık azalış miktarı, Sen eğim tahmincisiyle 1.101 mg/l olarak tahmin edilmiştir.



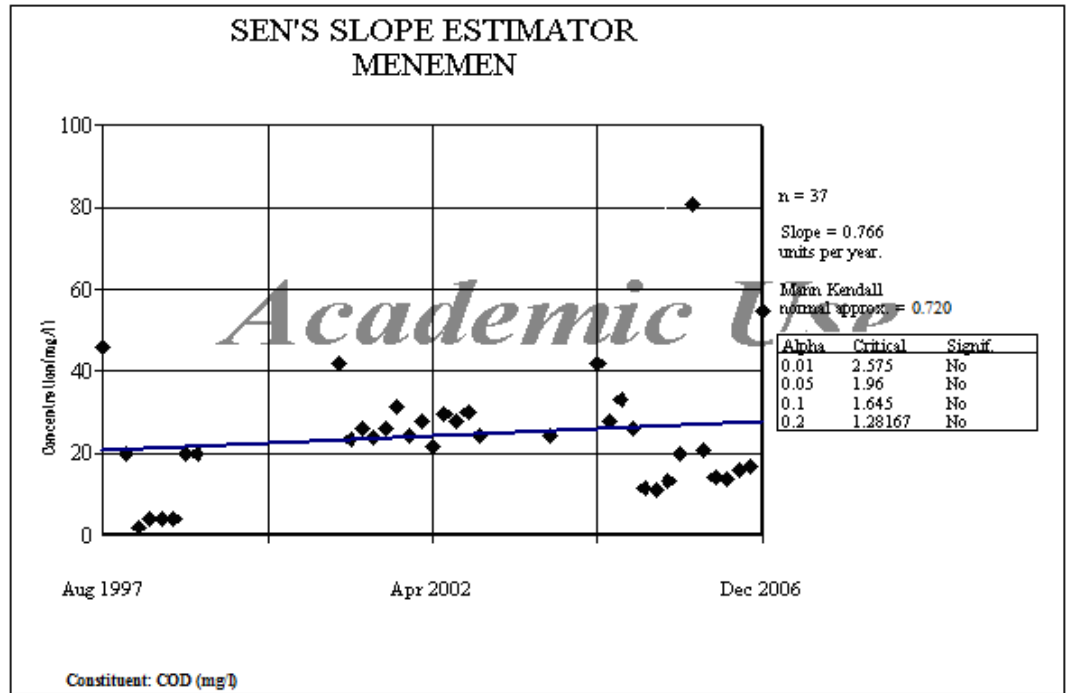
Şekil 4.15. Manisa istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Muradiye istasyonu COD verilerinde $Z = -0.679$ olarak tahmin edilen Mann-Kendall test istatistiği, azalan yönde trend olduğunu, ancak bu trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle, istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber 0.654 mg/l/yıl azalış tahmin edilmiştir (Şekil 4.16).

Menemen istasyonu COD verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.17'de verilmiştir. $Z = 0.720$ olarak tahmin edilen Mann-Kendall test istatistiği, artan yönde ancak % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle istatistiksel olarak anlamlı olmayan 0.766 mg/l artış tahmin edilmiştir.



Şekil 4.16. Muradiye istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.17. Menemen istasyonu COD verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Gediz Nehri COD parametresi için mevsimsellik ve seri korelasyon sonuçları dikkate alınarak, % 95 güven düzeyinde Mann-Kendall testiyle yapılan

trend analizi sonuçları, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Demirköprü	33	TFPW M-K	-1.255	-0.632	1.96	o
Urganlı	39	M-K	-0.895	-0.757	1.96	o
Hacıhaliller	36	M-K	0.318	0.271	1.96	o
Çiçekli	22	M-K	-0.254	-0.482	1.96	o
Çobanisa	37	M-K	2.434	2.983	1.96	+
Manisa	37	M-K	-1.284	-1.101	1.96	o
Muradiye	38	M-K	-0.679	-0.654	1.96	o
Menemen	37	M-K	0.720	0.766	1.96	o

^a: + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Gediz Nehri COD değerlerinde bölgesel trend olup olmadığını belirlemek için, örnekleme frekansları aynı olan 7 su kalitesi gözlem istasyonuna ait COD değerleri kullanılarak, Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	37	1.268	1.469	1.96	o
Nisan (RK)	38	-1.711	-2.380	1.96	o
Haziran (RK)	39	0	-0.099	1.96	o
Ağustos (RK)	45	-0.382	-0.300	1.96	o
Ekim (RK)	43	-1.027	-0.999	1.96	o
Aralık (RK)	56	1.249	0.812	1.96	o
RSK	258	0.000	0.000	1.96	o

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Çizelge 4.9 incelendiğinde, şubat ve aralık aylarında artan yönde, nisan, ağustos ve ekim aylarında azalan yönde bölgesel trend olduğu, ancak bu trendlerin istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmektedir. COD değerlerinde şubat ayında 1.469 mg/l/yıl, aralık ayında 0.812 mg/l/yıl artış, nisan ayında 2.380 mg/l/yıl, haziran ayında 0.099 mg/l/yıl, ağustos ayında 0.300 mg/l/yıl ve ekim ayında 0.999 mg/l/yıl olarak belirlenen azalış istatistiksel

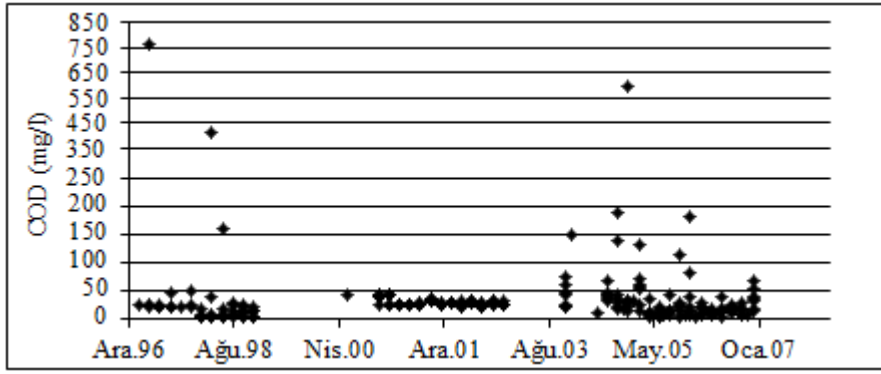
olarak anlamlı değildir. Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizinde ise, % 95 güven düzeyinde trend olmadığı saptanmıştır.

Gediz Nehri COD parametresi için yapılan tüm trend analizi sonuçları incelendiğinde çoğunlukla % 95 güven düzeyinde anlamlı bulunmamakla birlikte genel olarak azalış eğilimi saptanmıştır. Sadece Nif Çayı-Çobanisa istasyonunda % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı artış eğilimi belirlenmiştir. Çobanisa istasyonu COD konsantrasyonlarındaki artış eğiliminin, arıtma tesisi bulunmayan Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesinden gelen atıksulardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kimyasal oksijen ihtiyacı su kirliliğinin değerlendirilmesinde en çok kullanılan parametrelerden biridir. Özellikle, evsel ve endüstriyel kirlilikten kaynaklanan organik ve inorganik maddelerin tayininde kullanılır (Anonim, 2007b).

Suda kimyasal ve biyokimyasal olarak oksitlenebilen organik maddelerin oksijen ihtiyacı COD olarak ifade edilir. Bu nedenle COD değeri BOD değerinden daha büyüktür. Arıtılmamış atıksular için $BOD/COD = 0.4-0.8$ (ortalama 0.65) alınabilir (Öztürk vd., 2005). Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda; BOD değerlerinde artış eğilimi gözlenmesine rağmen, COD değerlerinde herhangi bir değişim gözlenmemesi, COD içindeki BOD oranının artmış olduğunu ve Gediz Nehri sularında kimyasal oksidasyondan daha çok biyolojik yollarla parçalanmış organik madde miktarının arttığını göstermektedir.

Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan, Tablo 1. "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre $COD < 25 \text{ mg/l}$ 1. sınıf, $25-50 \text{ mg/l}$ 2. sınıf, $50-70 \text{ mg/l}$ 3. sınıf, $> 70 \text{ mg/l}$ 4. sınıf olarak sınıflandırılır. Gediz Nehri COD değerleri çoğunlukla $0-50 \text{ mg/l}$ arasındadır. COD değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi Şekil 4.18'de verilmiştir. SKKY kriterlerine göre; Gediz Nehri suları COD değerleri yönünden genellikle 1. ve 2. sınıfta yer almaktadır. Trend analizleri sonucunda COD değerlerinde anlamlı trend görülmemesi, Gediz Nehri sularının COD konsantrasyonu yönünden mevcut durumunu koruyacağı şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 4.18. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen COD değerlerinin zamansal değişimi.

4.2.3 Çözünmüş Oksijen (DO - mg/l)

Çözünmüş oksijen parametresinin mevsimsel değişim gösterip göstermediği Kruskal-Wallis H testi ile, seri korelasyon gösterip göstermediği otokorelasyon analizi ile % 95 güven düzeyinde değerlendirilmiş ve bu sonuçlara göre trend analizinde kullanılacak uygun trend testi belirlenerek sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir.

Çizelge 4.10. Çözünmüş oksijen parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r_1	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
Demirköprü	51	4.60	11.07	-	0.26	0.27	-0.31	-	M-K
Urganlı	49	9.49	"	-	0.15	0.27	-0.32	-	M-K
Hacıhaliller	49	17.56	"	+					S-K
Çiçekli	30	o	o	o	0.14	0.35	-0.43	-	M-K
Çobanisa	50	19.13	11.07	+					S-K
Manisa	52	19.69	"	+					S-K
Muradiye	51	16.90	"	+					S-K
Menemen	44	12.56	"	+					S-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

- Mevsimsellik yok

o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

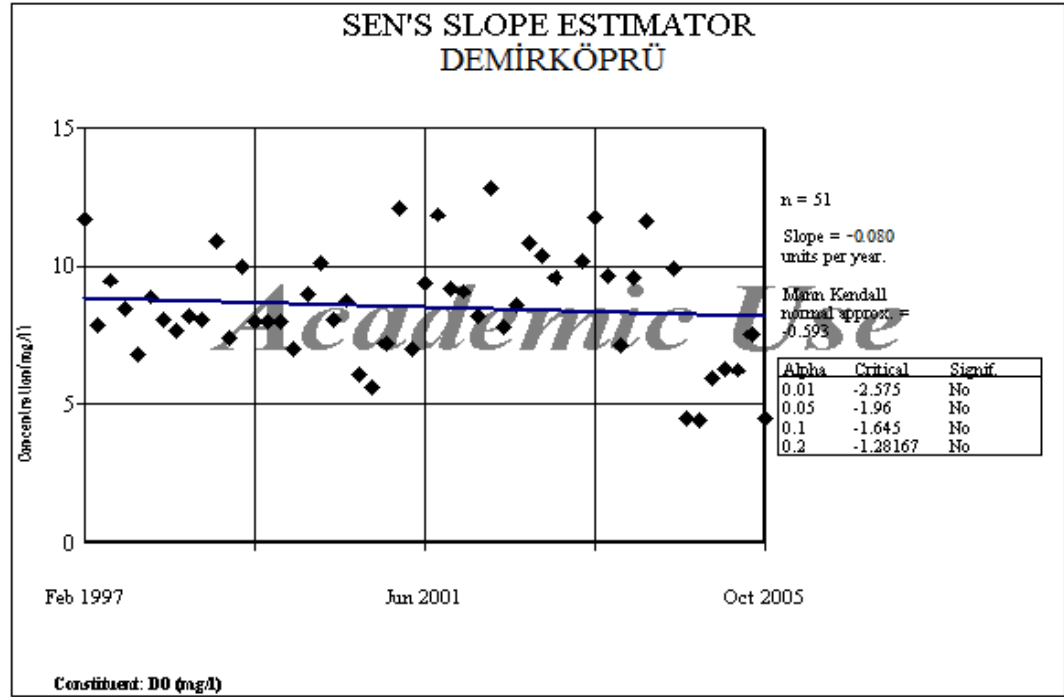
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

- Seri korelasyon yok

Çözünmüş oksijen parametresi için yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru sırasıyla aşağıda verilmiştir.

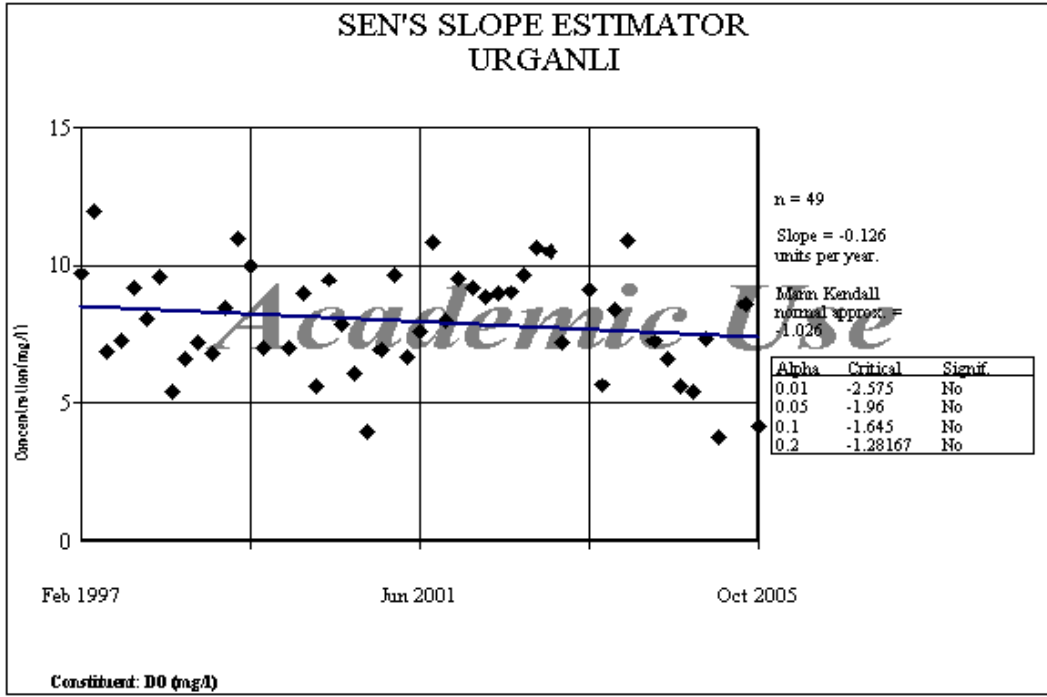
Demirköprü istasyonu DO verilerinde Mann-Kendall testi trend analizi sonucu, trendin azalan yönde, ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. DO değerlerindeki yıllık azalış miktarı, Sen eğim tahmincisiyle 0.080 mg/l tahmin edilmiştir (Şekil 4.19).



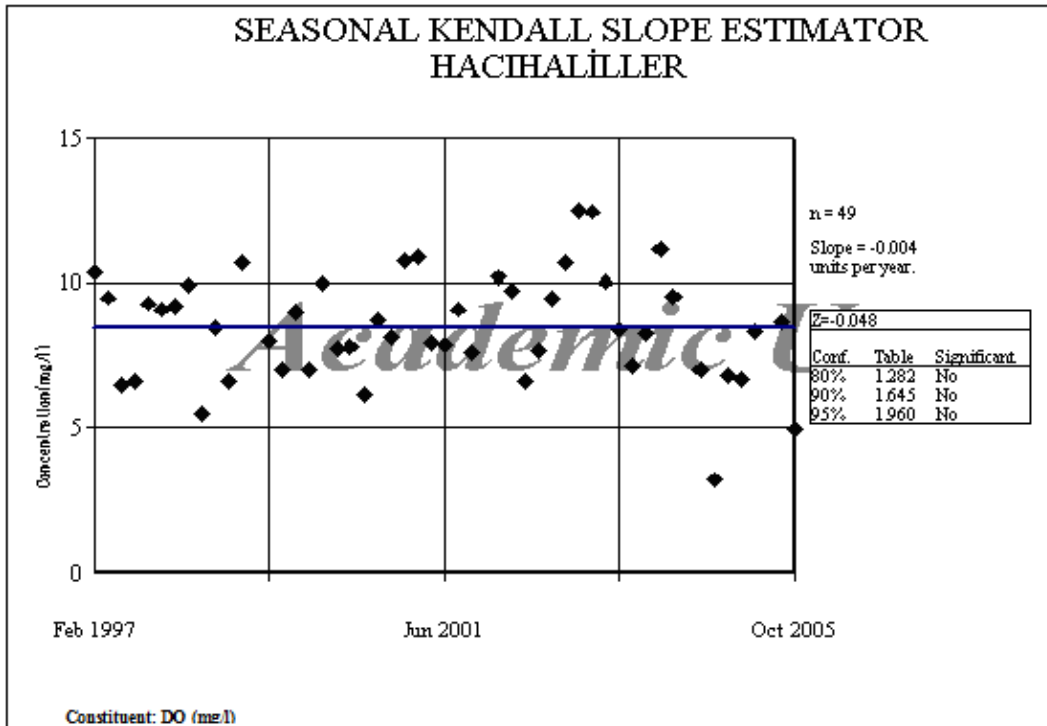
Şekil 4.19. Demirköprü istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonu DO verilerinde yapılan trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.20'de verilmiştir. Mann-Kendall test istatistiği $Z = -1.026$, Sen eğim tahmincisiyle eğim -0.126 mg/l olarak tahmin edilmiştir. Z değeri, % 95 güven düzeyindeki kritik tablo değerleriyle karşılaştırıldığında, anlamlı bir trend olmadığı görülmektedir.

Hacıhaliller istasyonu DO verilerinin trend analizi sonucunda -0.048 olarak tahmin edilen Mevsimsel Kendall test istatistiği, azalan yönde trend olduğunu, ancak, % 95 güven düzeyinde bu trendin anlamlı olmadığını göstermektedir. Yıllık azalış miktarı ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.004 mg/l olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.21).

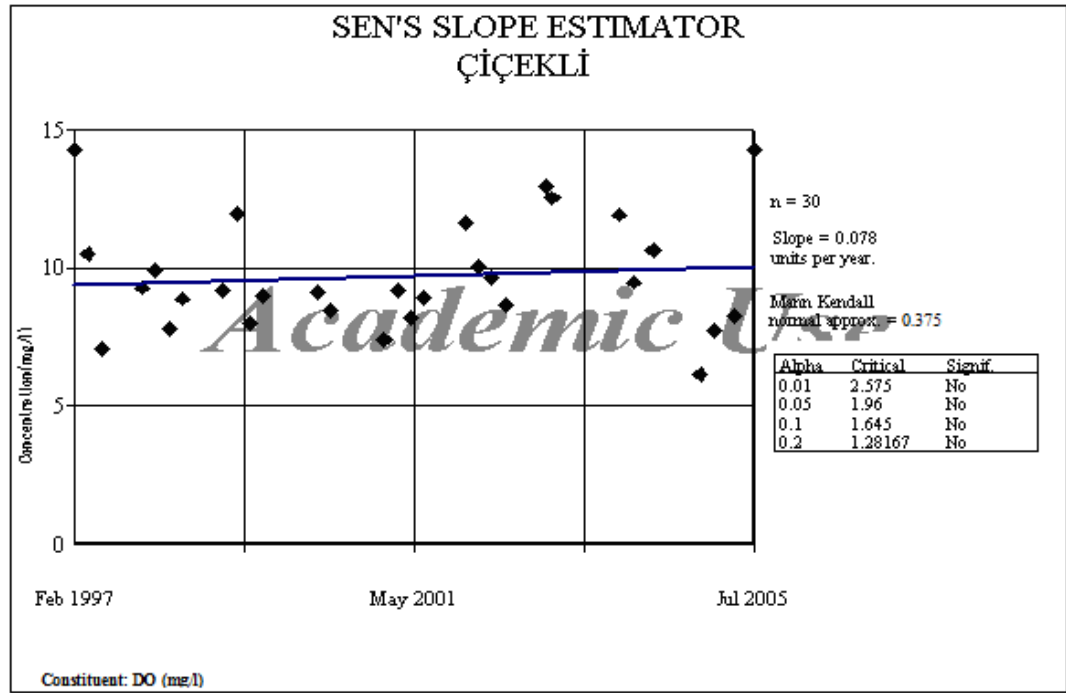


Şekil 4.20. Urganlı istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.21. Hacıhaliller istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

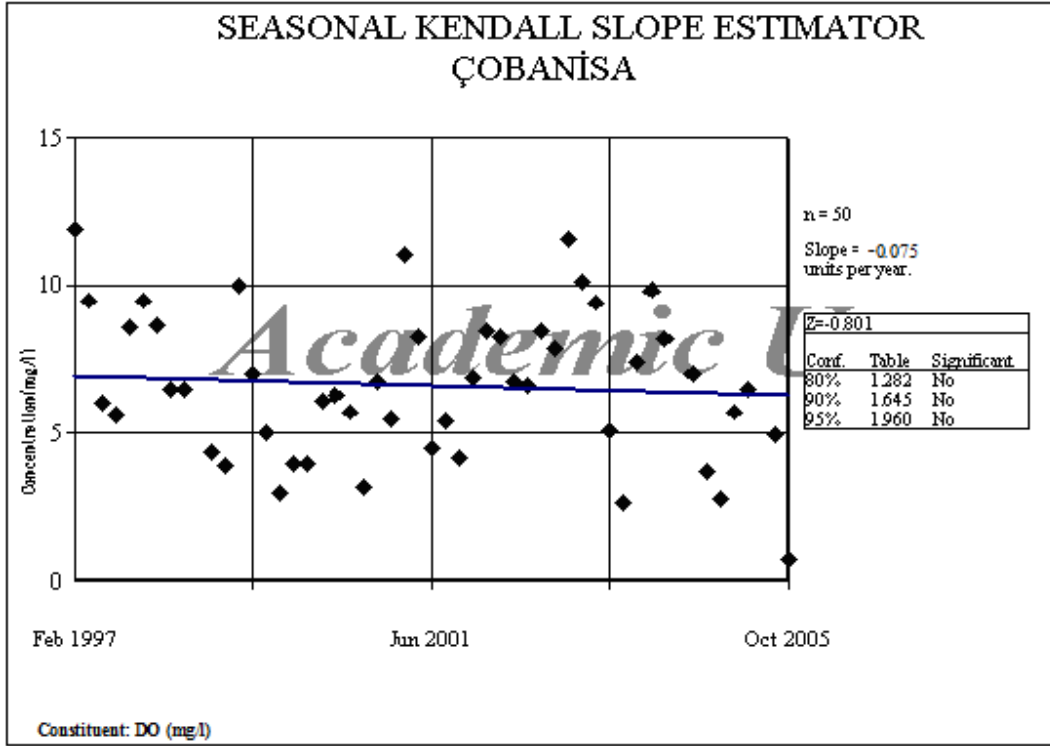
Nif Çayı-Çiçekli istasyonu DO verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, test istatistiği $Z = 0.375$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen Z değeri, % 95 güven düzeyinde kritik tablo değeri ile karşılaştırıldığında anlamlı trend olmadığı görülmüştür. Çözünmüş oksijen değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber 0.078 mg/l/yıl artış tahmin edilmiştir (Şekil 4.22).



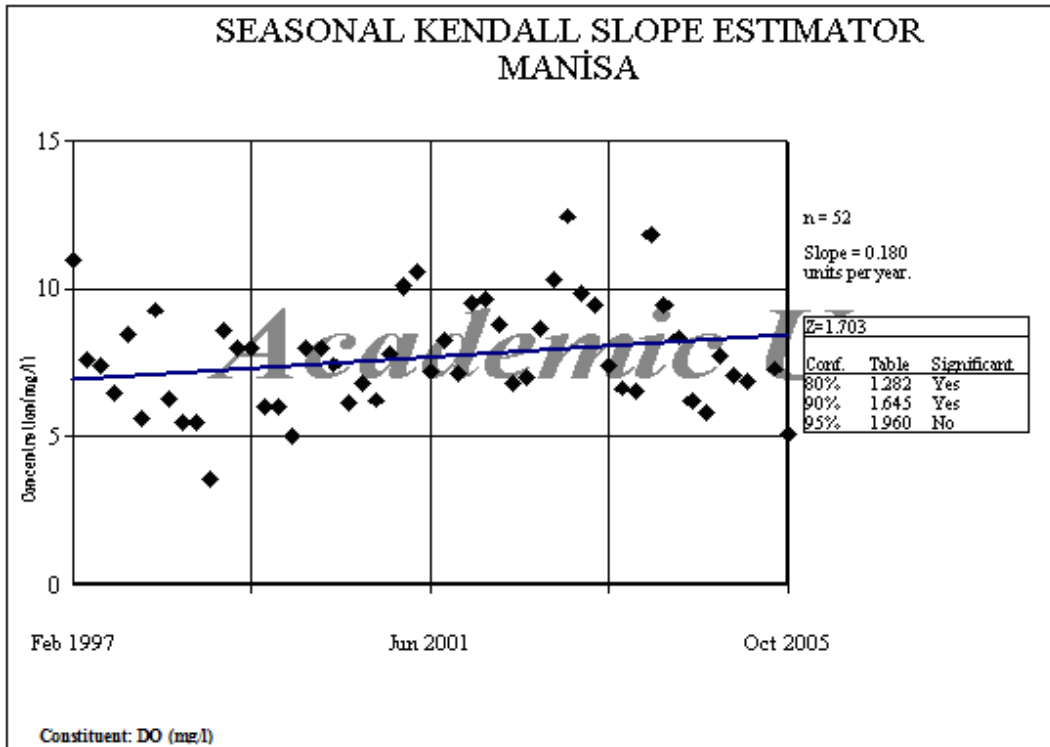
Şekil 4.22. Çiçekli istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Nif Çayı-Çobanisa istasyonu DO verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu -0.801 olarak tahmin edilen Mevsimsel Kendall test istatistiği, % 95 güven düzeyinde anlamlı trend olmadığını göstermektedir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle DO değerlerinde, istatistiksel olarak anlamlı olmayan 0.075 mg/l azalış tahmin edilmiştir (Şekil 4.23).

Manisa istasyonu DO verilerinde yapılan Mevsimsel Kendall trend analizi, artan yönde trend olduğunu, ancak trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle, istatistiksel olarak anlamlı olmayan 0.180 mg/l yıllık artış tahmin edilmiştir (Şekil 4.24).

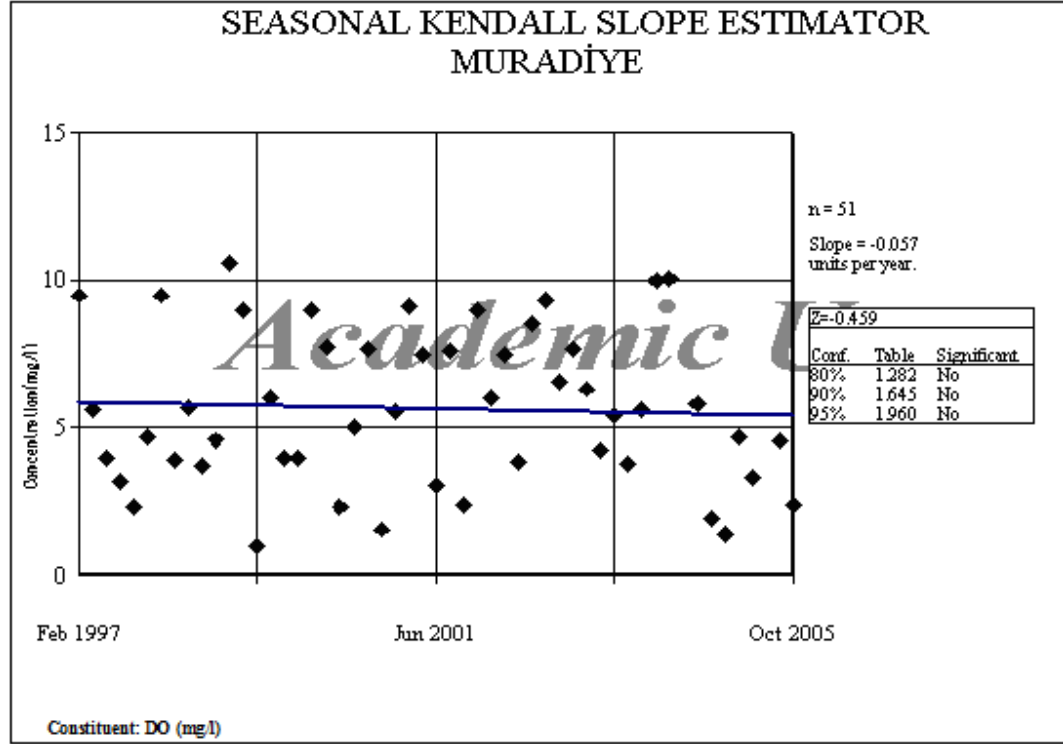


Şekil 4.23. Çobanisa istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



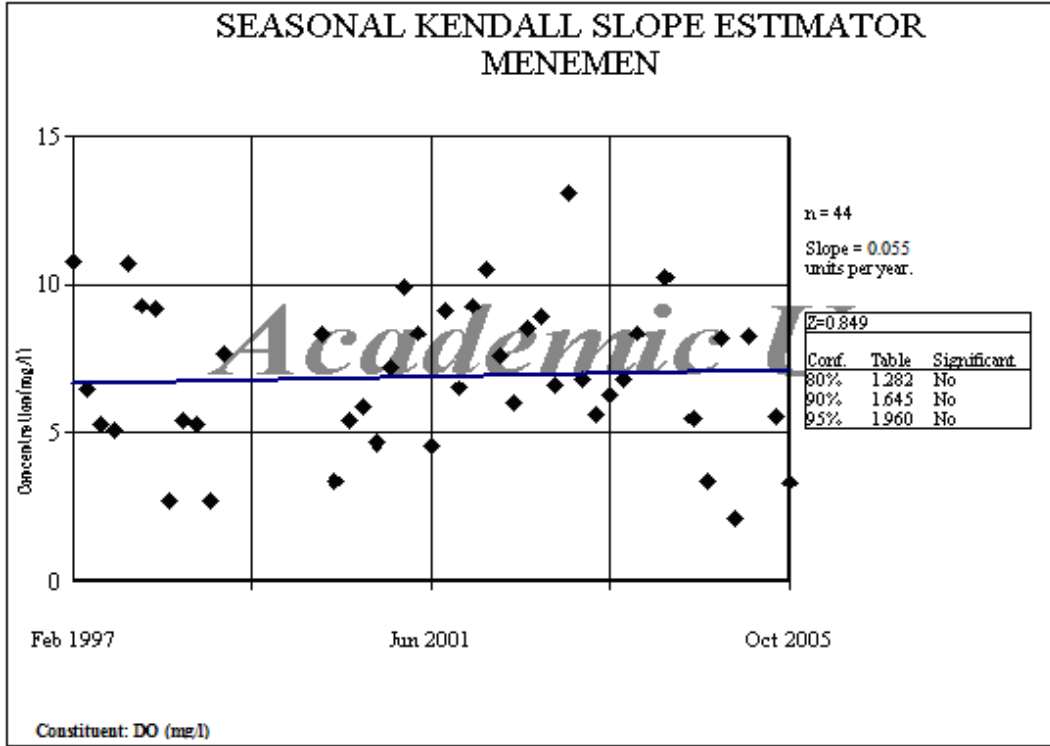
Şekil 4.24. Manisa istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Muradiye istasyonu DO verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, Z değeri -0.459 olarak bulunmuştur. Buna göre % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan azalan yönde trend olduğu anlaşılmaktadır. Çözünmüş oksijen değerlerinde, istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, 0.057 mg/l/yıl azalış tahmin edilmiştir (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Muradiye istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Gediz Nehri su kalitesi gözlemlerinin yapıldığı mansaptaki son istasyon olan Menemen istasyonu DO verilerinde, Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.26'da grafiksel olarak verilmiştir. Trend artan yönde ancak, % 95 güven düzeyinde anlamlı bulunmamıştır. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle yıllık artış miktarı 0.055 mg/l olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.26. Menemen istasyonu DO verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Çözünmüş oksijen parametresi için 1997-2006 değerlendirme döneminde Mann-Kendall testi veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Çözünmüş oksijen parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Demirköprü	51	M-K	-0.593	-0.080	1.96	o
Urganlı	49	M-K	-1.026	-0.126	1.96	o
Hacıhaliller	49	S-K	-0.048	-0.004	1.96	o
Çiçekli	30	M-K	0.375	0.078	1.96	o
Çobanisa	50	S-K	-0.801	-0.074	1.96	o
Manisa	52	S-K	1.703	0.180	1.96	o
Muradiye	51	S-K	-0.459	-0.057	1.96	o
Menemen	44	S-K	0.849	0.055	1.96	o

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Gediz Nehri’nde örnekleme frekansları aynı olan 7 su kalitesi gözlem istasyonuna ait DO verileri kullanılarak, Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Çözünmüş oksijen parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	N	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	60	-1.427	-0.130	1.96	o
Nisan (RK)	60	0.886	0.100	1.96	o
Haziran (RK)	50	1.963	0.150	1.96	+
Ağustos (RK)	60	1.726	0.121	1.96	o
Ekim (RK)	62	-2.336	-0.311	1.96	-
Aralık (RK)	54	-1.131	-0.155	1.96	o
RSK	346	-0.289	-0.018	1.96	o

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

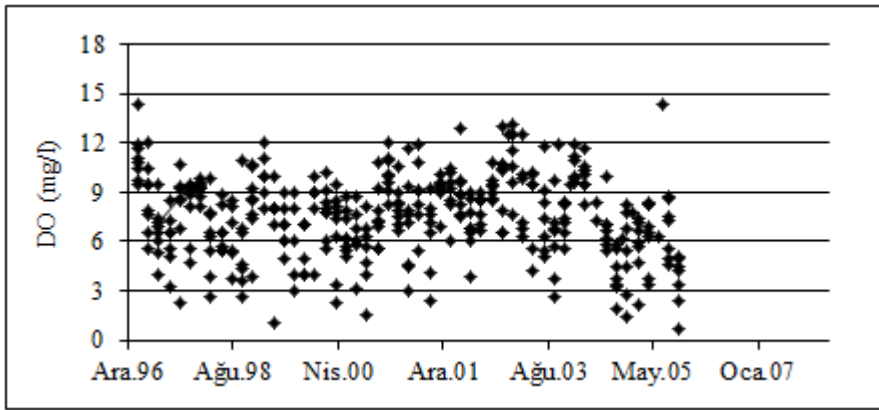
Çözünmüş oksijen parametresinde haziran ayında % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trend görülürken, ekim ayında anlamlı azalan yönde bölgesel trend tespit edilmiştir. Çözünmüş oksijen parametresinde haziran ayında 0.150 mg/l/yıl artış, ekim ayında 0.311 mg/l/yıl azalış hesaplanmıştır. Seçilen güven düzeyinde anlamlı olmamakla birlikte, şubat ve aralık ayında azalan yönde, nisan ve ağustos aylarında artan yönde trend belirlenmiştir. Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizinde ise, Z istatistiği -0.289 olarak hesaplanmış olup, bu değer % 95 güven düzeyinde anlamlı bir trend olmadığını göstermektedir. Genel olarak, yaz aylarında artan yönde, kış aylarında azalan yönde bir trendin olduğu söylenebilir.

Doğal su kaynaklarında, özellikle organik kirliliğin ve biyolojik canlılığın temel ölçüsü olduğu için çözünmüş oksijen en sık incelenen ve değerlendirilen çevresel parametrelerden biridir. Çözünmüş oksijen, su ortamında sürmekte olan biyolojik, biyokimyasal aktivitenin ve suyun organik madde yükünün bir ölçüsü olarak değerlendirilmektedir. Doğal sulardaki oksijenin kaynağı atmosferde bulunan oksijenin çözünmesi veya fotosentez yapan canlıların oksijen üretimidir. Oksijenin harcanması ise, soluma yapan canlıların ve kimyasal bozunmaya uğrayan organik-anorganik maddelerin oksitlenmesi aracılığıyla olur. Ayrıca, fizikokimyasal olarak da çözünmüş oksijenin derişimi sıcaklığa, basınca ve sudaki çeşitli iyonların derişimlerine bağlıdır (Türkdemir, 1996).

Doğal sulardaki çözünmüş oksijen miktarı, sıcaklık, tuzluluk, suyun karışımı (türbülans) ve atmosferik basınç gibi fiziksel şartlara bağlı olarak değişir. Sıcaklık ve tuzluluk arttıkça oksijenin suda çözünürlüğü azalır. Suyun deniz seviyesinde ve 1 atm basınç altında, oksijene doymunluk derişimleri, 0°C’de 14.6 mg/l iken, 25°C’de 8.4 mg/l’dir. Sulardaki oksijen miktarı 0.5-1 mg/l’nin

altına düştüğünde, sulardaki tüm aerobik yaşam durur, anaerobik çürüme başlar ve ortamda kötü kokulu hidrojen sülfür ve metan gibi gazlar oluşur (Türkdemir, 1996).

Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan Tablo 1. "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre, DO > 8 mg/l 1. sınıf, 6-8 mg/l 2. sınıf, 3-6 mg/l 3. sınıf, < 3 mg/l 4. sınıf olarak sınıflandırılır. Çalışmada değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen DO değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi Şekil 4.27'de grafiksel olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde, DO değerlerinin çoğunlukla 3 mg/l'nin üzerinde olduğu ve SKKY kriterlerine göre 1. 2. ve 3. sınıflarda yer aldığı belirlenmiştir. Yapılan trend analizleri sonucunda DO değerlerinde trend görülmemesi, Gediz Nehri sularının çözünmüş oksijen miktarı yönünden sorun yaratmayacağı şeklinde yorumlanabilir.



Şekil 4.27. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen DO değerlerinin zamansal değişimi.

4.2.4 Orto-fosfat (o-PO_4 - mg/l)

Gediz Nehri su kalite parametrelerinden o-PO_4 için yapılan Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile, bu sonuçlara göre belirlenen trend testi Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Orto-fosfat parametresi için yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru Şekil 4.28'den itibaren aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.13. Orto-fosfat parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
Demirköprü	51	5.63	11.07	-	0.12	0.27	-0.31	-	M-K
Urganlı	57	2.81	"	-	0.28	0.25	-0.29	+	TFPW M-K
Hacıhaliller	56	3.99	"	-	0.10	0.25	-0.29	-	M-K
Çiçekli	31	o	o	o	0.03	0.34	-0.42	-	M-K
Çobanisa	58	2.60	11.07	-	0.17	0.25	-0.29	-	M-K
Manisa	58	2.86	"	-	0.26	0.25	-0.29	+	TFPW M-K
Muradiye	58	3.70	"	-	0.32	0.25	-0.29	+	TFPW M-K
Menemen	49	6.36	"	-	0.29	0.27	-0.32	+	TFPW M-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

:- Mevsimsellik yok

: o Test yapılamadı

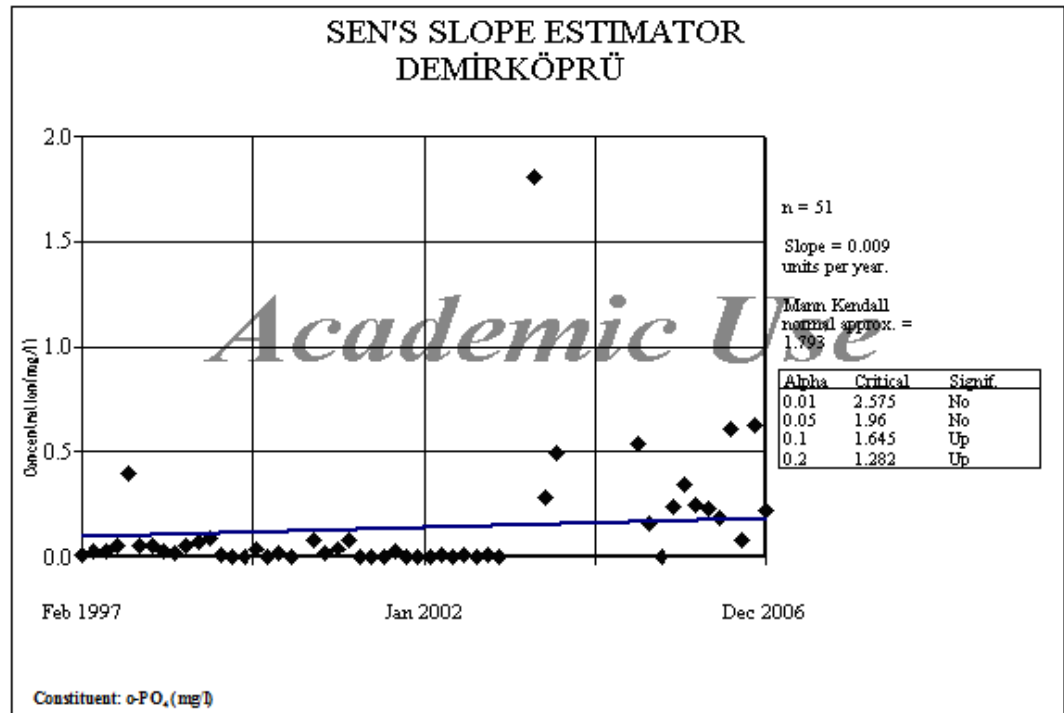
^c : TLU : Üst tolerans limiti

: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

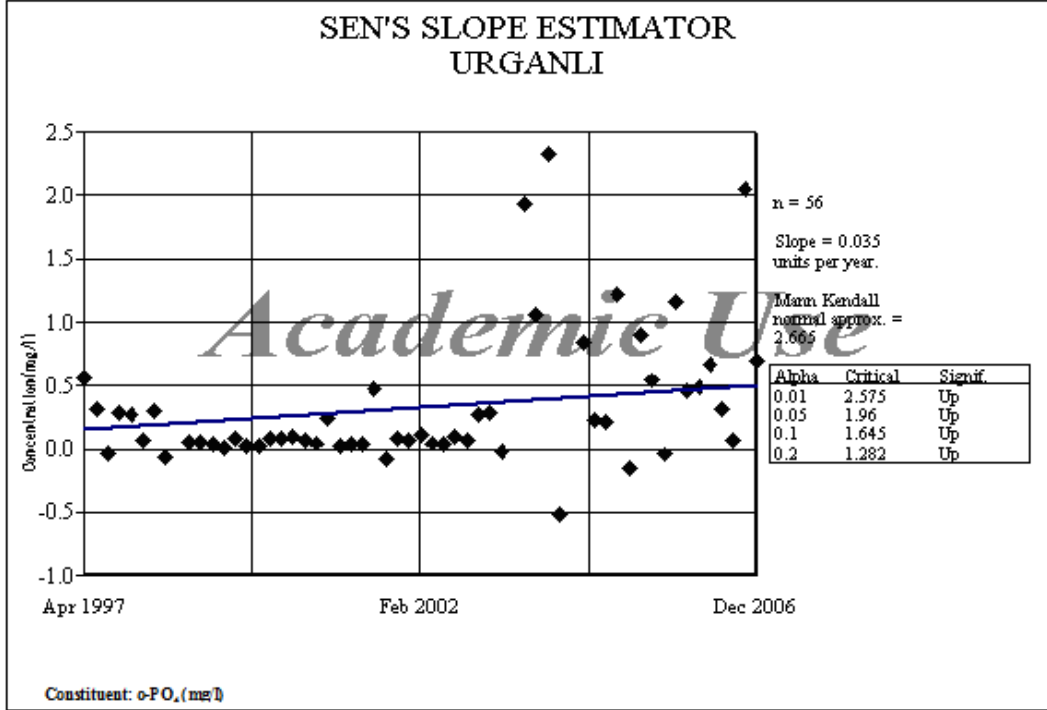
: - Seri korelasyon yok

Demirköprü istasyonu o-PO₄ parametresinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde, test istatistiği 1.793 olarak hesaplanmış olup, bu değer trendin artan yönde ancak, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. Yıllık artış miktarı ise, Sen eğim tahmincisiyle 0.009 mg/l olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Demirköprü istasyonu o-PO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

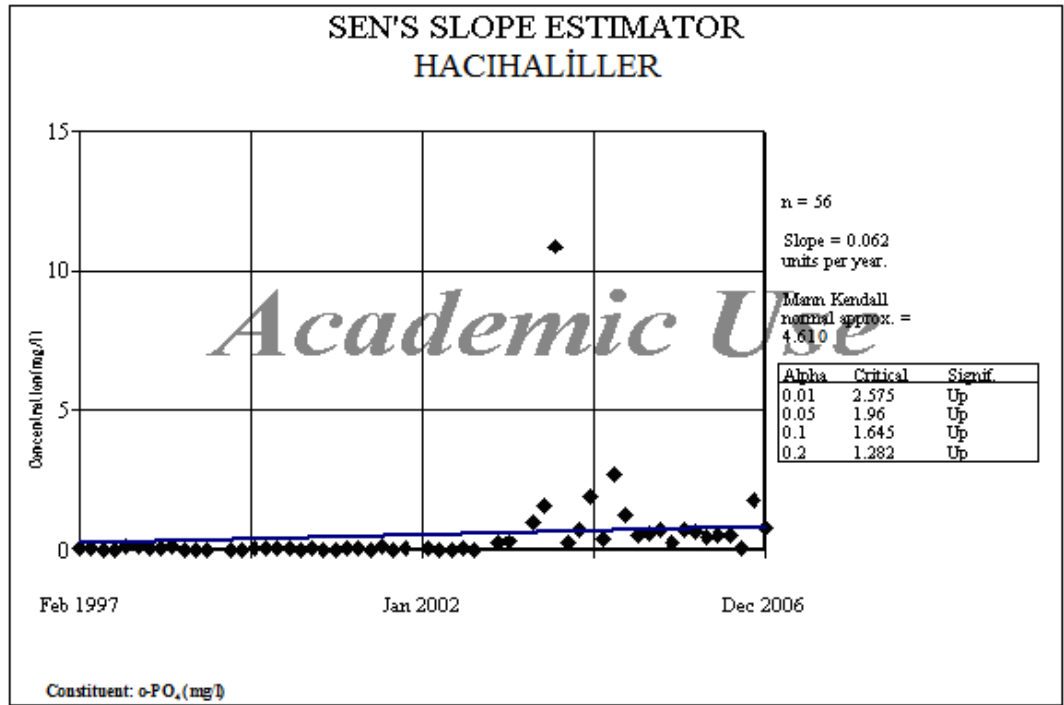
Urganlı istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO_4 verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu bulunan Z değeri, istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle, o-PO_4 değerlerinde yıllık artış 0.035 mg/l olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.29).



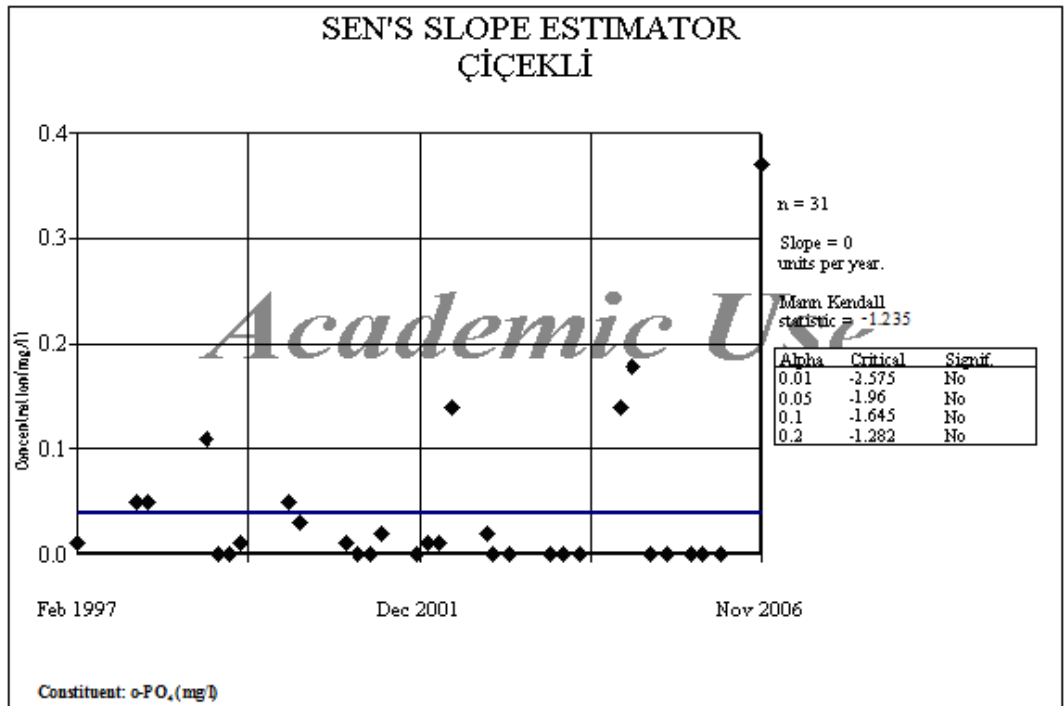
Şekil 4.29. Urganlı istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Hacıhaliller istasyonu, o-PO_4 parametresinde yapılan trend testi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.30'da verilmiştir. Mann-Kendall test istatistiği, $Z = 4.610$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle o-PO_4 değerlerinde yıllık artış 0.062 mg/l olarak tahmin edilmiştir.

Çiçekli istasyonu, o-PO_4 parametresinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde test istatistiği $Z = -1.235$ olarak tahmin edilmiştir. Bu değer trendin azalan yönde, ancak, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte eğim sıfır olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.31).

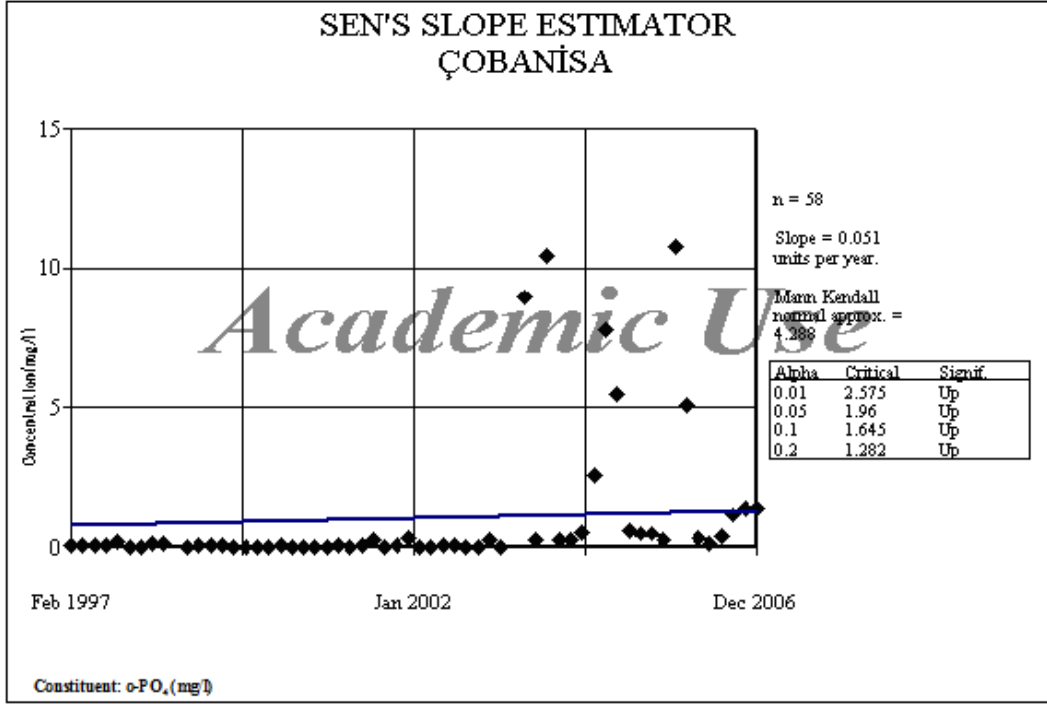


Şekil 4.30. Hacıhaliller istasyonu o-PO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmircisi sonuçları.



Şekil 4.31. Çiçekli istasyonu o-PO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmircisi sonuçları.

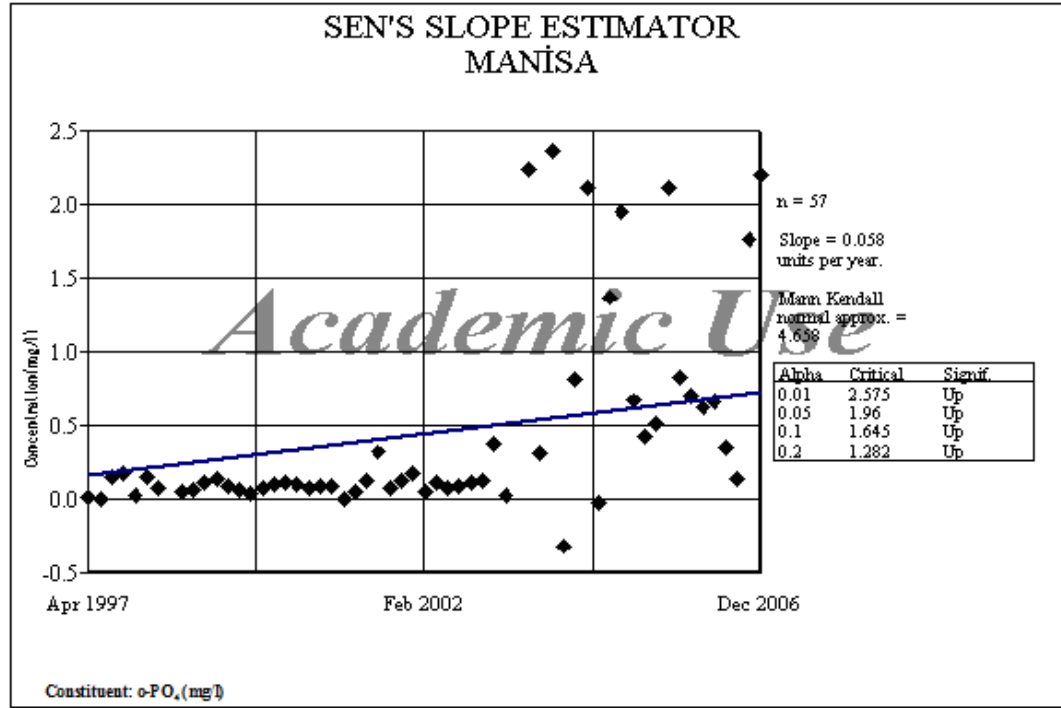
Nif Çayı-Çobanisa istasyonu o-PO₄ parametresinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde $Z = 4.288$ olarak belirlenmiş olup, bu değer o-PO₄ konsantrasyonlarında istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Yıllık artış ise Sen eğim tahmincisiyle 0.051 mg/l olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.32).



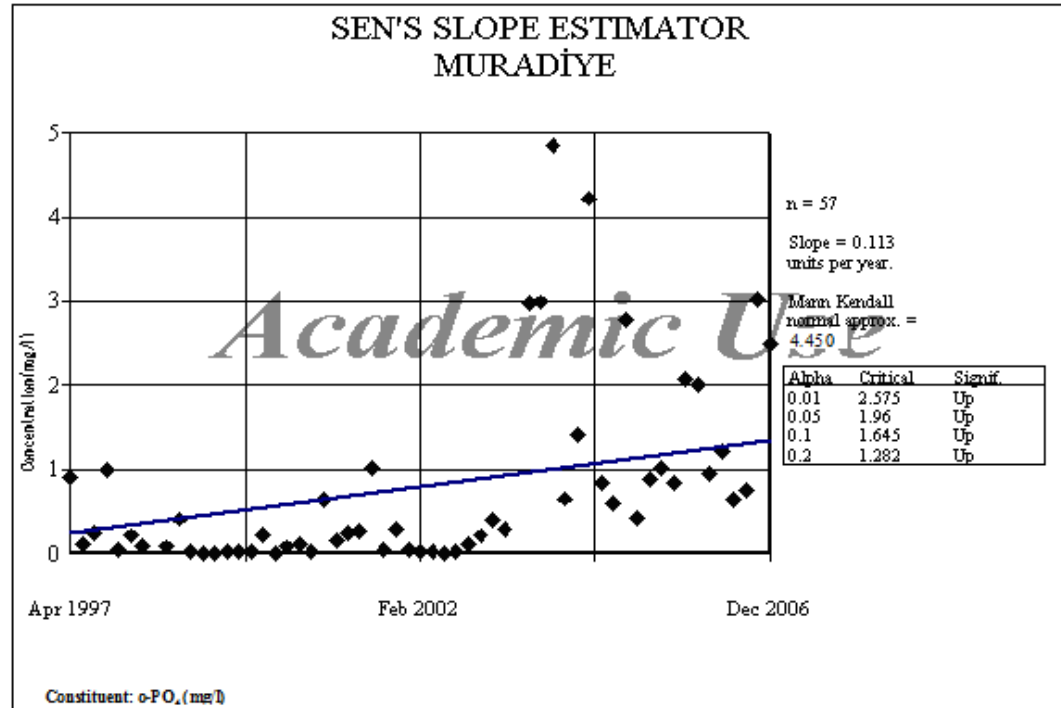
Şekil 4.32. Çobanisa istasyonu o-PO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonu o-PO₄ verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi, TFPW işlemiyle uzaklaştırılmış ve yeni seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Trend testi sonucu Şekil 4.33'te grafiksel olarak verilmiştir. Test istatistiği $Z = 4.658$ olarak tahmin edilmiş ve belirlenen % 95 güven düzeyinde trendin anlamlı olduğu belirlenmiştir. Yıllık artış miktarı ise 0.058 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Muradiye istasyonu o-PO₄ verilerindeki seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle giderildikten sonra, yeni seride Mann Kendall testi ile trend analizi yapılmıştır. Trend analizi sonucunda 4.450 olarak tahmin edilen Z değeri, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Artış, Sen eğim tahmincisiyle 0.113 mg/l/yıl olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.34).

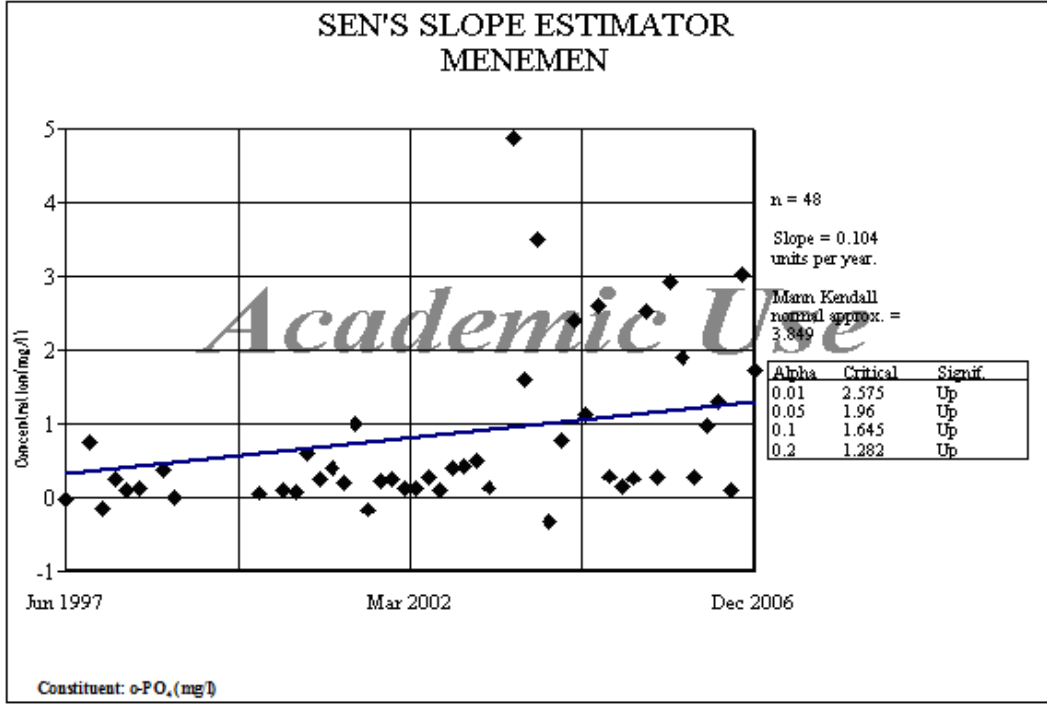


Şekil 4.33. Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.34. Muradiye istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Menemen istasyonu o-PO₄ parametresinde belirlenen seri korelasyon etkisi, TFPW işlemiyle giderildikten sonra, yeni seride Mann-Kendall testi uygulanmış ve trend analizi sonucu Şekil 4.35'te grafik olarak verilmiştir. Z değeri, % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle o-PO₄ konsantrasyonlarında 0.104 mg/l/yıl artış tahmin edilmiştir.



Şekil 4.35. Menemen istasyonu TFPW işlemi uygulanmış o-PO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

1997-2006 dönemindeki o-PO₄ verilerinde, Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.14'de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Orto-fosfat parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Demirköprü	51	M-K	1.793	0.009	1.96	o
Urganlı	56	TFPW M-K	2.665	0.035	1.96	+
Hacıhaliller	56	M-K	4.610	0.062	1.96	+
Çiçekli	31	M-K	-1.235	0	1.96	o
Çobanisa	58	M-K	4.288	0.051	1.96	+
Manisa	57	TFPW M-K	4.658	0.058	1.96	+
Muradiye	57	TFPW M-K	4.450	0.113	1.96	+
Menemen	48	TFPW M-K	3.849	0.104	1.96	+

^a : + Artan yönde trend

- Azalan yönde trend

o Trend yok

Orto-fosfat parametresinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, Çiçekli ve Demirköprü istasyonu hariç diğer istasyonlarda % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Çiçekli istasyonunda azalan yönde, Demirköprü istasyonunda ise artan yönde belirlenen trendler istatistiksel olarak anlamlı değildir.

Gediz Nehri'nde, örnekleme frekansları aynı olan Çiçekli istasyonu hariç, diğer 7 su kalitesi gözlem istasyonunda ölçülen o-PO_4 verileri kullanılarak, Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Çizelge 4.15'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. Orto-fosfat parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	67	4.642	0.038	1.96	+
Nisan (RK)	63	2.512	0.027	1.96	+
Haziran (RK)	59	3.146	0.054	1.96	+
Ağustos (RK)	64	2.588	0.012	1.96	+
Ekim (RK)	68	4.282	0.115	1.96	+
Aralık (RK)	66	4.627	0.103	1.96	+
RSK	387	9.044	0.048	1.96	+

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Orto-fosfat parametresinde bölgesel trendin belirlenmesi amacıyla yapılan Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda, 1997-2006 yılları arasında % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trendler belirlenmiştir. Orto-fosfat konsantrasyonlarındaki aylık artışlar 0.012 mg/l ile 0.103 mg/l arasında bulunmuştur. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda 9.044 olarak tahmin edilen Z istatistiği, % 95 güven düzeyinde kuvvetli bir artış trendinin olduğunu ve tahmin edilen eğim 0.048 mg/l'lik yıllık artışın olduğunu göstermektedir.

Fosforun doğadaki en büyük rezervi, yer kabuğundaki fosfatlı kayalar, ikinci büyük rezervi ise su kaynaklarıdır. Fosfor, magmatik kayalarda oldukça yaygın bulunan bir elementtir. Sedimentler içinde de oldukça yaygın olarak bulunmasına rağmen, doğal sulardaki derişimi 1 mg/l'nin çok altındadır. Fosfor, doğada mineral halde veya organik bağlı halde bulunur. Organik bağlı fosforlar biyolojik aktivitelerle parçalanarak orto-fosfat iyonu halinde serbest hale geçerler. Bu fosfatlar, ya doğada ortamlarda birikir ya da organizmalar tarafından sindirilir.

Fosfor kayaçların yapısında fosfat olarak bulunur. Kayaların aşınması, yağışlar ve erozyonla fosfat havzalardan akarsulara taşınır. Bitkiler fosforun çözünüp iyonlaşmış formu olan orto-fosfatları kullanırlar ve yüksek hızda tüketirler (Ayar, 2009).

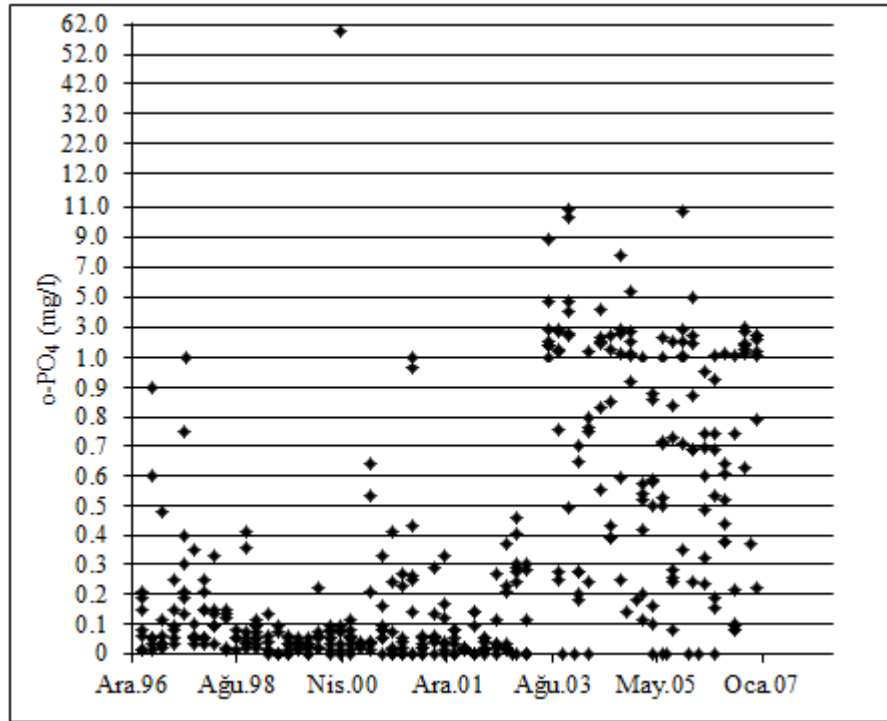
Su ve atıksularda toplam fosfor miktarı orto-fosfat, poli-fosfat ve organik bağlı fosfor biçiminde gruplandırılabilir. Doğal su ortamlarında ve atıksularda fosfatların en sık karşılaşılan türleri orto-fosfatlar ve poli-fosfatlardır. Poli-fosfatlar birden fazla orto-fosfat gurubunun birleşmesiyle oluşurlar ve su ortamında zamanla hidrolize uğrayarak orto-fosfatlara dönüşürler. Bu yüzden orto-fosfat, sularda bulunan fosforu temsil edebilir (Ahmadi, 2003).

Suda yaşayan bitkiler ve algler için gerekli bir besin maddesi olan fosfor, doğal sularda ve atıksularda genellikle fosfat şeklinde bulunur. Ancak, sudaki fosfat konsantrasyonunun artması ötrofikasyona neden olmaktadır. Ötrofikasyon, su ortamında besin zenginleşmesinin sonucunda aşırı miktarda organik madde üretimidir. Ötrofikasyon sonucu su organizmaları ve bitkileri aşırı miktarda çoğalmakta, fazla oksijen harcanmakta ve oksijenin tükenmesini takiben canlıların ölümü hızlanarak sudaki canlı yaşamı kaybolmaktadır. Başlangıç aşamasındaki ötrofikasyon için kritik konsantrasyonlar, akan suda yaklaşık 0.1 – 0.2 mg/l ve durgun suda yaklaşık 0.005 – 0.01 mg/l'dir. Çeşitli alıcı ortam niteliğindeki sularda yapılan çalışmalar, alg gelişimini sınırlayıcı parametrenin fosfor, klorofil konsantrasyonları ve ışık geçirgenliği ile birlikte ifade edilen fosfor düzeyi olduğunu ortaya çıkarmıştır. Su kaynağında 0.1 mg/l fosfor konsantrasyonu veya 0.1 g/m²/yıl fosfor yükü ötrofikasyon için su kalite ölçüsü olarak kabul edilmektedir (Egemen, 2000).

Sularda dört yosunlaşma düzeyi tanımlanabilir. Toplam P < 0.01 mg/l ise oligotrofik, 0.01-0.03 mg/l ise mezotrofik, 0.03-0.1 mg/l ise ötrofik ve > 1 mg/l ise hiperötrofik olarak tanımlanır (Anonim, 2005b). Oligotrofik sularda ışık geçirgenliği 15 m'ye kadar ulaşırken, ötrofik sularda bu değer 1.5 m veya daha azdır (Egemen, 2000).

US EPA (1986) kriterlerine göre sularda alg gelişimini kontrol için toplam fosfor; nehirler, göl veya başka bir rezervuara deşarj olmuyorsa 0.1 mg/l'yi, göl veya rezervuara deşarj oluyorsa 0.05 mg/l'yi, göl veya rezervuarlarda 0.025 mg/l'yi aşmamalıdır (Oram, 2009). Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan Tablo 1. "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre, toplam fosfor < 0.02 mg/l 1. sınıf, 0.02-0.16 mg/l

2. sınıf, 0.16-0.65 mg/l 3. sınıf, > 0.65 mg/l 4. sınıf olarak sınıflandırılır. Gediz Nehri'nde 1997-2006 yılları arasında ölçülen o-PO₄ değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi grafik halinde Şekil 4.36'da verilmiştir. Grafikler incelendiğinde ağustos 2003 tarihinden önce o-PO₄ değerlerinin, ötrofikasyon için üst sınır olan 0.1 mg/l'nin altında olduğu, ancak, bu tarihten sonra 0.1 mg/l'nin üzerine ve hatta 1 mg/l'nin üzerine çıktığı görülmektedir. Bu durumda Gediz Nehri sularının, yosunlaşma düzeyi açısından hiperötrofik düzeye ulaştığı söylenebilir. Ayrıca, yapılan trend analizleri sonucunda da o-PO₄ değerlerinde artış yani kötüleşme eğilimi tespit edilmiştir. Bu sonuçlar Gediz Nehri sularındaki o-PO₄ miktarının hızla arttığını ve suların fosfor konsantrasyonu yönünden tehlikeli sınırlarda olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.36. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan istasyonlarda ölçülen o-PO₄ değerlerinin zamansal değişimi.

Yüzey ve yeraltı sularındaki fosfat; kayaçlardan ve topraktan, bozunan bitkisel ve hayvansal atıklardan, evsel ve endüstriyel atıklardan, arıtma tesisi atıksularından, katı atık depolama alanlarından, tarımda kullanılan gübrelerden, sulamadan dönen atık sulardan kaynaklanır. Fosfor nedeniyle ortaya çıkan su kirlenmesinin temel kaynağının % 83'lük bir payla endüstri ve kanalizasyon atık suları olduğu bildirilmektedir. Kentsel kökenli kanalizasyon sularındaki fosfatların ise % 32-70'i deterjanlardan kaynaklanmaktadır (Anonim, 2008a). Bu verilere göre, tarım alanlarındaki yoğun yağışlardan sonra oluşan yüzey akışlarla

fosfor taşınmasının, oransal olarak diğer kirletici kaynaklara göre çok daha az olduğu söylenebilir. Alıcı su ortamına fosforun % 91'i evsel ve endüstriyel atıklardan gelirken, % 9'u tarımsal alanlardan gelmektedir (Minareci, 2007).

Deterjanlar, hava-su ara yüzeyinde suyun yüzey gerilimini değiştirerek köpük oluşturlar ve suyun oksijen kazanmasını önlerler. Deterjanların asıl kaynağı şehrsel atıksular, tekstil, deri ve deterjan endüstrisinin atıksularıdır. Evlerde ve farklı endüstri alanlarında oldukça yaygın olarak kullanılan deterjanlar, içerdikleri yüzey aktif maddeler ve temizleme işlemine yardımcı katkı maddeleri nedeniyle sucul ortamda diğer kirleticilerle birlikte, su ve su ürünleri kaynaklarında olumsuz etkilere neden olmaktadır (Anonim, 2007a).

Deterjanlarda sodyum tripolifosfat (STP) kullanımının engellenmesiyle, evsel atıksuların fosfat yükünün % 20-25 oranında azaltılabileceği saptanmıştır. Evsel atıksular için kimyasal çöktürme ve biyolojik arıtım yöntemiyle fosfatın % 90'ının uzaklaştırılması mümkündür. Arıtmada en çok kullanılan yöntem alüminyum tuzları, demir tuzları ve kireç ilavesiyle uygulanan kimyasal çöktürmedir. Deterjan ve fosfat kirliliğinin önlenmesi için biyolojik parçalanabilirliği yüksek olan yüzey aktif maddeler kullanılabilir. Deterjanlarda suyun sertliğinin giderilmesi amacıyla kullanılan STP yerine kirlilik yaratmayacak başka maddeler (zeolitler, nitrilotriasetat ve alkalilet) kullanılabilir (Minareci, 2007).

4.2.5 Elektriksel İletkenlik (EC - $\mu\text{S}/\text{cm}$)

Elektriksel iletkenlik parametresi için, Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, belirlenen uygun trend testi membadaan mansaba doğru Çizelge 4.16'da verilmiştir.

Elektriksel iletkenlik parametresi için yapılan trend analizi sonuçları, membadaan mansaba doğru Şekil 4.37'den itibaren aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.16. Elektriksel iletkenlik parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	60	2.90	11.07	-	0.04	0.25	-0.28	-	M-K
Urganlı	59	18.17	"	+					S-K
Hacıhaliller	58	22.82	"	+					S-K
Çiçekli	35	o	o	o	0.10	0.32	-0.39	-	M-K
Çobanisa	59	22.11	11.07	+					S-K
Manisa	60	20.33	"	+					S-K
Muradiye	60	20.50	"	+					S-K
Menemen	54	22.25	"	+					S-K
EİE istasyonları -Ham EC									
Acısu	284	129.1	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.28	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	47.64	11.07	+					S-K
Debi düzeltmeli EC									
Acısu	284	20.25	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.22	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	23.20	11.07	+					S-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

: - Mevsimsellik yok

: o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

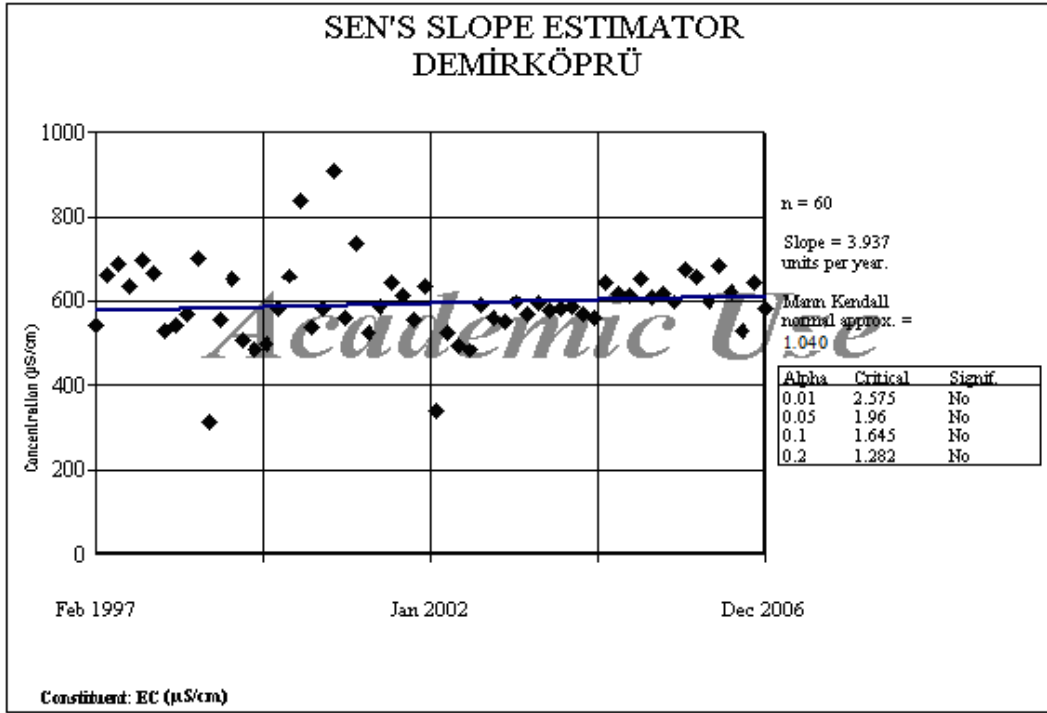
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

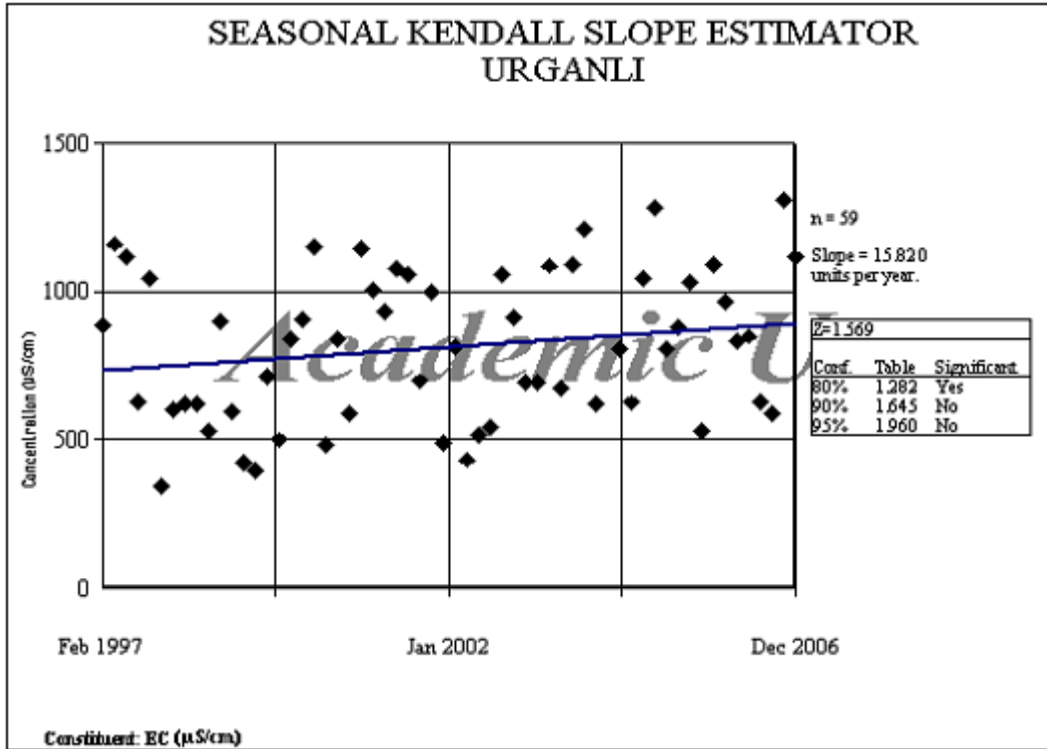
: - Seri korelasyon yok

Demirköprü istasyonu EC verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde test istatistiği $Z = 1.040$ olarak tahmin edilmiştir. Bu değer artan yönde, ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle EC değerlerinde, $3.937 \mu\text{S/cm/yıl}$ artış tahmin edilmiştir (Şekil 4.37).

Urganlı istasyonu EC verilerinde mevsimselliğe karşı güçlü Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu, test istatistiği 1.569 olarak tahmin edilmiş ve % 95 güven düzeyinde anlamlı bir trend olmadığı belirlenmiştir. EC değerlerindeki yıllık artış $15.820 \mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.38).

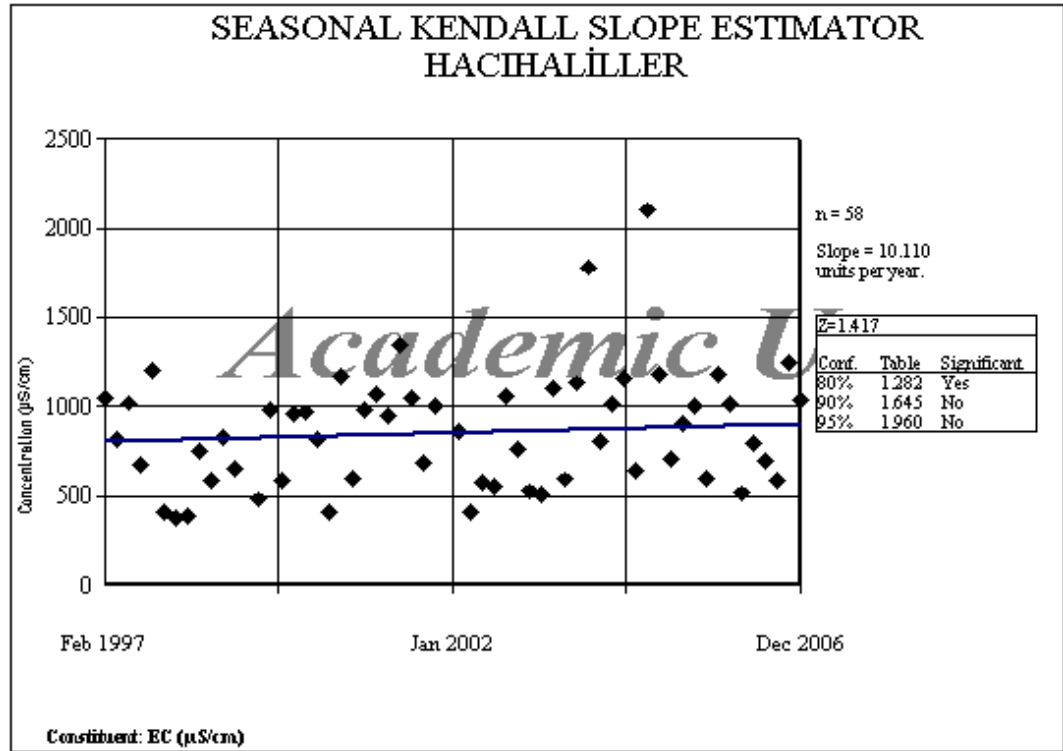


Şekil 4.37. Demirköprü istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.38. Urganlı istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

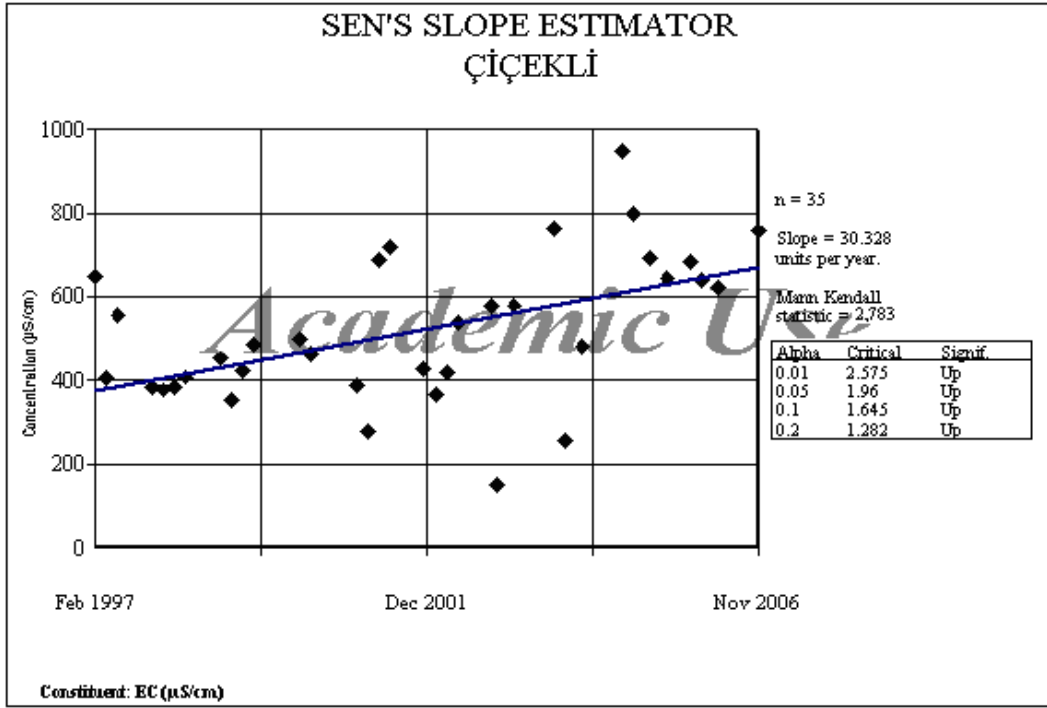
Şekil 4.39’da verilen Hacıhaliller istasyonu EC parametresi için Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan artan yönde trend belirlenmiştir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle EC parametresindeki yıllık artış 10.110 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tahmin edilmiştir.



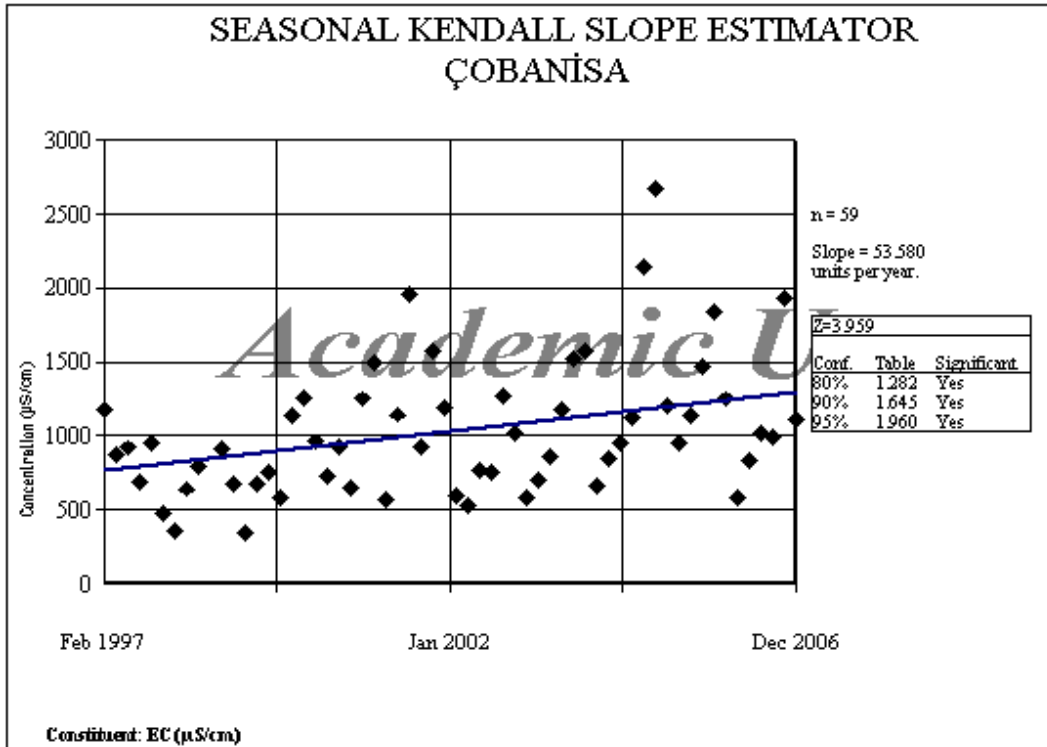
Şekil 4.35. Hacıhaliller istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Nif Çayı-Çiçekli istasyonu EC parametresi için Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiştir. Sen eğim tahmincisiyle yıllık artış miktarı 30.328 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.40).

Nif Çayı- Çobanisa istasyonunda Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu, Z istatistiği 3.959 olarak tahmin edilmiş olup, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğu belirlenmiştir. EC değerlerindeki yıllık artış ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 53.580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.41).

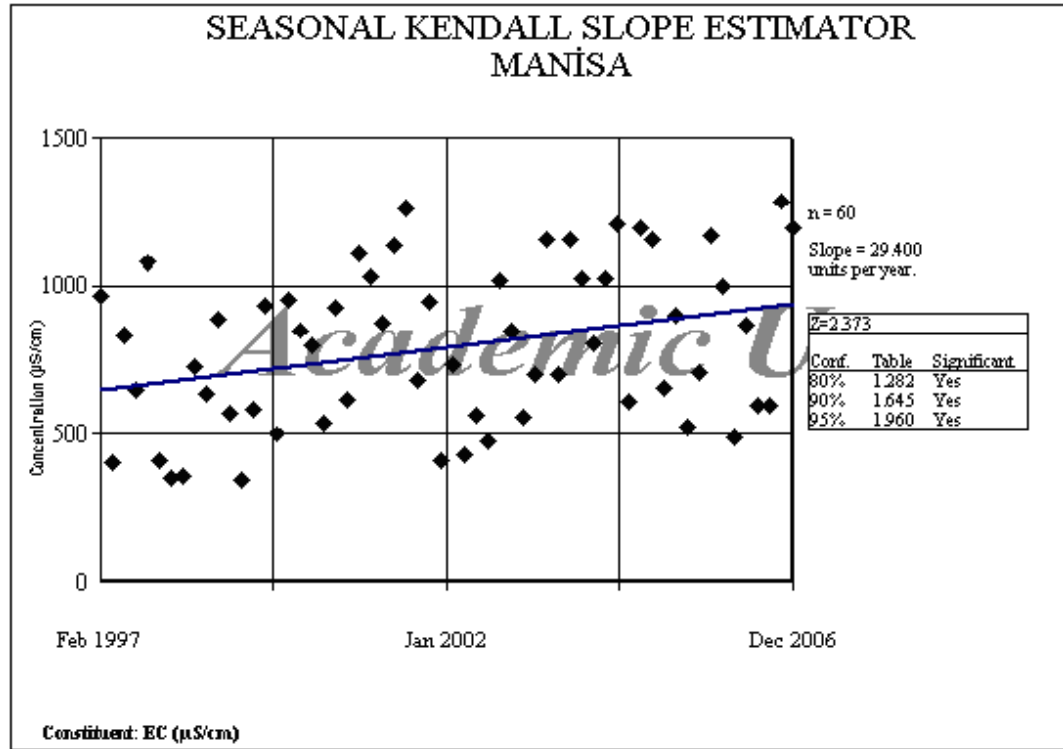


Şekil 4.40. Çiçekli istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.41. Çobanisa istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

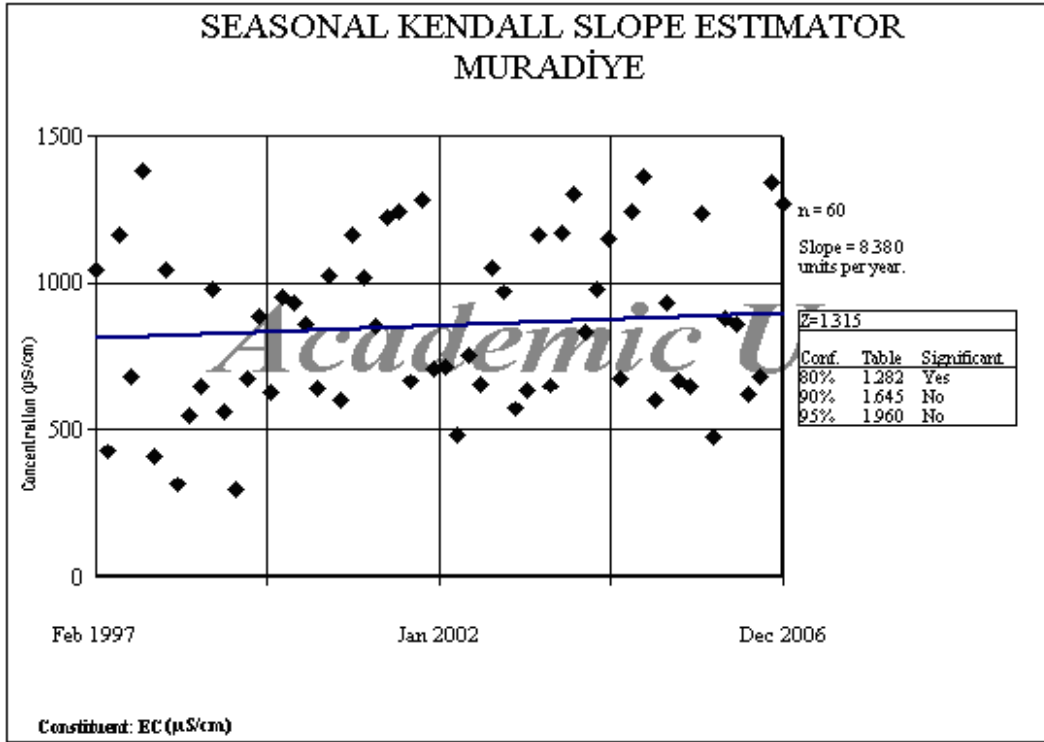
Şekil 4.42’de grafiksel olarak verilen Manisa istasyonu EC verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiş, EC değerlerindeki yıllık artış Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 29.400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak hesaplanmıştır.



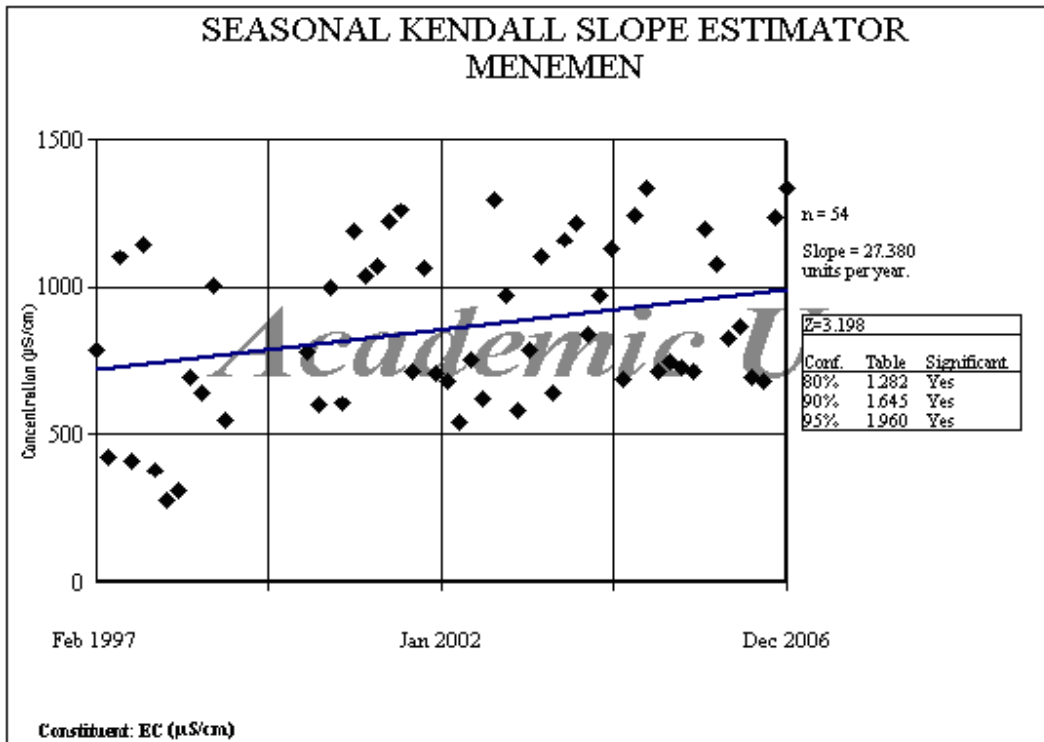
Şekil 4.42. Manisa istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Muradiye istasyonu EC verilerinde 1.315 olarak tahmin edilen Mevsimsel Kendall test istatistiği, artan yönde, ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trend olduğunu göstermekte olup, EC değerlerindeki yıllık artış 8.380 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak tahmin edilmiştir. (Şekil 4.43).

Menemen istasyonu EC verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizinde, test istatistiği $Z = 3.198$ olarak hesaplanmış olup, artan yönde anlamlı bir trend olduğu görülmektedir. 1997-2006 yılları arasında EC değerlerinde artış miktarı, Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 27.380 $\mu\text{S}/\text{cm}/\text{yıl}$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.44).



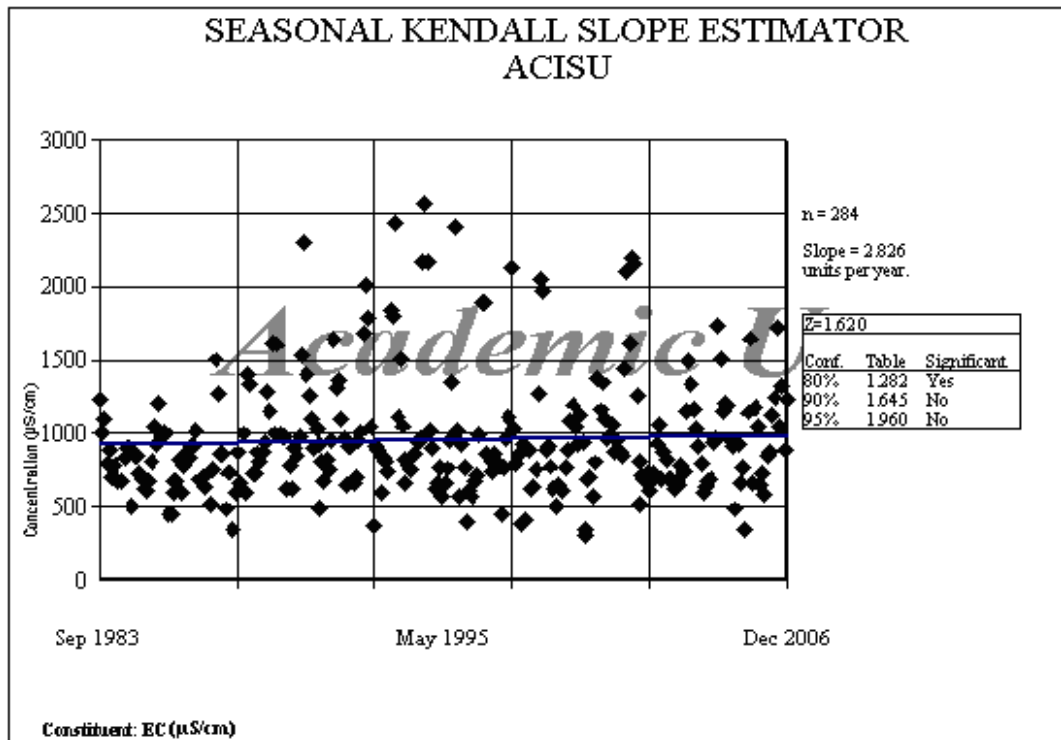
Şekil 4.43. Muradiye istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



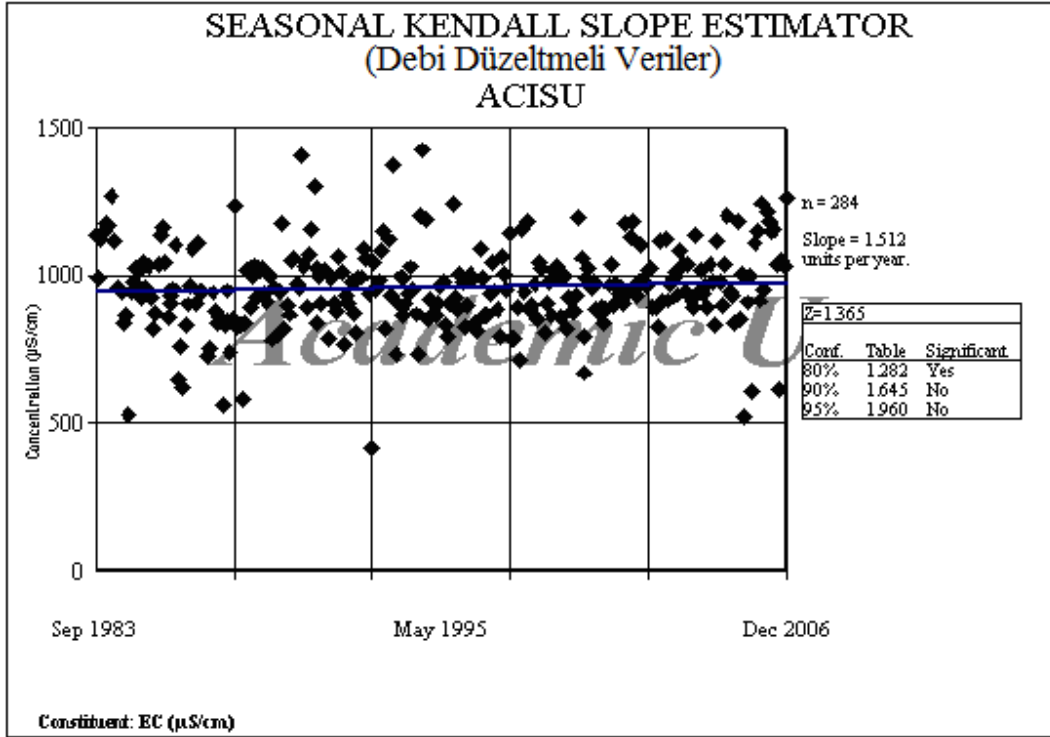
Şekil 4.44. Menemen istasyonu EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından su kalitesi gözlemlerinin anlık debi ölçümleriyle beraber yapıldığı 3 istasyona ait ham ve debi düzeltilmeli EC verilerinde yapılan trend analizi sonuçları aşağıda verilmiştir.

Gediz Nehri Acısu istasyonu ham ve debi düzeltilmeli EC verilerinde, Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.45 ve 4.46'da grafik olarak verilmiştir. Test istatistiği, ham verilerde $Z = 1.620$, debi düzeltilmeli verilerde $Z = 1.365$ olarak hesaplanmıştır. Her iki veri setine ait Z değeri, % 95 güven düzeyindeki kritik tablo değeri ile karşılaştırıldığında, artan yöndeki trendin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle, ham EC değerlerinde yıllık artış miktarı $2.826 \mu\text{S/cm}$, debi düzeltilmeli EC değerlerinde $1.512 \mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır.

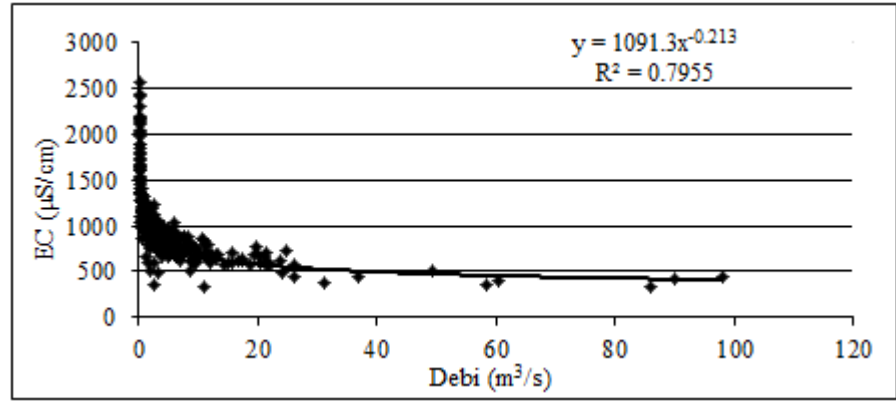


Şekil 4.45. Acısu istasyonu ham EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.46. Acısu istasyonu debi düzeltilmeli EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

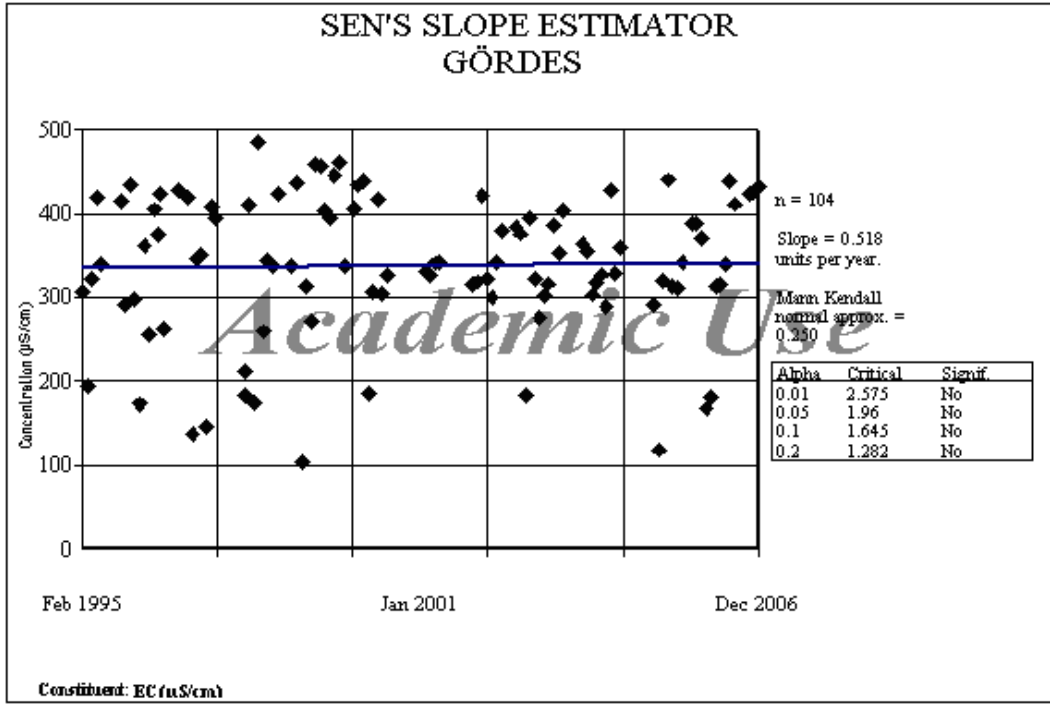
Acısu istasyonunda akarsu debisinin EC değerleri üzerindeki etkisi araştırılmış ve EC değerleri ile debi arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan fonksiyon, determinasyon katsayısının en yüksek olduğu üssel fonksiyon olarak belirlenmiştir (Şekil 4.47). İki değişken arasındaki ilişkinin derecesini belirlemede kullanılan determinasyon katsayısı, bağımlı değişkendeki değişimin ne kadarının bağımsız değişken tarafından açıklanabildiğini gösterir. Korelasyon katsayısının karesine eşit olan determinasyon katsayısı (R^2) 0 ile 1 arasında değişir. R^2 değerinin 1'e yakın olması; bağımlı değişkendeki değişimin büyük bir kısmının modeldeki bağımsız değişken tarafından açıklandığını gösterir (Ünver ve Gamgam, 2004). Grafik incelendiğinde, debinin EC değerleri üzerindeki etkisinin seyrelme sağlayıcı yönde olduğu ve EC değerlerindeki değişimin % 79.55'inin debideki değişimden kaynaklandığı belirlenmiştir.



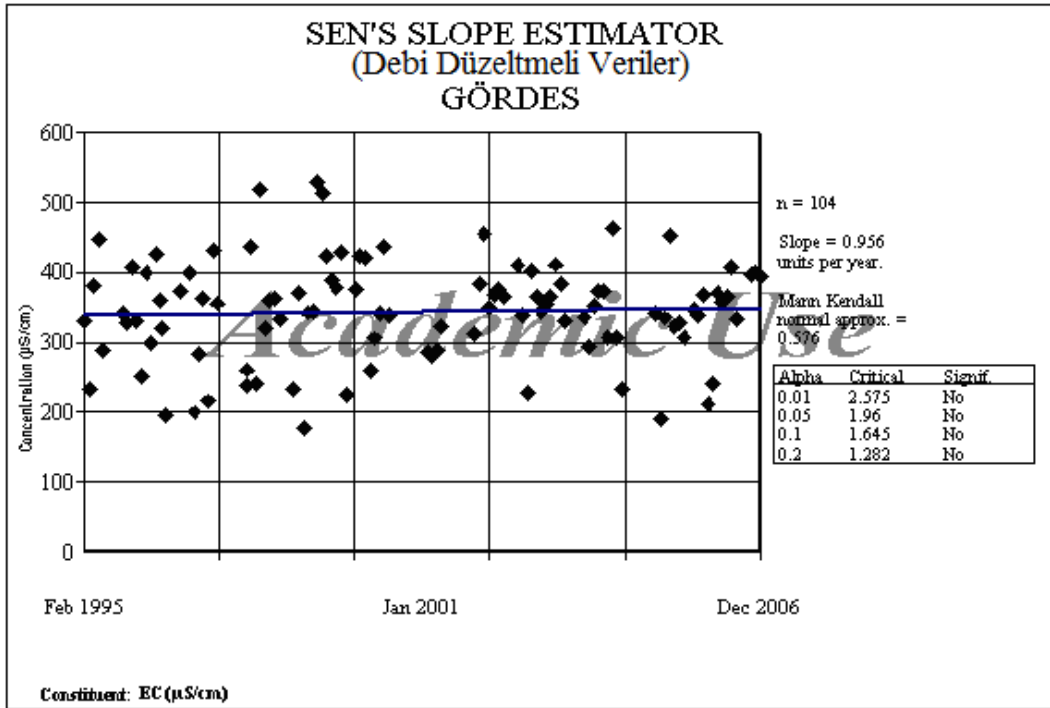
Şekil 4.47. Acısu istasyonunda debi ile EC değerleri arasındaki ilişki.

Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda ölçülen EC verilerinde, her mevsimde en az 4 veri koşulu (Helsel and Hirsch, 2002; NIC, 2003) sağlanamadığı için trend analizi Mann-Kendall testiyle yapılmıştır. Seri korelasyona duyarlı olan Mann-Kendall testi uygulanmadan önce verilerde otokorelasyon analizi yapılmış, ham ve debi düzeltilmeli EC verilerinin serisel bağımlılık gösterdiği tespit edilmiştir.

Gördes Çayı-Daribükü istasyonu EC verilerinde tespit edilen serisel bağımlılık TFPW işlemiyle uzaklaştırıldıktan sonra, yeni serilerde Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmış ve sonuçlar grafik olarak Şekil 4.48 ve 4.49'da verilmiştir. Ham EC verilerinde Mann-Kendall test istatistiği $Z = 0.250$, debi düzeltilmeli EC verilerinde $Z = 0.576$ olarak hesaplanmıştır. Bu Z değerleri artan yöndeki trendin istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. EC değerlerinde yıllık artış miktarı, Sen eğim tahmincisiyle, ham verilerde $0.518 \mu\text{S/cm}$, debi düzeltilmeli verilerde $0.956 \mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır.

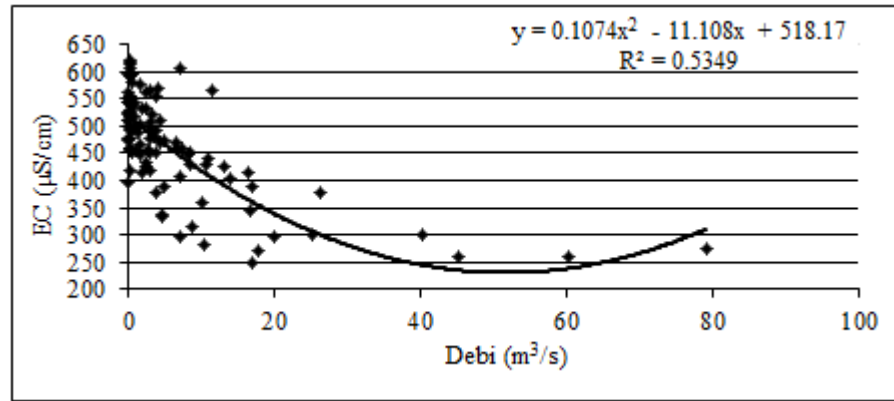


Şekil 4.48. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham EC verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



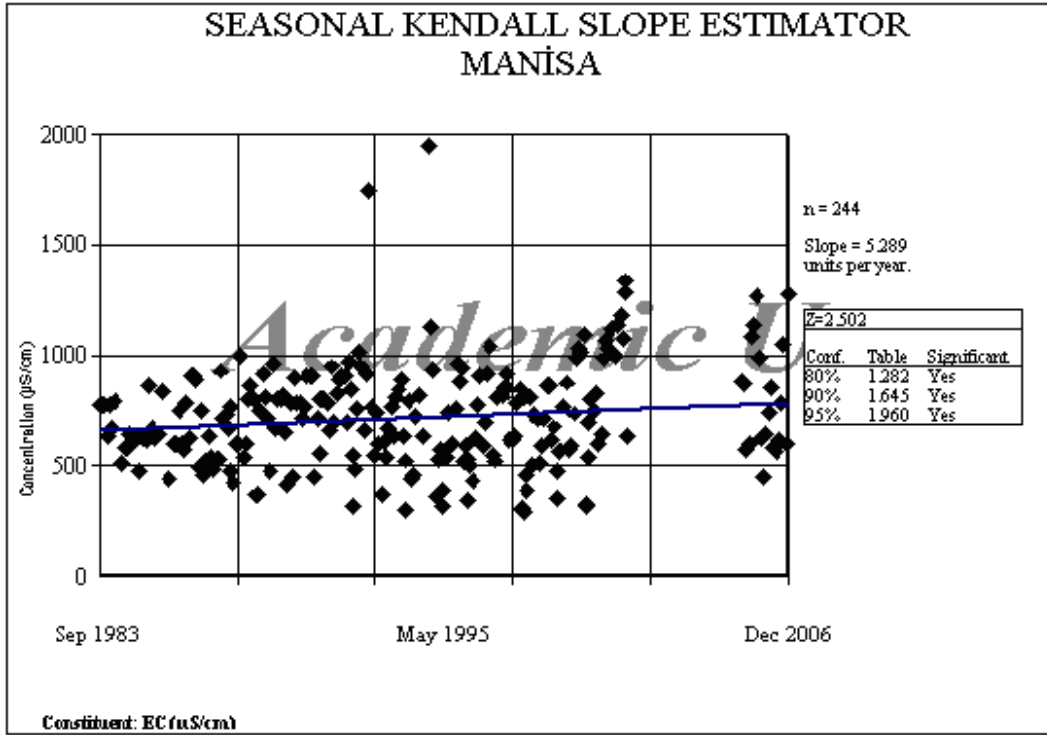
Şekil 4.49. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli EC verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda akarsu debisiyle EC değerleri arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan fonksiyon ikinci dereceden polinom olarak belirlenmiş ve Şekil 4.50’de grafik olarak verilmiştir. Grafik incelendiğinde EC değerlerinin debi arttıkça azaldığı, yani debinin EC değerlerinde seyrelme etkisi yaptığı ve EC değerlerindeki değişimin % 53.49’unun debideki değişimden kaynaklandığı tespit edilmiştir.

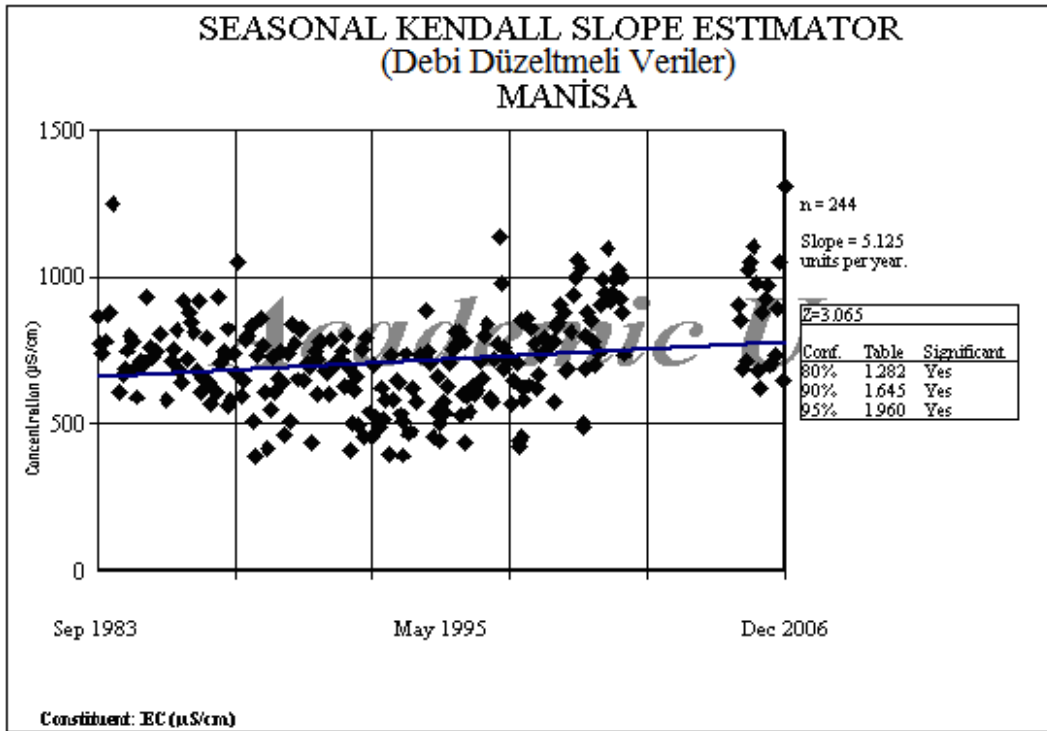


Şekil 4.50. Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda debi ile EC değerleri arasındaki ilişki.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Gediz Nehri su kalite parametrelerinin izlendiği mansaptaki son istasyon olan Gediz Nehri-Manisa köprüsü istasyonunda 1983 yılından 2006 yılına kadar ölçülen ham EC verileri ile regresyon yöntemiyle debi düzeltilmesi yapılmış EC verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizine ait sonuçlar Şekil 4.51 ve Şekil 4.52’de verilmiştir. Ham EC verilerinde Mevsimsel Kendall test istatistiği $Z = 2.502$, yıllık artış miktarı $5.289 \mu\text{S/cm}$; debi düzeltilmeli EC verilerinde $Z = 3.065$ ve yıllık artış miktarı $5.125 \mu\text{S/cm}$ olarak hesaplanmıştır. Buna göre, istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trendler olduğu belirlenmiştir.

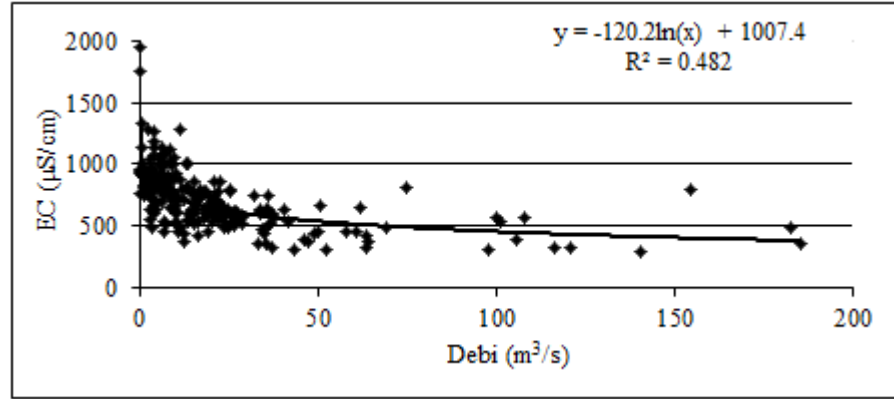


Şekil 4.51. Manisa istasyonu ham EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.52. Manisa istasyonu debi düzeltmeli EC verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda akarsu debisiyle EC değerleri arasında logaritmik bir ilişki olduğu ve EC değerlerindeki değişimin % 48.2'sinin debideki değişimden kaynaklandığı belirlenmiştir (Şekil 4.53).



Şekil 4.53. Manisa istasyonunda debi ile EC değerleri arasındaki ilişki.

Elektriksel iletkenlik parametresinde % 95 güven düzeyinde Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Elektriksel iletkenlik parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0.025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	60	M-K	1.040	3.937	1.96	o
Urganlı	59	S-K	1.569	15.820	1.96	o
Hacıhaliller	58	S-K	1.417	10.110	1.96	o
Çiçekli	35	M-K	2.783	30.328	1.96	+
Çobanisa	59	S-K	3.959	53.580	1.96	+
Manisa	60	S-K	2.373	29.400	1.96	+
Muradiye	60	S-K	1.315	8.380	1.96	o
Menemen	54	S-K	3.198	27.380	1.96	+
EİE istasyonları – Ham EC						
Acısu	284	S-K	1.620	2.826	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	0.250	0.518	1.96	o
Manisa	244	S-K	2.502	5.289	1.96	+
Debi düzeltilmeli EC						
Acısu	284	S-K	1.365	1.512	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	0.576	0.956	1,96	o
Manisa	244	S-K	3.065	5.125	1.96	+

^a : + Artan yönde trend

- Azalan yönde trend

o Trend yok

Elektriksel iletkenlik parametresinde Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan ve Çizelge 4.17’de verilen trend analizi sonuçları incelendiğinde, tüm istasyonlarda artan yönde tespit edilen trendin, Gediz Nehri’nin Nif Çayı ile birleşim yerinden önceki istasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı olmadığı, Nif Çayı-Çiçekli istasyonundan itibaren mansaba doğru Muradiye istasyonu hariç diğer istasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Trend belirlenen istasyonlar incelendiğinde bu istasyonların, nüfusun ve sanayi tesislerinin en yoğun olduğu bölgede bulundukları görülmektedir.

Gediz Nehri’nde bölgesel trendi tespit etmek amacıyla, örnekleme frekansları aynı olan 7 su kalitesi gözlem istasyonunda ölçülen EC verileri kullanılarak, her bir mevsim için yapılan Bölgesel Kendall testi ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları Çizelge 4.18’de verilmiştir.

Çizelge 4.18. Elektriksel iletkenlik parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	68	-0.457	-3.667	1.96	o
Nisan (RK)	68	3.201	30.000	1.96	+
Haziran (RK)	69	0	-0.167	1.96	o
Ağustos (RK)	68	1.091	3.167	1.96	o
Ekim (RK)	69	5.273	36.000	1.96	+
Aralık (RK)	68	4.397	69.250	1.96	+
RSK	410	5.537	16.000	1.96	+

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Elektriksel iletkenlik parametresinde Bölgesel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, nisan, ekim ve aralık aylarında % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trendler tespit edilmiştir. EC değerlerinde; 1997-2006 yılları arasında yıllık artış; nisan ayında 30.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ekim ayında 36.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, aralık ayında 69.250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak hesaplanmıştır. Şubat ayında görülen azalan yöndeki trend (yıllık 3.667 $\mu\text{S}/\text{cm}$ azalış) ile ağustos ayında görülen artan yöndeki trend (yıllık 3.167 $\mu\text{S}/\text{cm}$ artış) ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Haziran ayında Z değeri 0, eğim ise -0.167 olarak hesaplanmış olup, bölgesel trend yoktur. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda ise belirlenen güven düzeyinde kuvvetli ve artan yönde trend tespit edilmiş, yıllık artış 16.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak hesaplanmıştır.

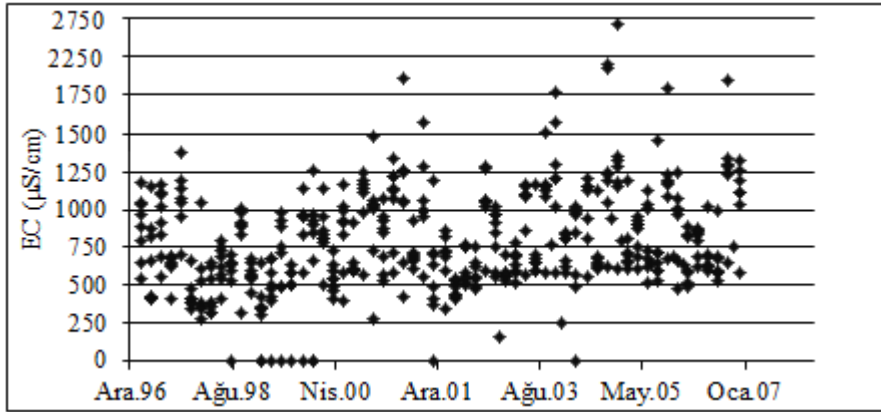
Sulama sularındaki tuzluluğun nedenleri; drenaj havzası içerisindeki tuzlu toprak veya kayaların varlığı, dağılımı ve özellikleri, akarsuların geçtiği yerlerde tuzlu toprak veya kayaların bulunması, mansap tarafındaki arazilerde sulama suyu olarak kullanılan tuzlu sızıntı suları veya sulamadan dönen sularla drenaj sularıdır (Kanber vd., 1992). Bunlara ek olarak, drenaj havzasındaki kentsel ve endüstriyel arıtılmamış atıksular, atıksu arıtma tesislerinden çıkan arıtılmış sular, septik sistemlerden gelen atıksular ve kentsel alanlardan veya ekili alanlardan yüzeysel akışla gelen yüzey suları ve buharlaşma, su kütleindeki EC değerini yükselten etmenlerdir (Helsel and Hirsch, 2002).

Kemalpaşa ilçesinin evsel atıksuları ile Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesi'nin endüstriyel atıksuları arıtılmadan doğrudan Nif Çayı'na deşarj edilmektedir. Nif Çayı'nın Gediz Nehri'yle birleşim noktasından sonra da Manisa Dericiler Sanayi Sitesi'nin atıksuları ile Muradiye beldesi ve Menemen ilçesinin evsel atıksuları arıtılmadan Gediz Nehri'ne boşaltılmaktadır. Arıtma tesisi bulunmadığı için doğrudan Gediz Nehri'ne boşaltılan bu atıksular Gediz Nehri sularının EC değerleri yönünden kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.

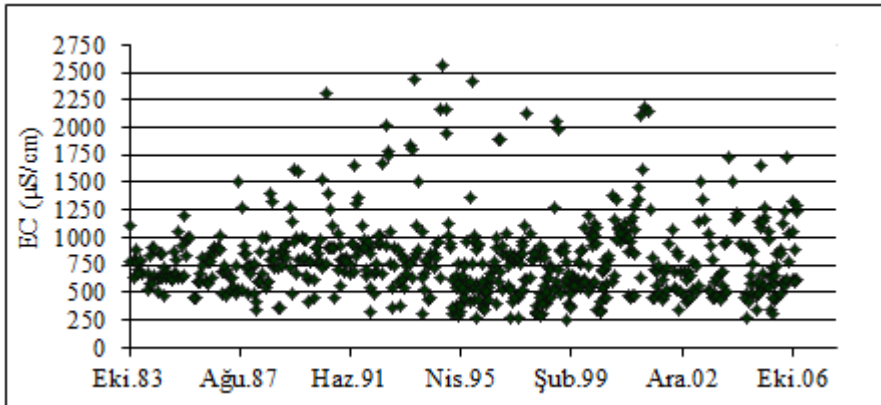
Sulardaki toplam tuz miktarının bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik suyun elektrik akımını iletebilme özelliğinin sayısal olarak ifadesidir. Su içerisinde çözülmüş halde bulunan tuz miktarı fazlalaştıkça suyun elektrik akımını iletmesi de artar. Ayrıca, sıcaklık arttıkça elektriksel iletkenlik de artar. Elektriksel iletkenlik, sulama suyu kalitesinin saptanmasında ve sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan en önemli kriterlerden biridir. Sulama sularının sınıflandırılmasında değişik sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir. Scofield (1936), tarafından geliştirilen ilk sınıflandırma sisteminde; $EC < 250 \mu S/cm$ 1. sınıf-mükemmel, $250-750 \mu S/cm$ 2. sınıf-iyi, $750-2000 \mu S/cm$ 3. sınıf-izinin verilebilir, $2000-3000 \mu S/cm$ 4. sınıf-şüpheli ve $EC > 3000 \mu S/cm$ 5. sınıf-uygun değil olarak sınıflandırılmıştır. Wilcox ve Magistad (1943) tarafından geliştirilen sistemde; $EC < 1000 \mu S/cm$ 1. sınıf, $1000-3000 \mu S/cm$ 2. sınıf, $EC > 3000 \mu S/cm$ 3. sınıf olarak sınıflandırılmıştır. Wilcox (1948) tarafından geliştirilen grafik sisteminde; $EC < 750 \mu S/cm$ 1. sınıf-çok iyi-iyi, $750-2000 \mu S/cm$ 2. sınıf-iyi kullanılabilir, $2000-3000 \mu S/cm$ 3. sınıf-şüpheli-uygun değil, $3000-4000 \mu S/cm$ 4. sınıf-uygun değil olarak sınıflandırılmıştır. Ayers and Westcot (1985) sınıflandırma sisteminde; EC değeri $< 700 \mu S/cm$ sorunsuz, $700-3000 \mu S/cm$ artan sorunlu, $> 3000 \mu S/cm$ şiddetli sorunlu sular olarak sınıflandırılmaktadır. Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemine (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) göre, EC değerleri $0-250 \mu S/cm$ 1. sınıf-düşük tuzlu sular, $250-750 \mu S/cm$

2. sınıf-orta tuzlu sular, 750-2250 $\mu\text{S/cm}$ 3. sınıf-yüksek tuzlu sular ve $\text{EC} > 2250$ $\mu\text{S/cm}$ 4. sınıf-çok yüksek tuzlu sular olarak sınıflandırılmıştır (Ayyıldız, 1990).

Elektriksel iletkenlik değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi Şekil 4.54 ve 4.55'te grafiksel olarak verilmiştir. Grafiklerden görüleceği gibi EC değerleri genellikle 250-1250 $\mu\text{S/cm}$ arasındadır. Buna göre Gediz Nehri suları EC değerleri bakımından; Scofield (1936) sistemine göre genellikle 2. ve 3. sınıf, Wilcox ve Magistad (1943) sistemine göre 1. ve 2. sınıf, Wilcox (1948) grafik sistemine göre 1. ve 2. sınıf, Ayers and Westcot (1985) sınıflandırma sistemine göre sorunsuz ve artan sorunlu sular sınıfında, Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı Sistemi (1954) sınıflandırmasına göre 2. ve 3. sınıf yani "orta ve yüksek tuzlu" sular sınıfında yer almaktadır. Ancak, yapılan trend analizleri sonucunda, EC değerlerinde artış, yani kötüleşme eğilimi tespit edilmiştir. Dolayısıyla, bu trend devam ederse, nehrin su kalitesinin daha kötü sulama suyu kalitesi sınıflarına gireceği söylenebilir.



Şekil 4.54. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen EC değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.55. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen EC değerlerinin zamansal değişimi.

4.2.6 Sodyum (Na - mg/l)

Sodyum parametresi için, Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilmiş ve bu sonuçlara göre belirlenen uygun trend testi membadan mansaba doğru Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Sodyum parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	58	0.39	11.07	-	0.51	0.25	-0.29	+	TFPW M-K
Urganlı	58	11.51	"	+					S-K
Hacıhaliller	57	13.34	"	+					S-K
Çiçekli	31	o	o	o	0.24	0.34	-0.42	-	M-K
Çobanisa	51	19.14	11.07	+					S-K
Manisa	54	11.52	"	+					S-K
Muradiye	59	13.55	"	+					S-K
Menemen	52	11.92	"	+					S-K
EİE istasyonları -Ham Na									
Acısu	284	156.1	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.33	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	48.94	11.07	+					S-K
Debi düzeltilmeli Na									
Acısu	284	10.86	"	-	0.06	0.11	-0.12	-	M-K
Gördes	105	o	o	o	0.26	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	23.55	11.07	+					S-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

:- Mevsimsellik yok

: o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

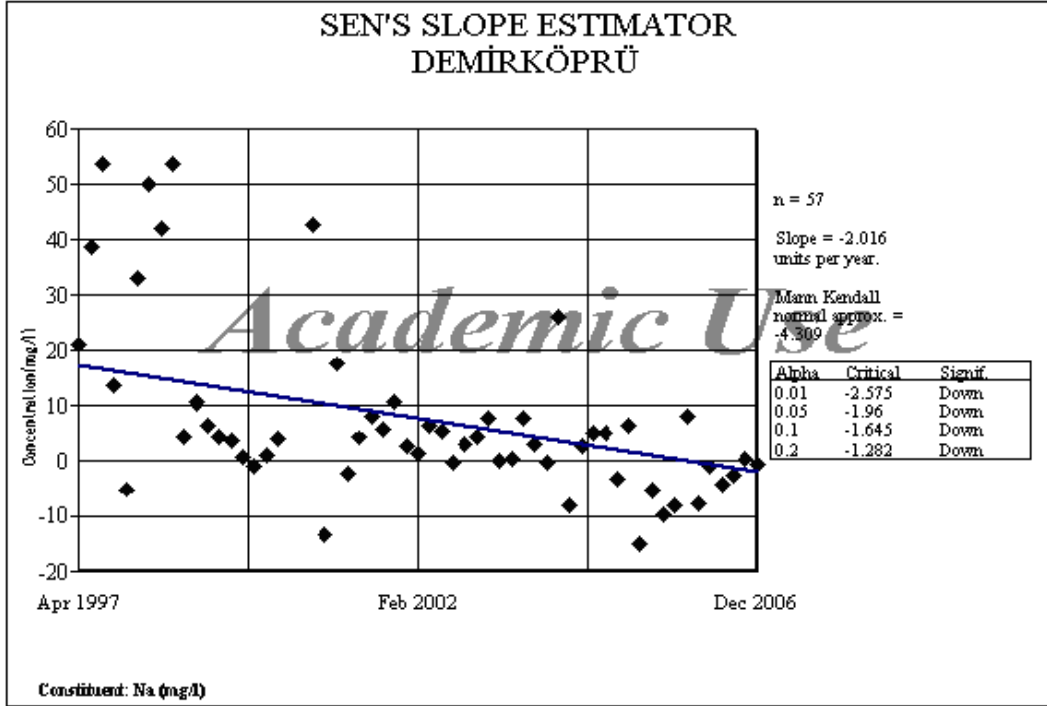
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

:- Seri korelasyon yok

Sodyum parametresinde Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru Şekil 4.56’dan itibaren aşağıda verilmiştir.

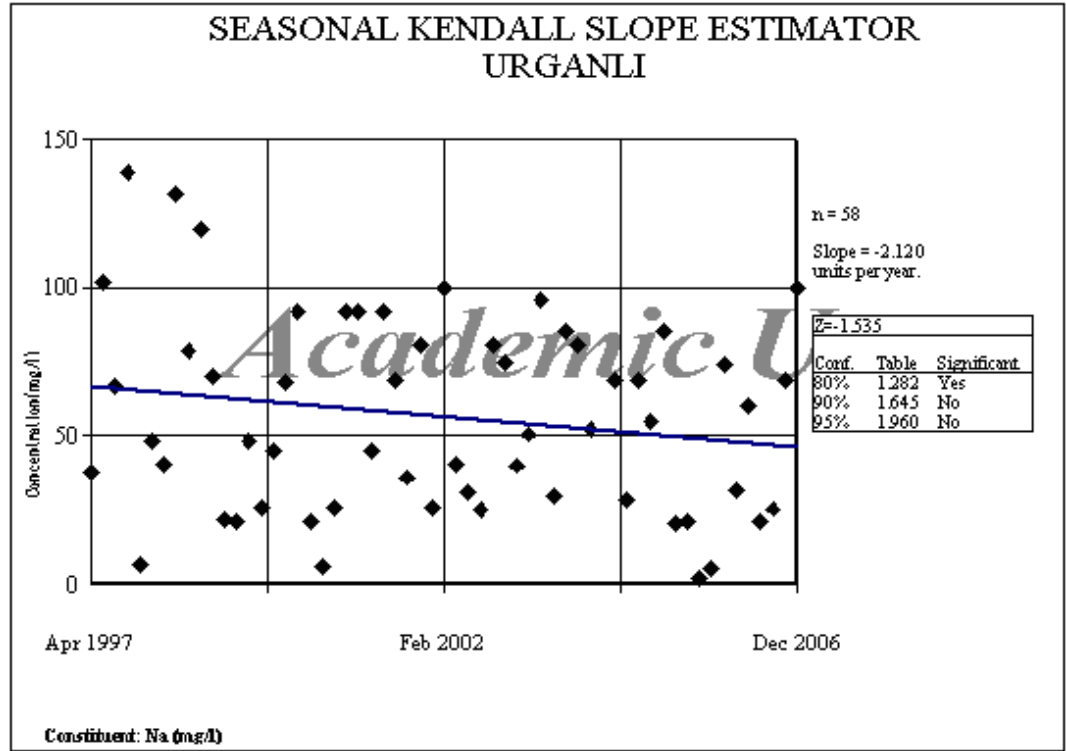
Demirköprü istasyonu Na verilerinin seri korelasyon gösterdiği belirlenmiş, TFPW işlemiyle seri korelasyon etkisi uzaklaştırıldıktan sonra, yeni seride Mann-Kendall testi ile trend analizi yapılmış ve % 95 güven düzeyinde anlamlı azalan yönde trend tespit edilmiştir. Na konsantrasyonlarında yıllık azalış miktarı 2.016 mg/l olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.56).



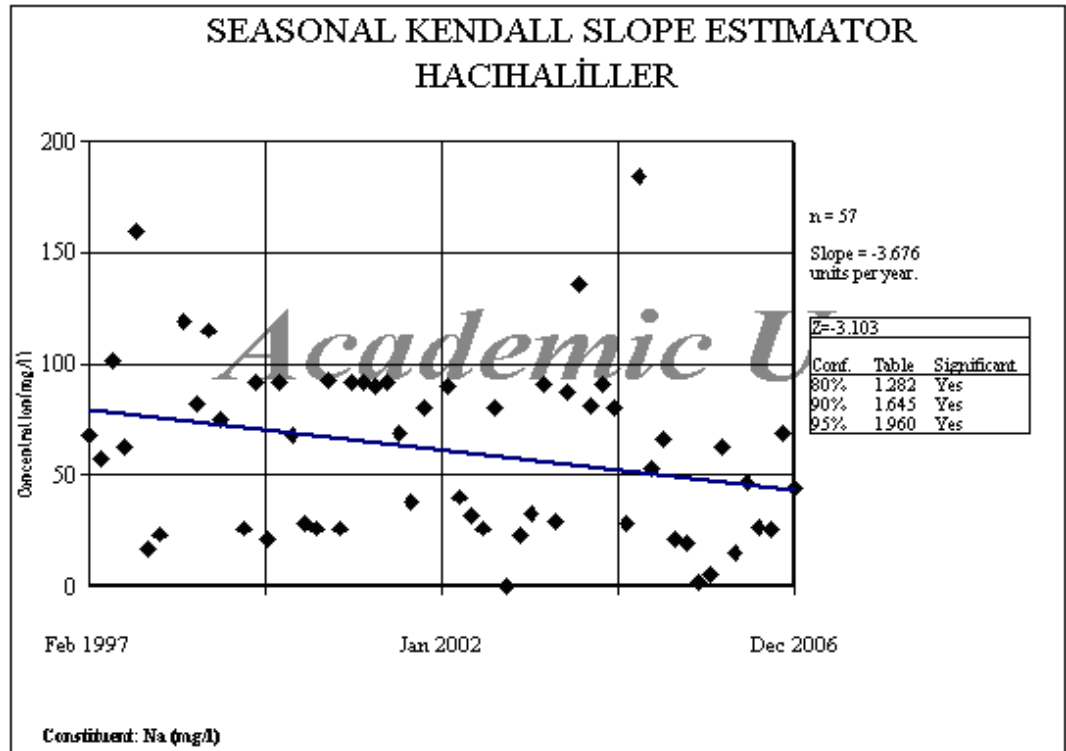
Şekil 4.56. Demirköprü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonunda, Na verilerinde Mevsimsel Kendall testi ile yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.57'de verilmiştir. Z değeri, azalan yöndeki trendi işaret etmekle birlikte, bu değer % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı değildir. Na konsantrasyonlarındaki yıllık azalış miktarı Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 2.120 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Hacıhaliller istasyonu Na verilerinde Mevsimsel Kendall test istatistiği $Z = -3.103$ olarak tahmin edilmiştir. Bu değer, % 95 güven düzeyinde anlamlı azalan yönde trend olduğunu göstermektedir. Na konsantrasyonlarındaki yıllık azalış miktarı ise 3.676 mg/l hesaplanmıştır. (Şekil 4.58).

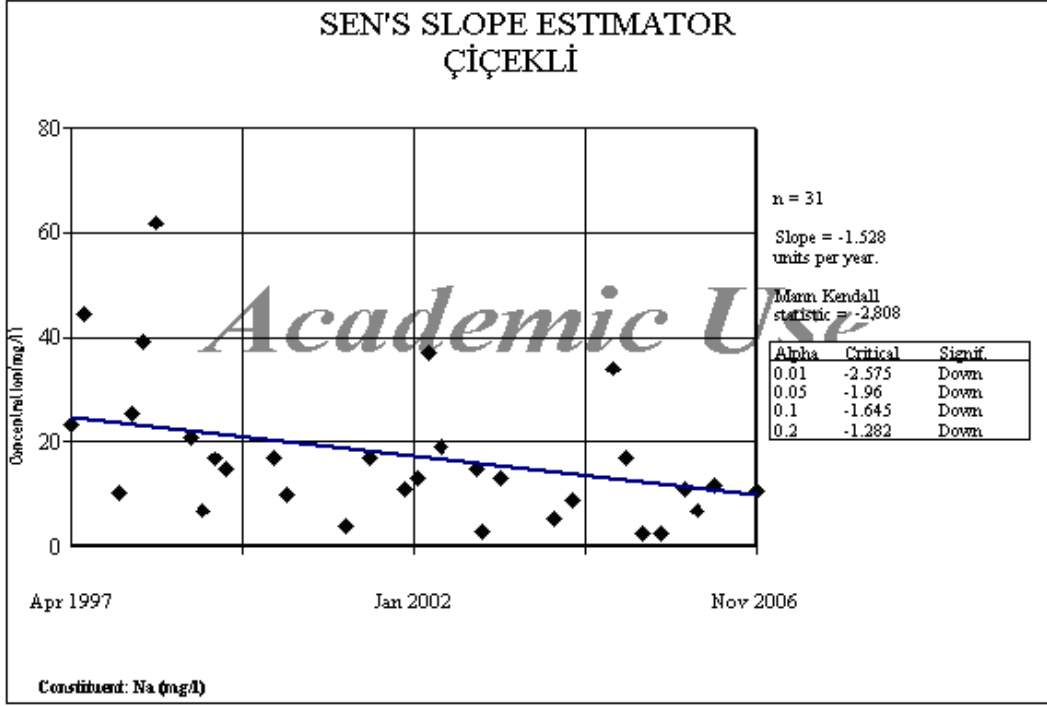


Şekil 4.57. Urganlı istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ve Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.58. Hacıhaliller istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

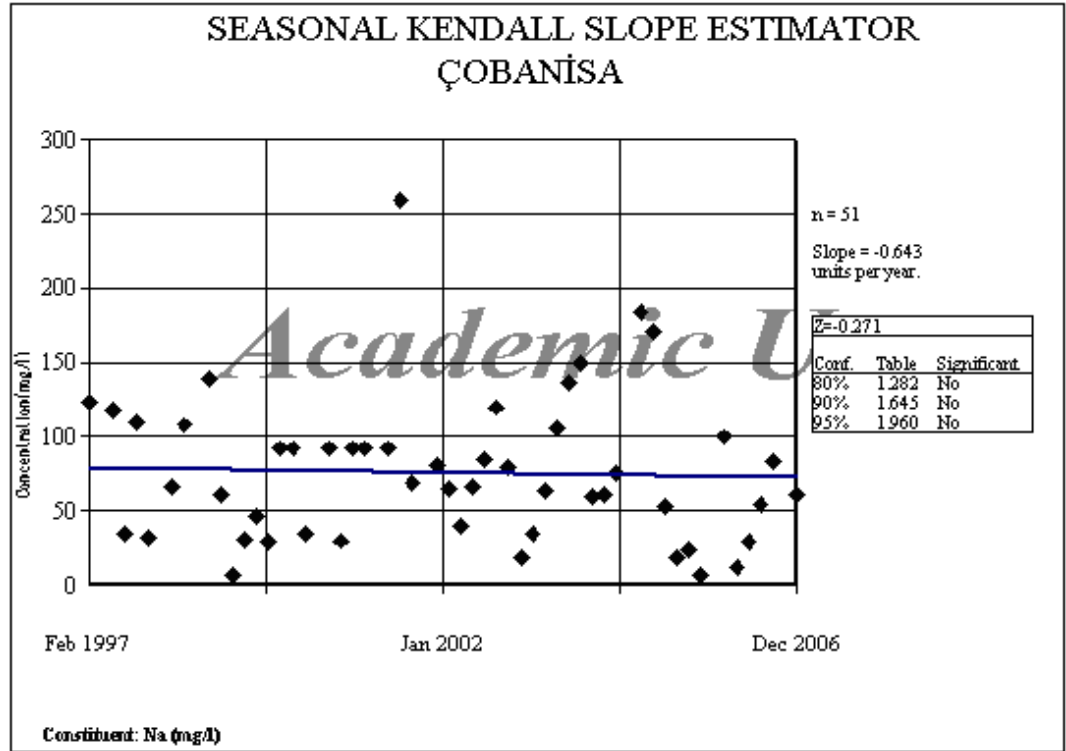
Nif Çayı-Çiçekli istasyonunda gözlenen Na verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trend tespit edilmiştir. Na konsantrasyonlarındaki yıllık azalış miktarı ise, Sen eğim tahmincisiyle 1.528 mg/l olarak tahmin edilmiştir. (Şekil 4.59).



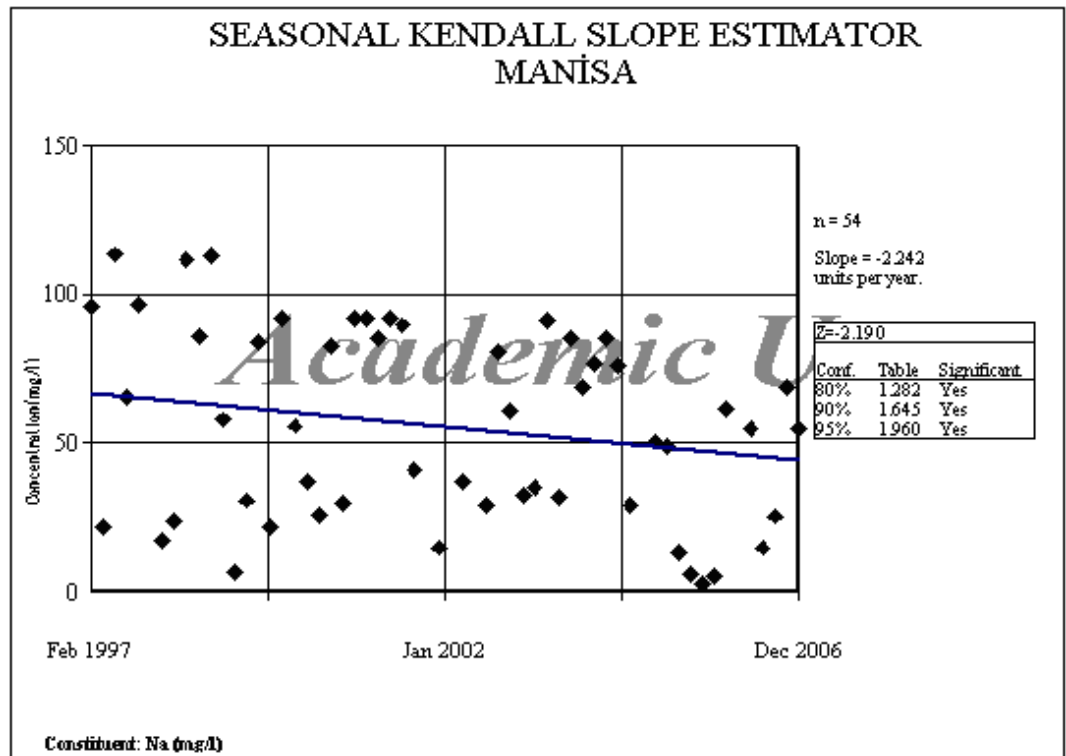
Şekil 4.59. Çiçekli istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Nif Çayı-Çobanisa istasyonu Na verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, azalan yönde ancak, % 95 güven düzeyinde anlamlı trend olmadığı belirlenmiş, Na değerlerinde yıllık azalış miktarı eğim tahmincisiyle 0.643 mg/l olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.60).

Manisa istasyonu Na verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, $Z = -2.190$ olarak hesaplanmış, % 95 güven düzeyinde anlamlı olan azalan trendin eğimi Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 2.242 mg/l/yıl olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.61).

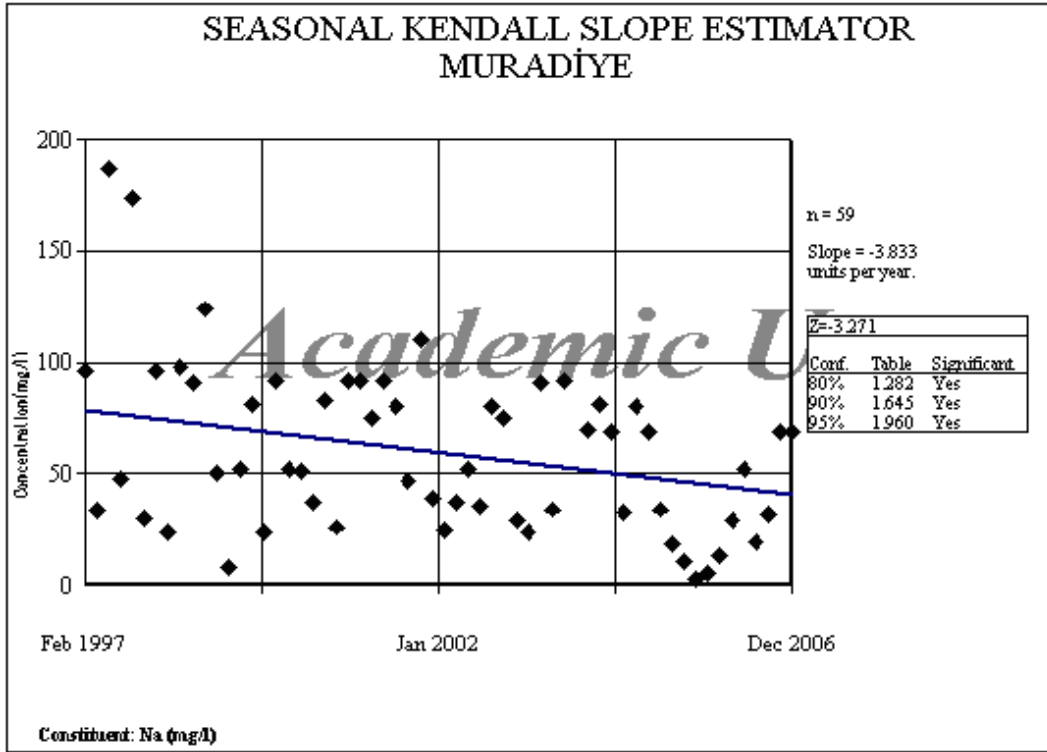


Şekil 4.60. Çobanisa istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



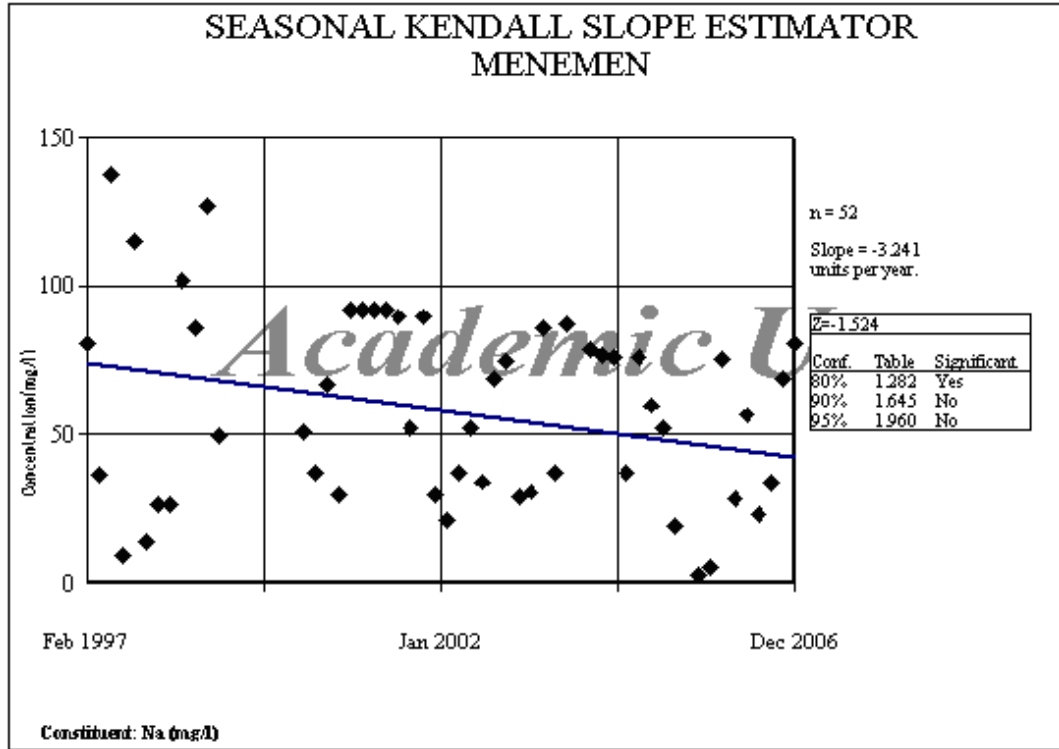
Şekil 4.61. Manisa istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Muradiye istasyonu Na verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizinde, anlamlı ve azalan yönde trend olduğu görülmektedir. Na konsantrasyonlarında azalış miktarı ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 3.833 mg/l olarak hesaplanmıştır. (Şekil 4.62).



Şekil 4.62. Muradiye istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

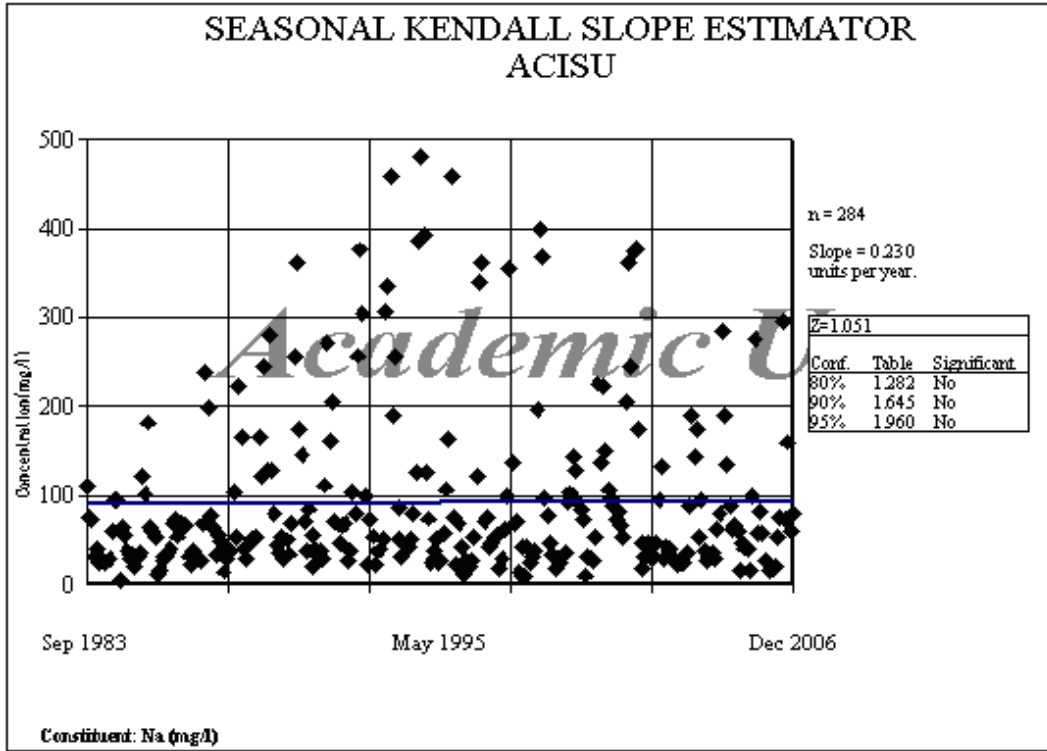
Gediz Nehri'nde su kalitesi gözlemlerinin yapıldığı mansaptaki son istasyon olan Menemen istasyonunda ölçülen Na verilerinde, Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.63'te grafiksel olarak verilmiştir. Test istatistiği, azalan yöndeki trendin istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermektedir. Na konsantrasyonlarındaki azalış 3.241 mg/l/yıl olarak bulunmuştur.



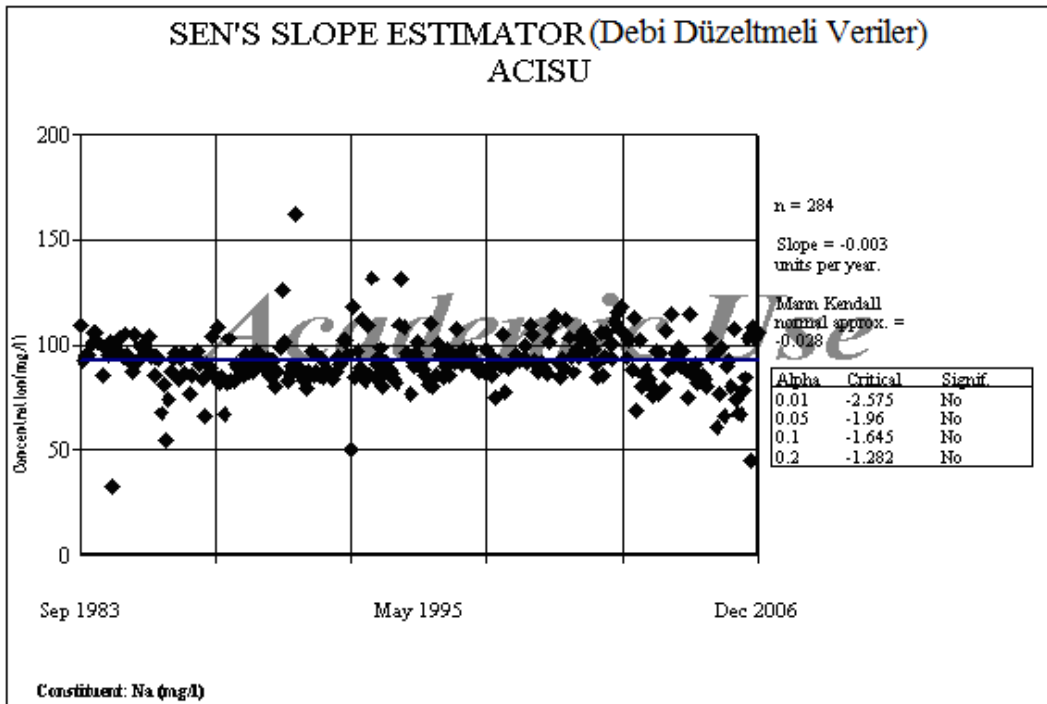
Şekil 4.63. Menemen istasyonu Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından su kalitesi gözlemlerinin anlık debi ölçümleriyle birlikte yapıldığı 3 istasyona ait ham ve debi düzeltmeli Na verilerinde yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru aşağıda verilmiştir.

Gediz Nehri-Acısü istasyonunda ölçülen ham Na verilerinde trend analizi Mevsimsel Kendall testiyle yapılmıştır. Şekil 4.64'te grafik olarak verilen trend analizi sonucunda, 1.051 olarak tahmin edilen test istatistiği, artan yönde, ancak, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trend olduğunu göstermektedir. Na verilerinde yıllık artış miktarı, istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber 0.230 mg/l olarak tahmin edilmiştir. Şekil 4.65'te grafiksel olarak verilen debi düzeltmeli Na verilerindeki trend analizinde, Mann-Kendall test istatistiği -0.028 olarak belirlenmiş olup, bu değer anlamlı trend olmadığını göstermektedir. Sen eğim tahmincisi, debi düzeltmeli Na verilerinde 0.003 mg/l/yıl azalış tahmin etmiştir.

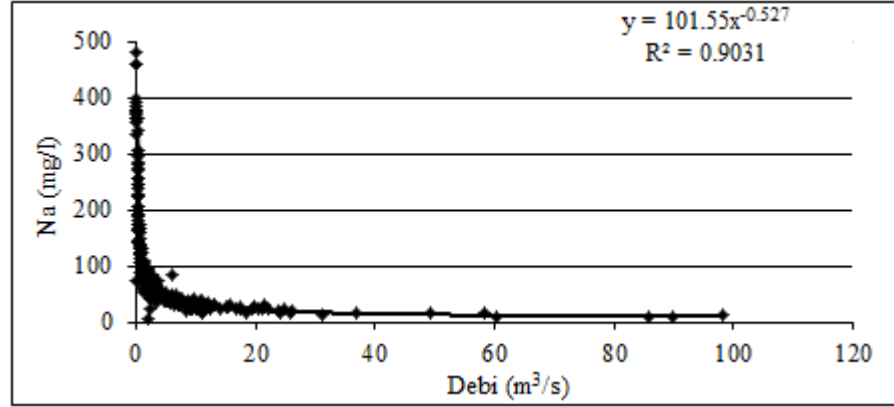


Şekil 4.64. Acısu istasyonu ham Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



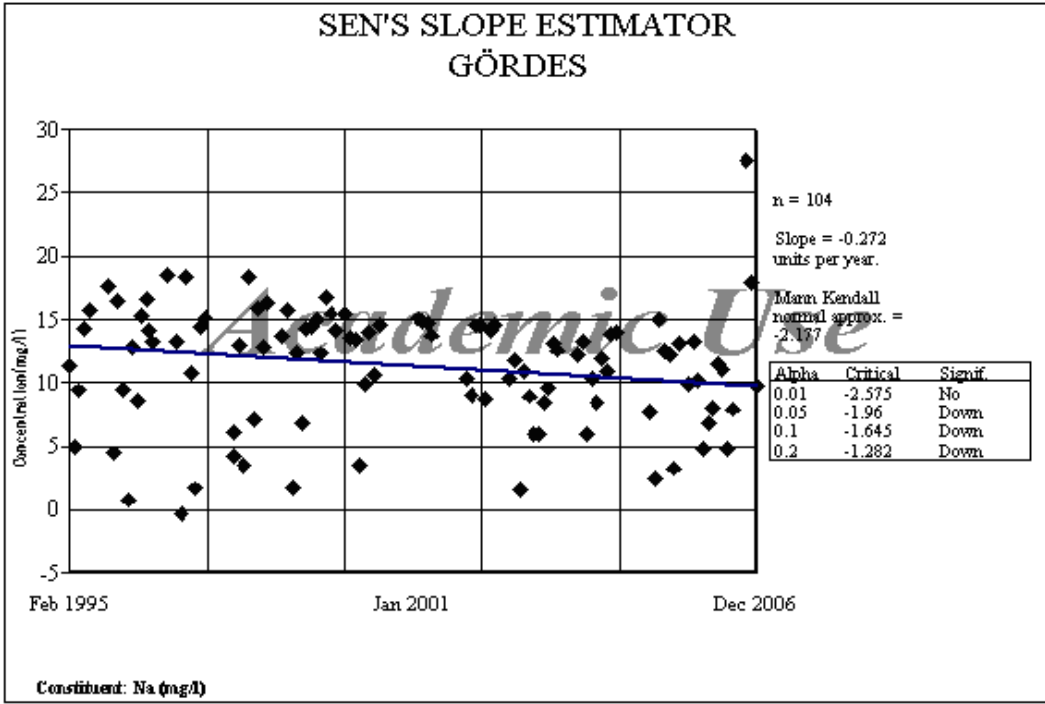
Şekil 4.65. Acısu istasyonu debi düzeltmeli Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Acısu istasyonunda, akarsu debisiyle Na konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan fonksiyon üssel fonksiyon olarak belirlenmiştir. Debinin Na konsantrasyonları üzerindeki etkisinin seyrelme etkisi yönünde olduğu ve Na konsantrasyonlarındaki değişimin % 90.31'inin debideki değişimden kaynaklandığı belirlenmiştir (Şekil 4.66).

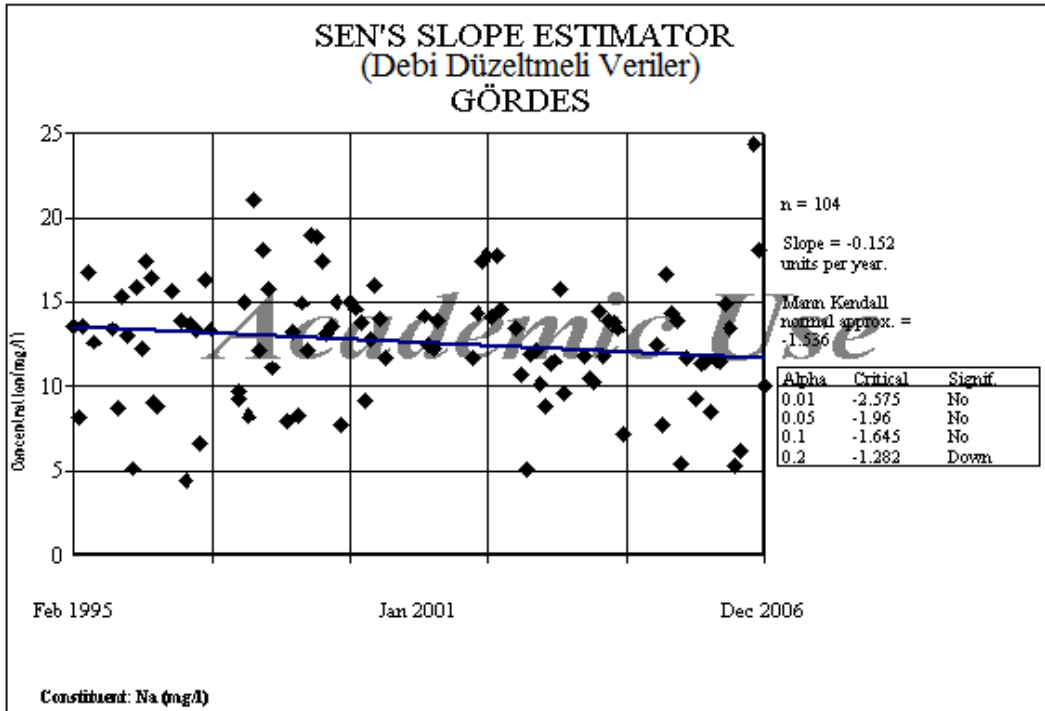


Şekil 4.66. Acısu istasyonu debi ile Na değerleri arasındaki ilişki.

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda ham ve debi düzeltilmeli Na verilerinde tespit edilen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırıldıktan sonra, yeni serilerde Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmış ve sonuçlar grafik olarak Şekil 4.67 ve 4.68'de verilmiştir. Ham verilerde $Z = -2.177$ olarak tahmin edilmiş olup, bu değer % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trend olduğunu göstermektedir. Debi düzeltilmeli verilerde -1.536 olarak tahmin edilen Z değeri ise, azalan yönde, ancak anlamlı trend olmadığını göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle, ham Na değerlerinde yıllık 0.272 mg/l , debi düzeltilmeli verilerde 0.152 mg/l azalış olduğu hesaplanmıştır.



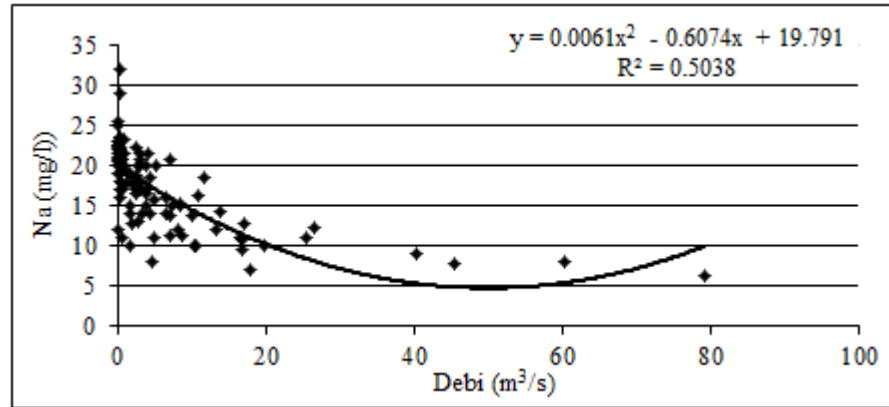
Şekil 4.67. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann- Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.68. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli Na verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

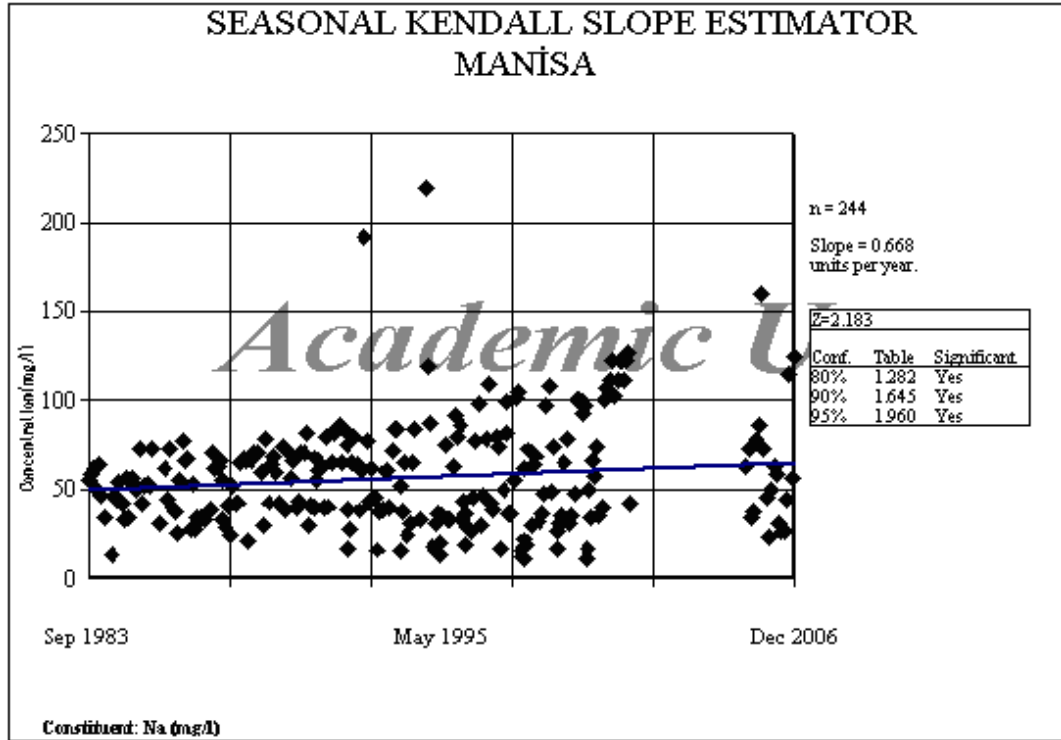
Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda, debiyle Na konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan fonksiyon ikinci dereceden polinom olarak

belirlenmiş ve Na konsantrasyonlarındaki değişimin % 50.38'inin debideki değişimden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.69).

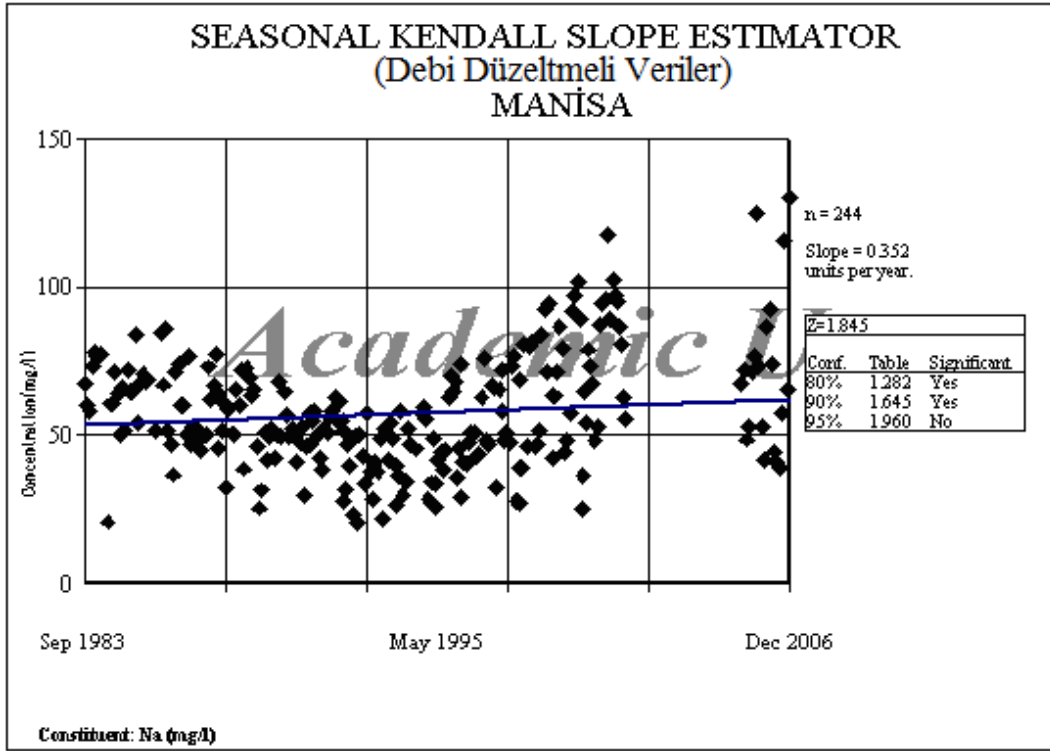


Şekil 4.69. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile Na değerleri arasındaki ilişki.

Manisa istasyonunda ham ve debi düzeltilmeli verilerde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizinde; ham verilerde % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trend belirlenirken, debi düzeltilmeli verilerde de artan yönde, ancak istatistiksel olarak anlamlı olmayan trend belirlenmiştir. Artışlar ham verilerde 0.668 mg/l/yıl, debi düzeltilmeli verilerde 0.352 mg/l/yıl'dır (Şekil 4.70 ve 4.71).

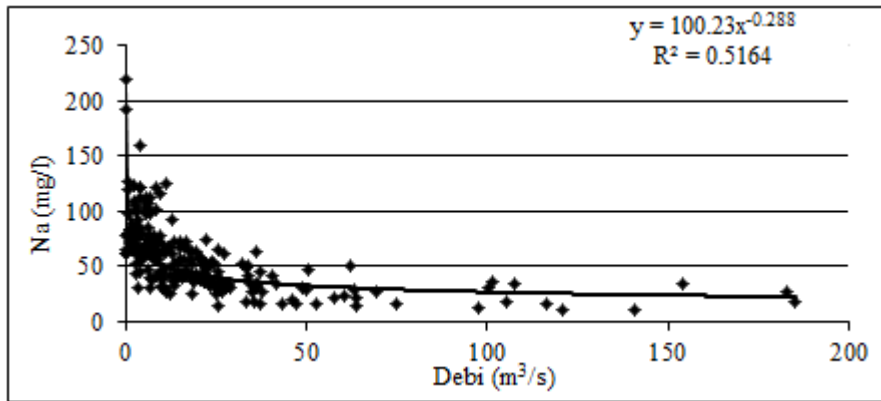


Şekil 4.70. Manisa istasyonu ham Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.71. Manisa istasyonu debi düzeltmeli Na verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda debiyle Na konsantrasyonları arasında üssel bir ilişki olduğu ve debideki artışın Na konsantrasyonlarında % 51.64 oranında azalışa neden olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.72).



Şekil 4.72. Manisa istasyonunda debi ile Na değerleri arasındaki ilişki.

Gediz Nehri Na parametresinde, Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Sodyum parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	57	TFPW M-K	-4.309	-2.016	1.96	-
Urganlı	58	S-K	-1.535	-2.120	1.96	o
Hacıhaliller	57	S-K	-3.103	-3.676	1.96	-
Çiçekli	31	M-K	-2.808	-1.528	1.96	-
Çobanisa	51	S-K	-0.271	-0.643	1.96	o
Manisa	54	S-K	-2.190	-2.242	1.96	-
Muradiye	59	S-K	-3.271	-3.833	1.96	-
Menemen	52	S-K	-1.524	-3.241	1.96	o
EİE istasyonları- Ham Na						
Acısu	284	S-K	1.051	0.230	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	-2.177	-0.172	1.96	-
Manisa	244	S-K	2.183	0.668	1.96	+
Debi düzeltmeli Na						
Acısu	284	S-K	-0.028	-0.003	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	-1.536	-0.152	1.96	o
Manisa	244	S-K	1.845	0.352	1.96	o

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Sodyum parametresinde bölgesel trendi tespit etmek için yapılan Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Sodyum parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	63	-1.489	-1.572	1.96	o
Nisan (RK)	64	-0.307	-0.084	1.96	o
Haziran (RK)	66	-5.889	-8.050	1.96	-
Ağustos (RK)	67	-3.399	-3.105	1.96	-
Ekim (RK)	64	-5.063	-5.750	1.96	-
Aralık (RK)	65	1.124	1.342	1.96	o
RSK	389	-6.250	-2.760	1.96	-

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Sodyum parametresinde Bölgesel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda; haziran, ağustos ve ekim aylarında % 95 güven düzeyinde anlamlı ve

azalan yönde trendler tespit edilmiştir. 1997-2006 yılları arasında Na konsantrasyonlarında yıllık azalış; haziran ayında 8.050 mg/l, ağustos ayında 3.105 mg/l, ekim ayında 5.750 mg/l olarak belirlenmiştir. Şubat ayında 1.572 mg/l/yıl, nisan ayında 0.084 mg/l/yıl azalışın belirlendiği trendler ile, aralık ayında 1.342 mg/l/yıl artışın belirlendiği trendler istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda ise, belirlenen güven düzeyinde kuvvetli azalan yönde trend ve 2.760 mg/l/yıl azalış tahmin edilmiştir.

Yapılan tüm trend analizi sonuçları değerlendirildiğinde, Gediz Nehri Na parametresinde genellikle % 95 güven düzeyinde kuvvetli azalış trendi tespit edilmiştir. Sodyum parametresinde görülen azalış eğilimi, Gediz nehri sularının sodyum içeriği yönünden iyileşme eğilimi içerisinde olduğunu göstermektedir.

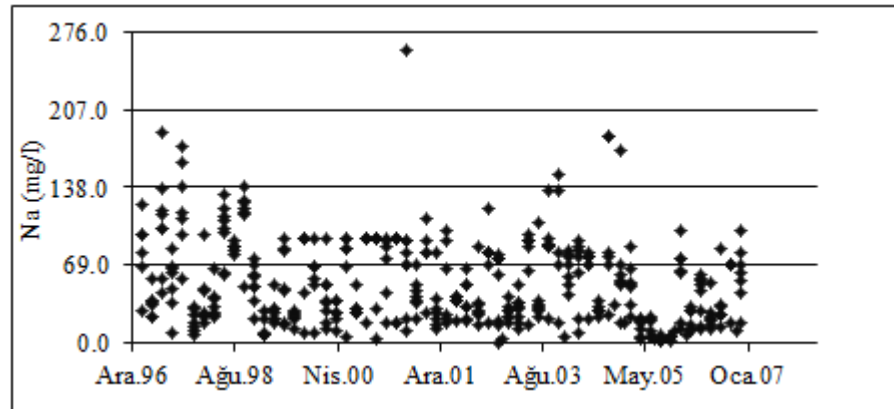
Kış döneminde yollara atılan tuzlar, tarımsal gübreler, lağım ve fabrika atık suları; suları dezenfekte etmek, sertliğini düşürmek, çürütmeyi ve bazı çökelmeleri önlemek için kullanılan NaF, Na₂SiF₆, NaOH, Na₂CO₃, NaHCO₃ gibi kimyasal maddeler Na miktarını arttırırken, toprak, zemin, kil mineralleri, şeyl ve zeolitlerdeki iyon değişimi ile Na oranı azalır (Şahinci, 1991).

Sulama sularının hemen hepsinde en azından ölçülebilecek miktarda, deniz suyunda ise çok miktarda sodyum vardır. Sodyum da diğer katyonlar gibi sulama suyu ile toprağa uygulandığında, özellikle kil mineralleri ile tepkimeye girer. Kalsiyum, magnezyum ve alüminyum gibi iki ve üç değerli katyonlar, sodyum ve potasyum gibi bir değerli katyonlara kıyasla kil zerreleri yüzeyinde daha kuvvetle tutulurlar. Bu nedenle bu katyonlar kil zerrelerinin daha büyük ve stabil agregatlar halinde bir araya toplanmasını ve dolayısıyla daha iyi yapıdaki tarım topraklarının meydana gelmesini sağlarlar. Sulama sularında sodyumun hakim duruma geçmesi durumunda kil kompleksleri dispers hale geçer, geçirgenlik azalır, toprak işleme güçleşir. Bu nedenle sulama suyunun sodyum konsantrasyonunun yüksek olması halinde sodyum zararı fazla, buna karşın kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonunun yüksek olması halinde sodyum zararı düşüktür (Kanber vd., 1992).

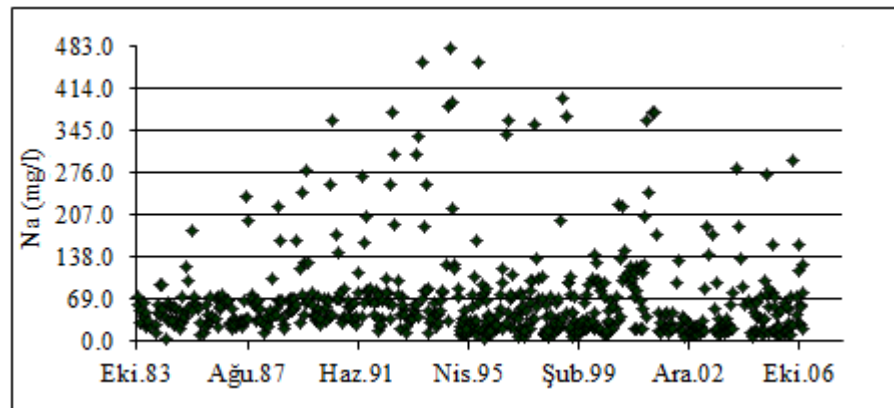
Sodyum içerikleri yönünden, Ayers and Westcot (1985) tarafından önerilen sulama suyu sınıflandırılmasında; özel iyon toksisitesi açısından, yüzey ve yağmurlama sulamada Na<3 me/l (<69 mg/l) "sorunsuz", yüzey sulamada 3-9 me/l (69-207 mg/l) ve yağmurlama sulamada >3 me/l (>69 mg/l) "artan sorunlu",

yüzey sulamada >9 me/l (>207 mg/l) "şiddetli sorunlu" sular sınıfına girmektedir. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre; $\text{Na} < 125$ mg/l 1. ve 2. sınıf, 125-250 mg/l 3. sınıf, >250 mg/l 4. sınıf olarak sınıflandırılır.

Sodyum değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi grafiksel olarak Şekil 4.73 ve 4.74'te verilmiştir. Grafikler incelendiğinde, Na değerlerinin çoğunlukla 69 mg/l'nin altında, kısmen de 69-207 mg/l arasında olduğu belirlenmiştir. Gediz Nehri suları Na içeriği yönünden Ayers and Westcot (1985) sınıflandırma sistemine göre; yüzey sulama için, kısmen sorunsuz, kısmen artan sorunlu sular sınıfında, yağmurlama sulama için kısmen sorunsuz, kısmen şiddetli sorunlu sular sınıfında, SKKY kriterlerine göre; 1. ve 2. sınıfta yer almaktadır. Yapılan trend analizleri sonucunda azalan yönde tespit edilen trendler devam ederse, Gediz Nehri sularının Na içeriği yönünden daha iyi kalitede sular sınıfına girebileceği söylenebilir.



Şekil 4.73. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen Na değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.74. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen Na değerlerinin zamansal değişimi.

Sulama sularının değerlendirilmesinde sodyum konsantrasyonu tek başına yeterli değildir. Sodyumun diğer katyonlara oranı ve bazı koşullar altında kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları ile ilgili olarak bikarbonat konsantrasyonu su kalitesinin değerlendirilmesinde önem taşır. Sulama suyundaki sodyum sorunu ile ilgili ilk çalışmalarda sodyumun diğer katanyonlara nisbi oranı, genellikle eriyebilir sodyum yüzdesi olarak gösterilmiştir. Ancak toprak eriyiği ile kolloidler arasındaki katyon mübadelesini açıklayan çalışmaların ilerlemesiyle bu tanımlama şeklinin de yeterli olmadığı anlaşılmıştır. Yapılan çalışmalarda, toprak eriyiğinin sodyum adsorpsiyon oranının (SAR), toprak tarafından adsorbe edilmiş sodyum miktarına etki ettiği bulunmuş ve SAR'ın suyun sodyum veya alkali zararının bir indeksi olarak kullanılması önerilmiştir. Sulama suları yüksek konsantrasyonlarda bikarbonat iyonlarını bulundurduruyorsa, toprak eriyiği evapotranspirasyon yolu ile daha konsantre hale geldiğinde, kalsiyum ve magnezyum karbonatların erirlik sınırı aşılar ve bu iyonlar karbonatlar şeklinde çöker. Bu durum, kalsiyum ve magnezyumun eriyikteki miktarının azalarak sodyumun nisbi miktarının artması ve dominant hale geçmesine ve sonuçta sodyum zararının artmasına neden olur. Sulama suyu analizi sonucunda, karbonat ve bikarbonat iyonları toplam konsantrasyonundan kalsiyum ve magnezyum toplam konsantrasyonu çıkarıldığında sonuç pozitif ise artık değer kadar sodyum karbonat vardır. Sulama sularının artık sodyum karbonat içeriği, toprakların fiziksel özelliklerini bozmakta ve “Siyah alkali” diye tanımlanan sodyumlu toprakları oluşturmaktadır. Sulama sularında izin verilebilir en yüksek sodyum karbonat veya bikarbonat 2.5 me/l olarak kabul edilmektedir (Ayyıldız, 1990).

Sodyumun sulama suyu kalitesi hakkında tek başına yeterli bir kriter olmaması nedeniyle, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve kalıcı sodyum karbonat (RSC) değerleri hesaplanmış, ancak, RSC değerleri genellikle 0 veya negatif değerler olarak hesaplandığından, trend analizi RSC parametresinde yapılmamış, SAR parametresinde yapılmıştır.

4.2.6.1 Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)

Sodyum adsorbsiyon oranı aşağıda gösterildiği gibi formüle edilmiştir.

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Burada Na, Ca ve Mg konsantrasyonları me/l olarak ifade edilmektedir.

Sodyum adsorbsiyon oranı parametresi için, Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, bu sonuçlara göre belirlenen uygun trend testi membadan mansaba doğru Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Sodyum adsorbsiyon oranı parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	58	0.98	11.07	-	0.58	0.25	-0.29	+	TFPW M-K
Urganlı	58	8.13	"	-	0.06	0.25	-0.29	-	M-K
Hacıhaliller	57	9.53	"	-	0.05	0.25	-0.29	-	M-K
Çiçekli	31	o	o	o	0.35	0.34	-0.42	+	TFPW M-K
Çobanisa	51	15.74	11.07	+					S-K
Manisa	54	8.71	"	-	0.09	0.27	-0.31	-	M-K
Muradiye	59	10.62	"	-	-0.04	0.25	-0.29	-	M-K
Menemen	52	9.01	"	-	0.09	0.26	-0.31	-	M-K
EİE istasyonları -Ham SAR									
Acısu	284	159.4	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.31	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	46.14	11.07	+					S-K
Debi düzeltmeli SAR									
Acısu	284	19.66	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.24	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	26.85	11.07	+					S-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

: - Mevsimsellik yok

: o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

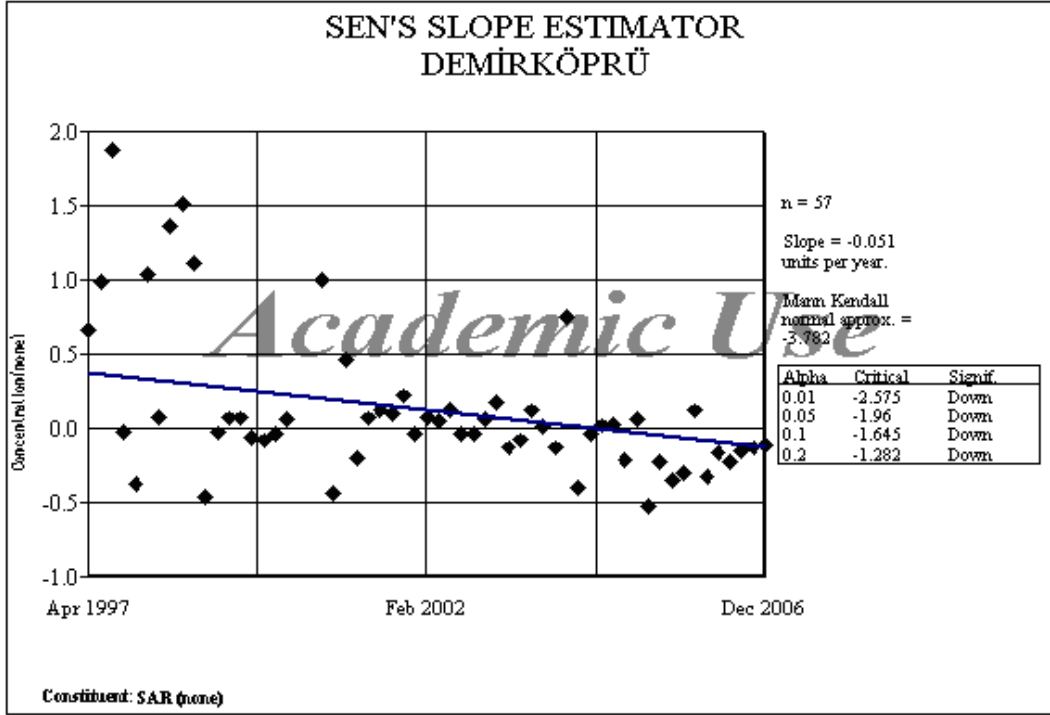
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

: - Seri korelasyon yok

Sodyum adsorbsiyon oranı parametresinde, Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, membadan mansaba doğru Şekil 4.75’ten itibaren sırasıyla aşağıda verilmiştir.

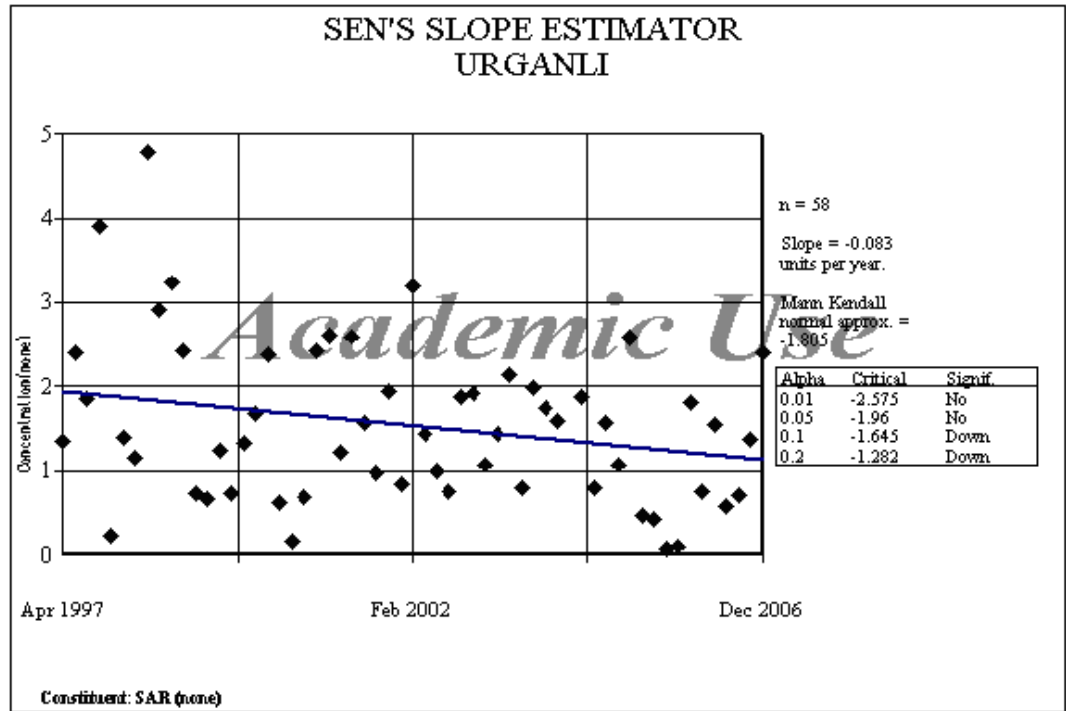
Demirköprü istasyonu SAR değerlerindeki seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle giderildikten sonra, Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.75'te verilmiştir. SAR değerlerinde azalan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trend belirlenmiş, yıllık azalış miktarı Sen eğim tahmincisiyle 0.051 olarak tahmin edilmiştir.



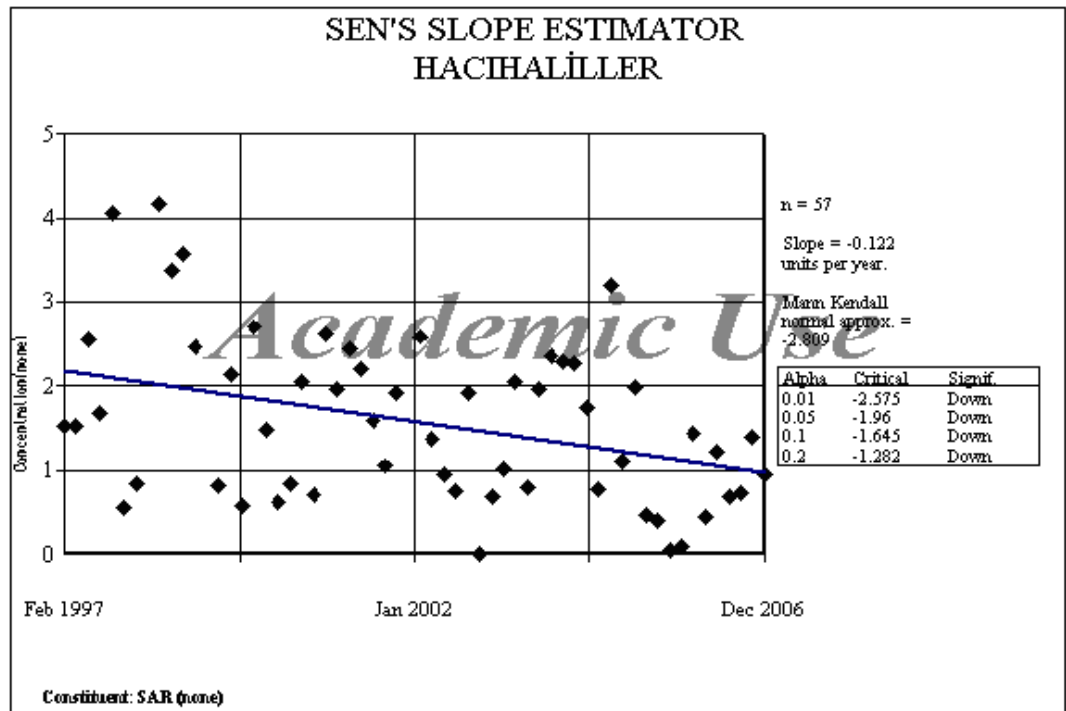
Şekil 4.75. Demirköprü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonuna ait SAR değerlerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde -1.805 olarak hesaplanan Z değeri, istatistiksel olarak anlamlı olmayan azalan yönde trend olduğunu göstermektedir. SAR değerlerinde yıllık azalış Sen eğim tahmincisiyle 0.083 hesaplanmıştır (Şekil 4.76).

Hacıhaliller istasyonu SAR verilerinde, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trendin belirlendiği Mann-Kendall trend analizi sonucu grafik olarak Şekil 4.77'de verilmiştir. SAR değerlerindeki yıllık azalış miktarı ise Sen eğim tahmincisiyle 0.122 olarak tahmin edilmiştir.

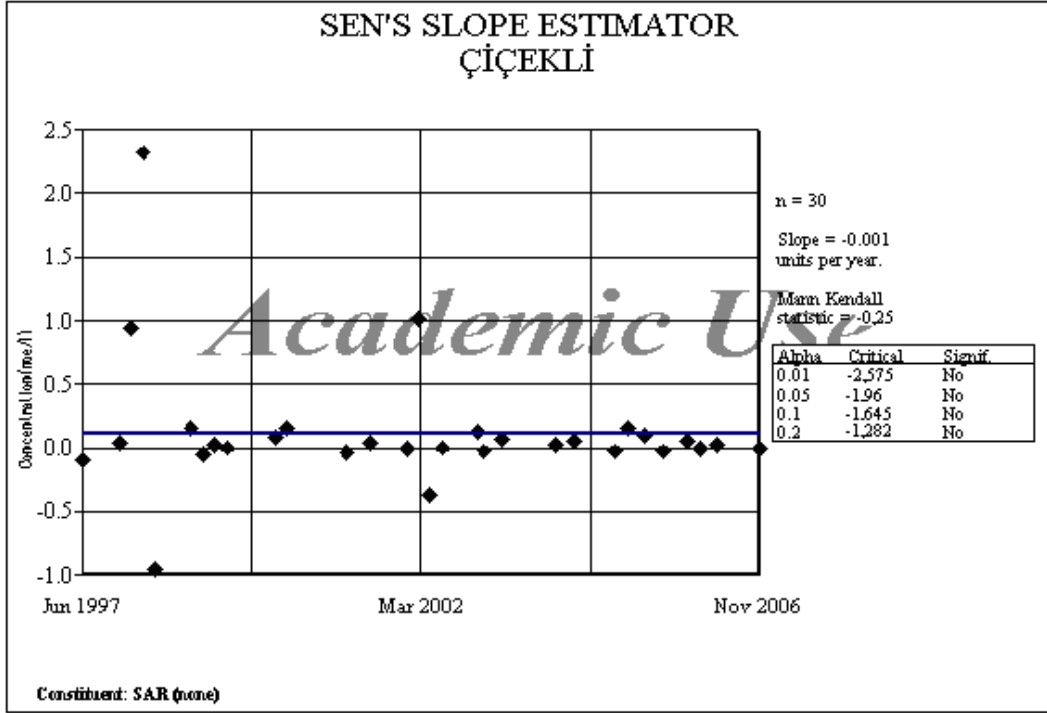


Şekil 4.76. Urganlı istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.77. Hacıhaliller istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

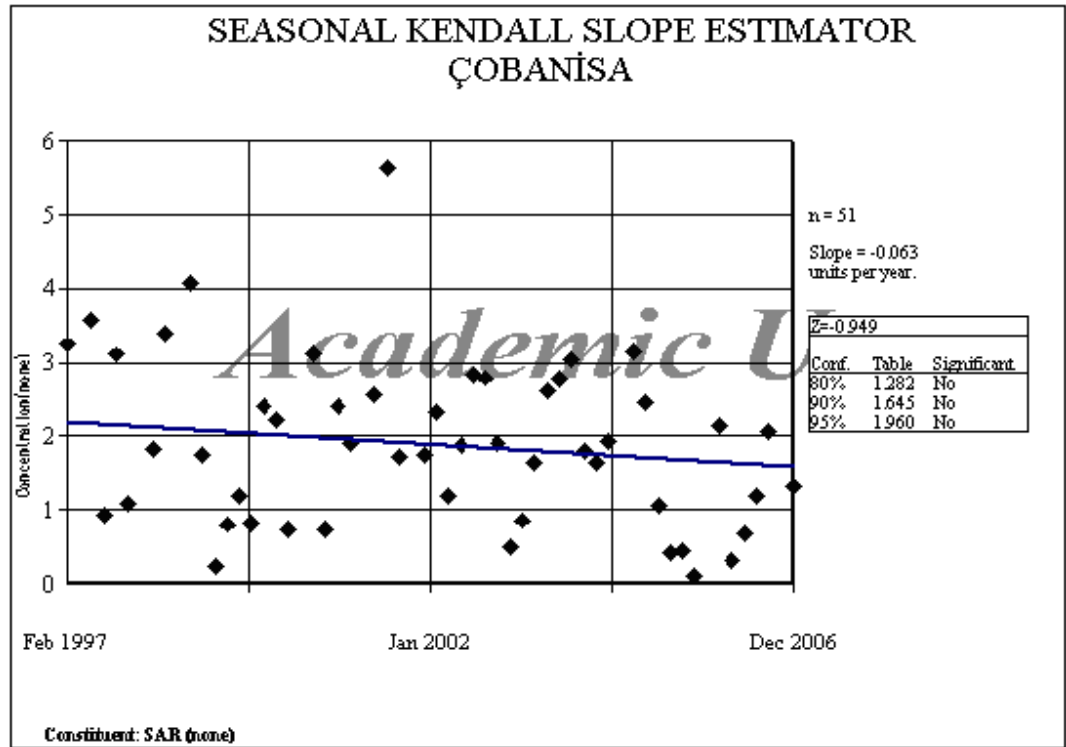
Çiçekli istasyonuna ait SAR değerlerinde belirlenen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırılmış, yeni oluşturulan seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmış ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trend olmadığı görülmüştür. Sen eğim tahmincisi, Çiçekli istasyonu SAR değerlerindeki azalış miktarını 0.001 olarak hesaplamıştır (Şekil 4.78).



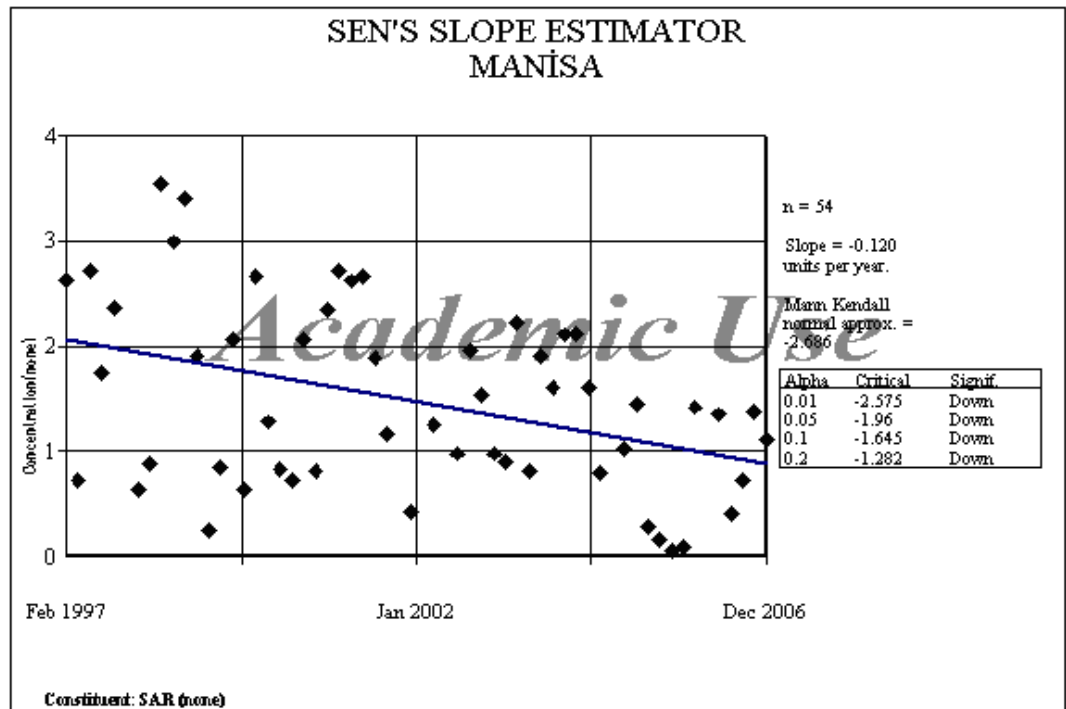
Şekil 4.78. Çiçekli istasyonu TFPW işlemi uygulanmış SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Çobanisa istasyonu SAR değerlerinde trend analizi Mevsimsel Kendall testiyle yapılmış, sonuç grafiksel olarak Şekil 4.79'da verilmiştir. Test istatistiği -0.949 olarak hesaplanmış ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trend olmadığı görülmüştür. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle SAR değerlerinde yıllık azalış 0.063 olarak tahmin edilmiştir.

Manisa istasyonu SAR değerlerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda; % 95 güven düzeyinde anlamlı azalan yönde trend tespit edilmiştir. Yıllık azalış miktarının 0.120 olarak tahmin edildiği trend analizi sonucu Şekil 4.80'de grafik olarak verilmiştir.

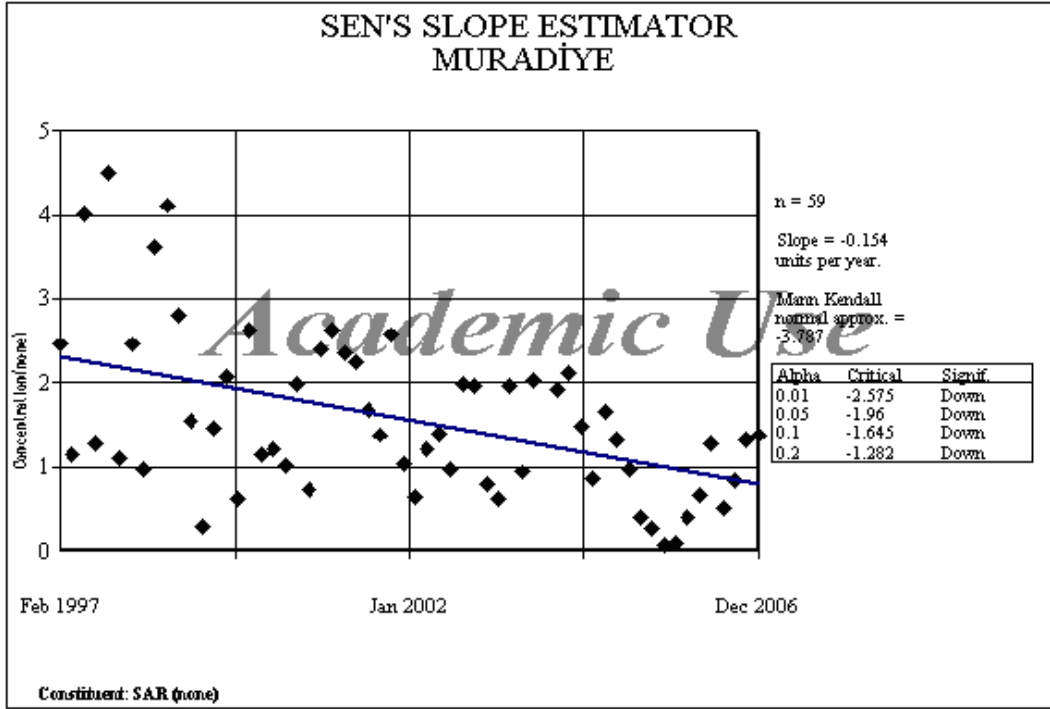


Şekil 4.79. Çobanisa istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.80. Manisa istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

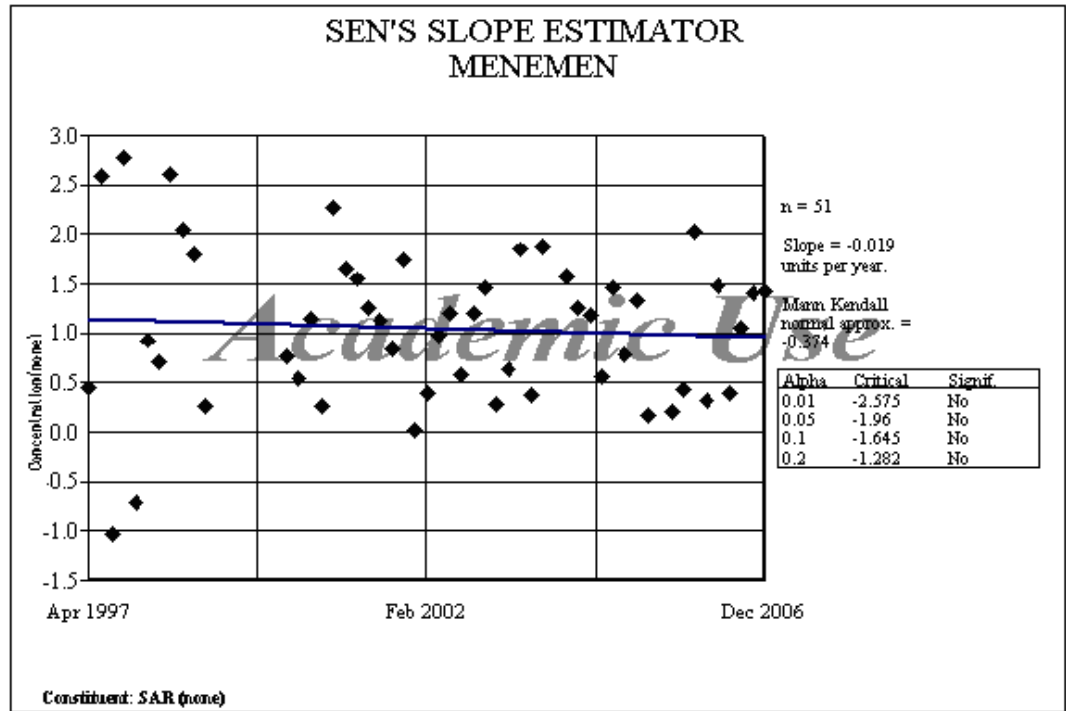
Muradiye istasyonu SAR değerlerinde Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmış, azalan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trend belirlenmiştir. Test istatistiği -3.787, yıllık azalış miktarı ise Sen eğim tahmincisiyle 0.154 olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.81).



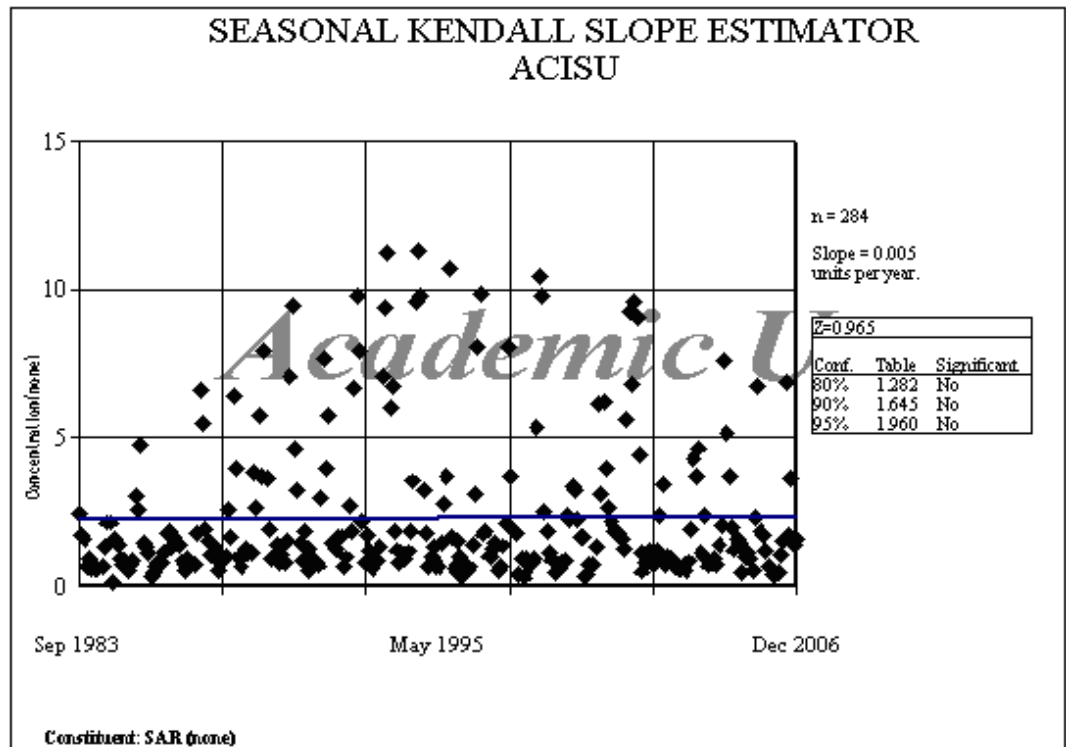
Şekil 4.81. Muradiye istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Menemen istasyonunda, Şekil 4.82’de grafik olarak verilen Mann-Kendall testi trend analizi sonucunda; % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı trend belirlenememiştir. Yıllık azalış miktarı ise 0.019 olarak hesaplanmıştır.

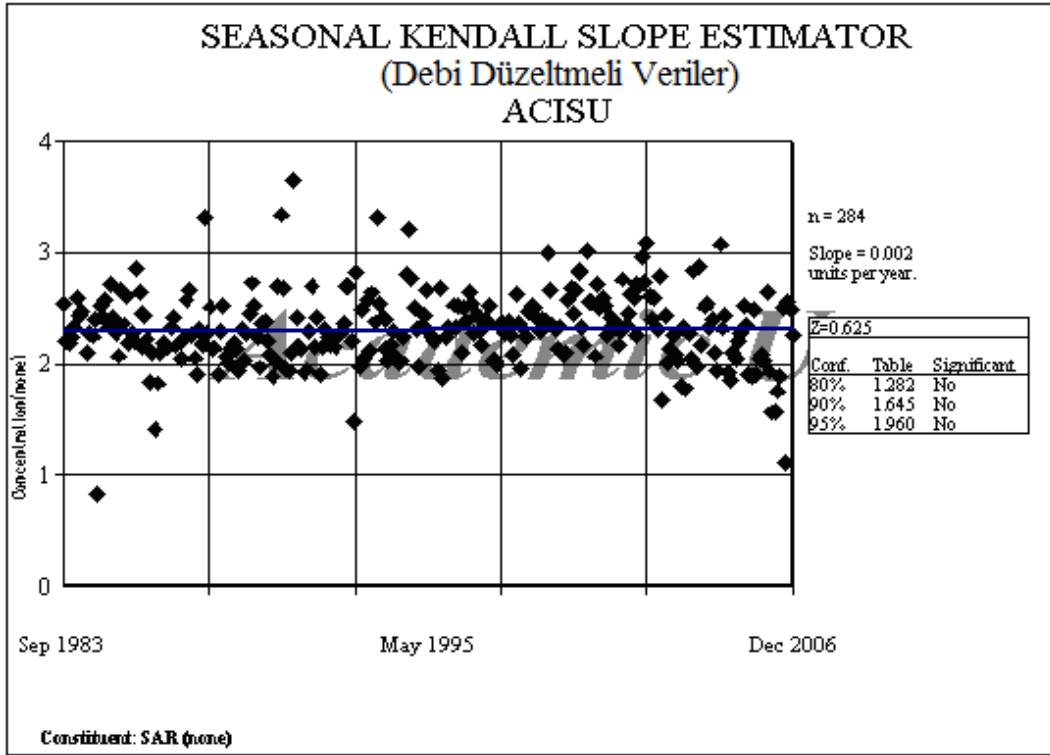
Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Gediz Nehri’nde su kalitesinin izlendiği membadaki ilk istasyon olan Acısu istasyonunda ham ve debi düzeltmeli SAR verilerinin trend analizi Mevsimsel Kendall testiyle yapılmış, sonuçlar grafik olarak Şekil 4.83 ve 4.84’te verilmiştir. Anlamlı olmamakla beraber, artan yönde trendler belirlenmiş ve yıllık artış miktarları Sen eğim tahmincisiyle ham verilerde 0.005, debi düzeltmeli verilerde 0.002 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.82. Menemen istasyonu SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

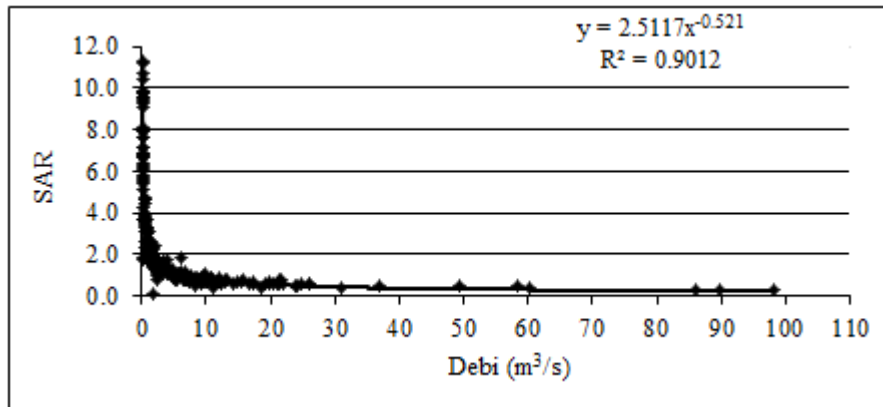


Şekil 4.83. Acısu istasyonu ham SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.84. Acısu istasyonu debi düzeltmeli SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

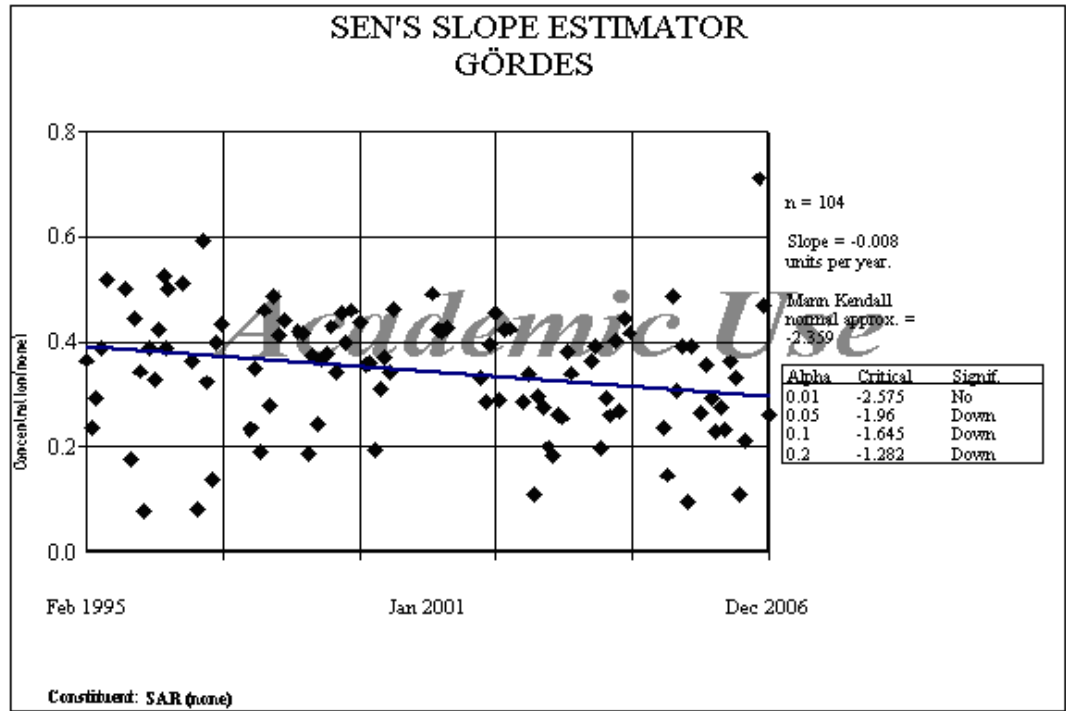
Acısu istasyonunda akarsu debisiyle SAR değerleri arasında üssel ilişki belirlenmiş olup, SAR değerlerindeki değişimin % 90.12'sinin debideki değişimden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.85).



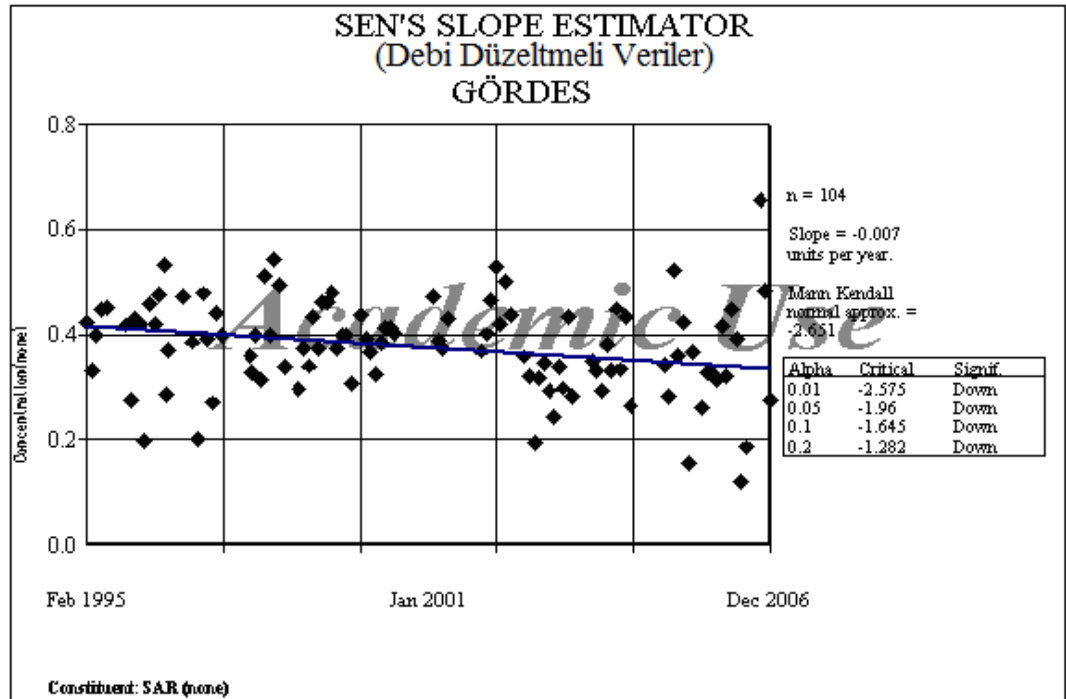
Şekil 4.85. Acısu istasyonunda debi ile SAR değerleri arasındaki ilişki.

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda ham ve debi düzeltmeli SAR verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle giderildikten sonra, yeni serilerde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, ham ve debi düzeltmeli verilerde, % 95 güven düzeyinde anlamlı azalan yönde trendler

belirlenmiş ve SAR değerlerinde yıllık azalış miktarı ham verilerde 0.008, debi düzeltilmeli verilerde 0.007 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.86 ve 4.87).

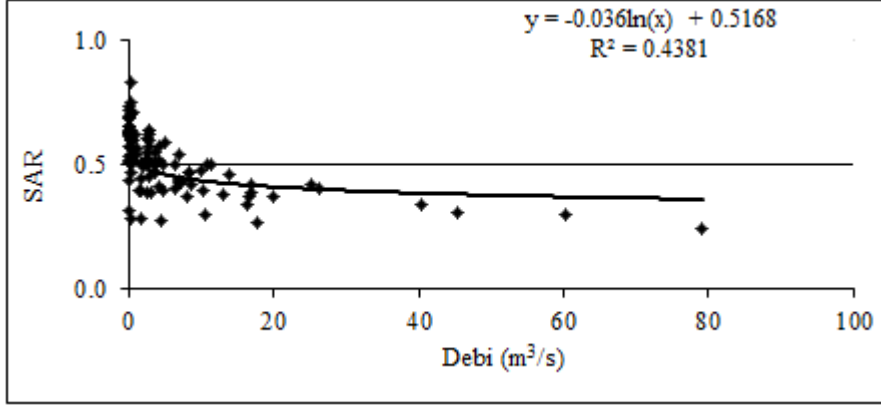


Şekil 4.86. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.87. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltilmeli SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

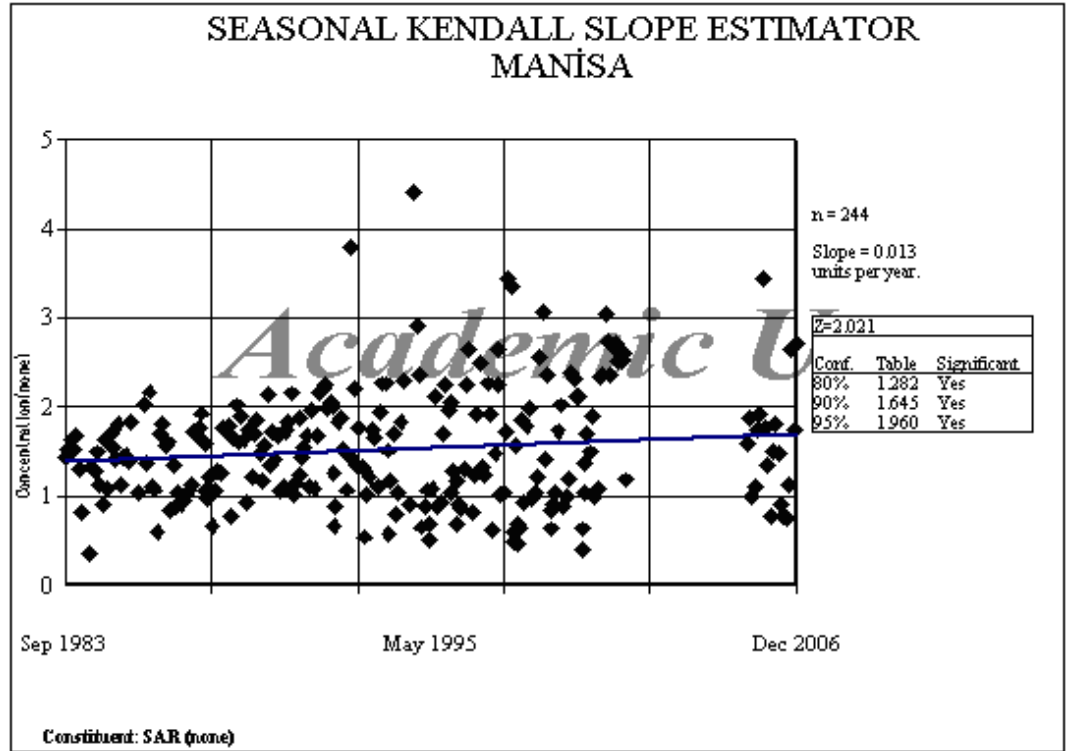
Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debiyle SAR değerleri arasında logaritmik ilişki olduğu ve debideki artışın SAR değerlerinde % 43.81 azalışa neden olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.88).



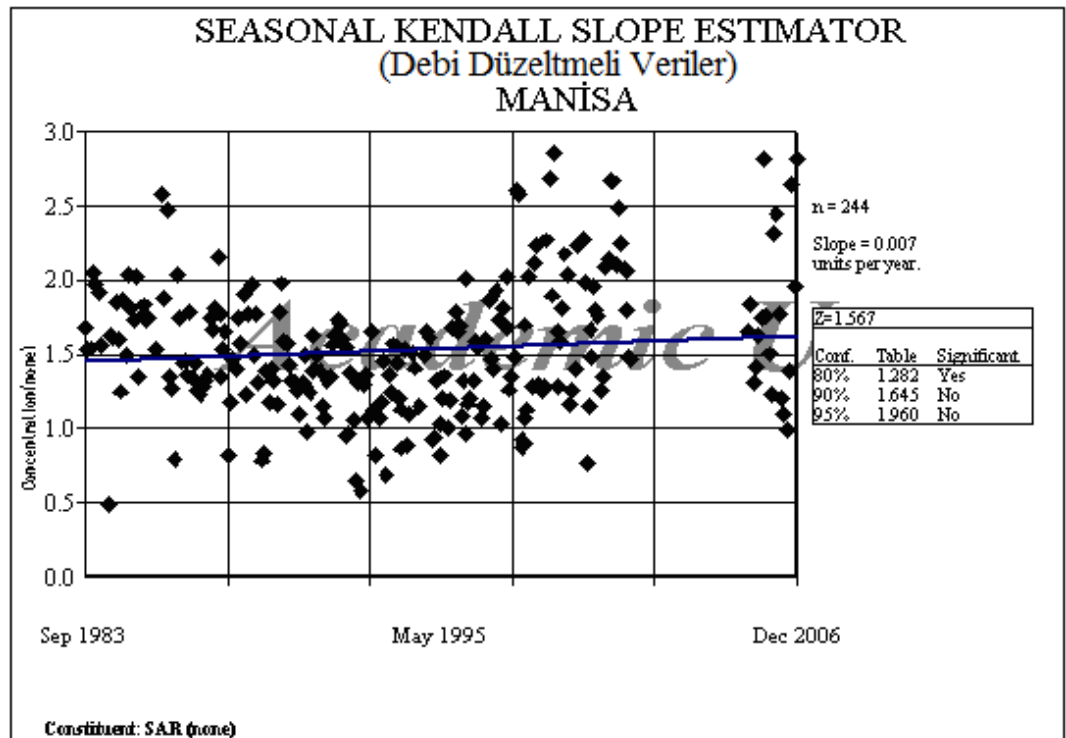
Şekil 4.88. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile SAR değerleri arasındaki ilişki.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından Gediz Nehri'nde su kalitesinin izlendiği mansaptaki son istasyon olan Manisa istasyonunda, ham SAR verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu grafiksel olarak Şekil 4.89'da verilmiştir. Ham verilerde % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiş olup, yıllık artış Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.013 olarak tahmin edilmiştir.

Manisa istasyonunda debi düzeltmeli SAR verilerinde de Mevsimsel Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Şekil 4.90'da verilen trend analizi sonucunda, artan yönde trend olduğu, ancak bu trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı görülmüştür. SAR değerlerinde yıllık artış 0.007 tahmin edilmiştir.

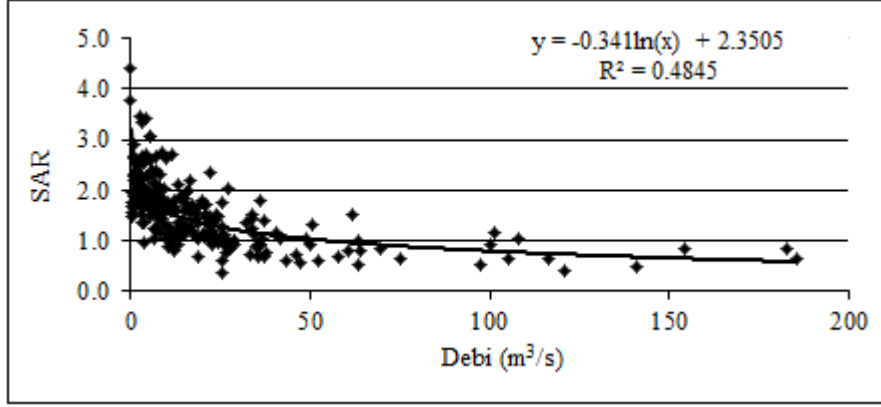


Şekil 4.88. Manisa istasyonu ham SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.90. Manisa istasyonu debi düzeltmeli SAR verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda debiyle SAR değerleri arasında logaritmik ilişki olduğu ve debideki artışın SAR değerlerinde % 48.45 azalışa neden olduğu belirlenmiş ve grafik olarak Şekil 4.91’de verilmiştir.



Şekil 4.91. Manisa istasyonunda debi ile SAR değerleri arasındaki ilişki.

Sodyum adsorbsiyon oranı parametresinde % 95 güven düzeyinde trend analizi sonuçları, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.23’te verilmiştir.

Çizelge 4.23. Sodyum adsorbsiyon oranı parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	57	TFPW M-K	-3.782	-0.051	1.96	-
Urganlı	58	M-K	-1.805	-0.083	1.96	o
Hacıhaliller	57	M-K	-2.809	-0.122	1.96	-
Çiçekli	30	TFPW M-K	-0.250	-0.001	1.96	o
Çobanisa	51	S-K	-0.949	-0.063	1.96	o
Manisa	54	M-K	-2.686	-0.120	1.96	-
Muradiye	59	M-K	-3.787	-0.154	1.96	-
Menemen	52	M-K	-0.374	-0.019	1.96	o
EİE istasyonları-Ham SAR						
Acısu	284	S-K	0.965	0.005	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	-2.359	-0.008	1.96	-
Manisa	244	S-K	2.021	0.013	1.96	+
Debi düzeltilmeli SAR						
Acısu	284	S-K	0.625	0.002	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	-2.651	-0.007	1.96	-
Manisa	244	S-K	1.567	0.007	1.96	o

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Çizelge 4.23 incelendiğinde, Gediz Nehri SAR değerlerinin çoğunlukla anlamlı azalış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir

Sodyum adsorbsiyon oranı parametresinde bölgesel trendi tespit etmek için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir.

Çizelge 4.24. Sodyum adsorbsiyon oranı parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analiz sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	63	-1.371	-0.050	1.96	o
Nisan (RK)	64	-1.113	-0.037	1.96	o
Haziran (RK)	66	-5.963	-0.239	1.96	-
Ağustos (RK)	67	-3.506	-0.097	1.96	-
Ekim (RK)	64	-5.863	-0.208	1.96	-
Aralık (RK)	65	-0.375	-0.008	1.96	o
RSK	389	-7.537	-0.100	1.96	-

^a : + Artan yönde trend

- Azalan yönde trend

o Trend yok

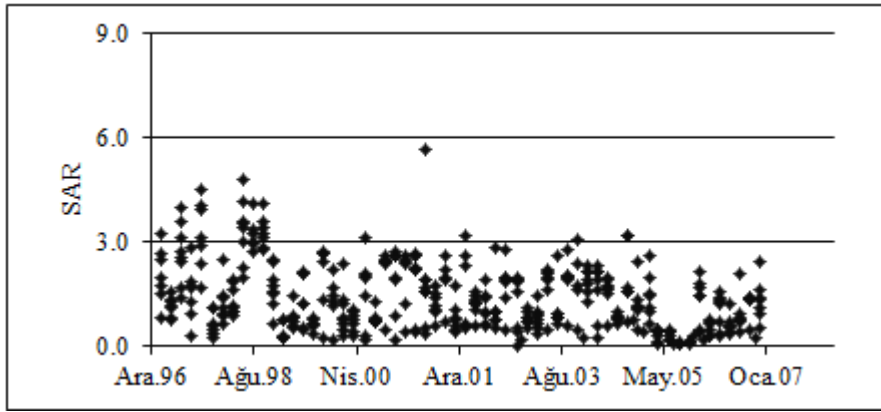
Bölgesel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda; 1997-2006 yılları arasında SAR parametresinde haziran, ağustos ve ekim aylarında % 95 güven düzeyinde anlamlı azalan yönde trendler ve sırasıyla 0.239, 0.097 ve 0.208 azalışlar belirlenmiştir. Şubat, nisan ve aralık aylarında % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan azalan yönde trendler belirlenmiş, azalışlar 0.050, 0.037 ve 0.008 olmuştur. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda ise, seçilen güven düzeyinde kuvvetli azalan yönde trend tespit edilmiş, yıllık azalış miktarı 0.100 olarak tahmin edilmiştir.

Suların sulamaya uygunluğunun SAR içeriği yönünden değerlendirilmesinde Ayers and Westcott (1985) tarafından önerilen sınıflandırmada SAR ile EC birlikte ele alınmaktadır. Bu sınıflandırma sisteminde; SAR = 0-3, EC > 700 $\mu\text{S/cm}$ sorunsuz, SAR = 0-3, EC = 200-700 $\mu\text{S/cm}$ sorunlu, SAR = 0-3, EC < 200 $\mu\text{S/cm}$ şiddetli sorunlu, SAR = 3-6, EC < 1200 $\mu\text{S/cm}$ sorunsuz, SAR = 3-6, EC = 300-1200 $\mu\text{S/cm}$ sorunlu, SAR = 3-6, EC < 300 $\mu\text{S/cm}$ ise şiddetli sorunlu, SAR = 6-12, EC > 1900 $\mu\text{S/cm}$ sorunsuz, SAR = 6-12, EC = 500-1900 $\mu\text{S/cm}$ sorunlu, SAR = 6-12, EC < 500 $\mu\text{S/cm}$ şiddetli sorunlu, SAR = 12-20, EC > 2900 $\mu\text{S/cm}$ sorunsuz, SAR = 12-20, EC = 1300-2900 $\mu\text{S/cm}$ sorunlu, SAR = 12-20, EC < 1300 $\mu\text{S/cm}$ şiddetli sorunlu,

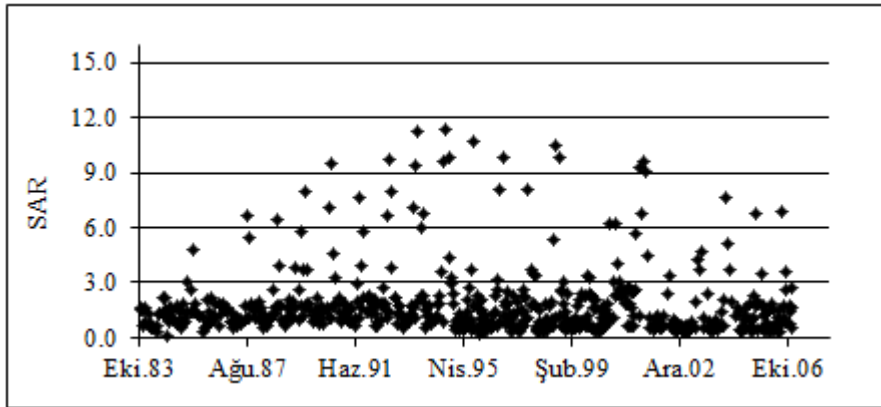
SAR = 20-40, EC > 5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sorunsuz, SAR = 20-40, EC = 2900 -5000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sorunlu, SAR = 20-40, EC < 2900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ise şiddetli sorunlu sular sınıfına girmektedir.

Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemine (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) göre; SAR = 0-10 düşük sodyumlu sular, SAR = 10-18 orta sodyumlu sular, SAR = 18-26 yüksek sodyumlu sular ve SAR > 26 ise çok yüksek sodyumlu sular olarak sınıflandırılmaktadır.

Gediz Nehri SAR değerlerinin zamansal değişimi, tüm istasyonları kapsayacak şekilde grafiksel olarak Şekil 4.92 ve 4.93'te verilmiştir.



Şekil 4.92. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında hesaplanan SAR değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.93. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında hesaplanan SAR değerlerinin zamansal değişimi.

Grafikler incelendiğinde SAR değerlerinin genellikle 3'ün altında, kısmen de 3-6 arasında olduğu görülmüştür. EC değerlerinin de genellikle 250-1250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında olduğu dikkate alındığında, Ayers and Westcot (1985)

sınıflandırma sistemine göre, Gediz Nehri sularının kısmen sorunlu kısmen de sorunsuz sular sınıfında, Birleşik Amerika Tuzluluk Laboratuvarı Grafik Sistemine (1954) göre düşük sodyumlu sular sınıfında yer aldıkları saptanmıştır. Yapılan trend analizleri sonucunda elde edilen azalış eğilimleriyle birlikte değerlendirildiğinde Gediz Nehri sularının sulama suyu olarak SAR değerleri yönünden iyileşme eğilimi içerisinde olduğu söylenebilir.

4.2.7 Potasyum (K - mg/l)

Potasyum parametresi için, Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilmiş, belirlenen uygun trend testi membadan mansaba doğru Çizelge 4.25’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Potasyum parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	58	2.80	11.07	-	-0.05	0.27	-0.30	-	M-K
Urganlı	58	6.71	"	-	0.17	0.27	-0.30	-	M-K
Hacıhaliller	57	4.18	"	-	-0.02	0.27	-0.31	-	M-K
Çiçekli	31	o	o	o	0.01	0.39	-0.47	-	M-K
Çobanisa	51	9.60	11.07	-	0.30	0.29	-0.33	+	TFPW M-K
Manisa	54	4.74	"	-	0.28	0.28	-0.32	-	M-K
Muradiye	59	6.97	"	-	0.29	0.26	-0.30	+	TFPW M-K
Menemen	52	6.31	"	-	0.48	0.29	-0.33	+	TFPW M-K
EİE istasyonları -Ham K									
Acısu	284	161.0	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.67	0.20	-0.23	+	TFPW M-K
Manisa	244	64.00	11.07	+					S-K
Debi düzeltmeli K									
Acısu	284	16.98	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.65	0.20	-0.23	+	TFPW M-K
Manisa	244	39.54	11.07	+					S-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

- Mevsimsellik yok

o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

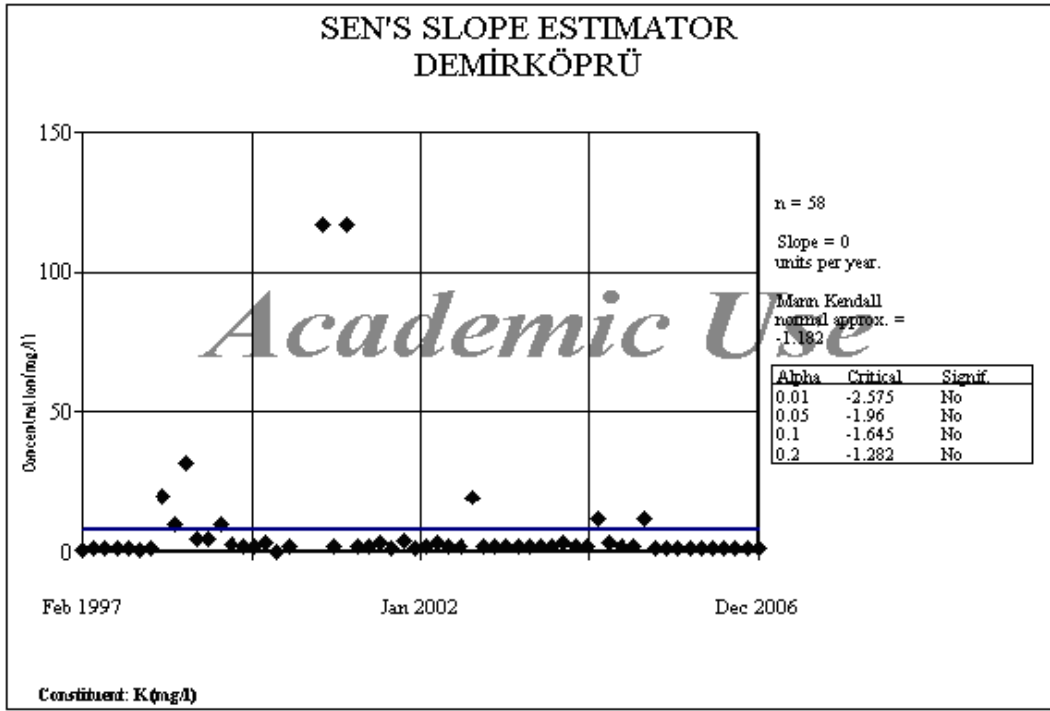
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

:- Seri korelasyon yok

Potasyum parametresi için Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru sırasıyla aşağıda verilmiştir.

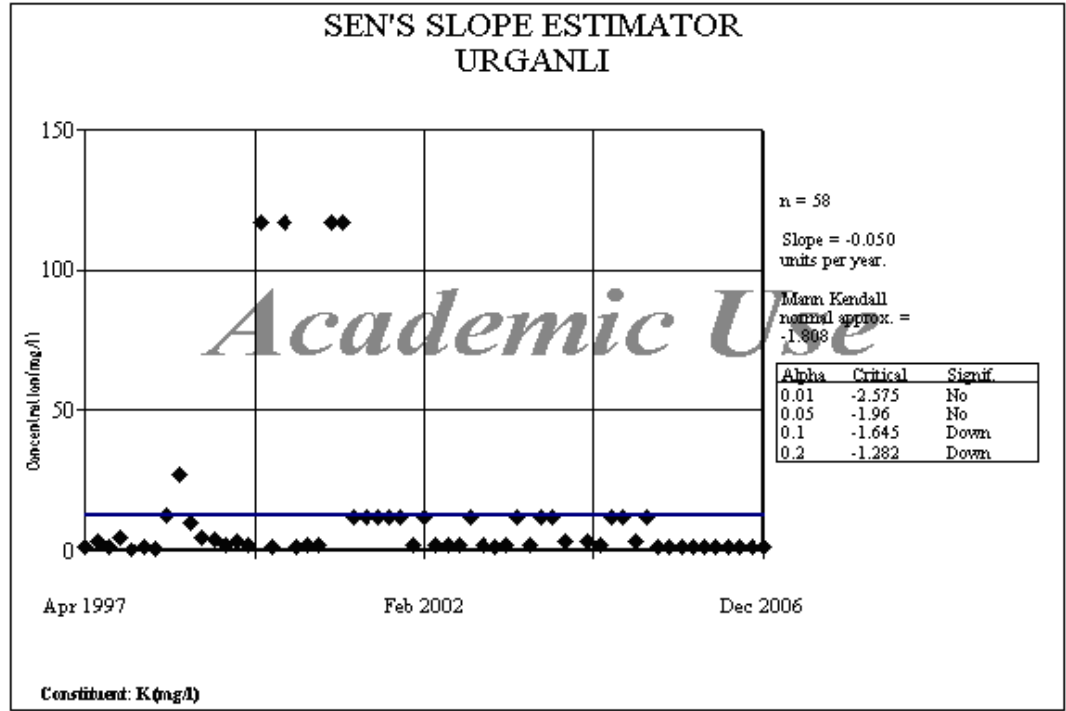
Demirköprü istasyonu K verilerinin Mann-Kendall testi sonucu azalan yönde, ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trend gösterdiği belirlenmiş, trendin eğimi Sen eğim tahmincisiyle sıfır olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.94).



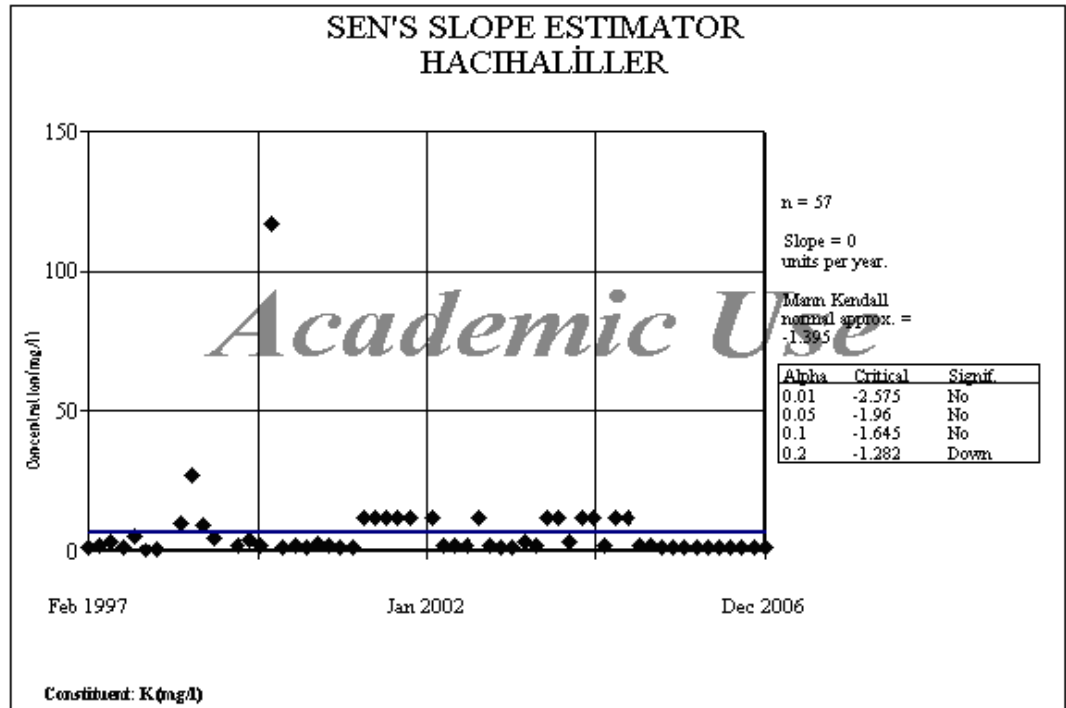
Şekil 4.94. Demirköprü istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonu K verilerinde Şekil 4.95'te grafik olarak verilen Mann-Kendall trend analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan azalan yönde trend belirlenmiştir. Trend eğimi, Sen eğim tahmincisiyle - 0.050 mg/l/yıl olarak tahmin edilmiştir.

Hacıhaliller istasyonu K verilerinde Mann-Kendall testi sonucunda azalan yönde, ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trend belirlenmiş, trendin eğimi sıfır olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.96).

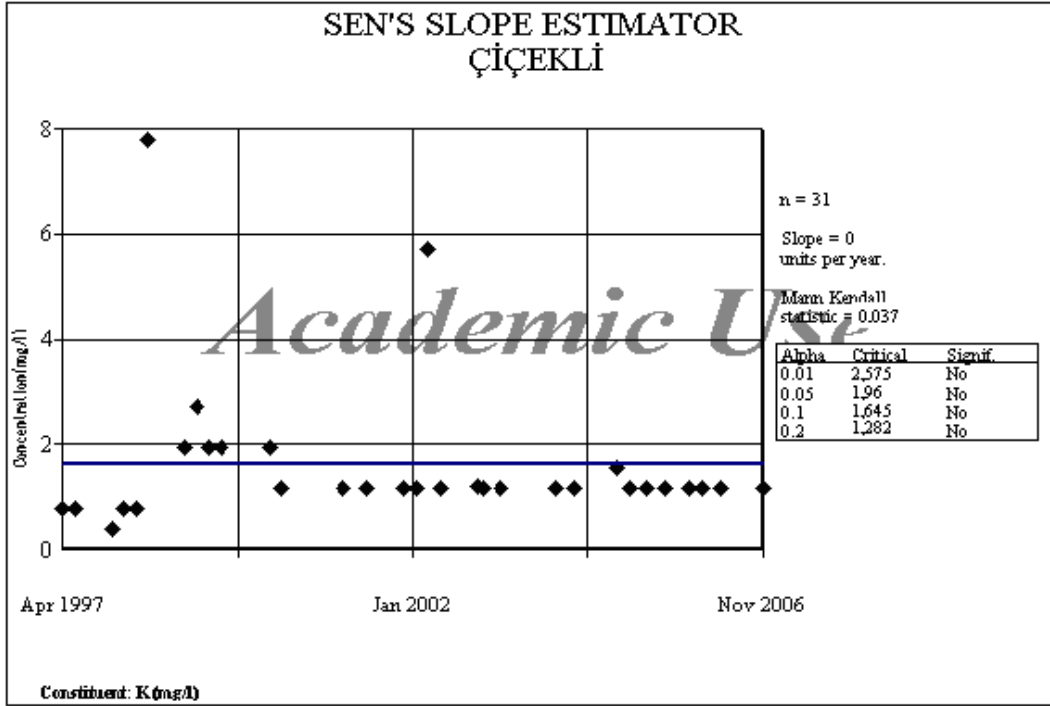


Şekil 4.95. Urganlı istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.96. Hacıhaliller istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

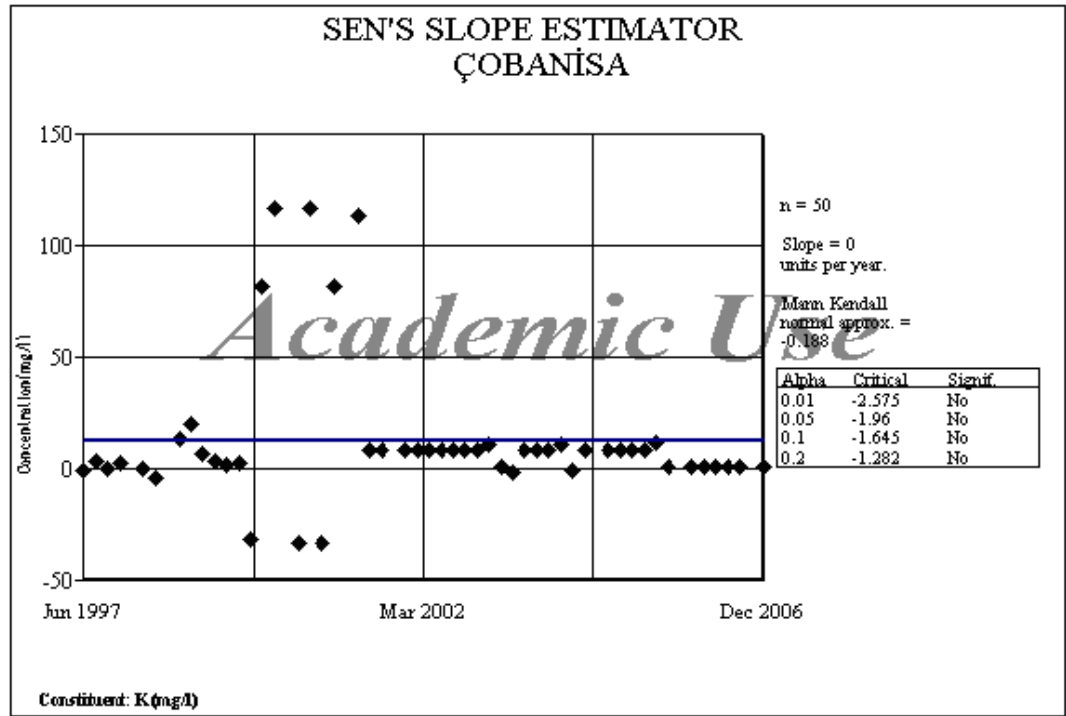
Nif Çayı-Çiçekli istasyonu K verilerinde Mann-Kendall analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı trend belirlenememiş, trendin eğimi Sen eğim tahmincisiyle sıfır olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.97).



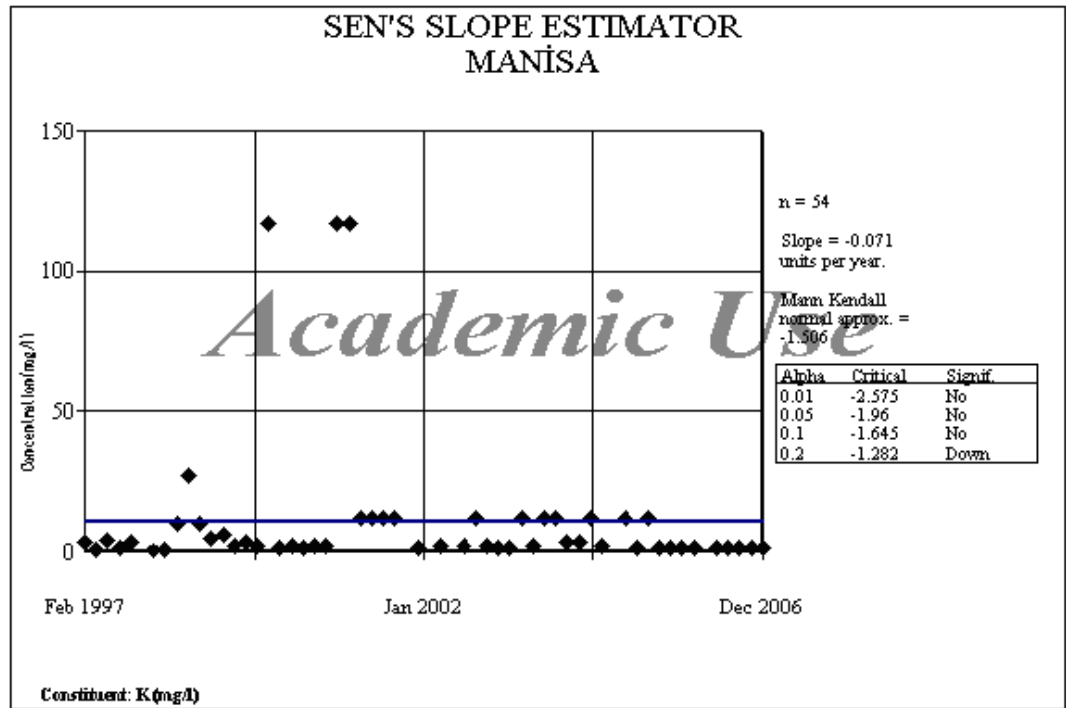
Şekil 4.97. Çiçekli istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Çobanisa istasyonunda ölçülen K verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırılmış ve üretilen yeni seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Şekil 4.98’de verilen analiz sonucuna göre; K verilerinde çok az da olsa azalan yönde trend olduğu, ancak bu trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir. Trendin eğimi ise Sen eğim tahmincisiyle sıfır olarak tahmin edilmiştir.

Manisa istasyonu K verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan analizde azalan yönde, ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trend belirlenmiştir. Şekil 4.99’da grafik olarak analiz sonucu verilmiş olup, trendin eğimi, Sen eğim tahmincisiyle -0.071 mg/l/yıl olarak hesaplanmıştır.

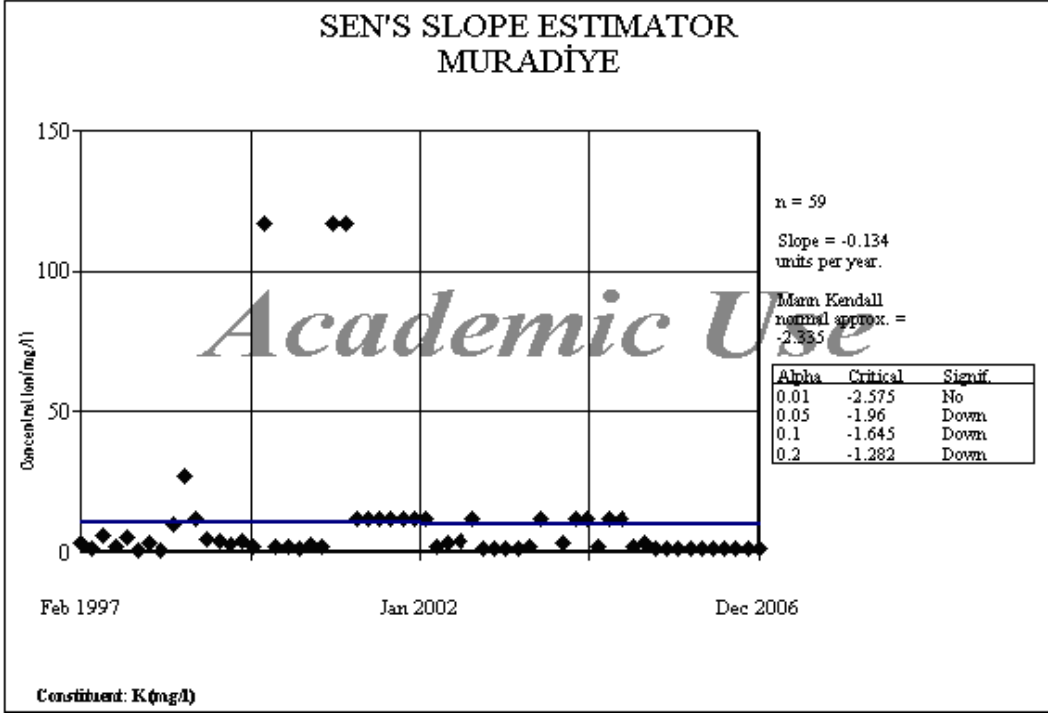


Şekil 4.98. Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.99. Manisa istasyonu K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

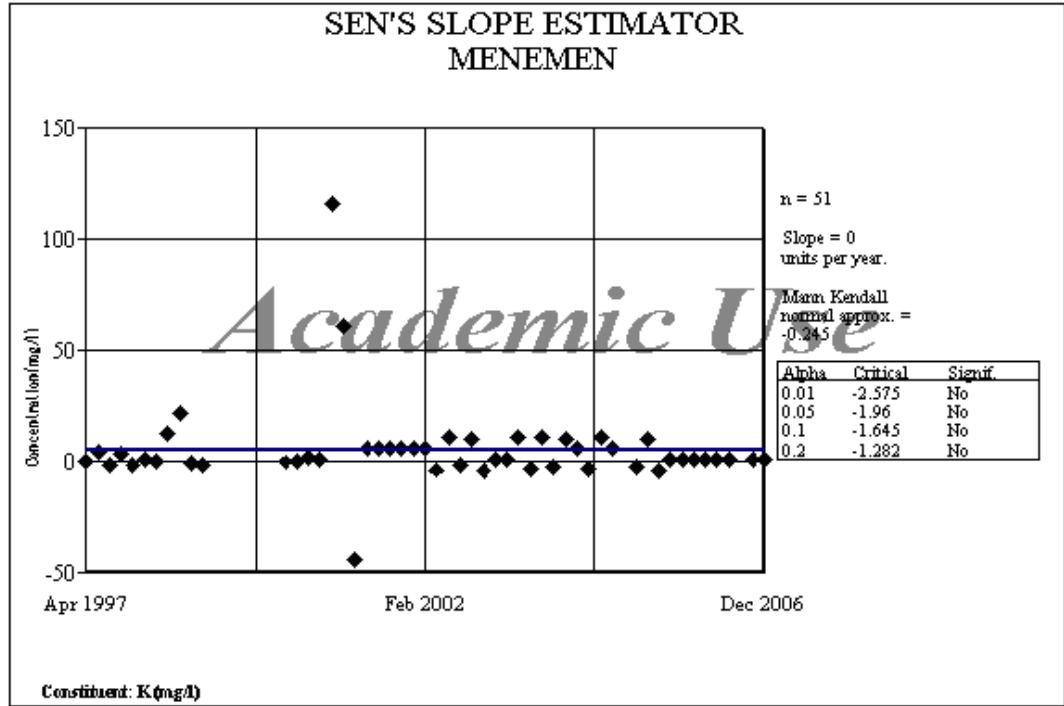
Muradiye istasyonu K verilerinde görülen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle giderilmiş ve elde edilen yeni seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Buna göre, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trend belirlenmiş, trendin eğimi, Sen eğim tahmincisiyle yıllık -0.134 mg/l olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.100).



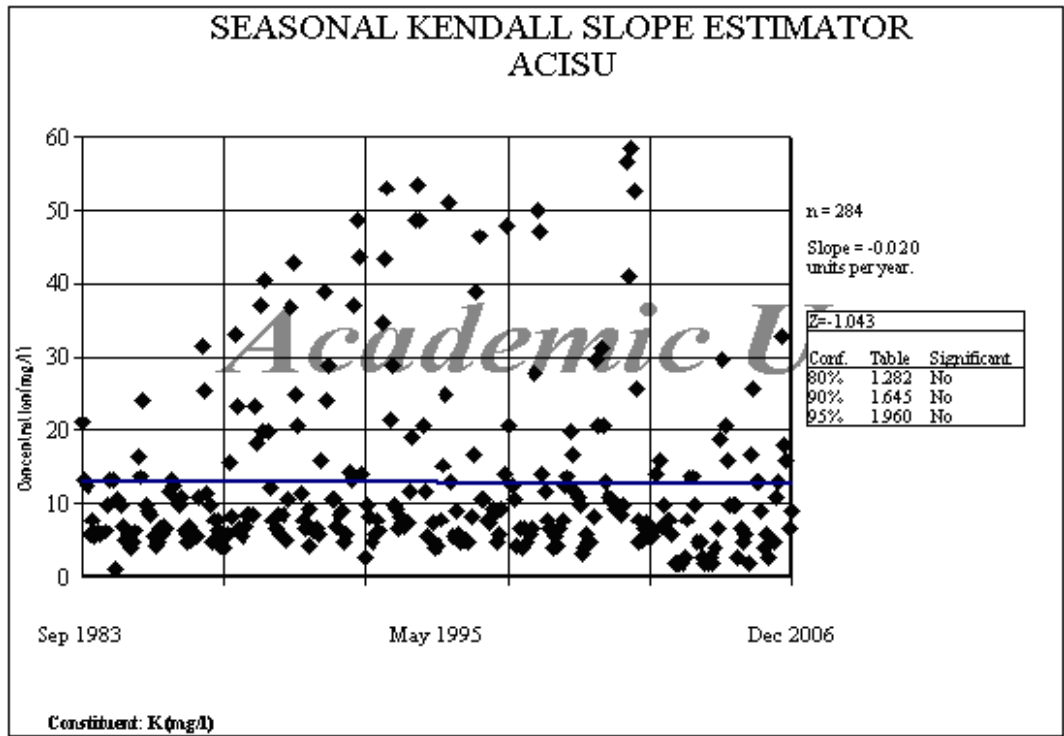
Şekil 4.100. Muradiye istasyonu TFPW işlemi uygulanmış K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Menemen istasyonu K verilerindeki seri korelasyon etkisi, TFPW işlemiyle giderildikten sonra, yeni seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. İstatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı trend belirlenememiş olup, eğim Sen eğim tahmincisiyle sıfır olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.101).

Şekil 4.102'de grafik olarak verilen Gediz Nehri-Acısü istasyonu ham K verilerinin Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan azalan yönde trend tespit edilmiştir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle, istatistiksel olarak anlamlı olmayan 0.002 mg/l/yıl azalış tahmin edilmiştir.

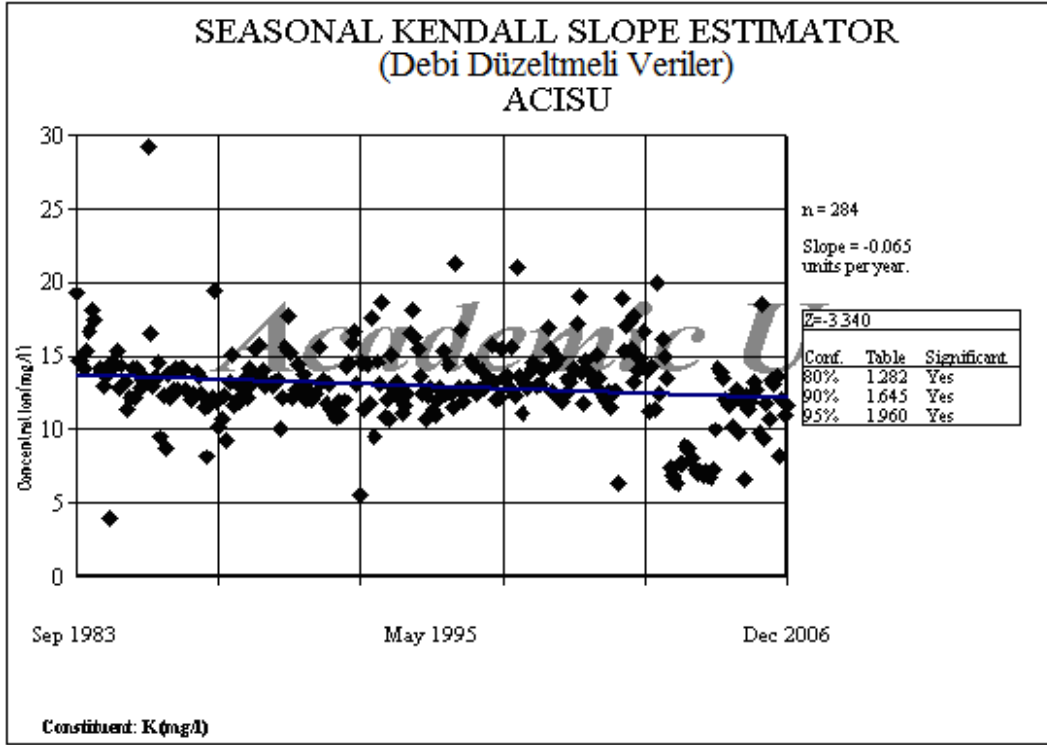


Şekil 4.101. Menemen istasyonu TFPW işlemi uygulanmış K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



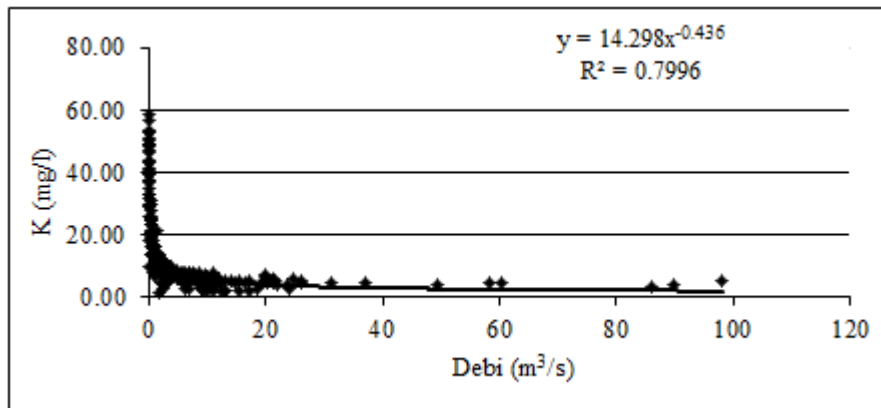
Şekil 4.102. Acisu istasyonu ham K verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Gediz Nehri-Acısü istasyonu debi düzeltmeli K verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, azalan yönde belirlenen trend % 95 güven düzeyinde anlamlı bulunmuş, yıllık azalış 0.065 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 4.103).



Şekil 4.103. Acısü istasyonu debi düzeltmeli K verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

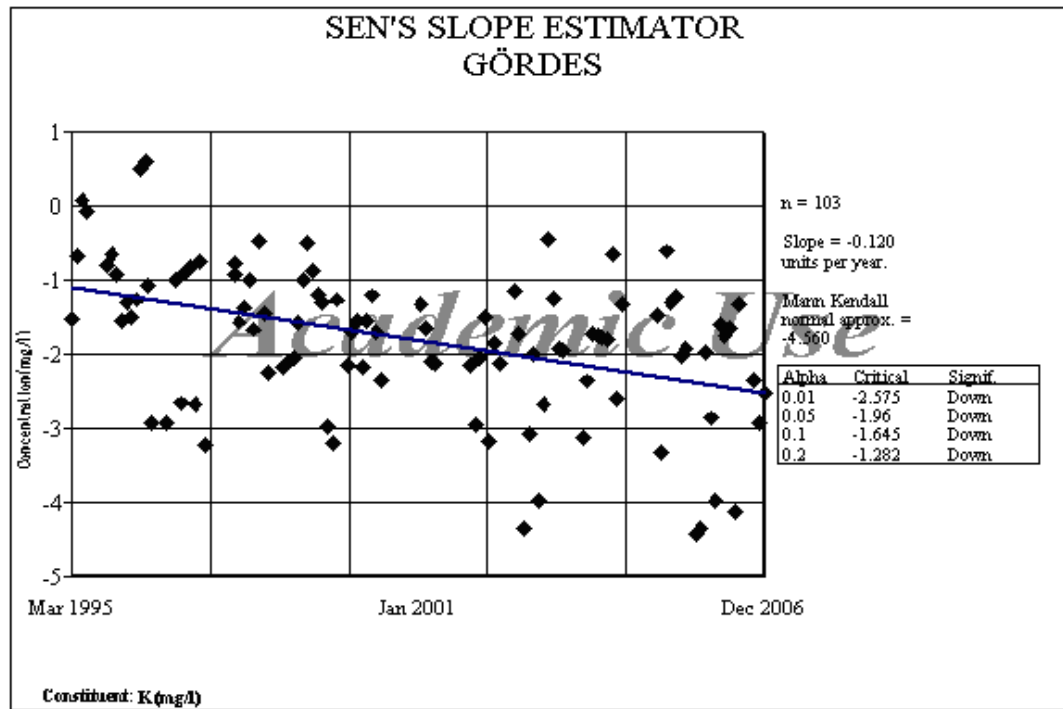
Acısü istasyonunda akarsu debisiyle K konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan fonksiyon üssel fonksiyon olarak belirlenmiş ve debi arttıkça K konsantrasyonlarının % 79.96 azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.104).



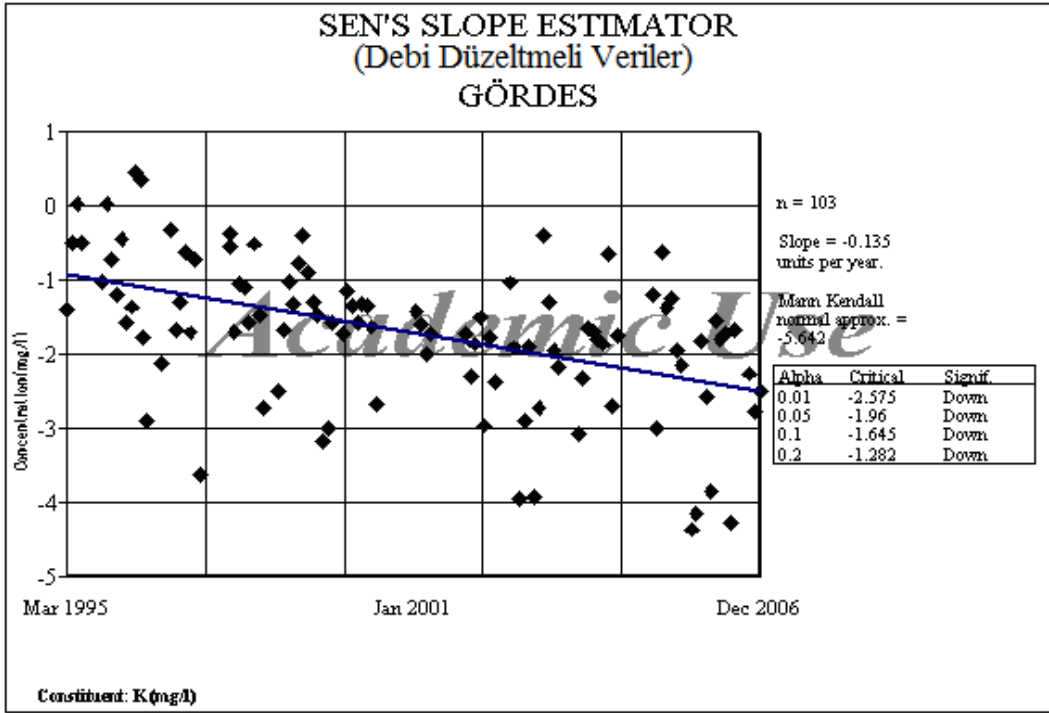
Şekil 4.104. Acısü istasyonunda debi ile K değerleri arasındaki ilişki.

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonuna ait ham ve debi düzeltilmeli K verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırıldıktan sonra, yeni serilerde Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Şekil 4.105 ve 4.106'da grafiksel olarak verilen trend analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trendler belirlenmiş, Sen eğim tahmincisiyle yıllık azalış miktarları, ham verilerde 0.120 mg/l, debi düzeltilmeli verilerde 0.135 mg/l olarak hesaplanmıştır.

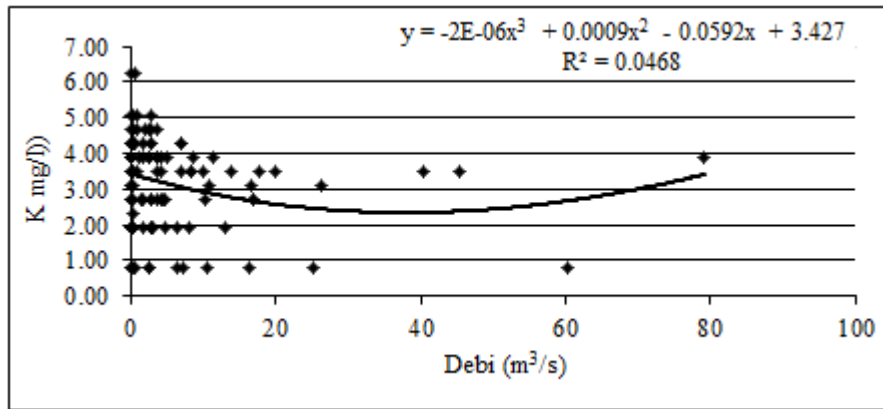
Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda akarsu debisiyle K konsantrasyonları arasındaki ilişki üçüncü dereceden polinom olarak tespit edilmiş ve K konsantrasyonlarındaki değişimin % 4.68'inin debideki değişim ile açıklanabileceği belirlenmiştir. Dolayısıyla K konsantrasyonları ile debi arasındaki ilişkinin oldukça zayıf olduğu ve K parametresinin debideki değişimden etkilenmediği söylenebilir (Şekil 4.107).



Şekil 4.105. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

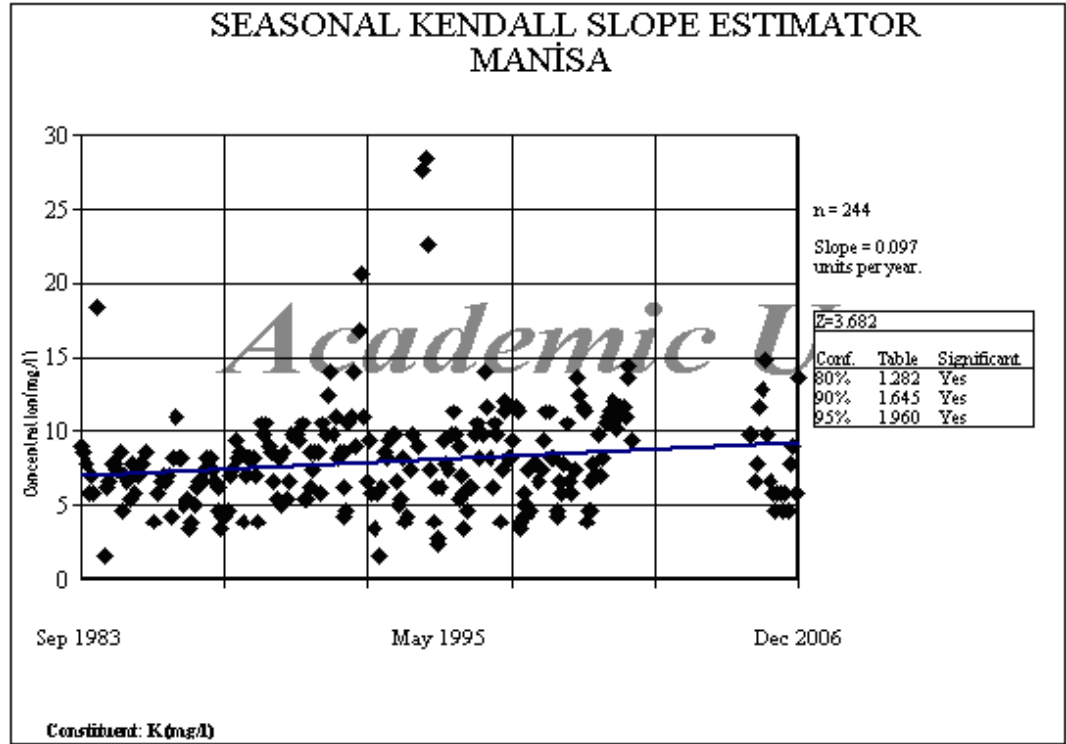


Şekil 4.106. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltilmeli K verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

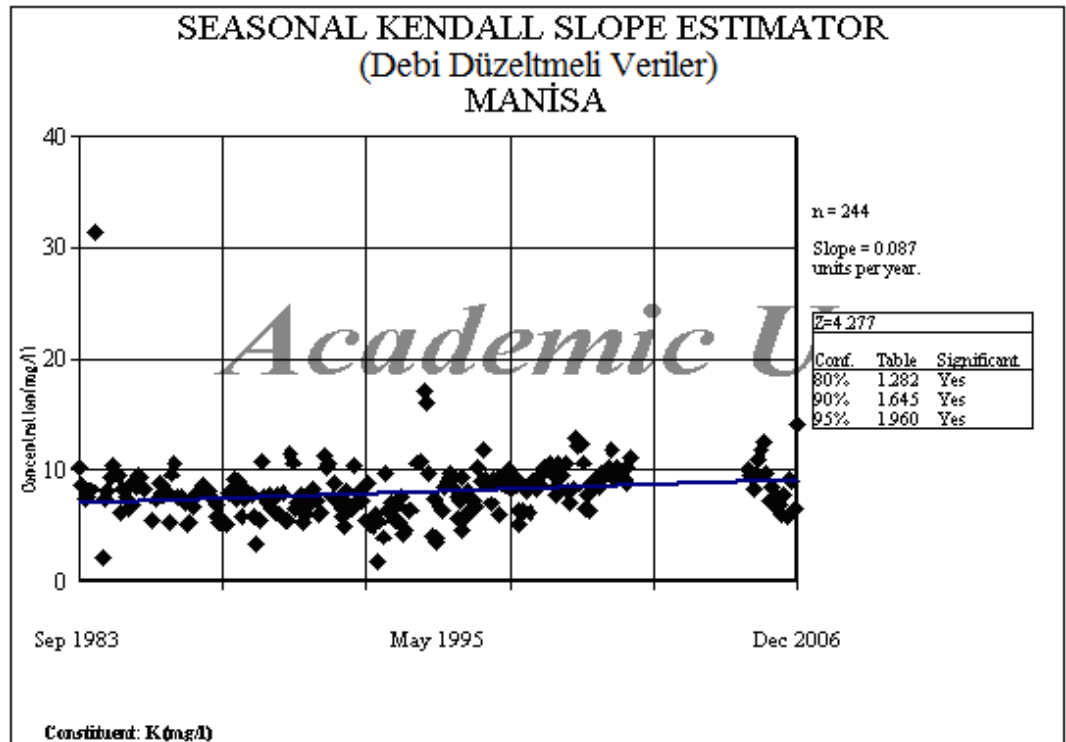


Şekil 4.107. Gördes Çayı Darıbükü istasyonunda debi ile K değerleri arasındaki ilişki.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi Manisa istasyonu ham K verilerinde yapılan Mevsimsel Kendall trend analizi sonucuna göre; % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiş, K verilerinde yıllık artış miktarı, Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.097 mg/l olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.108). Debi düzeltilmeli K verilerine uygulanan Mevsimsel Kendall trend analizi sonucunda da % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğu belirlenmiş, debi düzeltilmeli K verilerinde yıllık artış, Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.087 mg/l olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.109).

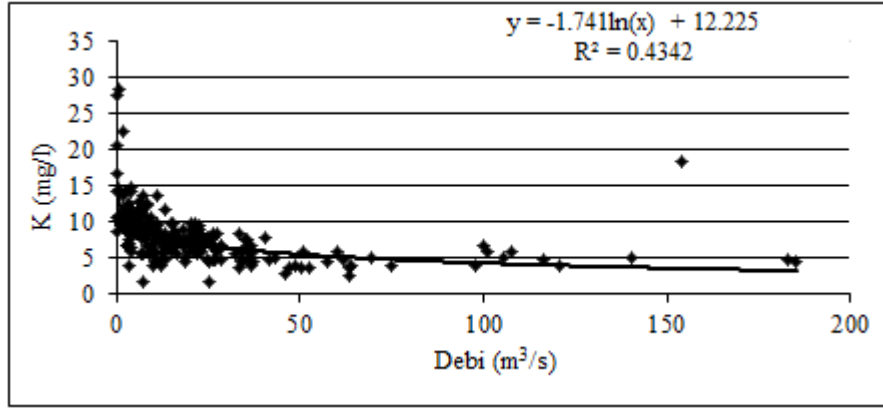


Şekil 4.108. Manisa ham K verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.109. Manisa istasyonu debi düzeltmeli K verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda akarsu debisiyle K konsantrasyonları arasında logaritmik bir ilişki olduğu ve debi arttıkça K konsantrasyonlarının % 43.42 azaldığı, yani debinin seyrelme etkisi olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.110).



Şekil 4.110. Manisa istasyonunda debi ile K değerleri arasındaki ilişki.

Potasyum için % 95 güven düzeyinde Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analiz sonuçları Çizelge 4.26’da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Potasyum parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Zz değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	58	M-K	-1.182	0	1.96	o
Urganlı	58	M-K	-1.808	-0.050	1.96	o
Hacıhaliller	57	M-K	-1.395	0	1.96	o
Çiçekli	31	M-K	-0.037	0	1.96	o
Çobanisa	50	TFPW M-K	-0.188	0	1.96	o
Manisa	54	M-K	-1.506	-0.071	1.96	o
Muradiye	58	TFPW M-K	-2.335	-0.134	1.96	-
Menemen	51	TFPW M-K	-0.245	0	1.96	o
EİE istasyonları – Ham K						
Acısu	284	S-K	-1.043	-0.019	1.96	o
Gördes	103	TFPW M-K	-4.560	-0.120	1.96	-
Manisa	244	S-K	3.682	0.097	1.96	+
Debi düzeltilmeli K						
Acısu	284	S-K	-3.340	-0.065	1.96	-
Gördes	103	TFPW M-K	-5.642	-0.135	1.96	-
Manisa	244	S-K	4.277	0.087	1.96	+

^a : + Artan yönde trend

- Azalan yönde trend

o Trend yok

Potasyum parametresinde Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları incelendiğinde, EİE Acısu istasyonunda debi düzeltmeli verilerde ve Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda hem ham verilerde hem debi düzeltmeli verilerde % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trend belirlenmişken, EİE Manisa istasyonunda her iki veri setinde de % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend belirlenmiştir. Muradiye istasyonunda % 95 güven düzeyinde anlamlı, diğer DSİ istasyonlarında ve EİE Acısu istasyonu ham K verilerinde % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan azalan yönde trendler belirlenmiştir.

Bölgesel trendi tespit etmek için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.27. Potasyum parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	N	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	63	-0.397	0	1.96	o
Nisan (RK)	64	2.369	0.130	1.96	+
Haziran (RK)	66	-3.161	-0.260	1.96	-
Ağustos (RK)	67	-3.188	-0.130	1.96	-
Ekim (RK)	64	-2.513	-0.260	1.96	-
Aralık (RK)	65	-0.347	0	1.96	o
RSK	389	-3.085	0	1.96	-

^a : + Artan yönde trend

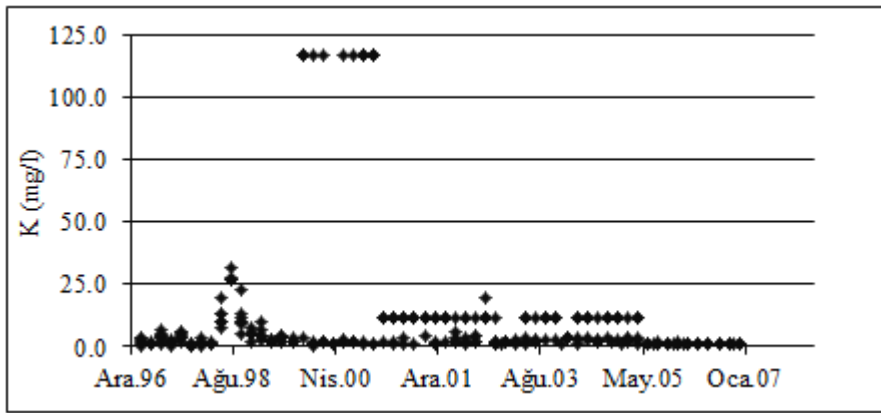
- Azalan yönde trend

o Trend yok

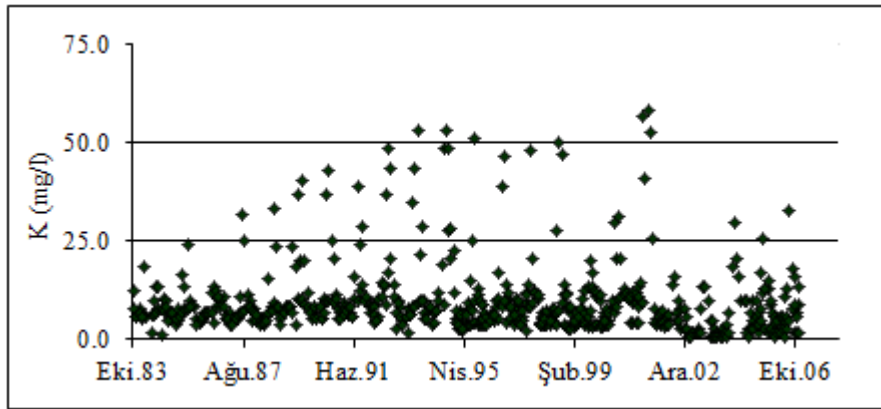
Bölgesel Kendall analizi sonucunda, şubat ve aralık aylarında seçilen % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan azalan yönde trend belirlenmiştir. Haziran, ağustos ve ekim aylarında azalan yönde, nisan ayında artan yönde tespit edilen trendler, % 95 güven düzeyinde anlamlıdır. Şubat ve aralık ayında bölgesel trendin eğimi sıfır, nisan ayında 0.130 mg/l/yıl, haziran ayında -0.260 mg/l/yıl, ağustos ayında -0.130 mg/l/yıl, ekim ayında -0.260 mg/l/yıl olarak hesaplanmıştır. Bölgesel Mevsimsel Kendal testi sonucunda ise, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trend tespit edilmiş ve trendin eğimi sıfır olarak tahmin edilmiştir.

Yapılan tüm analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Gediz Nehri’nde K parametresinin çoğunlukla % 95 güven düzeyinde azalış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Gediz Nehri'nde ölçülen K değerlerinin zamansal değişimi tüm istasyonları kapsayacak şekilde grafiksel olarak Şekil 4.111 ve 4.112'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde Gediz Nehri sularının K konsantrasyonlarının genellikle 25 mg/l'nin altında, kısmen de 25-50 mg/l arasında olduğu görülmüştür. Potasyum için, içmesuyu ve sulama suyu standartlarında herhangi bir sınır değeri bulunmamaktadır. Sulama sularında potasyum ve sodyum toprağa benzer şekilde etki ederlerse de, potasyum sodyuma göre daha az zararlı olarak kabul edilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri Tuzluluk Laboratuvarı'nda yapılan denemelerin sonuçları, değişebilir potasyumun toprak fiziksel özelliklerine çok az veya hiç etkisi olmadığını göstermiştir (Ayyıldız, 1990).



Şekil 4.111. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen K değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.112. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen K değerlerinin zamansal değişimi.

4.2.8 Kalsiyum+magnezyum (Ca+Mg - me/l)

Devlet Su İşleri laboratuvarlarında, sulama sularında kalsiyum+magnezyum miktarı birlikte analiz edilir. Bu bakımdan Ca ve Mg parametrelerinde ayrı ayrı trend analizi yapılmamış, Ca+Mg toplam olarak değerlendirmeye alınmıştır.

Kalsiyum+magnezyum parametresinde Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, uygun trend testi membadan mansaba doğru Çizelge 4.28’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. Kalsiyum+magnezyum parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	58	1.34	11.07	-	0.43	0.25	-0.29	+	TFPW M-K
Urganlı	58	11.55	"	+					S-K
Hacıhaliller	57	10.22	"	-	0.04	0.25	-0.29	-	M-K
Çiçekli	31	o	o	o	0.15	0.34	-0.42	-	M-K
Çobanisa	51	5.91	11.07	-	0.33	0.27	-0.31	+	TFPW M-K
Manisa	54	11.84	"	+					S-K
Muradiye	59	11.78	"	+					S-K
Menemen	52	12.53	"	+					S-K
EİE istasyonları -Ham Ca+Mg									
Acısu	284	17.97	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.19	0.19	-0.21	-	M-K
Manisa	244	40.06	11.07	+					S-K
Debi düzeltmeli Ca+Mg									
Acısu	284	23.75	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.12	0.19	-0.21	-	M-K
Manisa	244	17.95	11.07	+					S-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

- Mevsimsellik yok

o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

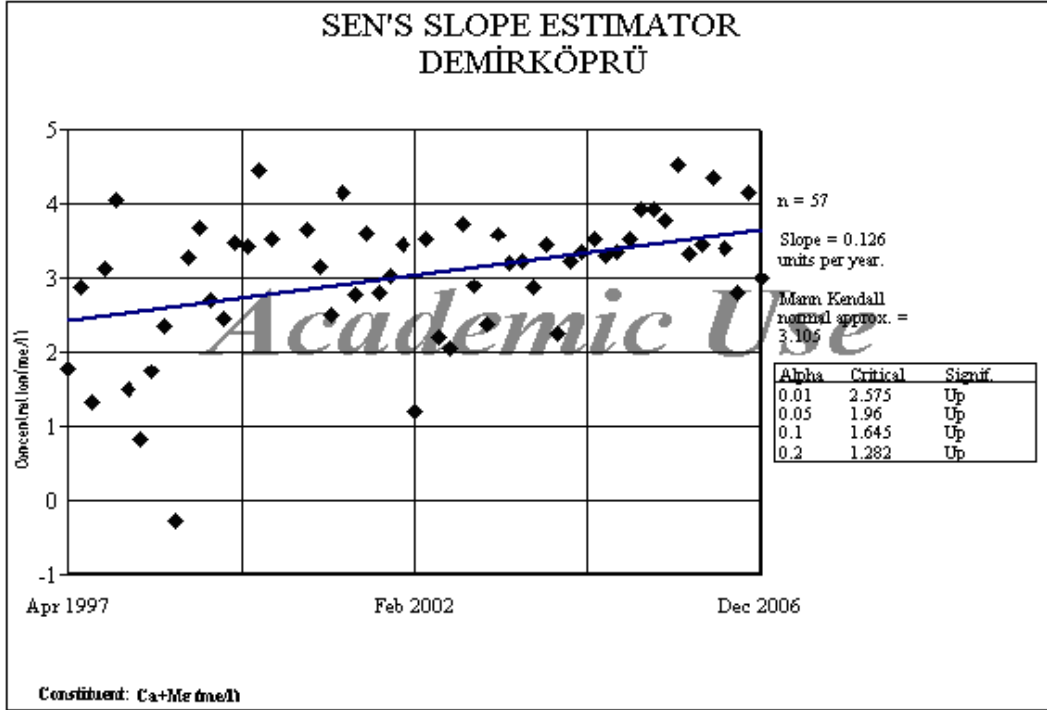
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

:- Seri korelasyon yok

Gediz Nehri Ca+Mg parametresi için yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru Şekil 4.113’ten itibaren sırasıyla aşağıda verilmiştir.

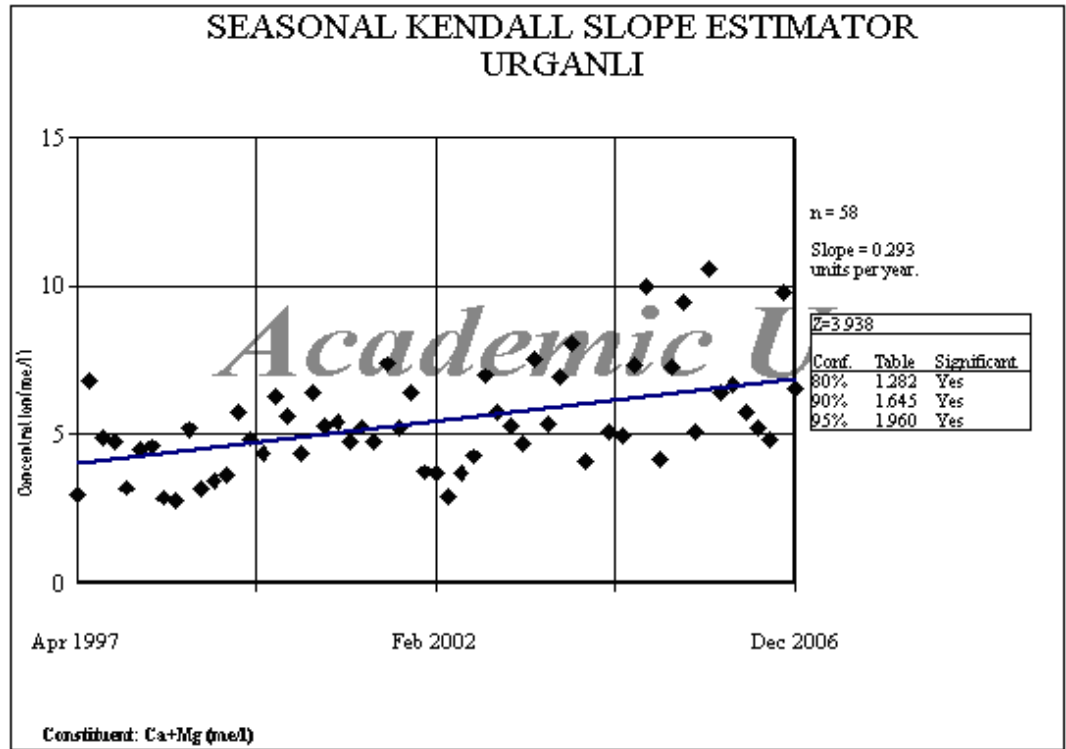
Demirköprü istasyonu Ca+Mg verilerinde, TFPW işlemiyle seri korelasyon etkisi uzaklaştırılmış, yeni seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılarak, sonucu Şekil 4.113'te verilmiştir. Z değeri % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisiyle Ca+Mg konsantrasyonlarında yıllık 0.126 me/l artış hesaplanmıştır.



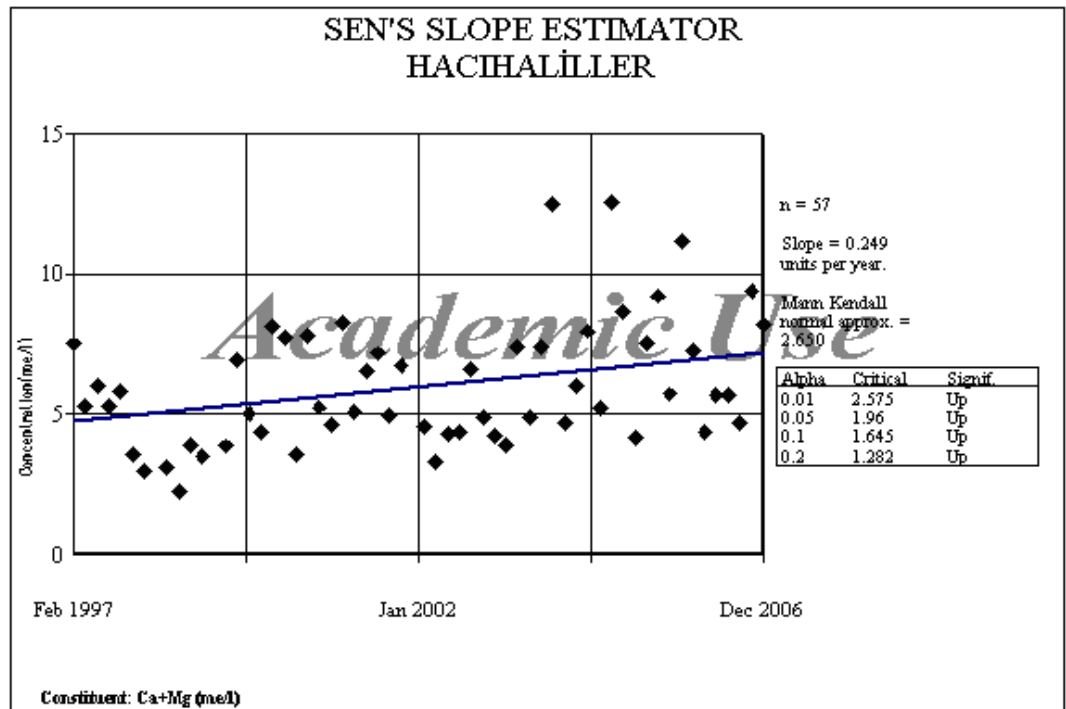
Şekil 4.113. Demirköprü istasyonu TFPW işlemi süreci uygulanmış Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonu Ca+Mg verilerine uygulanan trend analizi sonucunda, Z değeri 3.938 olarak tahmin edilmiştir. Buna göre, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğu, Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi ile yıllık artışın 0.293 me/l olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.114).

Hacıhaliller istasyonu Ca+Mg verilerinde Mann-Kendall trend analizi sonucu 2.650 olarak hesaplanan Z test istatistiği, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermiştir. Sen eğim tahmincisi ile konsantrasyonlarda yıllık 0.249 me/l artış belirlenmiştir (Şekil 4.115).

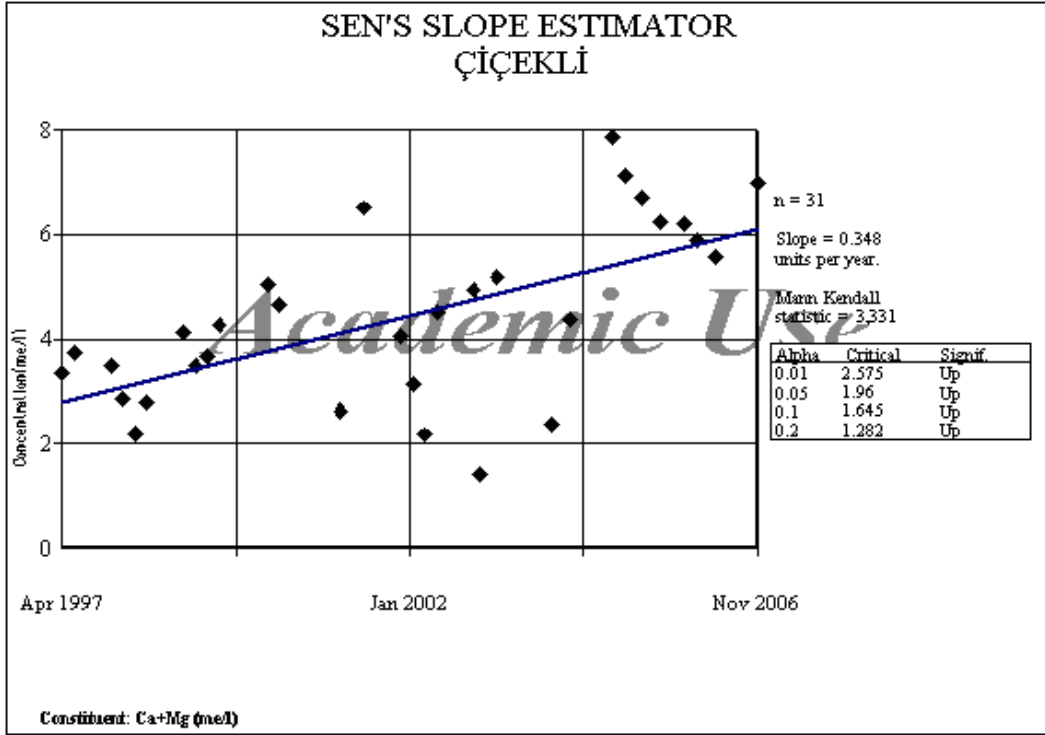


Şekil 4.114. Urganlı istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.115. Hacıhaliller istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

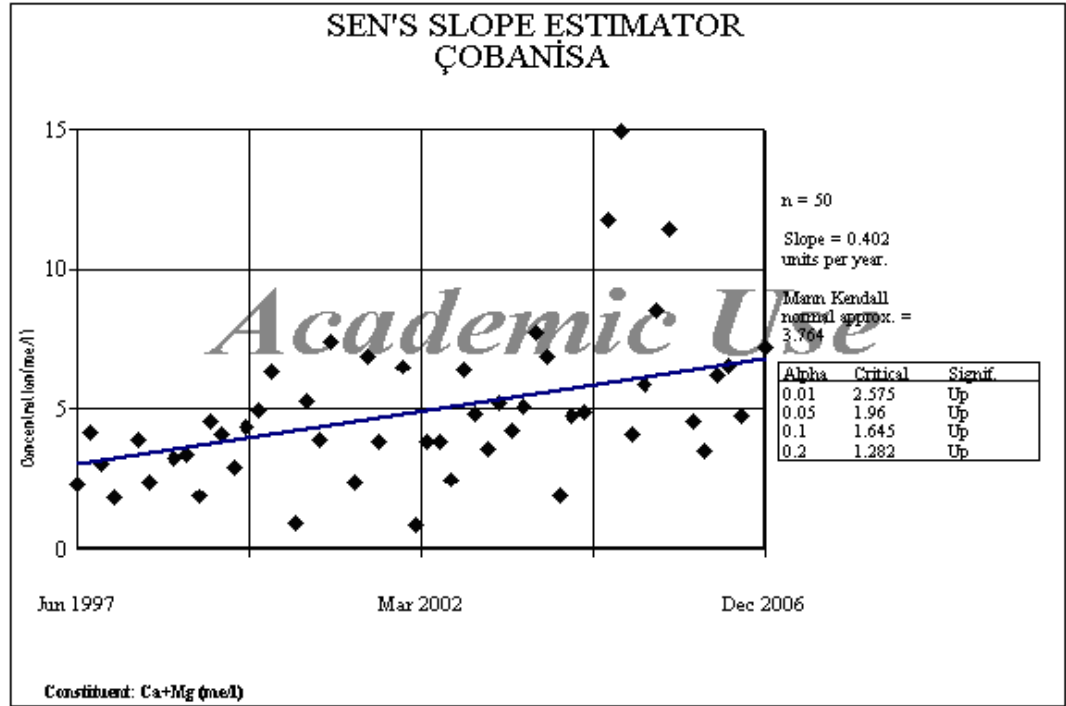
Şekil 4.116'da görülen Çiçekli istasyonu Mann-Kendall testi trend analizi sonucuna göre; % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend belirlenmiş, Sen eğim tahmincisiyle Ca+Mg konsantrasyonlarında, belirlenen güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı 0.348 me/l/yıl artış hesaplanmıştır.



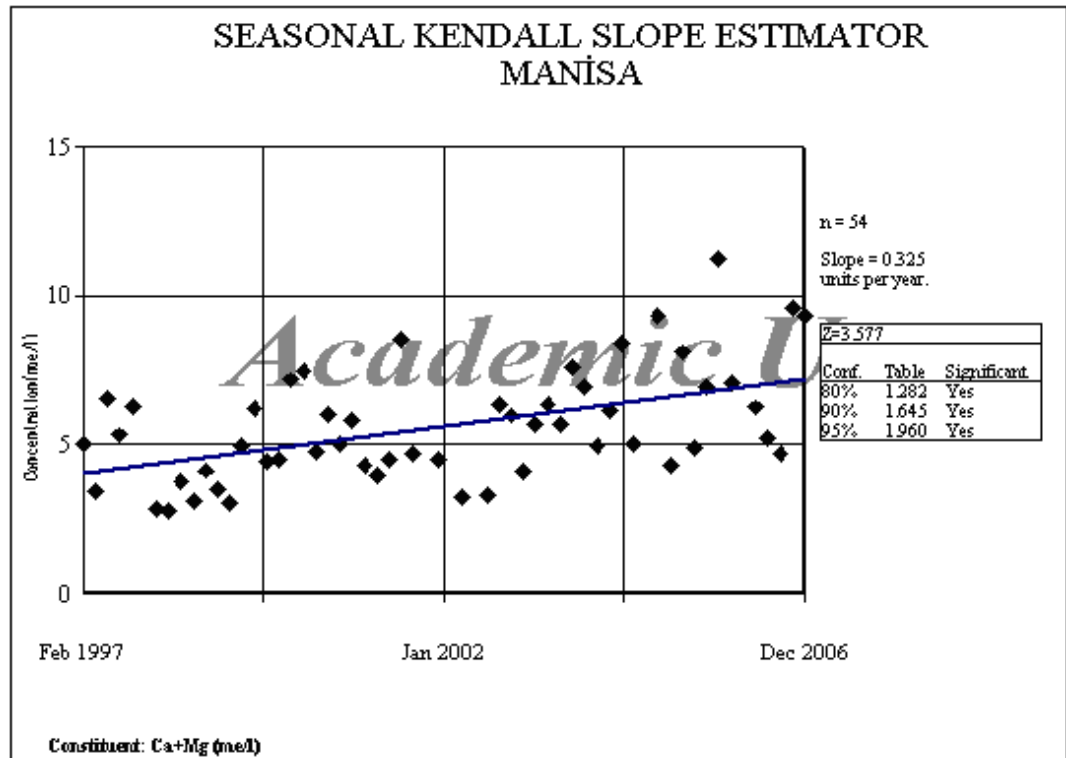
Şekil 4.116. Çiçekli istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Çobanisa istasyonu Ca+Mg verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi, TFPW işlemiyle uzaklaştırılmış ve yeni seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Şekil 4.117'de verilen trend analizi sonucunda, 3.764 olarak hesaplanan test istatistiği, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Konsantrasyonlarda yıllık artış 0.402 me/l olarak tahmin edilmiştir.

Manisa istasyonu Ca+Mg verilerinin trend analizinde Mevsimsel Kendall test istatistiği 3.577 olarak tahmin edilmiş, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiştir. Ca+Mg konsantrasyonlarındaki yıllık artış miktarı ise, Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.325 me/l olarak bulunmuştur (Şekil 4.118).

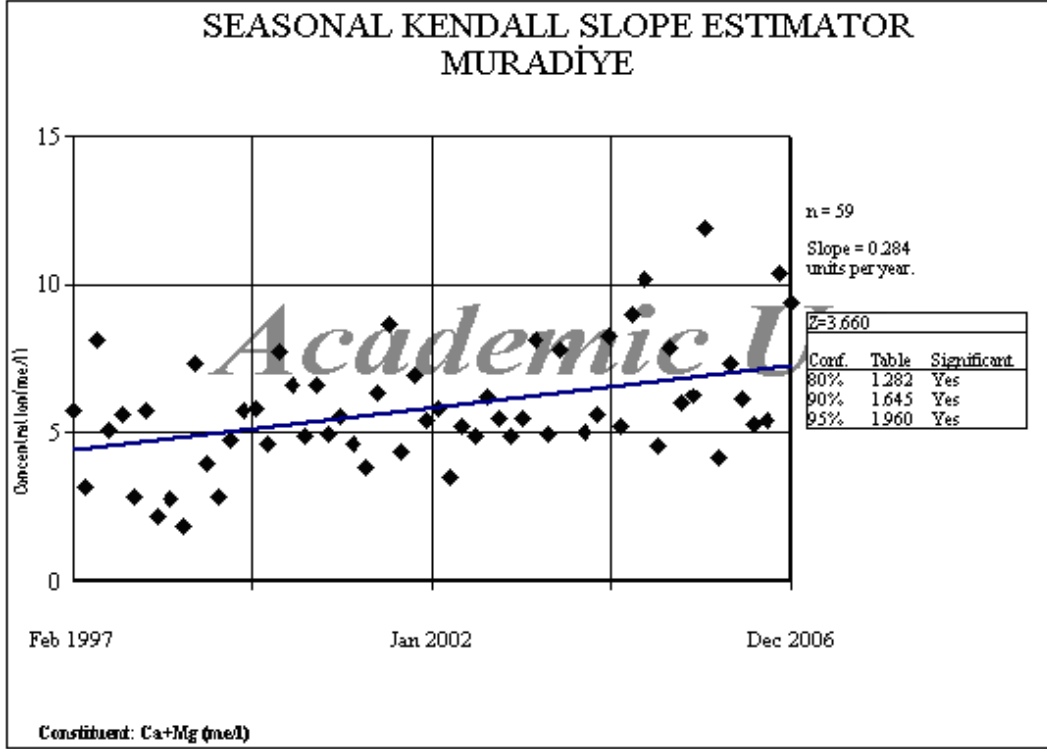


Şekil 4.117. Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.118. Manisa istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

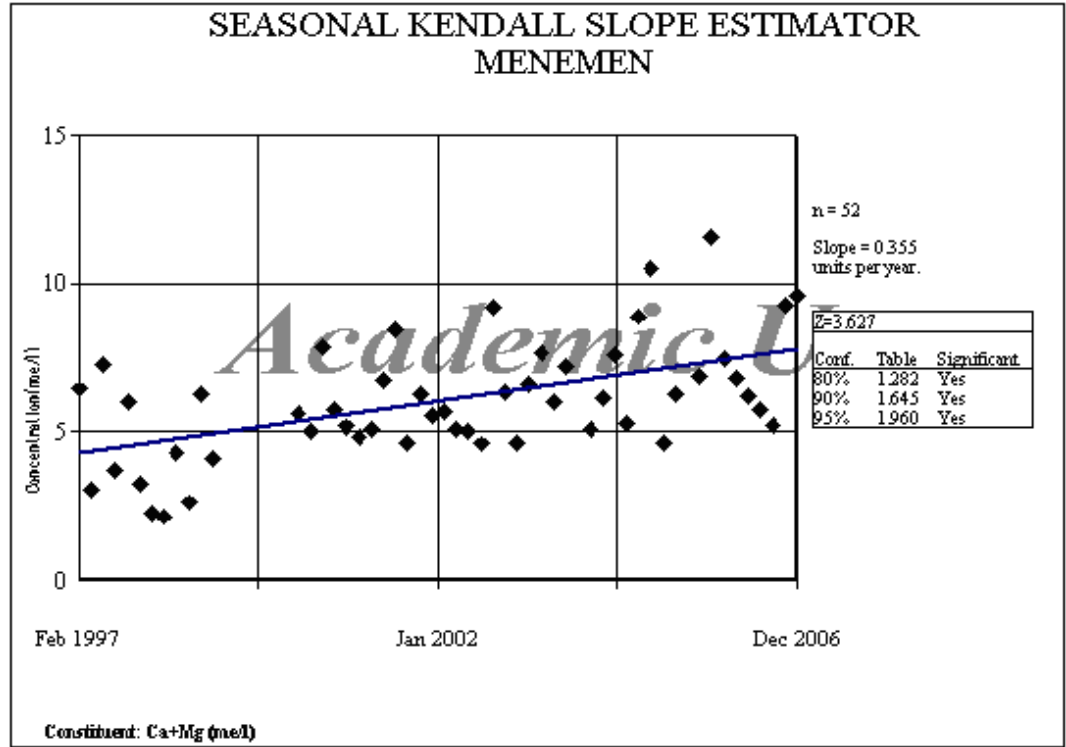
Muradiye istasyonu Ca+Mg değerlerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan analizde, artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trend tespit edilmiş, konsantrasyonlarda Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.284 me/l/yıl artış tespit edilmiştir (Şekil 4.119).



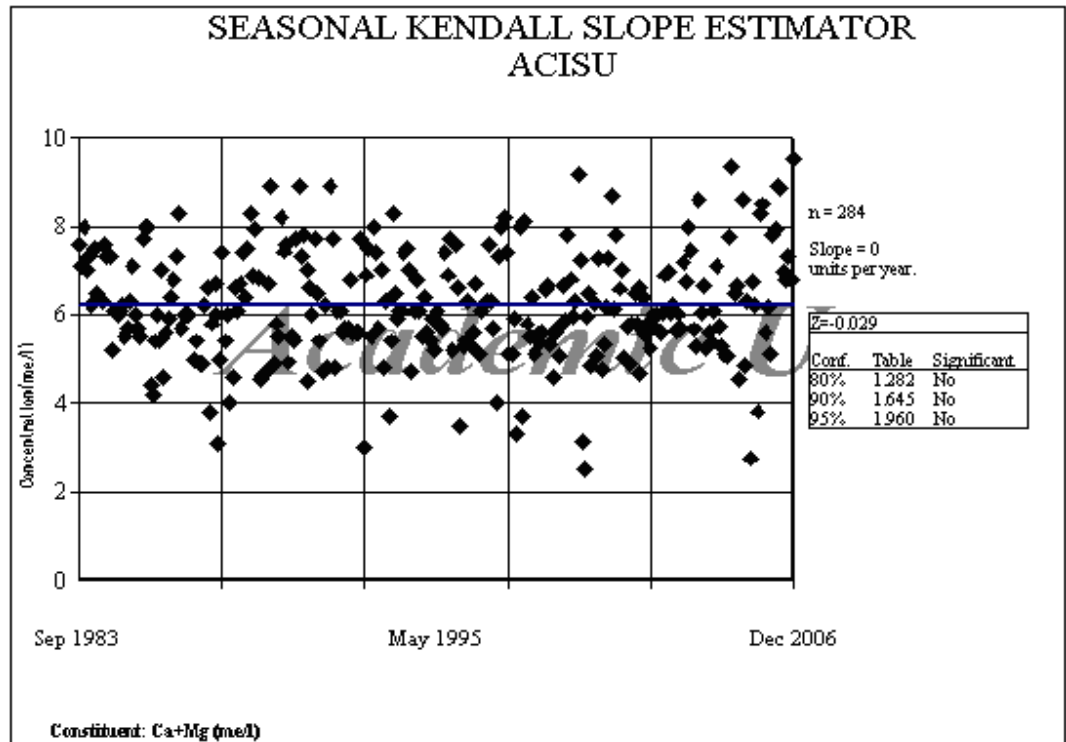
Şekil 4.119. Muradiye istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Menemen istasyonu Ca+Mg verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiş, Ca+Mg değerlerinde yıllık artış miktarı ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.355 me/l hesaplanmıştır (Şekil 4.120).

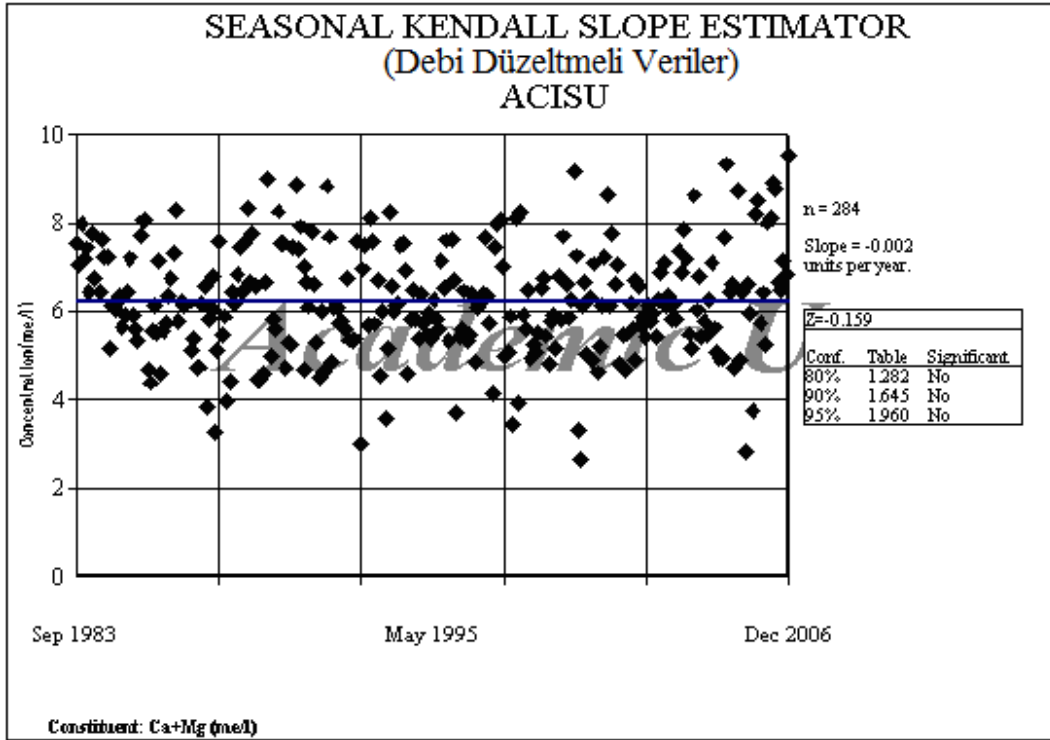
Acısu istasyonu Ca+Mg değerleri için hem ham verilerde, hem de debi düzeltilmeli verilerde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizinde belirlenen azalan yönde trendler % 95 güven düzeyinde anlamlı bulunmamıştır. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle eğimler, ham verilerde sıfır, debi düzeltilmeli verilerde - 0.002 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.121 ve 4.122).



Şekil 4.120. Menemen istasyonu Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

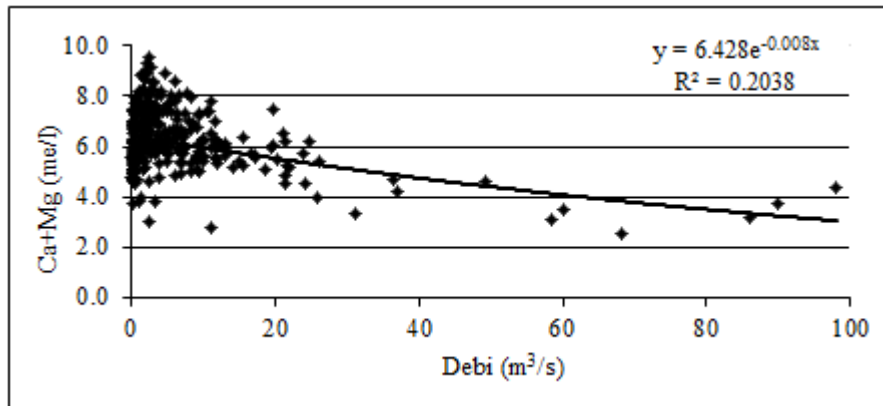


Şekil 4.121. Acısu istasyonu ham Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.122. Acısu istasyonu debi düzeltmeli Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

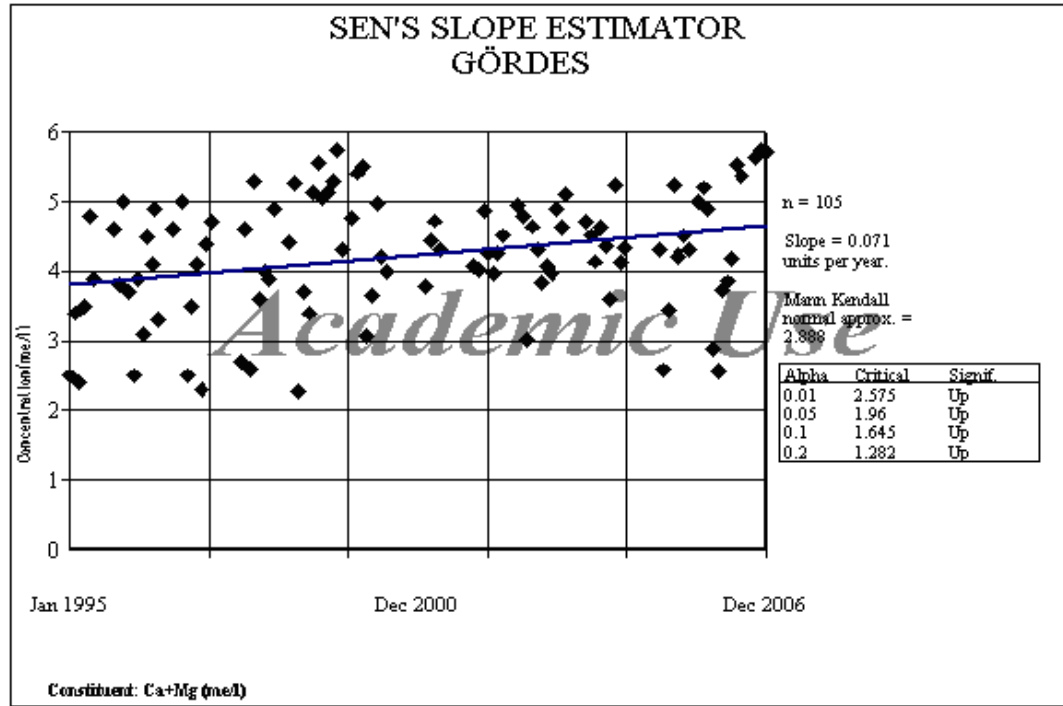
Acısu istasyonunda debiyle Ca+Mg konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan fonksiyon üstel fonksiyon olarak tespit edilmiştir. Debi arttıkça Ca+Mg konsantrasyonlarında % 20.38 oranında seyrelme olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.123).



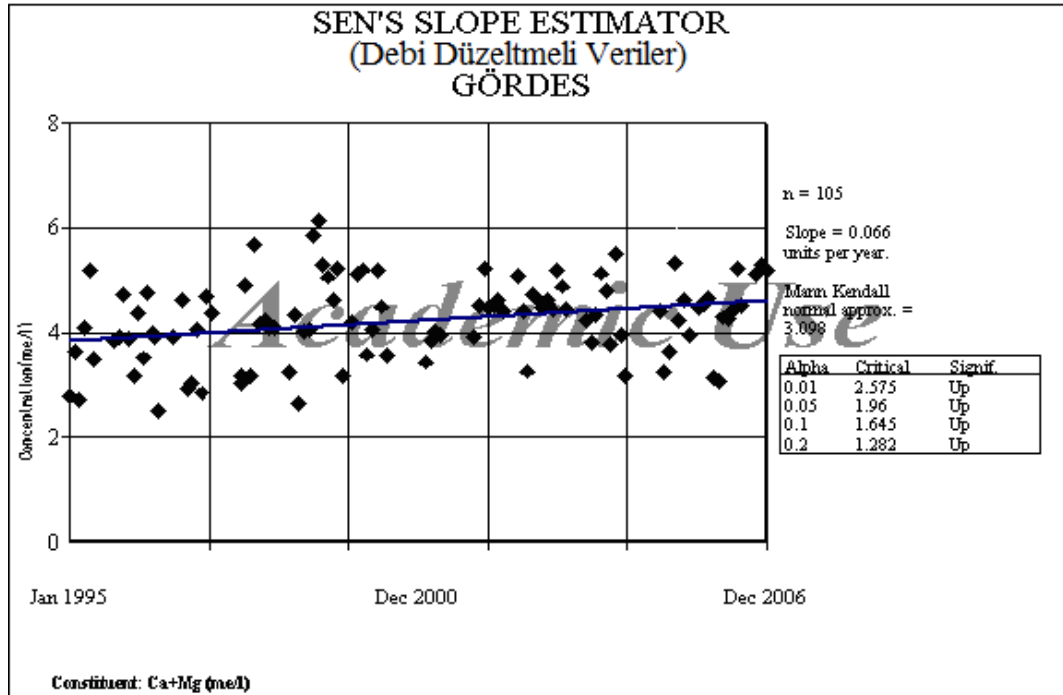
Şekil 4.123. Acısu istasyonunda debi ile Ca+Mg değerleri arasındaki ilişki.

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu ham ve debi düzeltmeli Ca+Mg verilerine uygulanan trend analizi sonuçları Şekil 4.124 ve 4.125'te görülmektedir. Her iki

veri setinde de % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trend belirlenmiş, yıllık artışlar 0.071 me/l ve 0.066 me/l olarak tahmin edilmiştir.

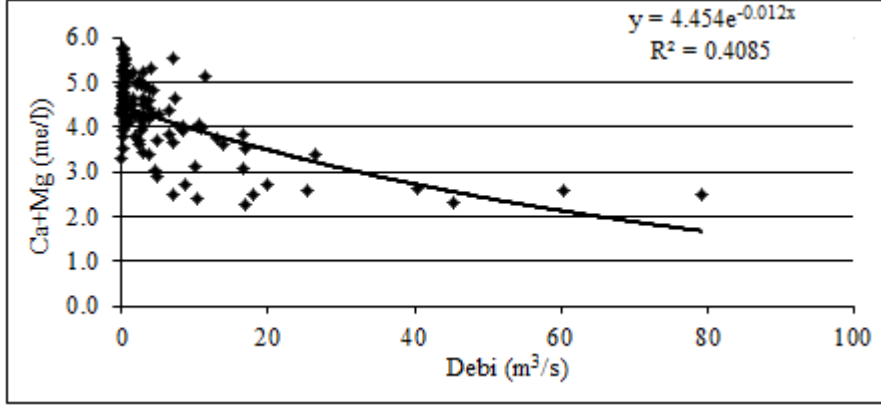


Şekil 4.124. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu ham Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



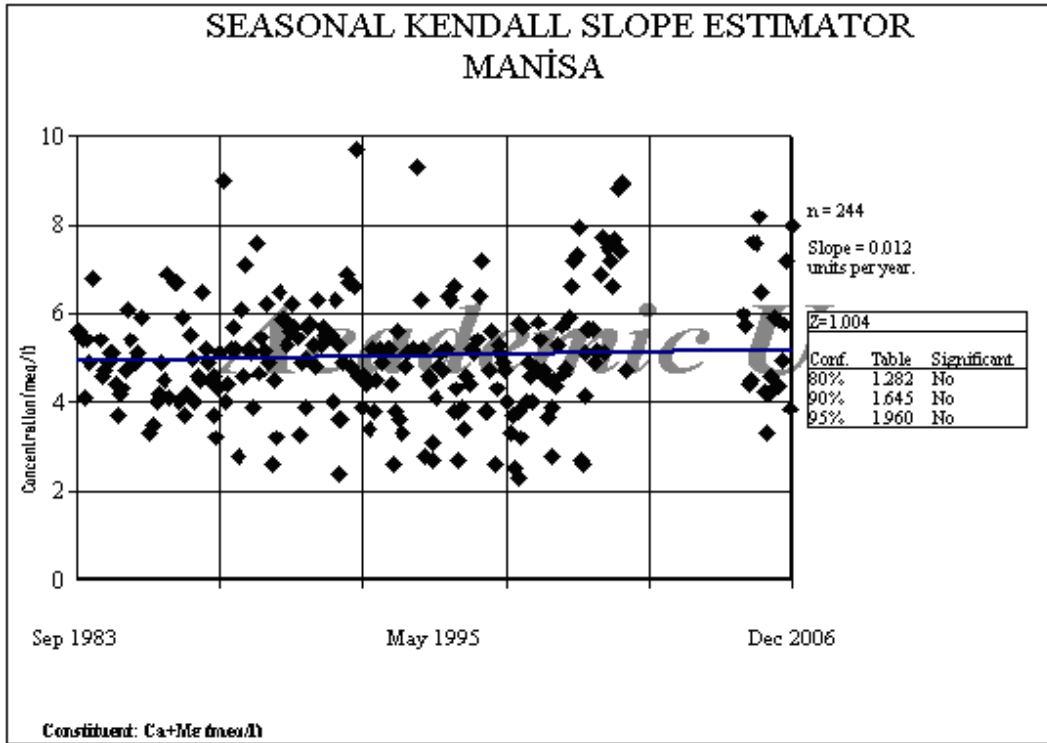
Şekil 4.125. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu debi düzeltilmeli Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debiyle Ca+Mg konsantrasyonları arasında üstel ilişki olduğu belirlenmiş, debi arttıkça K konsantrasyonlarının % 40.85 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.126).

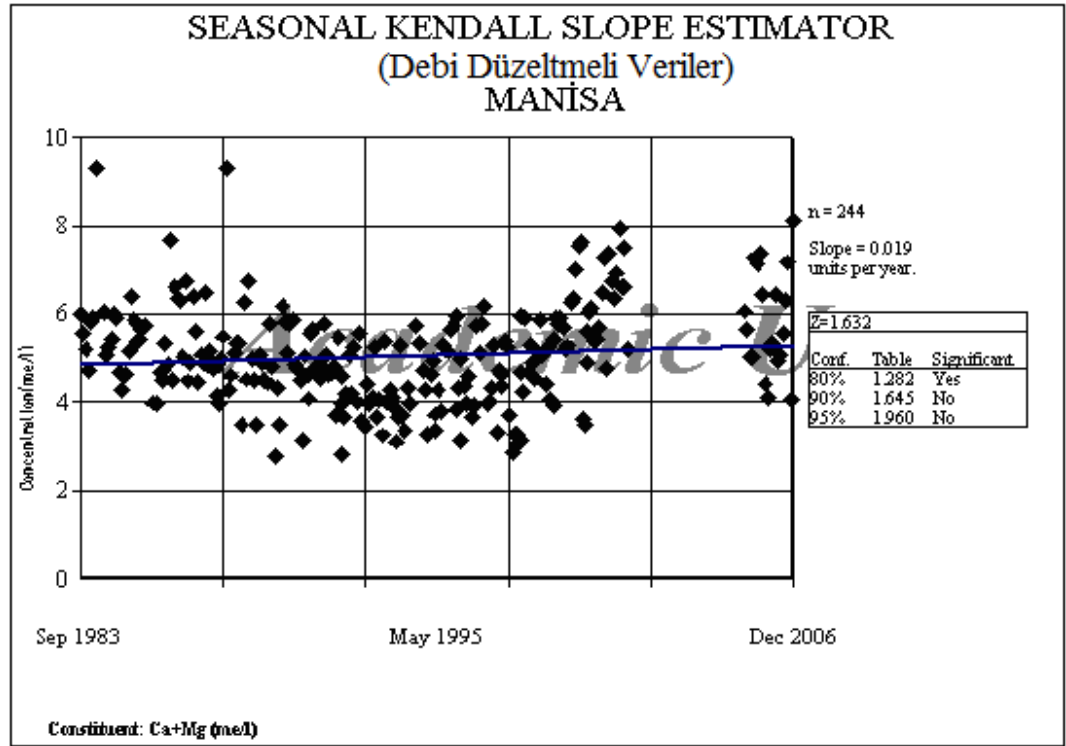


Şekil 4.126. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile Ca+Mg değerleri arasındaki ilişki.

Manisa istasyonu ham ve debi düzeltilmeli Ca+Mg verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda; % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan artan yönde trendler tespit edilmiş, ham verilerde yıllık 0.012 me/l, debi düzeltilmeli verilerde 0.019 me/l artış belirlenmiştir (Şekil 4.127 ve 4.128).

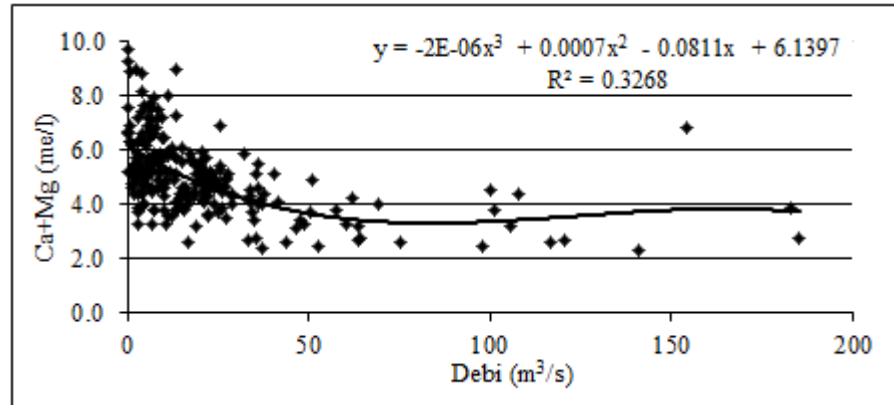


Şekil 4.127. Manisa istasyonu ham Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.128. Manisa istasyonu debi düzeltmeli Ca+Mg verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda debiyle Ca+Mg konsantrasyonları arasındaki ilişki üçüncü dereceden polinom olarak belirlenmiş ve debi arttıkça Ca+Mg konsantrasyonlarının % 32.68 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Şekil 4.129).



Şekil 4.129. Manisa istasyonunda debi ile Ca+Mg değerleri arasındaki ilişki.

Gediz Nehri Ca+Mg değerlerinde % 95 güven düzeyinde, Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Kalsiyum+magnezyum parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	57	TFPW M-K	3.105	0.126	1.96	+
Urganlı	58	S-K	3.938	0.293	1.96	+
Hacıhaliller	57	M-K	2.650	0.249	1.96	+
Çiçekli	31	M-K	3.331	0.348	1.96	+
Çobanisa	50	TFPW M-K	3.764	0.402	1.96	+
Manisa	54	S-K	3.577	0.325	1.96	+
Muradiye	59	S-K	3.660	0.284	1.96	+
Menemen	52	S-K	3.627	0.355	1.96	+
EİE istasyonları -Ham Ca+Mg						
Acısu	284	S-K	-0.029	0	1.96	o
Gördes	105	M-K	2.888	0.071	1.96	+
Manisa	244	S-K	1.004	0.012	1.96	o
Debi düzeltmeli Ca+Mg						
Acısu	284	S-K	-0.159	-0.002	1.96	o
Gördes	105	M-K	3.098	0.066	1.96	+
Manisa	244	S-K	1.632	0.019	1.96	o

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Kalsiyum+magnezyum parametresinde havza genelinde bölgesel bir trend olup olmadığını belirlemek için, Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Çizelge 4.30’da verilmiştir.

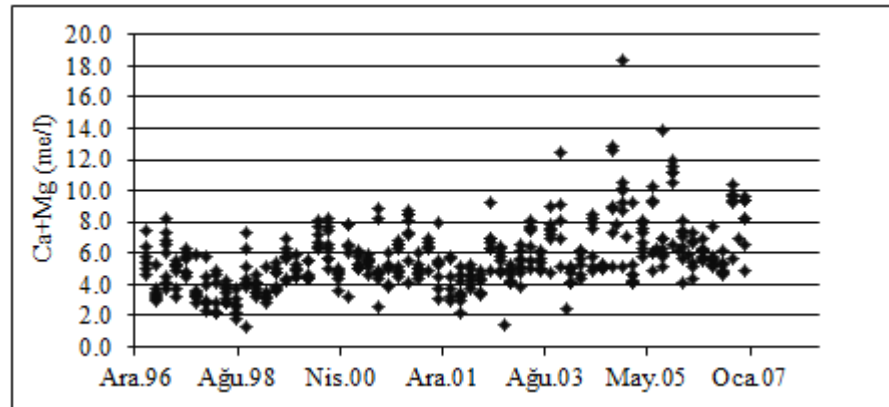
Çizelge 4.30. Kalsiyum+magnezyum parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	63	0.625	0.030	1.96	o
Nisan (RK)	64	5.088	0.314	1.96	+
Haziran (RK)	66	2.301	0.186	1.96	+
Ağustos (RK)	67	2.574	0.115	1.96	+
Ekim (RK)	64	6.762	0.609	1.96	+
Aralık (RK)	65	4.857	0.474	1.96	+
RSK	389	9.133	0.265	1.96	+

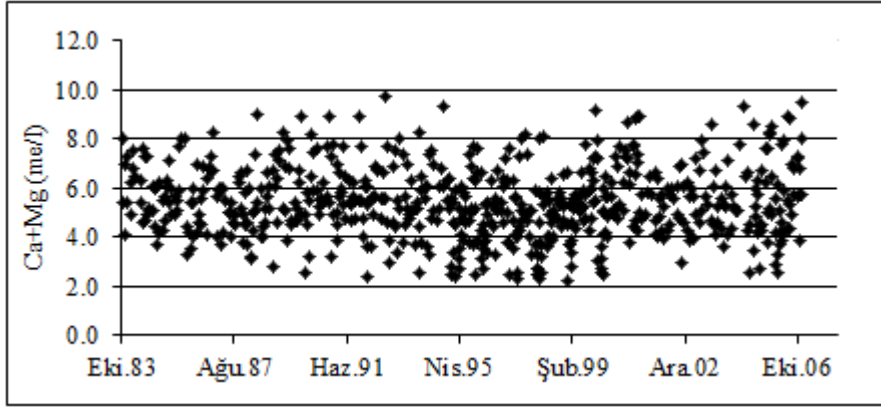
^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Bölgesel Kendall trend analizi sonucunda, şubat ayı dışında diğer aylarda % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trendler tespit edilmiştir. Trend, şubat ayında da artan yönde ancak istatistiksel olarak anlamlı değildir. Konsantrasyonlarda nisan ayında 0.314 me/l, haziran ayında 0.186 me/l, ağustos ayında 0.115 me/l, ekim ayında 0.609 me/l, aralık ayında 0.474 me/l artışlar tespit edilmiştir. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda da, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde bölgesel trend saptanmış ve yıllık artış miktarı 0.265 me/l hesaplanmıştır. Tüm aylarda aynı yönde istatistiksel olarak anlamlı trendlerin belirlenmiş olması kuvvetli artan yönde trendi daha da anlamlı kılmaktadır.

Yapılan tüm analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Gediz Nehri sularının Ca+Mg konsantrasyonlarının kuvvetli artış trendi gösterdiği belirlenmiştir. Ca+Mg konsantrasyonlarındaki artış trendi, EC değerlerinde de bir artışa neden olmaktadır. Sulardaki tuzların % 98'den fazlasını Na, K, Ca ve Mg tuzları teşkil eder (DSİ, 2004). Gediz Nehri sularının sodyum ve potasyum konsantrasyonlarının azalış eğilimi gösterdiği dikkate alınırsa, EC değerlerindeki artışın Ca+Mg konsantrasyonlarındaki artıştan ileri geldiği söylenebilir. Gediz Nehri'nde ölçülen Ca+Mg konsantrasyonlarının zamansal değişimi tüm istasyonları kapsayacak şekilde grafiksel olarak Şekil 4.130 ve 4.131'de verilmiştir. Grafikler incelendiğinde; Ca+Mg değerlerinin genellikle 2-10 me/l arasında olduğu belirlenmiştir. İçmesuyu ve sulama suyu standartlarında Ca+Mg için de herhangi bir sınır değer verilmemiştir.



Şekil 4.130. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen Ca+Mg değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.131. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen Ca+Mg değerlerinin zamansal değişimi.

Doğada elementel kalsiyum bulunmaz. Çünkü havada kolayca okside olur; su ile reaksiyona girer. Bununla birlikte kalsiyum tuzu bileşikler sulara en çok bulunan maddeler arasındadır. Bunlar, toprak ve diğer doğal kaynakların yıkanmasından ve endüstriyel atıklardan ileri gelmektedir. Magnezyum ise yerkabuğunda en çok bulunan elementlerden birisi olup, yerkabuğunun % 2.1'ini oluşturur. Kimyasal olarak oldukça aktif olduğundan doğada element halinde bulunmaz (Ayyıldız, 1990).

Genel olarak suyun sertliği, kalsiyum düzeyi ile değerlendirilmesine rağmen, suyun sertlik derecesi içerdikleri çözünmüş kalsiyum ve magnezyum tuzlarından ileri gelmektedir. Sular, çözünmüş halde kalsiyum ve magnezyum bikarbonat tuzları, sülfat tuzları, klorür tuzları ve ayrıca az miktarda nitrat tuzları içerirler. Özellikle kalsiyum bikarbonat ve kalsiyum sülfat suyun sertliğinde önemli rol oynar. Kalsiyum ve magnezyumun sülfat tuzları kalıcı sertlik, bikarbonat tuzları ise geçici sertlik oluşturur (DSİ, 2000).

Sulama sularının kalite değerlendirmesinde kalsiyum ve magnezyum, toprakların infiltrasyon ve drenaj özellikleri üzerinde olumlu etkisi nedeniyle ve bitkilerin normal gelişmesi için ve toprak işleminin iyi bir şekilde yapılabilmesi için gerekli olduğundan sulara genellikle bulunması arzu edilir. Bu nedenle Gediz nehri sularındaki Ca+Mg konsantrasyonlarının artış eğilimi, olumlu bir özellik olarak değerlendirilmiştir.

4.2.9 Sülfat (SO₄ - mg/l)

Sülfat parametresi için, Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilmiş, belirlenen uygun trend testi Çizelge 4.31’de verilmiştir.

Çizelge 4.31. Sülfat parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	58	5.36	11.07	-	-0.11	0.25	-0.29	-	M-K
Urganlı	58	15.94	"	+					S-K
Hacıhaliller	57	17.51	"	+					S-K
Çiçekli	31	o	o	o	0.22	0.34	-0.42	-	M-K
Çobanisa	51	5.82	11.07	-	0.30	0.27	-0.31	+	TFPW M-K
Manisa	54	19.14	"	+					S-K
Muradiye	59	17.81	"	+					S-K
Menemen	52	11.05	"	-	-0.10	0.26	-0.31	-	M-K
EİE istasyonları -Ham SO ₄									
Acısu	284	29.52	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.70	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	61.27	11.07	+					S-K
Debi düzeltilmeli SO ₄									
Acısu	284	24.68	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.33	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	28.48	11.07	+					S-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

- Mevsimsellik yok

o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

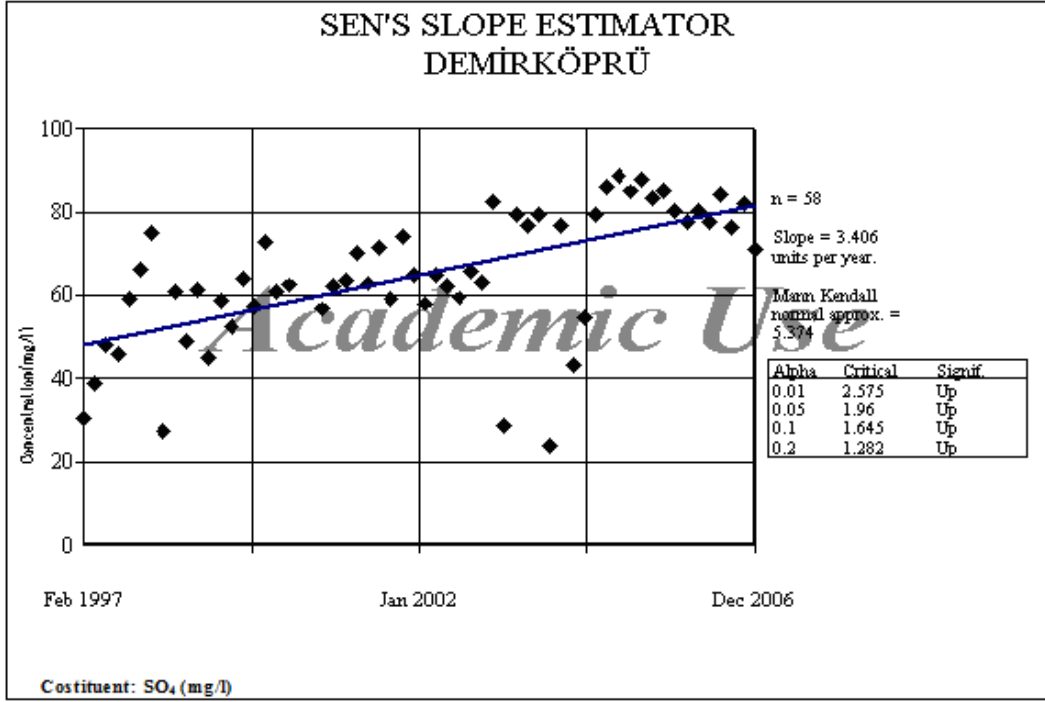
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

:- Seri korelasyon yok

Sülfat parametresinde Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru Şekil 4.132’den itibaren sırasıyla aşağıda verilmiştir.

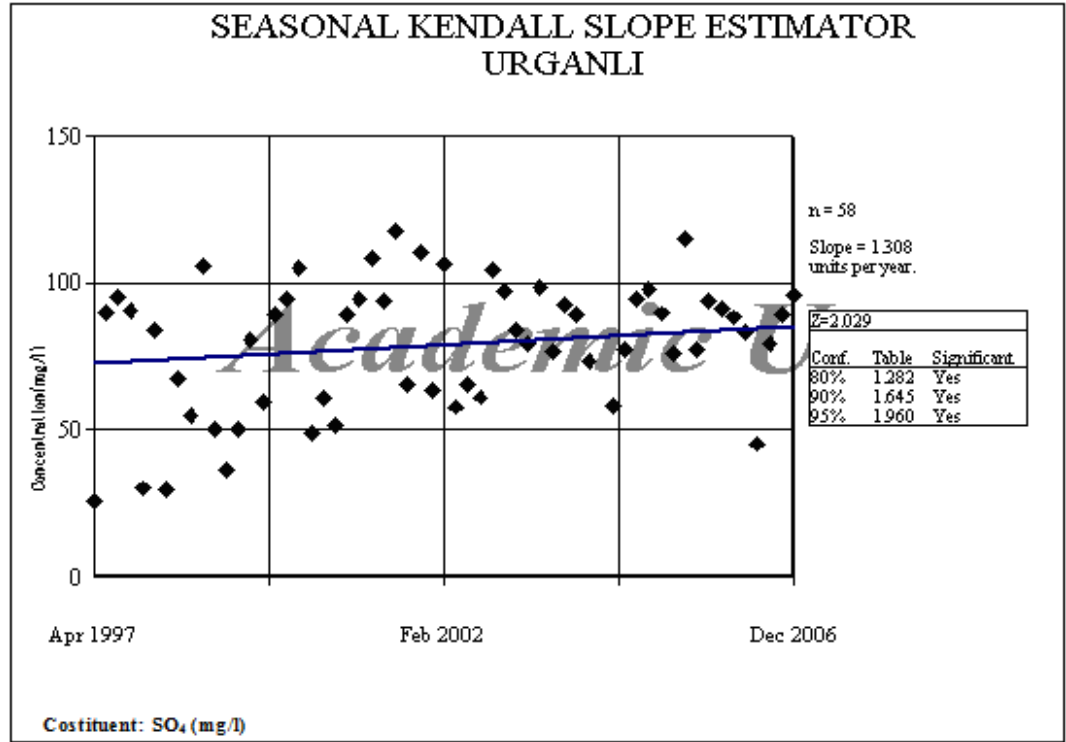
Demirköprü istasyonunda 1997-2006 yılları arasında ölçülen SO_4 verilerinde Mann-Kendall testi sonucu Şekil 4.132’de verilmiştir. Test istatistiği 5.374 olarak hesaplanmış olup, bu değer % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermiştir. Sülfat konsantrasyonlarındaki yıllık artış miktarı ise Sen eğim tahmincisiyle 3.406 mg/l olarak hesaplanmıştır.



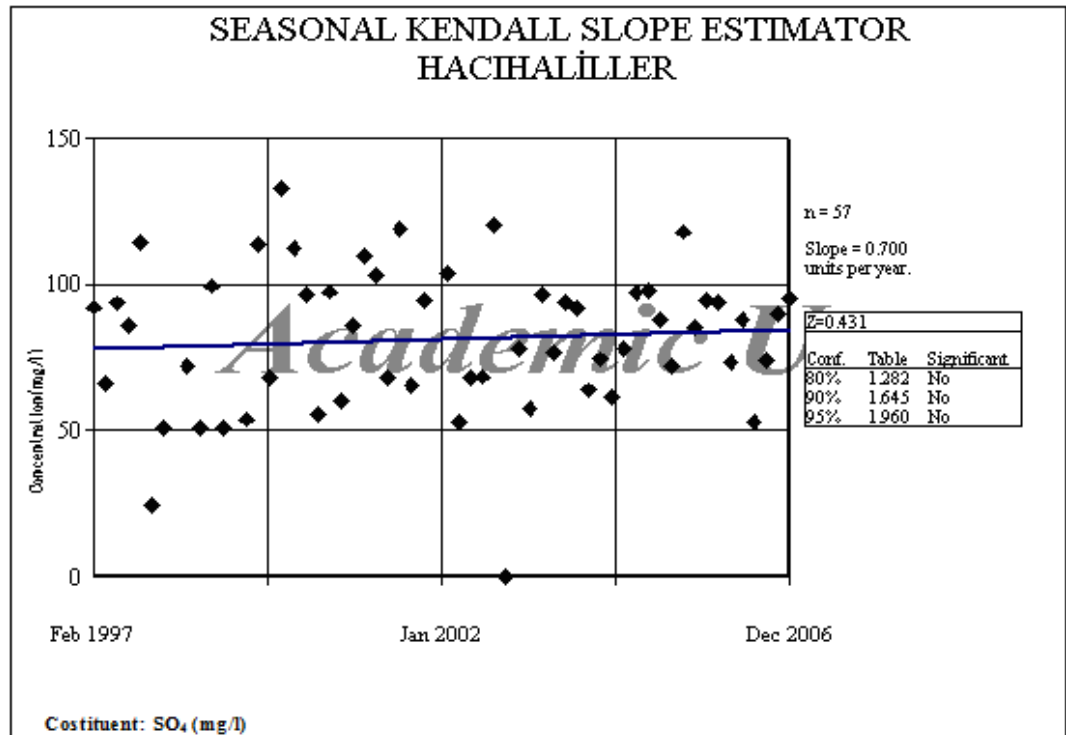
Şekil 4.132. Demirköprü istasyonu SO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonu SO_4 verilerinde yapılan trend analizinde, test istatistiği $Z = 2.029$ olarak hesaplanmış ve % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğu tespit edilmiştir. Yıllık artış miktarı 1.308 mg/l olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.133).

Hacıhaliller istasyonu SO_4 verilerinde yapılan trend analizi sonucunda artan yönde görülen trend, % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. İstatistiksel olarak anlamlı olmayan trendin eğimi 0.700 mg/l/yıl olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.134).

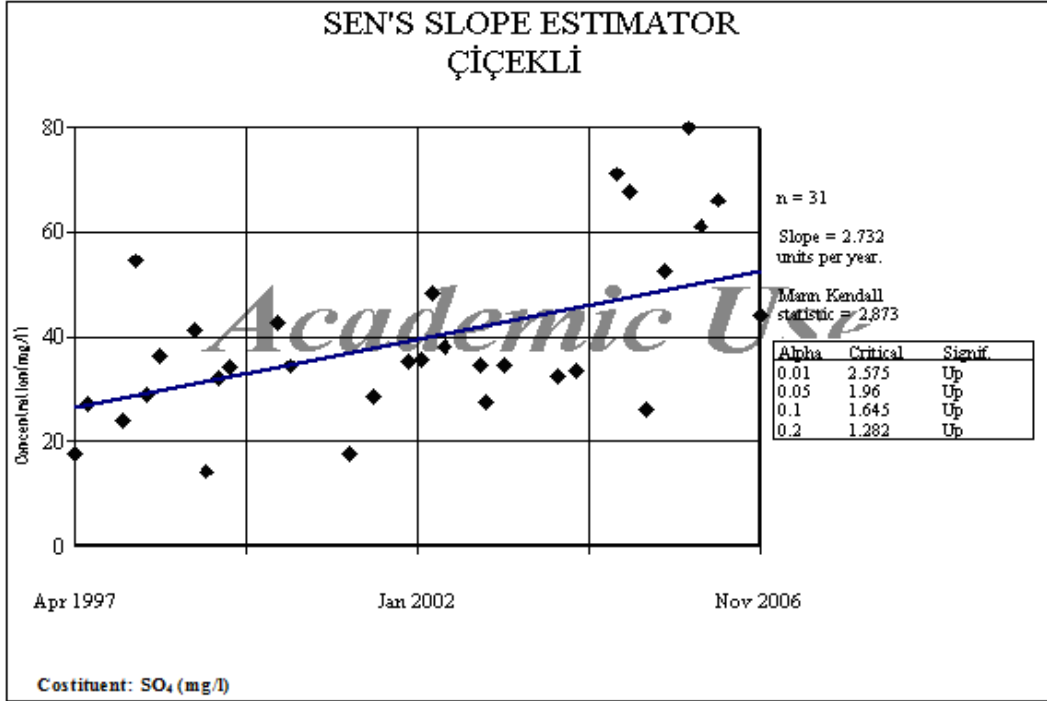


Şekil 4.133. Urganlı istasyonu SO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.134. Hacıhaliller istasyonu SO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

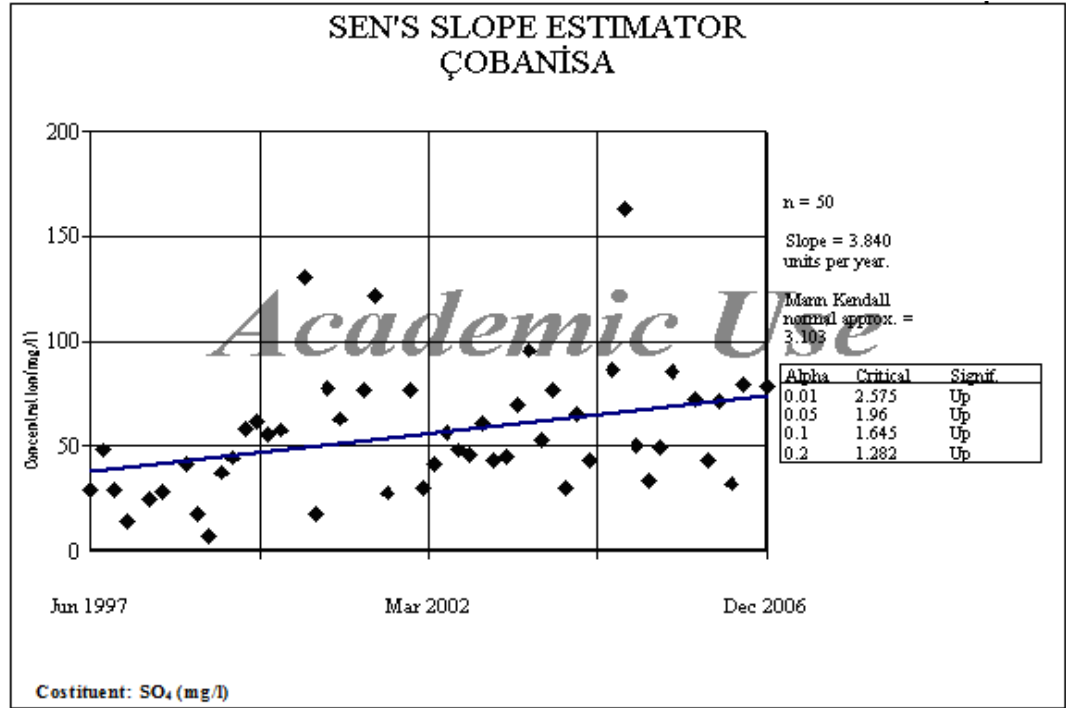
Nif Çayı-Çiçekli istasyonu SO_4 verilerinde Mann-Kendall testi sonucu, % 95 güven düzeyinde anlamlı bir artış trendi olduğu görülmektedir. Yıllık artış miktarı 2.732 mg/l olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.135).



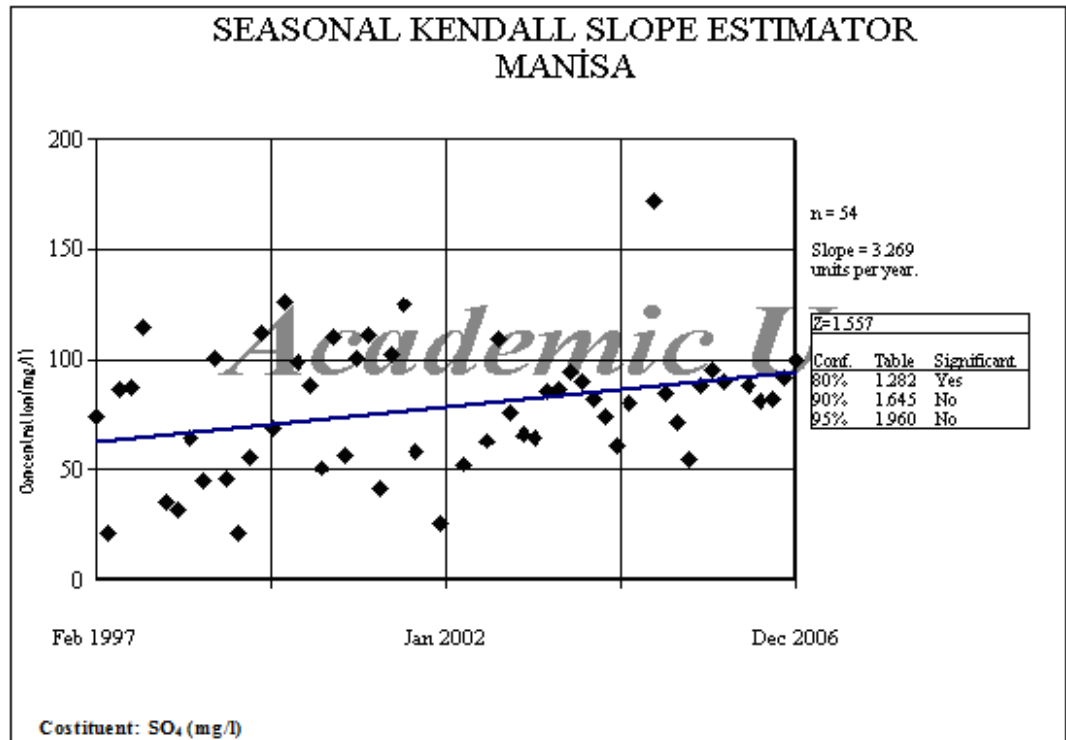
Şekil 4.135. Çiçekli istasyonu SO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Nif Çayı-Çobanisa istasyonu SO_4 verilerinde belirlenen serisel korelasyon etkisi TFPW işlemiyle giderildikten sonra, yeni üretilen seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Tahmin edilen test istatistiği değeri $Z = 3.103$ olup, artan yönde bir trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisi yılda 3.840 mg/l artışı göstermektedir (Şekil 4.136).

Manisa istasyonu SO_4 verilerinde Mevsimsel Kendall testi sonucu bulunan $Z = 1.557$ değeri, artan yöndeki trendin seçilen % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, SO_4 konsantrasyonlarında yıllık 3.269 mg/l artış tahmin edilmiştir (Şekil 4.137).

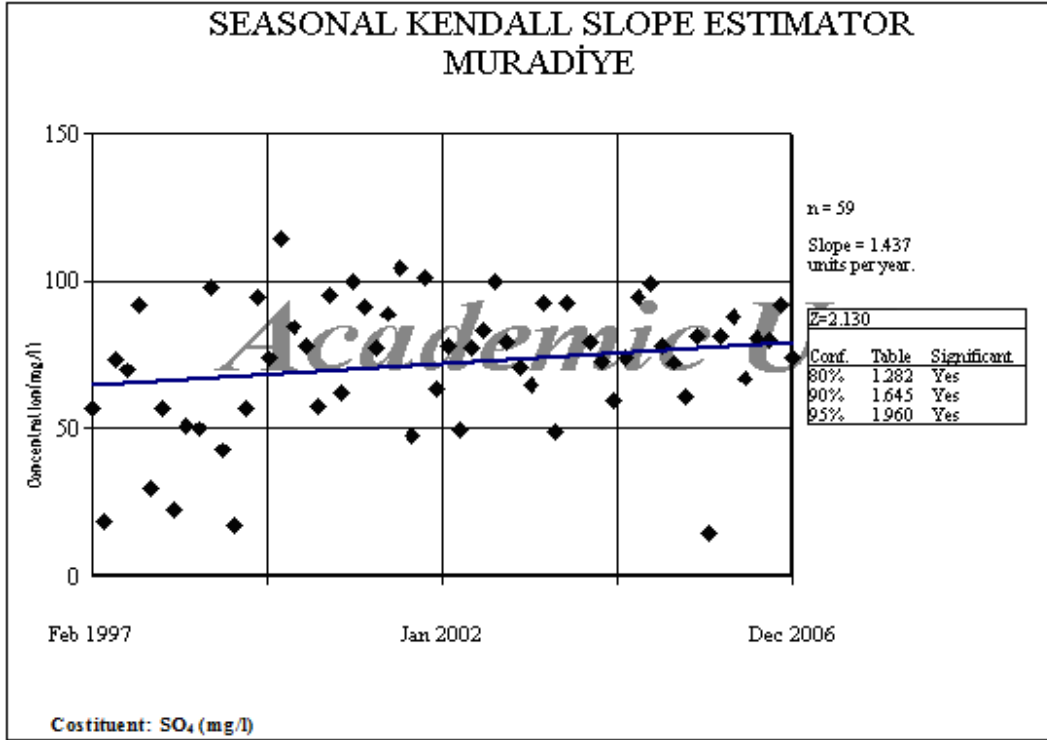


Şekil 4.136. Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış SO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.137. Manisa istasyonu SO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

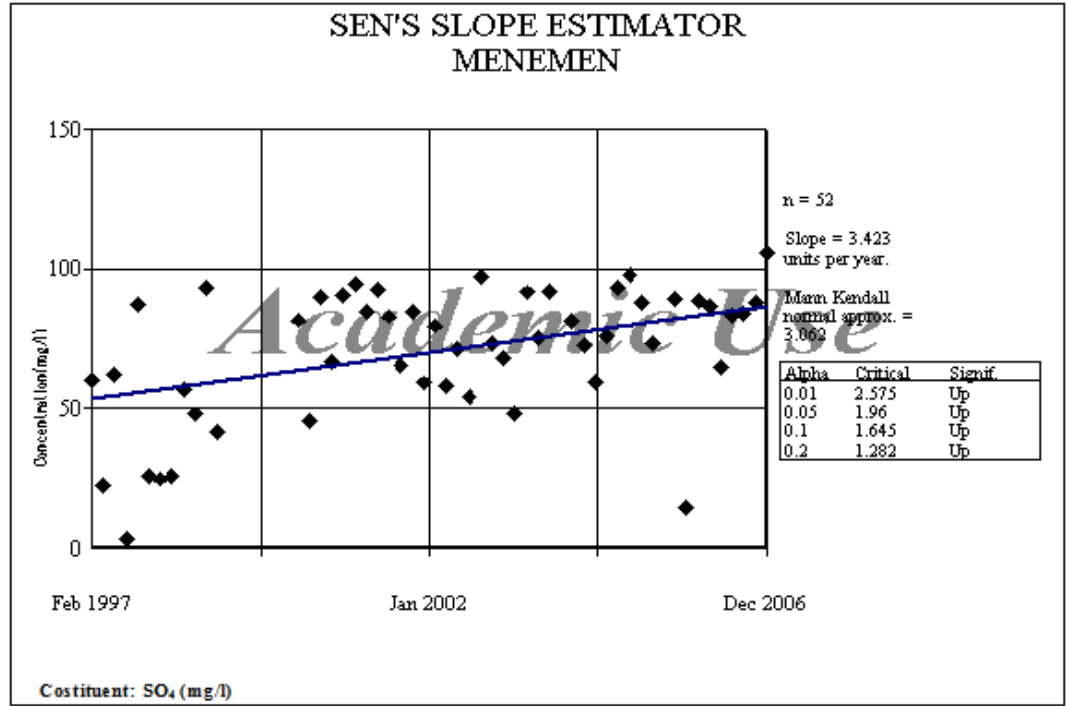
Muradiye istasyonu SO_4 verileri için yapılan trend analizi sonucunda, Mevsimsel Kendall test istatistiği $Z = 2.130$ olarak tahmin edilmiştir. Buna göre, anlamlı ve artan yönde trend vardır ve SO_4 konsantrasyonlarında yıllık artış hızı 1.437 mg/l'dir (Şekil 4.138).



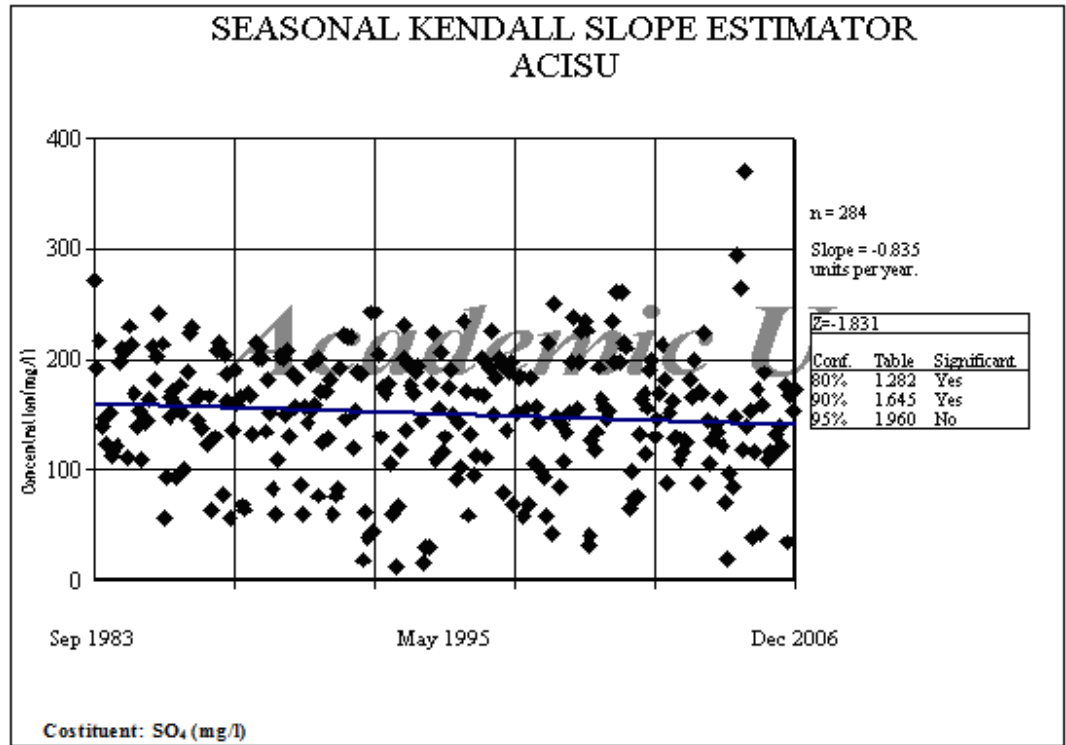
Şekil 4.138. Muradiye istasyonu SO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Şekil 4.139'da verilen Menemen istasyonu SO_4 verilerinin trend analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde artan yönde anlamlı bir trend olduğu görülmüş, Sen eğim tahmincisiyle istatistiksel olarak anlamlı yıllık 3.423 mg/l artış belirlenmiştir.

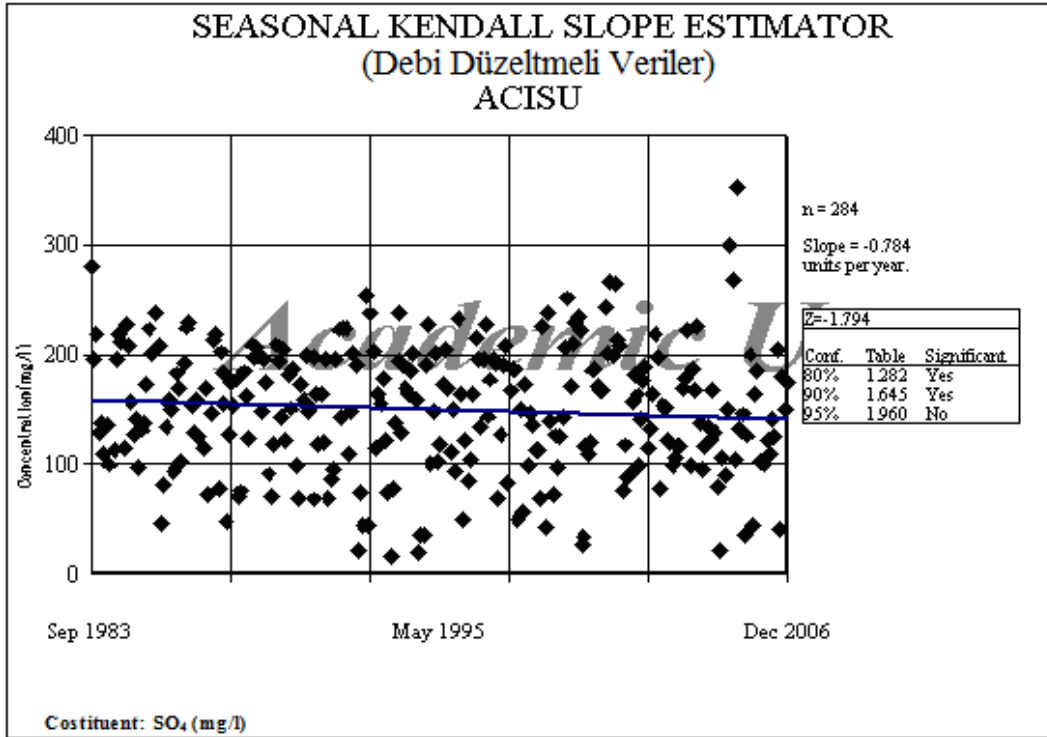
Elektrik İşleri Etüt İdaresi Acısu istasyonuna ait ham ve debi düzeltmeli SO_4 verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Şekil 4.140 ve 4.141'de grafik olarak verilmiştir. Ham verilerde -1.831, debi düzeltmeli verilerde -1.794 olarak hesaplanan test istatistiğine göre, azalan yönde ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trendler belirlenmiştir. İstatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte, ham verilerde 0.835 mg/l/yıl, debi düzeltmeli verilerde 0.784 mg/l/yıl azalış tahmin edilmiştir.



Şekil 4.139. Menemen istasyonu SO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen'in eğim tahmircisi sonuçları.

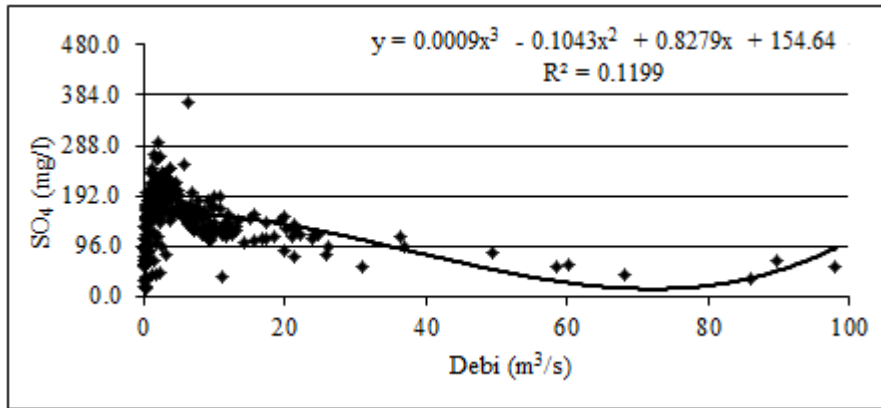


Şekil 4.140. Acisu istasyonu ham SO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmircisi sonuçları.



Şekil 4.141. Acısu istasyonu debi düzeltmeli SO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

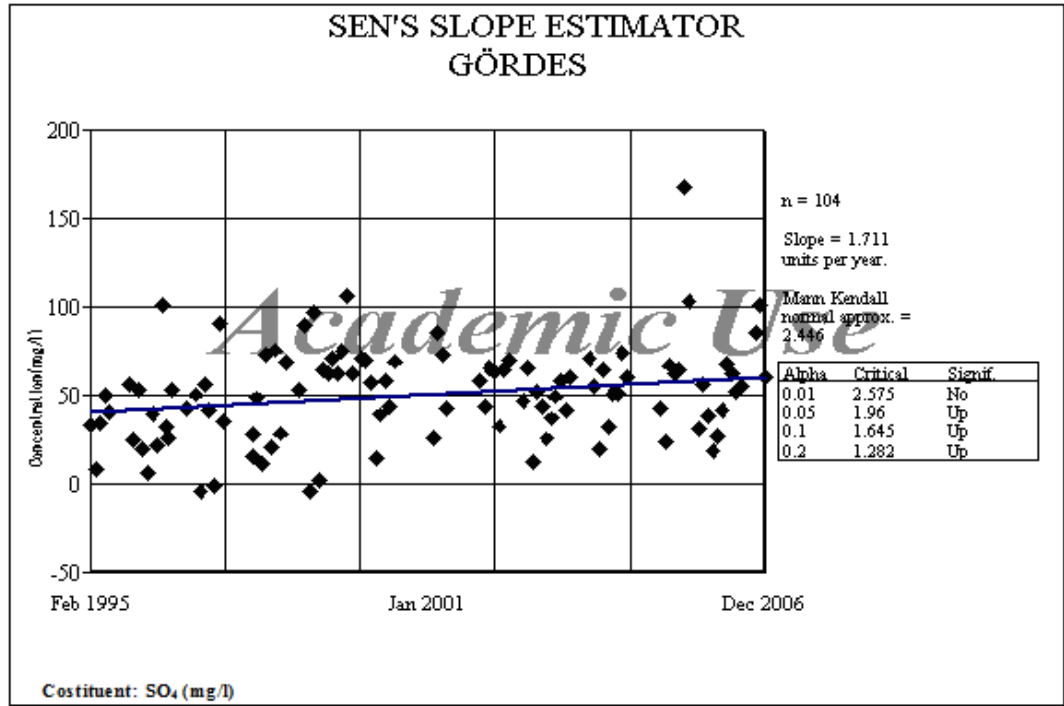
Acısu istasyonunda debiyle SO₄ konsantrasyonları arasındaki ilişki üçüncü dereceden polinom olarak tespit edilmiş ve SO₄ konsantrasyonlarındaki değişimin % 11.99'unun debideki değişimden kaynaklandığı belirlenmiştir (Şekil 4.142).



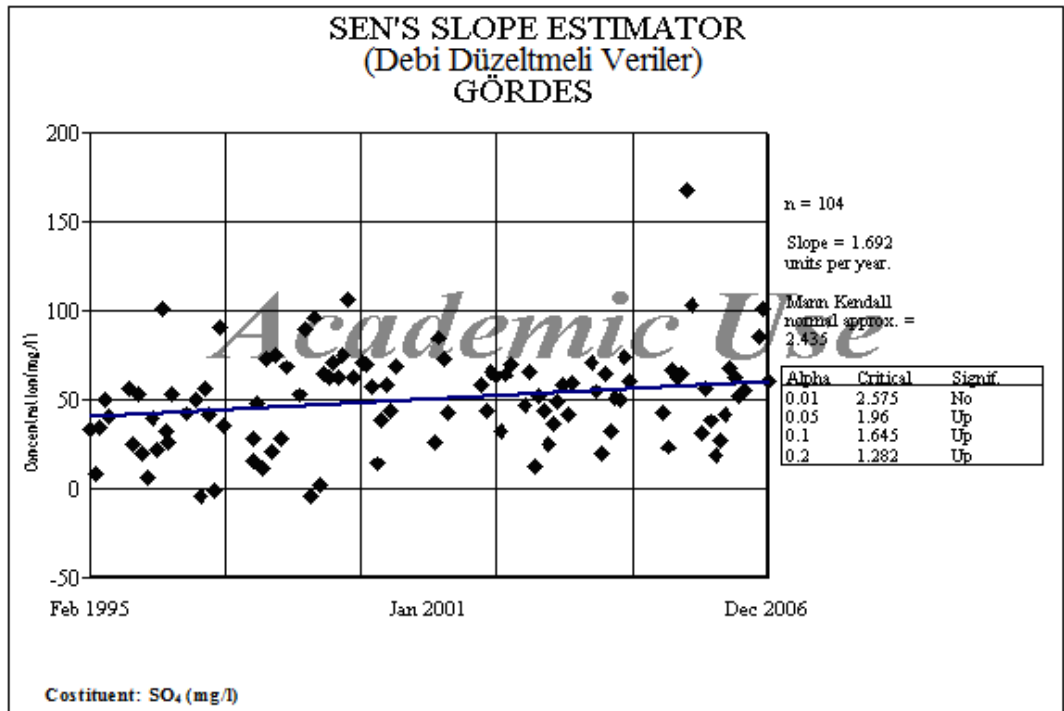
Şekil 142. Acısu istasyonunda debi ile SO₄ değerleri arasındaki ilişki.

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu ham ve debi düzeltmeli verilerde belirlenen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırılmış ve yeni serilerde Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Her iki veri setinde de % 95

güven düzeyinde anlamlı artış eğilimleri ve ham verilerde yıllık 1.711 mg/l, debi düzeltilmeli verilerde 1.692 mg/l artış belirlenmiştir (Şekil 4.143 ve 4.144).

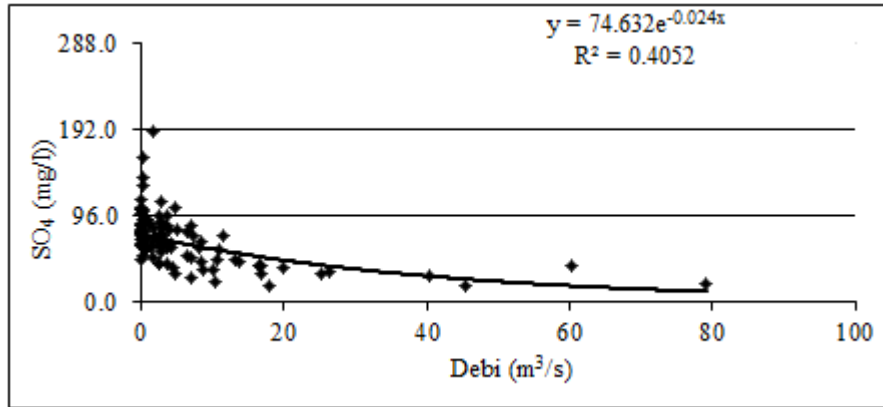


Şekil 4.143. Gördes istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham SO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



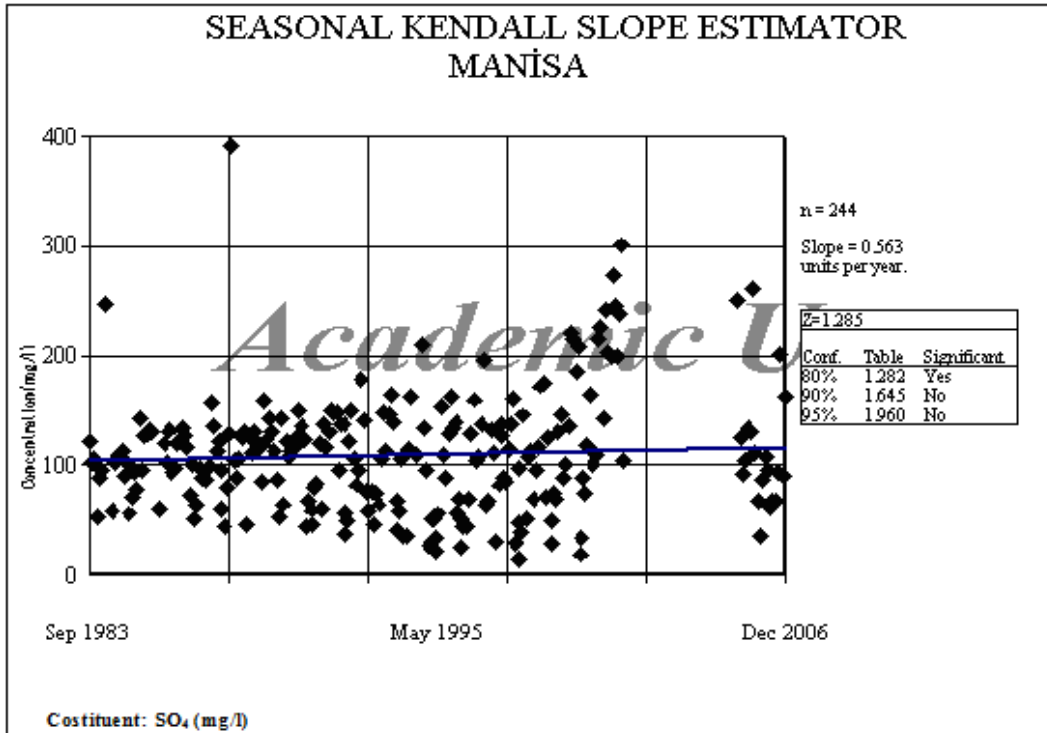
Şekil 4.144. Gördes istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltilmeli SO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Gördes Çayı'nda debinin SO_4 konsantrasyonlarında % 40.52 oranında seyrelme etkisinin olduğu üstel ilişki belirlenmiştir (Şekil 4.145).

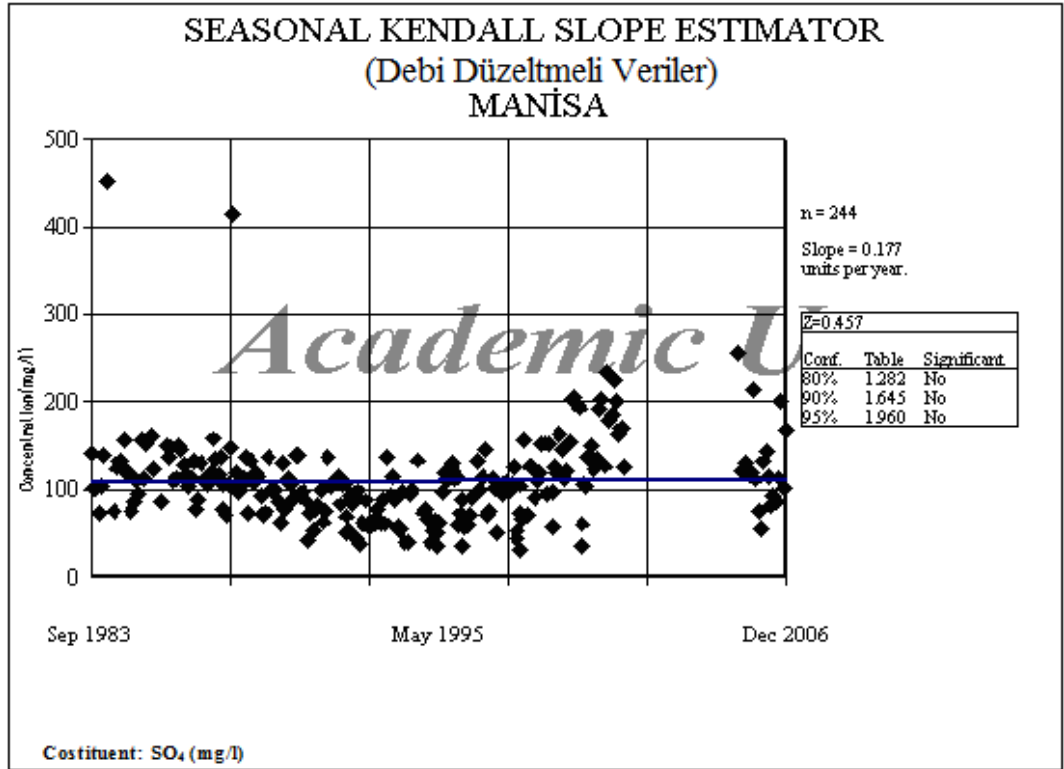


Şekil 145. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile SO_4 değerleri arasındaki ilişki.

Manisa istasyonu ham ve debi düzeltilmeli verilerde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Şekil 4.146 ve 4.147'de grafik olarak verilmiştir. Test istatistiği Z; ham verilerde 1.285, debi düzeltilmeli verilerde 0.457 olarak tahmin edilmiş olup, bu değerler trendin artan yönde ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. Ham verilerde yıllık artış miktarı 0.563 mg/l iken, debi düzeltilmeli verilerde 0.177 mg/l olarak tahmin edilmiştir.

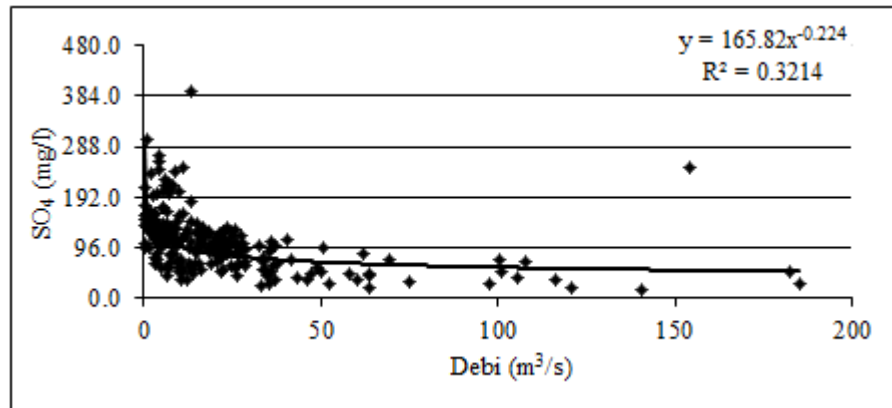


Şekil 4.146. Manisa istasyonu ham SO_4 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.147. Manisa istasyonu debi düzeltmeli SO₄ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda debiyle SO₄ konsantrasyonları arasında üssel ilişki belirlenmiş ve SO₄ konsantrasyonlarındaki değişimin % 32.14'ünün debideki değişimden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.148).



Şekil 148. Manisa istasyonunda debi ile SO₄ değerleri arasındaki ilişki.

Gediz Nehri sülfat parametresinde, Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle % 95 güven düzeyinde belirlenen trend analizi sonuçları tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.32'de verilmiştir.

Çizelge 4.32. Sülfat parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	58	M-K	5.374	3.406	1.96	+
Urganlı	58	S-K	2.029	1.308	1.96	+
Hacıhaliller	57	S-K	0.431	0.700	1.96	o
Çiçekli	31	M-K	2.873	2.732	1.96	+
Çobanisa	50	TFPW M-K	3.103	3.840	1.96	+
Manisa	54	S-K	1.557	3.269	1.96	o
Muradiye	59	S-K	2.130	1.437	1.96	+
Menemen	52	M-K	3.062	3.423	1.96	+
EİE istasyonları -Ham SO ₄						
Acısu	284	S-K	-1.831	-0.835	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	2.446	1.711	1.96	+
Manisa	244	S-K	1.285	0.563	1.96	o
Debi düzeltmeli SO ₄						
Acısu	284	S-K	-1.794	-0.784	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	2.435	1.692	1.96	+
Manisa	244	S-K	0.457	0.177	1.96	o

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Çizelge 4.32 incelendiğinde; Hacıhaliller ve DSİ Manisa istasyonları ile EİE Acısu ve EİE Manisa istasyonları hariç diğer istasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı artan yönde trendler belirlenmiştir.

Sülfat parametresinde bölgesel trend analizi sonuçları Çizelge 4.33'te verilmiştir.

Çizelge 4.33. Sülfat parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

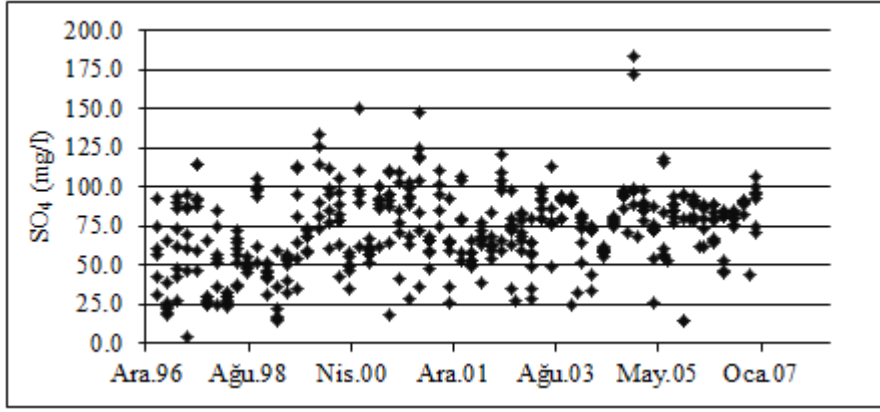
Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	63	3.359	2.731	1.96	+
Nisan (RK)	64	5.623	5.307	1.96	+
Haziran (RK)	66	-0.037	-0.192	1.96	o
Ağustos (RK)	67	5.148	3.400	1.96	+
Ekim (RK)	64	-0.302	-0.173	1.96	o
Aralık (RK)	65	4.225	5.067	1.96	+
RSK	389	7.362	2.578	1.96	+

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

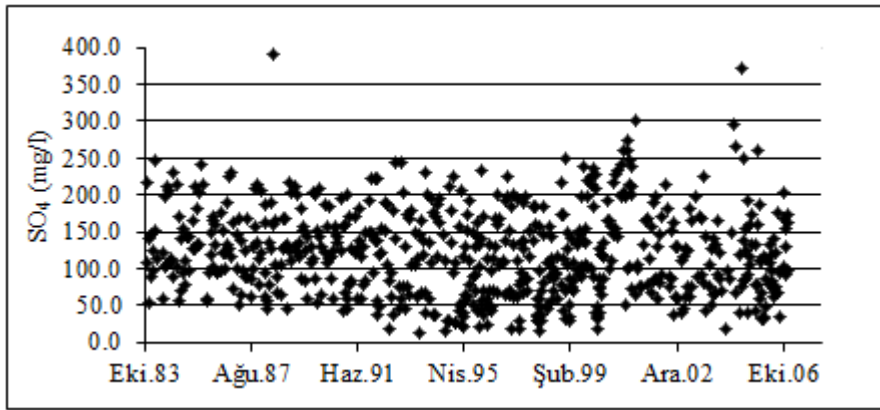
Bölgesel trend analizi sonuçlarına göre; haziran ve ekim aylarında % 95 güven düzeyinde anlamlı trend görülmezken, diğer aylarda kuvvetli artan yönde trendler tespit edilmiştir. Şubat ayında 2.731 mg/l, nisan ayında 5.307 mg/l, ağustos ayında 3.400 mg/l, aralık ayında 5.067 mg/l yıllık artış saptanmıştır. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda da % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiş ve yıllık artış miktarı 2.578 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Yapılan tüm analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; Gediz Nehri SO_4 değerlerinin 1997-2006 yılları arasında % 95 güven düzeyinde çoğunlukla anlamlı artış eğilimi gösterdiği görülmüştür.

Suların sulamaya uygunluğunun SO_4 içeriği yönünden değerlendirilmesinde Scofield (1936) tarafından önerilen sınıflandırmada, $SO_4 < 4$ me/l (192 mg/l) çok iyi, 4-7 me/l (192-336 mg/l) iyi, 7-12 me/l (336-576 mg/l) kullanılabilir, 12-20 me/l (576-960 mg/l) dikkatli kullanılmalı ve > 20 me/l (960 mg/l) zararlı olarak değerlendirilmektedir. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre; $SO_4 < 200$ mg/l 1. ve 2. sınıf, 200-400 mg/l 3. sınıf, > 400 mg/l 4. sınıf olarak sınıflandırılır. Şekil 4.159 ve 4.160'ta grafiksel olarak verilen Gediz Nehri'nde ölçülen SO_4 değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi incelendiğinde; SO_4 değerlerinin genellikle 150 mg/l'nin altında, kısmen 150-250 mg/l arasında olduğu görülmüştür. 1000 mg/l ve daha fazla SO_4 içeren sular kalsiyumun çökmesine neden olarak bitkilerin kalsiyum alımını azaltır ve sodyum alımını artırarak bitkilere toksik olur (DSİ, 2004). Scofield sınıflandırma sistemine göre; Gediz Nehri suları SO_4 değerleri yönünden çok iyi ve iyi sular sınıfına, SKKY kriterlerine göre; 1. 2. ve 3. sınıfa girmektedir. Ancak, yapılan trend analizleri sonucunda SO_4 değerlerinde artış yani kötüleşme eğilimi tespit edilmiştir. Bu artış trendi devam ederse, Gediz Nehri sularının SO_4 parametresi yönünden daha kötü sular sınıfına gireceği söylenebilir.



Şekil 4.149. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen SO_4 değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.150. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen SO_4 değerlerinin zamansal değişimi.

Sülfat, sulara doğal olarak, kısmen de jips ve diğer minerallerin yıkanması sonucu bulunur (Ayyıldız, 1990). Doğal sulardaki sülfatın başlıca kaynakları; magmatik kayalar, deri, selüloz, tekstil, sülfirik asit, metalürji endüstrisi atıksuları, asit yağmuru ve kükürt içeren maden sahalarının drenaj sularıdır. Yerleşim bölgelerinde evsel atıksuların yüzeysel sulara boşaltılması veya çeşitli yollarla yeraltı suyuna sızması, bu sulardaki sülfat derişimini yükseltir (İleri, 2010). Ayrıca fabrika ve konutlarda yakılan petrol ve kömür, sülfatın başlıca kaynaklarından (Yüksel, 2007).

Kömürde mineral madde olarak, kil mineralleri, karbonatlar, sülfidler, oksitler, klorürler, sülfatlar bulunmaktadır. Mineral maddede özgün olarak sülfat bileşiklerinin bulunması, ayrıca yanma sonucu oluşan kükürtdioksitin bir bölümünün külde sülfatlar oluşturması nedeniyle, kömür külünün kükürt içeriği SO_2 eşdeğeri olarak gösterilir. Mineral madde içerisinde kükürt çoğunlukla pirit biçiminde ve az miktarlarda da sülfat kükürdü olarak vardır (Anonim, 2004b).

Atık su içinde bulunan sülfat, anaerobik şartlarda (oksijen ve nitrat yokluğunda) sülfat indirgeyici bakteriler tarafından biyokimyasal reaksiyon için oksijen kaynağı olarak kullanılır ve sülfat sülfüre dönüşür. Sülfür iyonu ortamdaki hidrojen iyonu ile reaksiyona girerek hem toksik hem korozyon nitelikte olan ve kötü kokulu hidrojen sülfür gazı oluşur (Öztürk vd., 2005).

4.2.10 Klor (Cl - mg/l)

Klor parametresinde Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilmiş, bu sonuçlara göre belirlenen uygun trend testi membadan mansaba doğru Çizelge 4.34'te verilmiştir.

Çizelge 4.34. Klor parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	58	4.55	11.07	-	0.15	0.25	-0.29	-	M-K
Urganlı	58	20.52	"	+					S-K
Hacıhaliller	57	16.90	"	+					S-K
Çiçekli	31	o	o	o	-0.09	0.34	-0.42	-	M-K
Çobanisa	51	10.59	11.07	-	0.37	0.29	-0.33	+	TFPW M-K
Manisa	54	18.30	"	+					S-K
Muradiye	59	21.82	"	+					S-K
Menemen	52	19.01	"	+					S-K
EİE istasyonları -Ham Cl									
Acısu	284	138.5	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.21	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	35.51	11.07	+					S-K
Debi düzeltilmeli Cl									
Acısu	284	10.27	"	-	0.07	0.12	-0.12	-	M-K
Gördes	105	o	o	o	0.26	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	29.14	11.07	+					S-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

- Mevsimsellik yok

o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

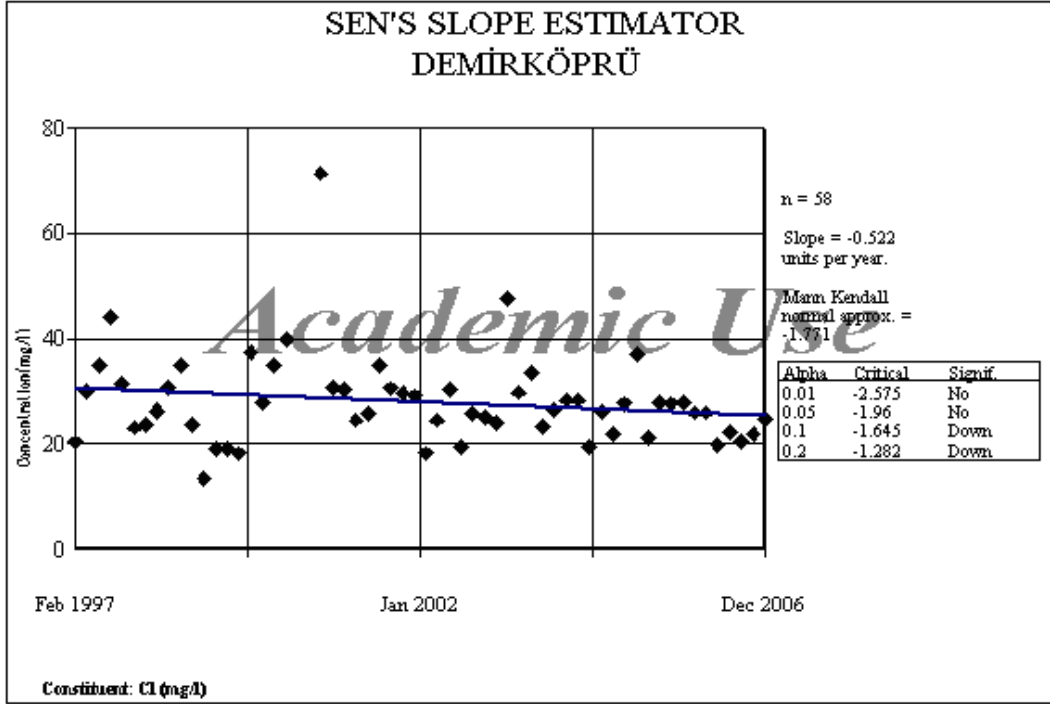
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

:- Seri korelasyon yok

Gediz Nehri Cl parametresi için yapılan trend analizi sonuçları, membadan mansaba doğru sırasıyla aşağıda verilmiştir.

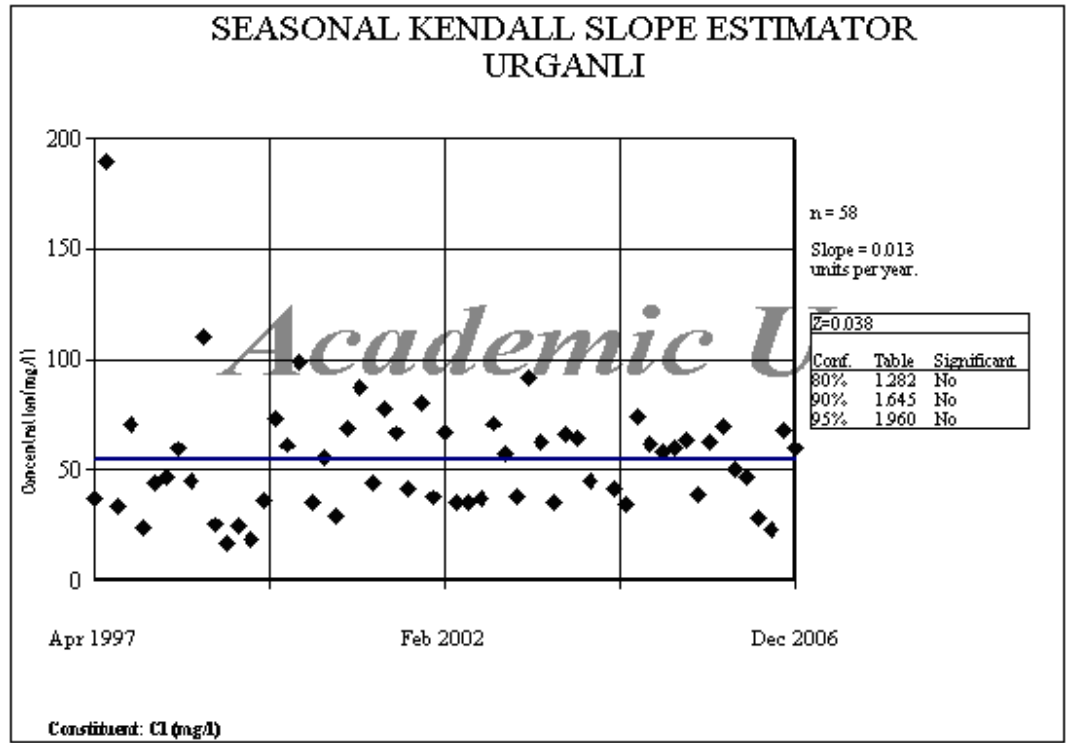
Demirköprü istasyonu Cl verilerinde, Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, azalan yönde trend olduğu, ancak bu trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı anlaşılmaktadır. Sen eğim tahmincisiyle Cl konsantrasyonlarında yıllık 0.522 mg/l azalış hesaplanmıştır (Şekil 4.151).



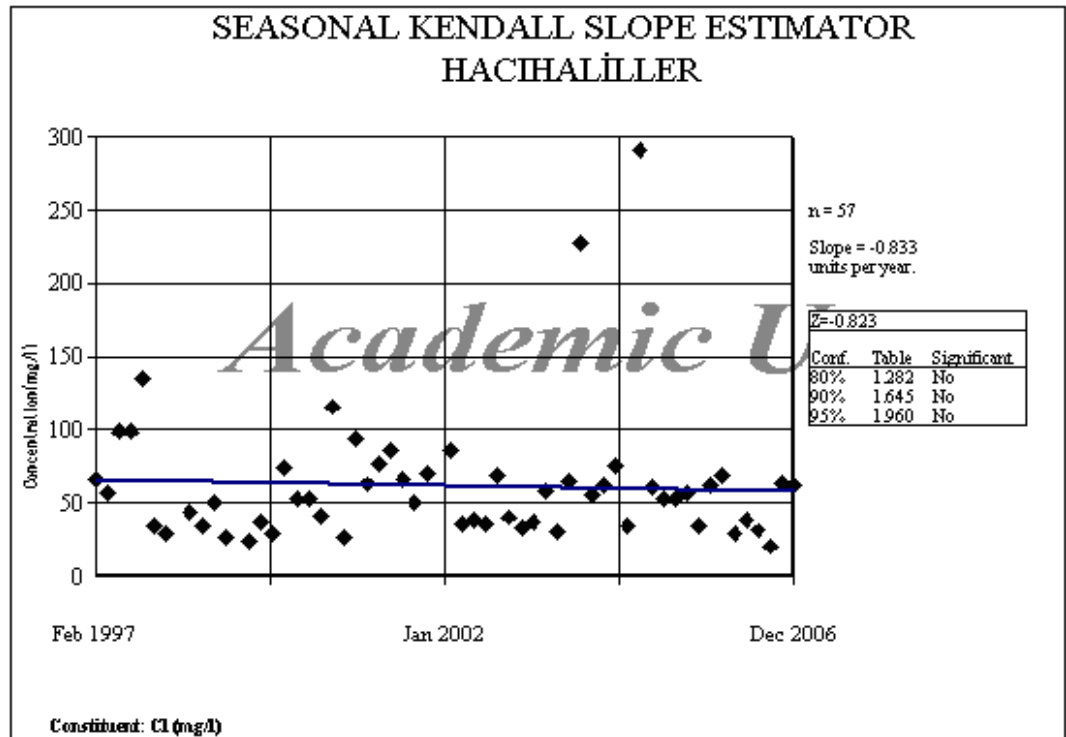
Şekil 4.151. Demirköprü istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonu Cl verilerinde yapılan trend analizi sonucunda, Mevsimsel Kendall test istatistiği % 95 güven düzeyinde anlamlı bir trend olmadığını göstermektedir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle yıllık 0.013 mg/l olarak tahmin edilen artış, istatistiksel olarak anlamlı değildir (Şekil 4.152).

Hacıhaliller istasyonu Cl verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan ve Şekil 4.153'te grafik olarak verilen trend analizi sonucunda, Z değeri -0.823 olarak hesaplanmış, Cl konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı olmamakla beraber yıllık 0.833 mg/l'lik azalış tahmin edilmiştir.

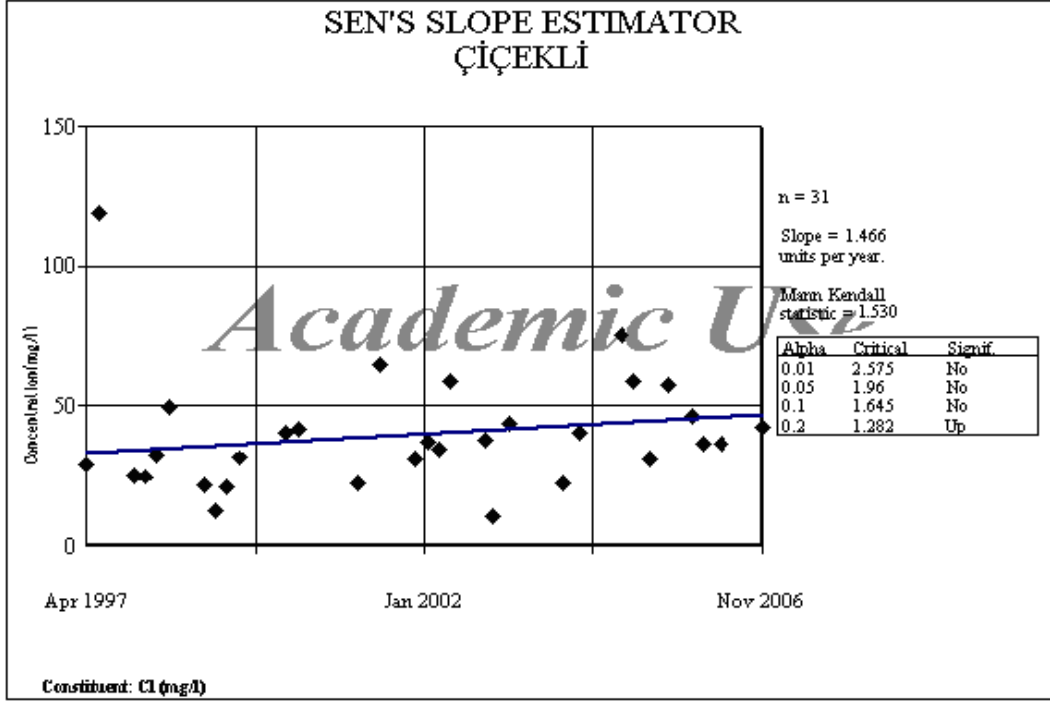


Şekil 4.152. Urganlı istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.153. Hacıhaliller istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

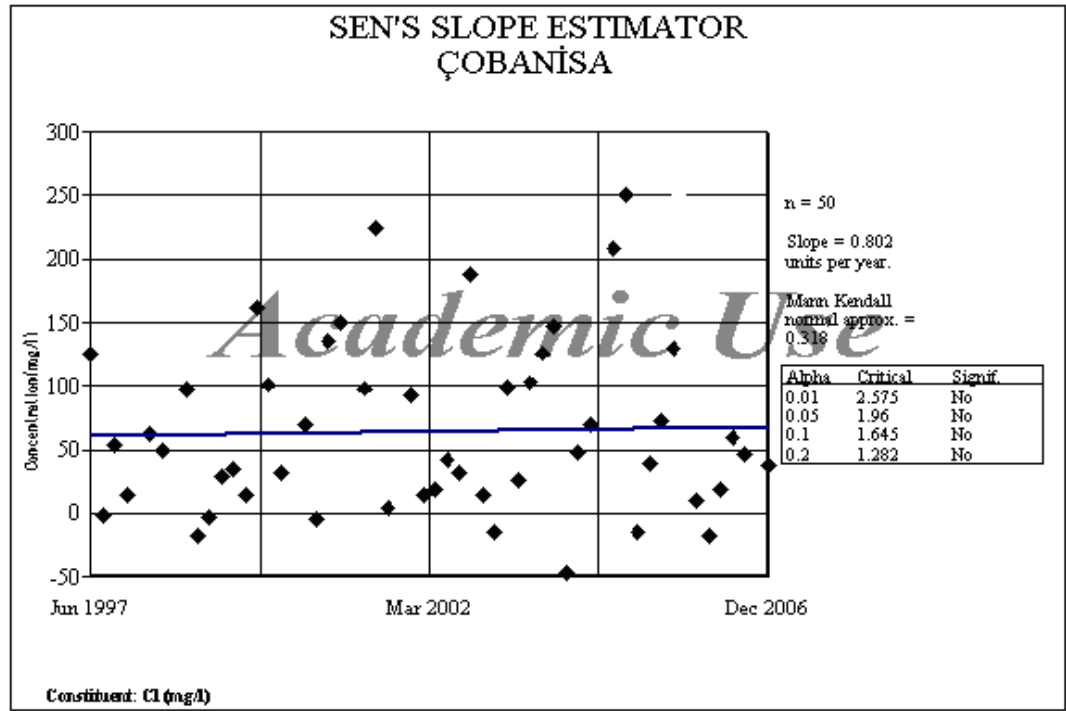
Nif Çayı-Çiçekli istasyonunda Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde, artan yönde belirlenen trendin, istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı, Sen eğim tahmincisiyle Cl konsantrasyonlarında 1.466 mg/l/yıl artış olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.154).



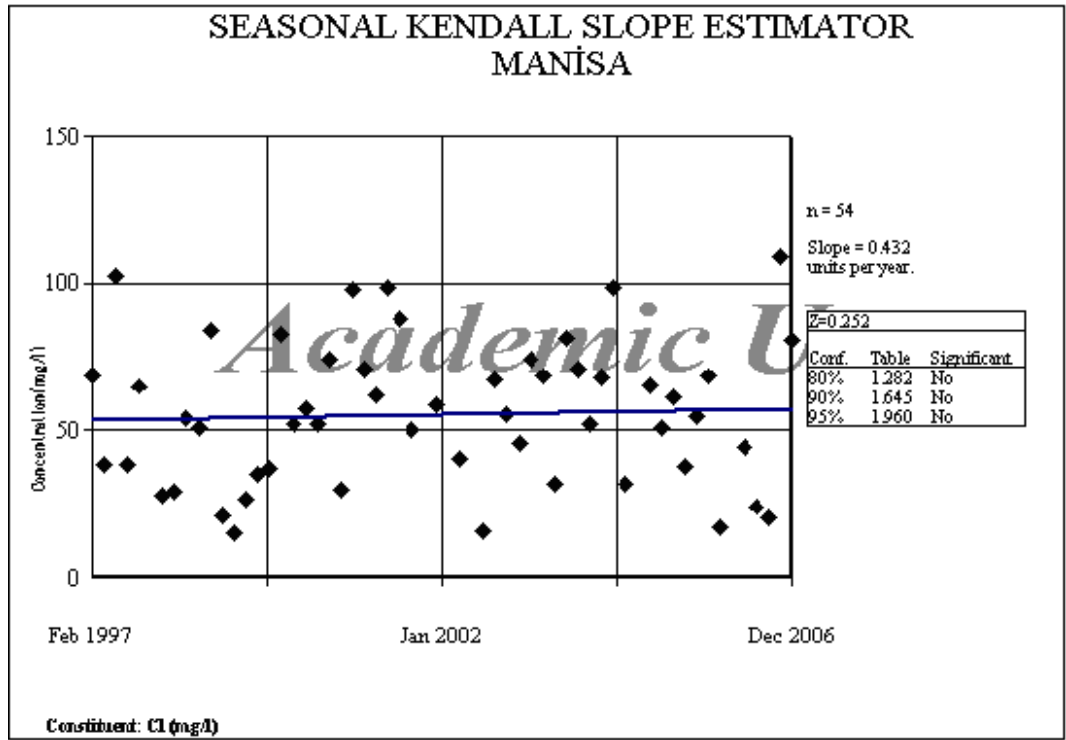
Şekil 4.154. Çiçekli istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Nif Çayı-Çobanisa istasyonu Cl verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırıldıktan sonra, yeni seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmış, % 95 güven düzeyinde anlamlı trend olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.155). Sen eğim tahmincisiyle konsantrasyonlarda istatistiksel olarak anlamlı olmayan yıllık 0.802 mg/l artış olduğu tahmin edilmiştir.

Manisa istasyonu Cl verileri için Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizinde, 1997-2006 yılları arasında istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı trend tespit edilememiştir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle konsantrasyonlarda 0.432 mg/l/yıl artış tahmin edilmiştir. (Şekil 4.156).

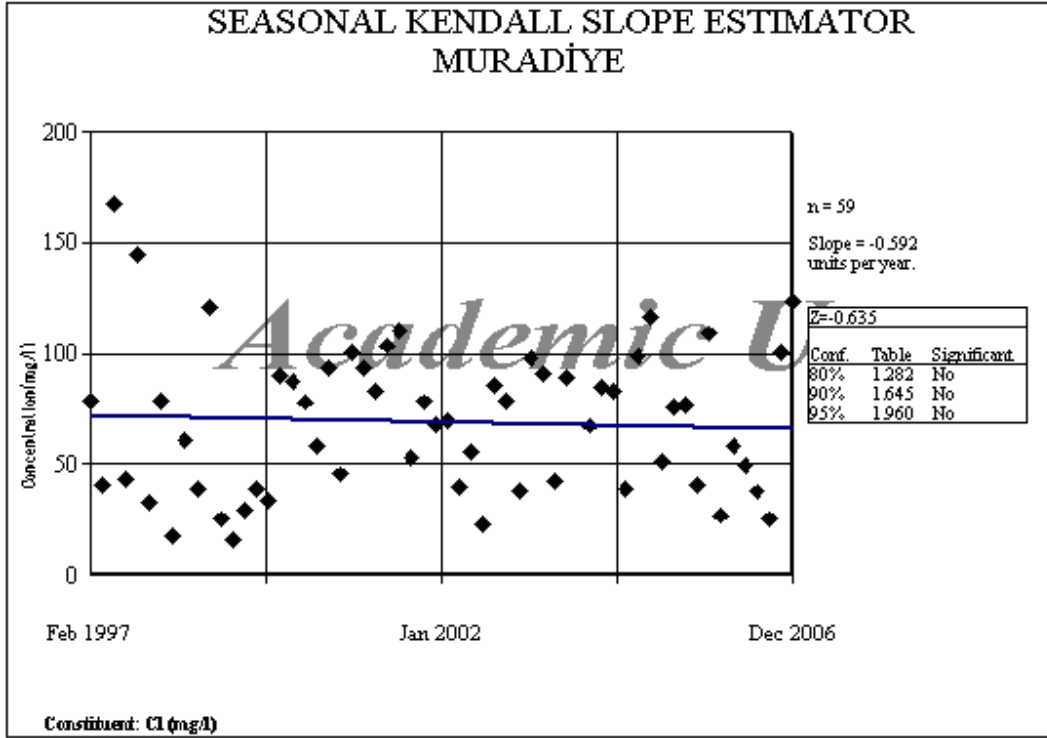


Şekil 4.155. Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmircisi sonuçları.



Şekil 4.156. Manisa istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmircisi sonuçları.

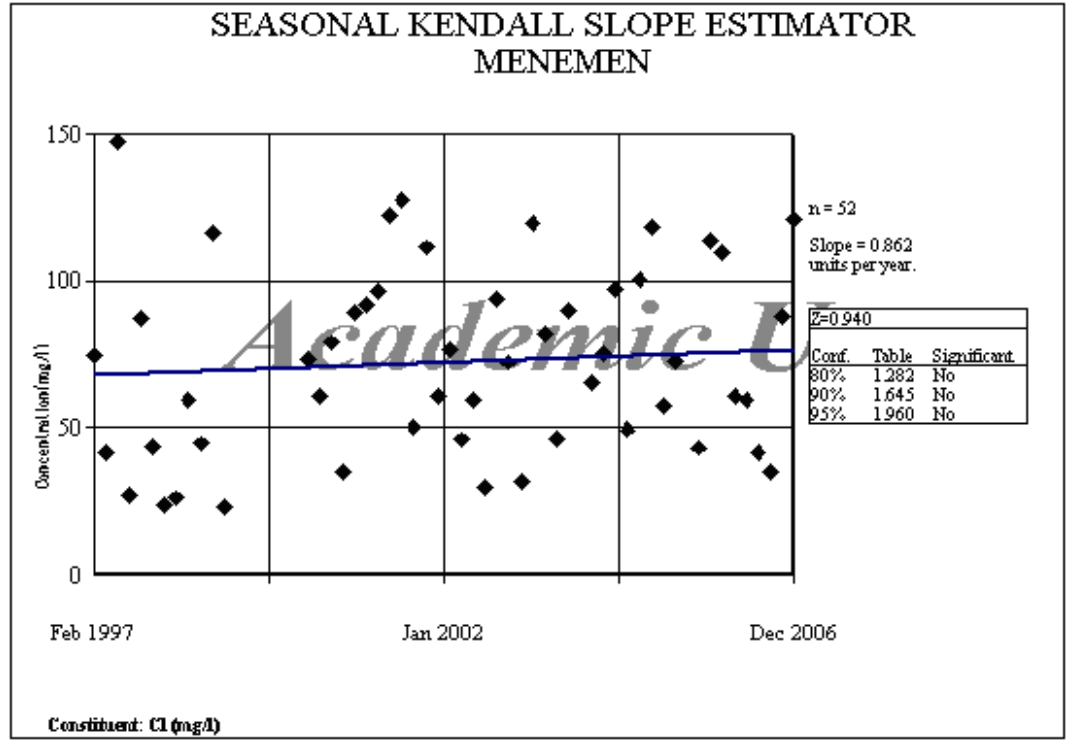
Muradiye istasyonunda Mevsimsel Kendall testiyle yapılan ve Şekil 4.157’de verilen trend analizi sonucunda, belirlenen güven düzeyinde anlamlı trend tespit edilememiş, Cl konsantrasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı olmayan 0.592 mg/l/yıl azalış tespit edilmiştir.



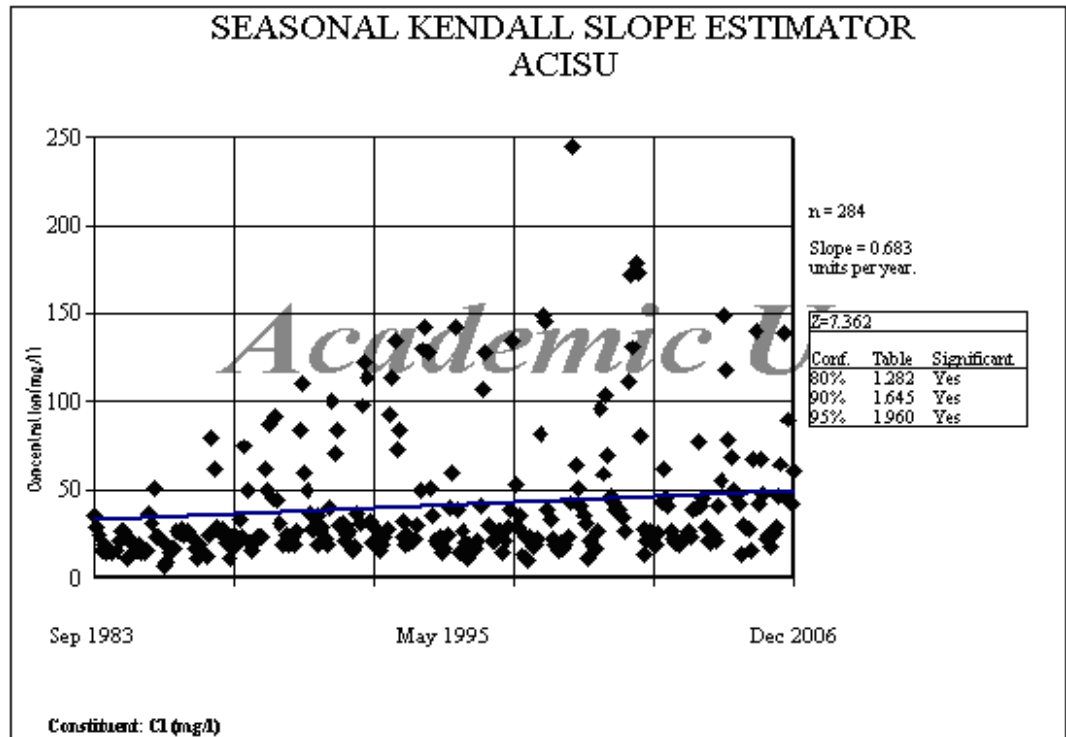
Şekil 4.157. Muradiye istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Şekil 4.158’de verilen Menemen istasyonu verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, test istatistiği $Z = 0.940$ olarak elde edilmiştir. Bu değer, artan yönde ancak, % 95 güven düzeyinde trendin anlamlı olmadığını göstermekte olup, konsantrasyonlarda artış Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 0.862 mg/l/yıl olarak hesaplanmıştır.

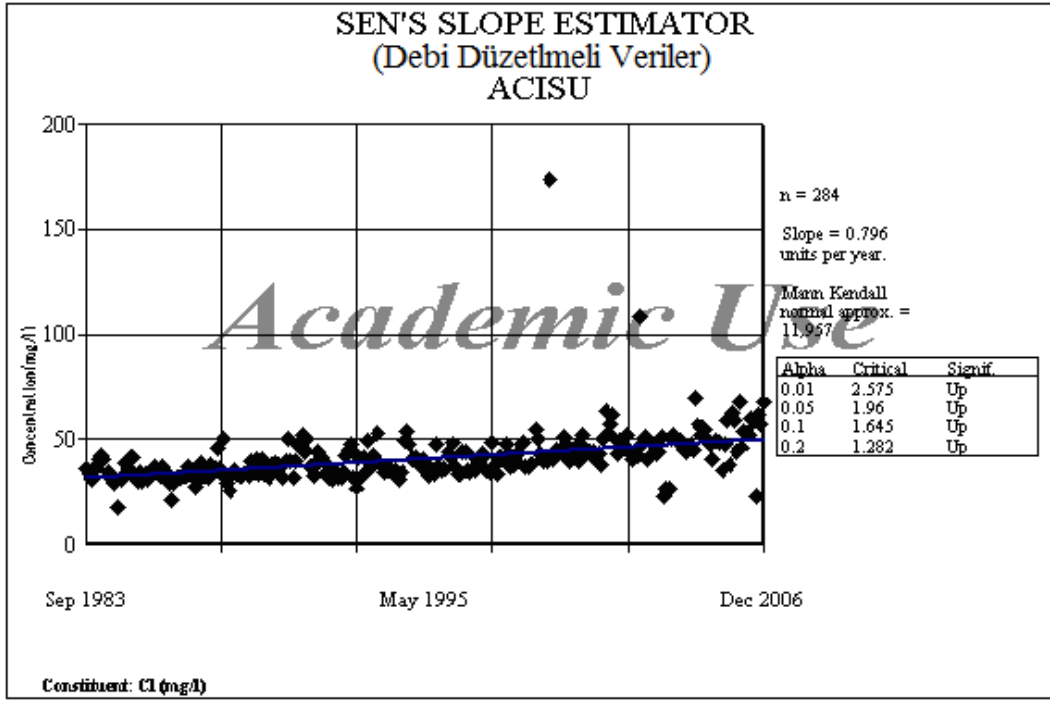
Elektrik İşleri Etüt İdaresi Gediz Nehri-Acısü istasyonunda ham verilerde Mevsimsel Kendall, debi düzeltilmeli verilerde Mann-Kendall testiyle yapılan ve Şekil 4.159 ve 4.160’da grafiksel olarak verilen trend analizi sonucunda; test istatistiği ham verilerde $Z = 7.362$, debi düzeltilmeli verilerde $Z = 11.957$ olarak tahmin edilmiş, her iki veri setinde de anlamlı artış trendinin olduğu görülmüştür. Ham verilerde yıllık 0.683 mg/l, debi düzeltilmeli verilerde 0.796 mg/l artış olduğu tahmin edilmiştir.



Şekil 4.158. Menemen istasyonu Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

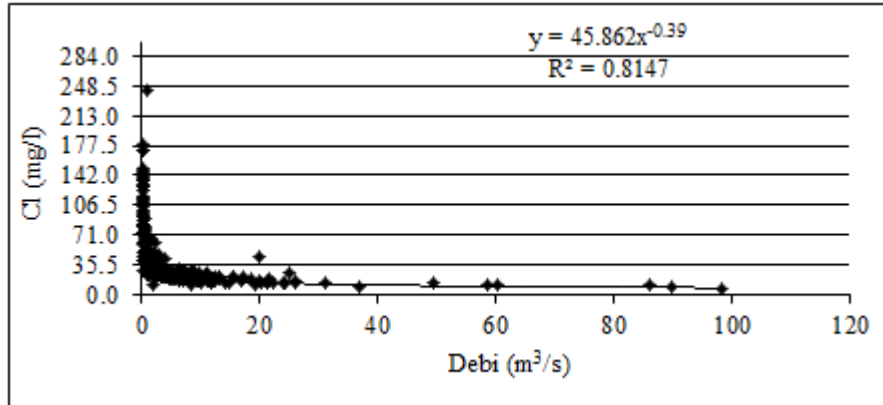


Şekil 4.159. Acısu istasyonu ham Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.160. Acısu istasyonu debi düzeltilmeli Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

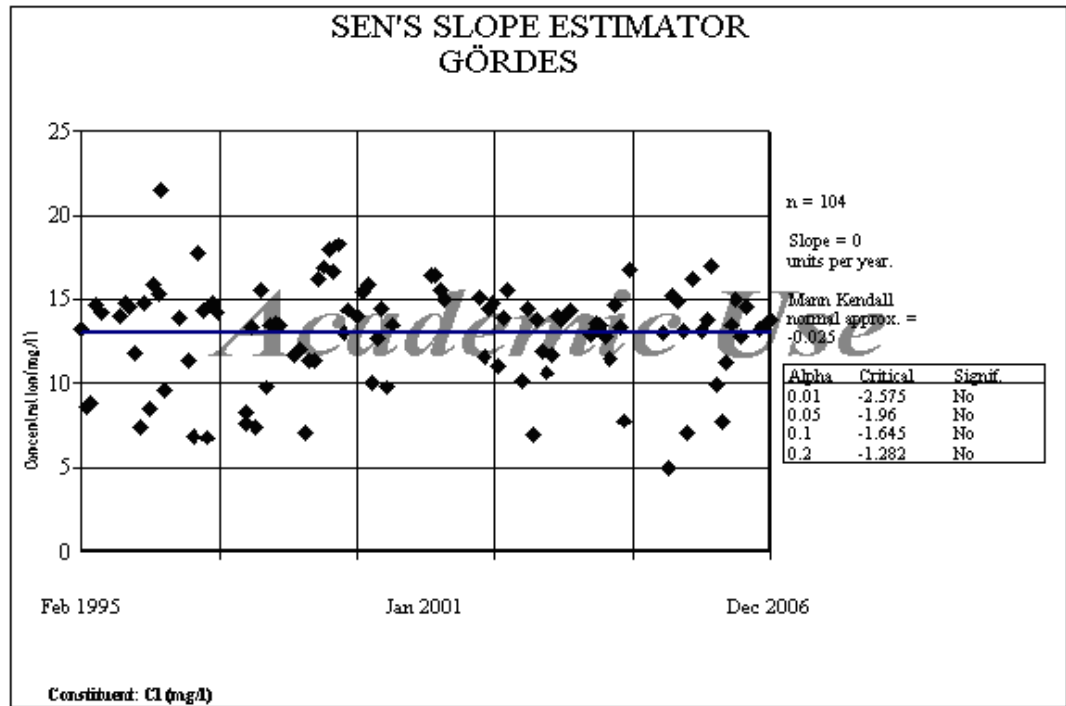
Acısu istasyonunda, debiyle Cl konsantrasyonları arasında üssel ilişki belirlenmiş olup, debideki değişimin Cl konsantrasyonlarındaki değişime etkisi % 81.47 olarak bulunmuştur (Şekil 4.161).



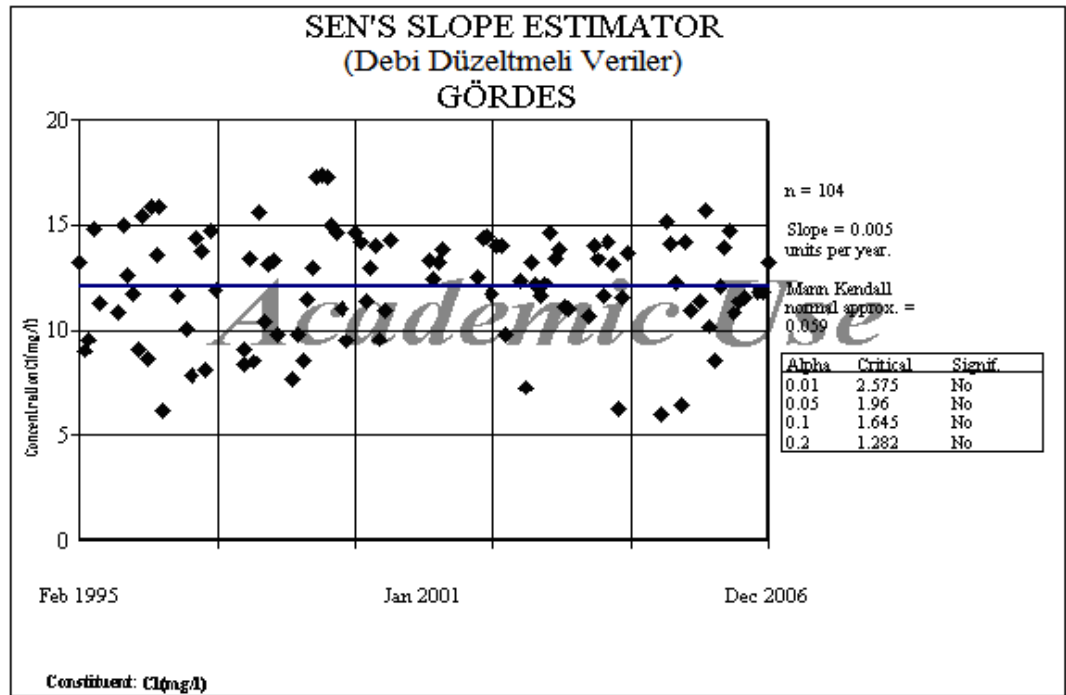
Şekil 4.161. Acısu istasyonunda debi ile Cl değerleri arasındaki ilişki.

Gördes Çayı-Darıbüğü istasyonu ham ve debi düzeltilmeli verilerde belirlenen seri korelasyon etkisi, TFPW işlemiyle uzaklaştırılmıştır. Yeni üretilen serilerde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda; % 95 güven düzeyinde anlamlı trendler belirlenememiştir. Sen eğim tahmincisiyle ham

verilerde herhangi bir artış veya azalış olmadığı, debi düzeltilmeli verilerde ise anlamlı olmayan 0.005 mg/l/yıl artış olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.162 ve 4.163).

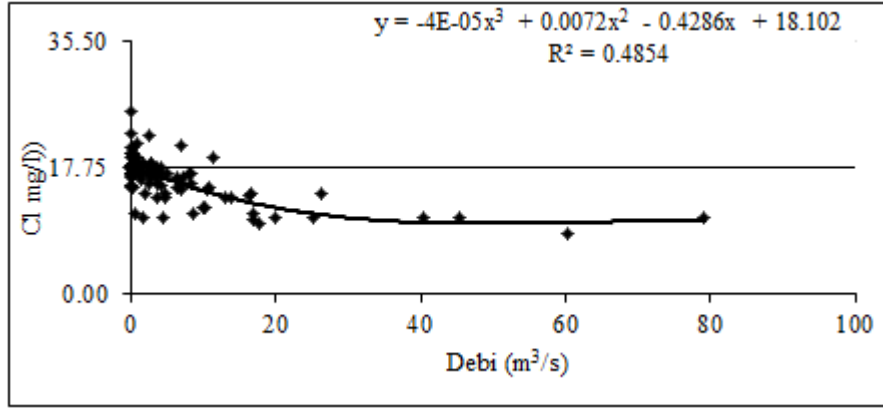


Şekil 4.162. Gördes Çayı-Darıbüğü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



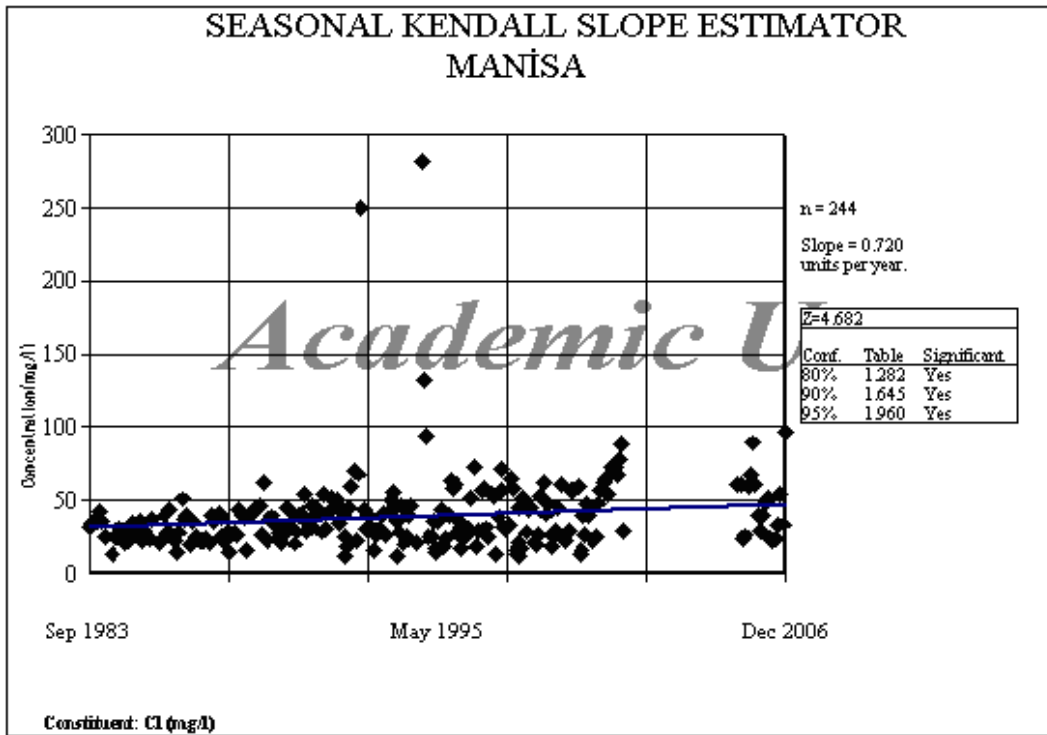
Şekil 4.163. Gördes Çayı-Darıbüğü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltilmeli Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Gördes Çayı'nda debiyle Cl konsantrasyonları arasındaki ilişki üçüncü dereceden polinom olarak tespit edilmiş ve debinin Cl konsantrasyonlarında % 48.54 oranında azalışa neden olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.164).

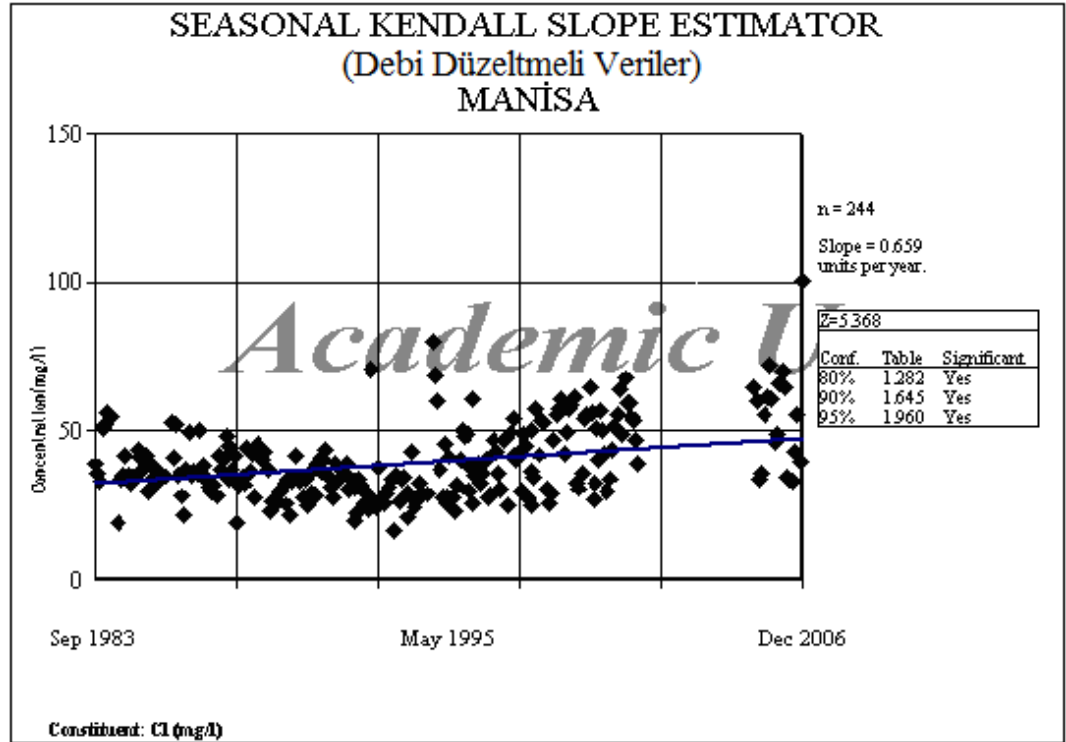


Şekil 4.164. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile Cl değerleri arasındaki ilişki.

Manisa istasyonunda ham ve debi düzeltilmeli verilerde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan ve Şekil 4.165 ve 4.166'da verilen trend analizi sonucunda, her iki veri setinde de % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trendler tespit edilmiştir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle ham verilerde yıllık 0.720 mg/l, debi düzeltilmeli verilerde 0.659 mg/l artış belirlenmiştir.

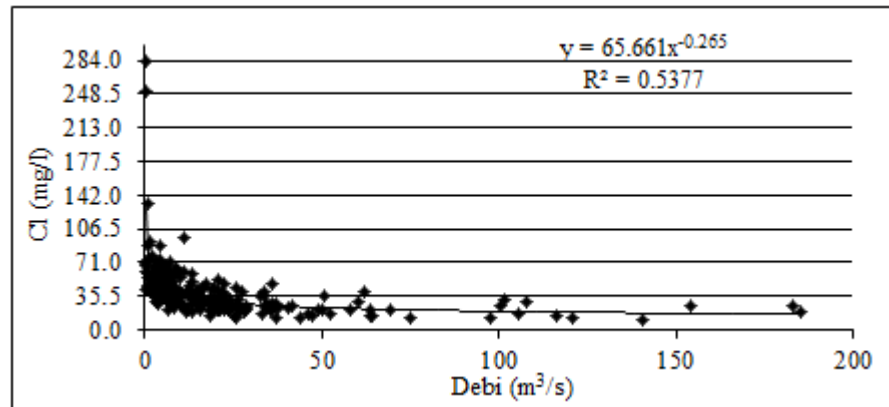


Şekil 4.165. Manisa istasyonu ham Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.166. Manisa istasyonu debi düzeltmeli Cl verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda debiyle Cl konsantrasyonları arasındaki ilişkinin üssel ilişki olduğu belirlenmiş olup, debideki artışın Cl konsantrasyonlarında seyrelme etkisi yaptığı ve Cl konsantrasyonlarındaki değişimin % 53.77'sinin debideki değişimden kaynaklandığı belirlenmiştir (Şekil 4.167).



Şekil 4.167. Manisa istasyonunda debi ile Cl değerleri arasındaki ilişki.

Gediz Nehri Cl parametresi için yapılan trend analizlerinin sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.35'te verilmiştir.

Çizelge 4.35. Klor parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	58	M-K	-1.771	-0.522	1.96	o
Urganlı	58	S-K	0.038	0.013	1.96	o
Hacıhaliller	57	S-K	-0.823	-0.833	1.96	o
Çiçekli	31	M-K	1.530	1.466	1.96	o
Çobanisa	50	TFPW M-K	0.318	0.802	1.96	o
Manisa	54	S-K	0.252	0.432	1.96	o
Muradiye	59	S-K	-0.635	-0.592	1.96	o
Menemen	52	S-K	0.940	0.862	1.96	o
EİE istasyonları – Ham Cl						
Acısu	284	S-K	7.362	0.683	1.96	+
Gördes	104	TFPW M-K	-0.025	0	1.96	o
Manisa	244	S-K	4.682	0.720	1.96	+
Debi düzeltmeli Cl						
Acısu	284	M-K	11.957	0.796	1.96	+
Gördes	104	TFPW M-K	0.059	0.005	1.96	o
Manisa	244	S-K	5.368	0.659	1.96	+

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analiz sonuçları değerlendirildiğinde; EİE Acısu ve EİE Manisa istasyonları hariç diğer istasyonlarda anlamlı trendler tespit edilememiştir.

1997-2006 yılları arasında bölgesel trend, Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizleri sonucunda belirlenmiş ve sonuçlar Çizelge 4.36’da verilmiştir.

Çizelge 4.36. Klor parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	63	-0.391	-0.207	1.96	o
Nisan (RK)	64	1.415	1.904	1.96	o
Haziran (RK)	66	-2.375	-2.212	1.96	-
Ağustos (RK)	67	-1.504	-0.943	1.96	o
Ekim (RK)	64	-0.529	-0.300	1.96	o
Aralık (RK)	65	2.541	3.550	1.96	+
RSK	389	-0.412	-0.133	1.96	o

^a : + Artan yönde trend

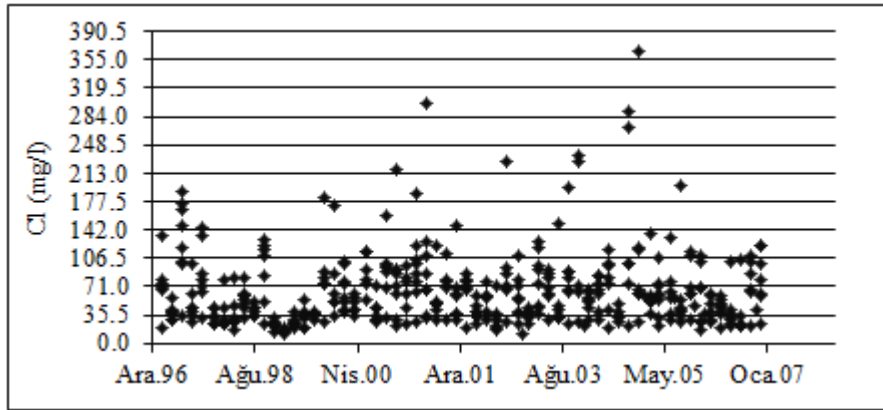
- Azalan yönde trend

o Trend yok

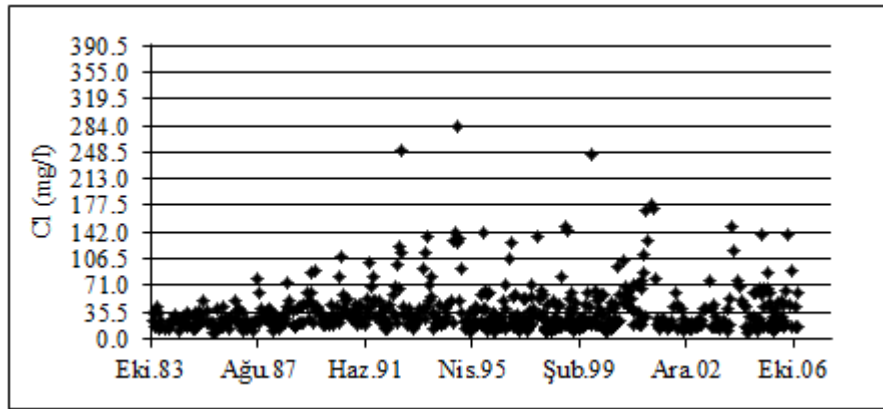
Bölgesel Kendall testi sonucunda; haziran ayında azalan, aralık ayında artan yönde tespit edilen trendler % 95 güven düzeyinde anlamlı iken, diğer aylarda anlamlı trendler tespit edilememiştir. Konsantrasyonlarda haziran ayında 2.212 mg/l/yıl azalış, aralık ayında 3.550 mg/l/yıl artış istatistiksel olarak anlamlıdır. Şubat ayında 0.207 mg/l/yıl, ağustos ayında 0.943 mg/l/yıl, ekim ayında 0.300 mg/l/yıl azalış, nisan ayında 1.904 mg/l/yıl olarak tespit edilen artış % 95 güven düzeyinde anlamlı bulunmamıştır. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan azalış trendi ve yıllık 0.133 mg/l azalış hesaplanmıştır.

Sulama suları Cl içerikleri yönünden, Ayers and Westcot (1985) tarafından önerilen sınıflandırmada, özel iyon toksisitesi açısından; yüzey sulamada < 4 me/l (< 142 mg/l) "sorunsuz", 4-10 me/l (142-355 mg/l) "sorunlu", > 10 me/l (> 355 mg/l) "şiddetli sorunlu"; yağmurlama sulamada < 3 me/l (< 106.5 mg/l) "sorunsuz", > 3 me/l (> 106.5 mg/l) "şiddetli sorunlu" sular sınıfına girmektedir. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre; Cl < 25 mg/l 1.sınıf, 25-200 mg/l 2. sınıf, 200-400 mg/l 3. sınıf, > 400 mg/l 4. sınıf olarak sınıflandırılır. Şekil 4.168 ve 169'da grafiksel olarak verilen Gediz Nehri Cl değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi incelendiğinde; Cl değerlerinin çoğunlukla 106.5 mg/l'nin altında, ancak, zaman zaman da 106.5 mg/l'nin üzerinde olduğu görülmüştür. Ayers and Westcot (1985) sınıflandırma sistemine göre, Gediz Nehri suları yüzey sulama sistemleri için genellikle sorunsuz sular sınıfına girmekle birlikte yağmurlama sulama sistemleri için kısmen şiddetli sorunlu sular sınıfına girmektedir. Bu nedenle sulama suyu olarak, yağmurlama sulama ve damla sulama sistemlerinde dikkatli kullanılması

gerekmektedir. SKKY kriterlerine göre ise 1. ve 2. sınıf sular kapsamına girmektedir.



Şekil 4.168. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen Cl değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.169. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen Cl değerlerinin zamansal değişimi.

Klor bütün doğal sularda bulunur. Yüzey sularının çoğunda klor miktarı sülfat ve bikarbonattan daha azdır. Klor mineral kökenli olabileceği gibi a) deniz sularının yeraltısuyuna karışmasıyla b) tarımsal amaçlarla tarlalara verilen gübrelerden c) insan ve hayvan atıklarından d) endüstriyel atıklardan ileri gelebilir. Klor bütün doğal sularda genellikle sodyum klorür şeklinde bulunur. Sodyum klorürle doymuş kaynaklarda 155 000 ppm, okyanus sularında 19 000 ppm klorür vardır. Yağmur suyunda ise ortalama 3 ppm olup, bu değer havanın kirliliğine, denize uzaklık ve yakınlığa göre değişebilir. Volkanik kayalarda genellikle klor azdır. Deniz suyunda diğer iyonlardan daha fazla klor bulunur ($Cl > SO_4 > HCO_3$). Genellikle kanalizasyon suları, doğal sulardan daha fazla miktarda klor içerdiğinden, yüksek klor değerleri evsel kirlenmeyi gösterir (DSİ, 2000).

Fazla klorlu sular sulamada kullanıldığı zaman klor bitki yapraklarında birikerek yapraklar kenarlarından başlayarak kurur ve düşer. Önce yaprak, dal ve sürgünler, sonra da bitki tamamen kurur. Nitekim yapılan araştırmalarda 100 mg/l'nin üzerinde klor içeren suların yağmurlama sulama ile verildiği meyvelerde, yonca, patates, pamuk, şeker pancarı ve ayçiçeği gibi bitkilerde yaprak yanması görülmüştür (DSİ, 2004).

4.2.11 Bikarbonat (HCO_3 - mg/l)

Bikarbonat parametresinde Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, belirlenen uygun trend testi membadan mansaba doğru Çizelge 4.37'de verilmiştir.

Çizelge 4.37. Bikarbonat parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	58	4.68	11.07	-	0.24	0.25	-0.29	-	M-K
Urganlı	58	11.00	"	-	-0.01	0.25	-0.29	-	M-K
Hacıhaliller	57	11.55	"	+					S-K
Çiçekli	31	o	o	o	0.24	0.25	-0.29	-	M-K
Çobanisa	51	9.83	11.07	-	0.32	0.29	-0.33	+	TFPW M-K
Manisa	54	8.28	"	-	0.19	0,26	-0.30	-	M-K
Muradiye	59	13.83	"	+					S-K
Menemen	52	15.70	"	+					S-K
EİE istasyonları –Ham HCO_3									
Acısu	284	122.5	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.25	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	24.02	11.07	+					S-K
Debi düzeltilmeli HCO_3									
Acısu	284	16.81	"	+					S-K
Gördes	105	o	o	o	0.24	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	10.33	11.07	-	0.39	0.12	-0.13	+	TFPW M-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

: - Mevsimsellik yok

: o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

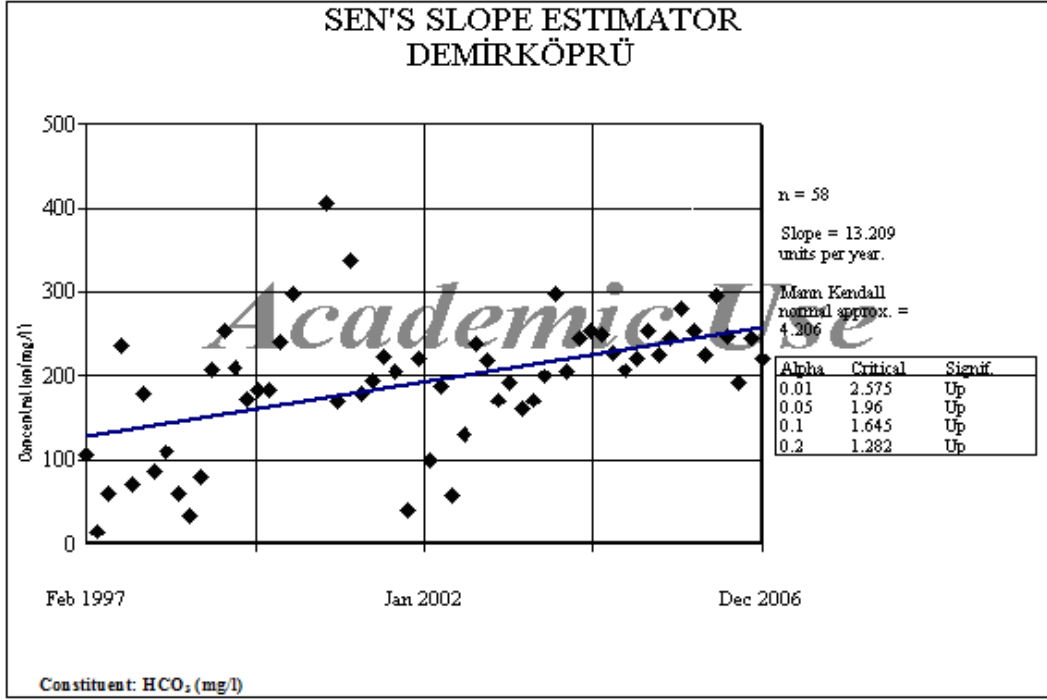
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

: - Seri korelasyon yok

Gediz Nehri HCO_3 parametresi için yapılan trend analizi sonuçları, membadan mansaba doğru sırasıyla aşağıda verilmiştir.

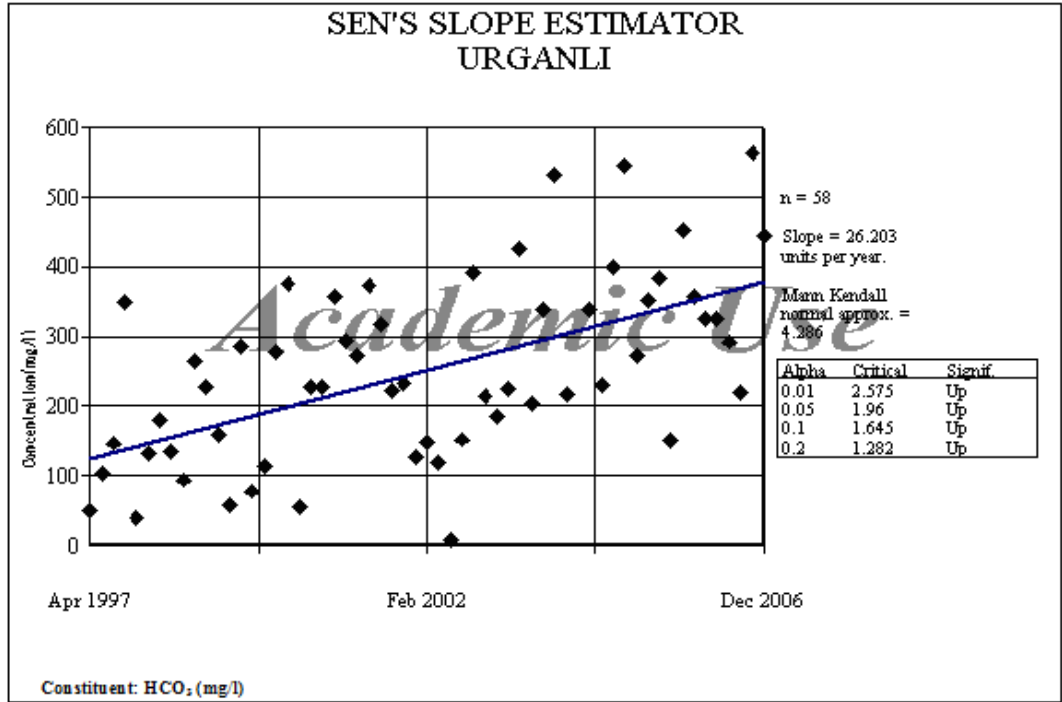
Demirköprü istasyonu için yapılan trend analizi sonucunda; $Z = 4.206$ olarak bulunan Mann-Kendall test istatistiği anlamlı artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Konsantrasyonlardaki artış miktarı ise 13.209 mg/l/yıl olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.170).



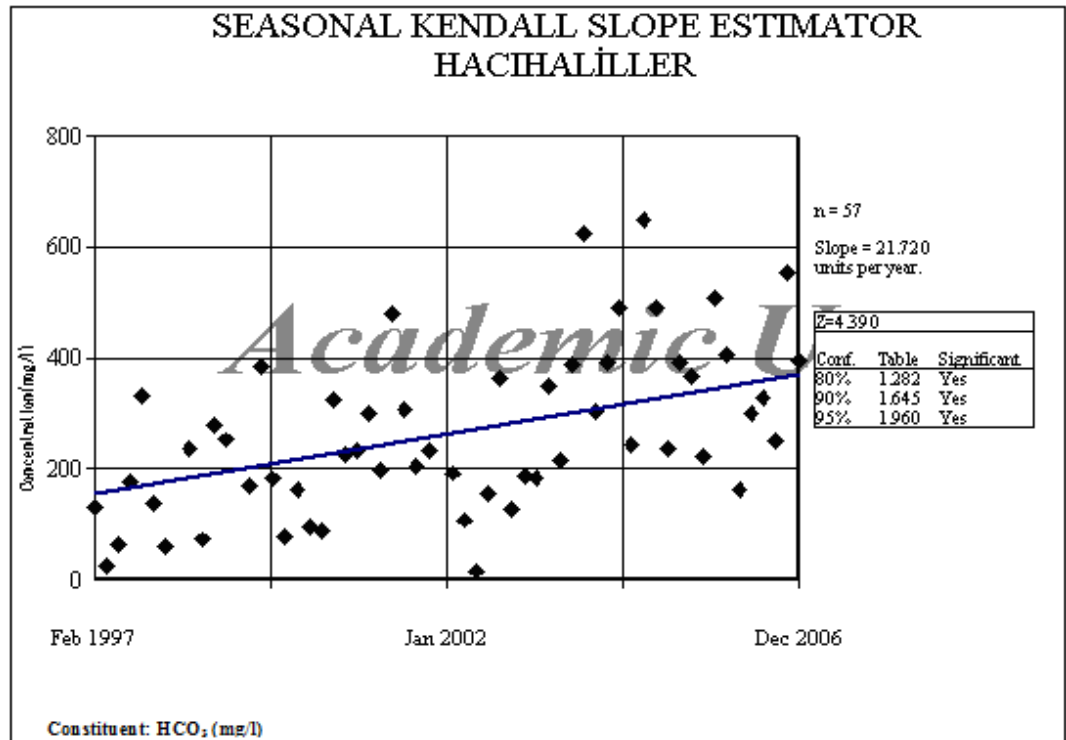
Şekil 4.170. Demirköprü istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonu HCO_3 verileri için Mann-Kendall test istatistiği $Z = 4.286$ olarak tahmin edilmiştir. Konsantrasyonlardaki artış Sen eğim tahmincisiyle 26.203 mg/l/yıl olarak belirlenmiştir (Şekil 4.171).

Hacıhaliller HCO_3 verilerine uygulanan trend analizi sonucu, bulunan Mevsimsel Kendall test istatistiği, artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trend olduğunu göstermektedir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle artışın 21.720 mg/l/yıl olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.172).

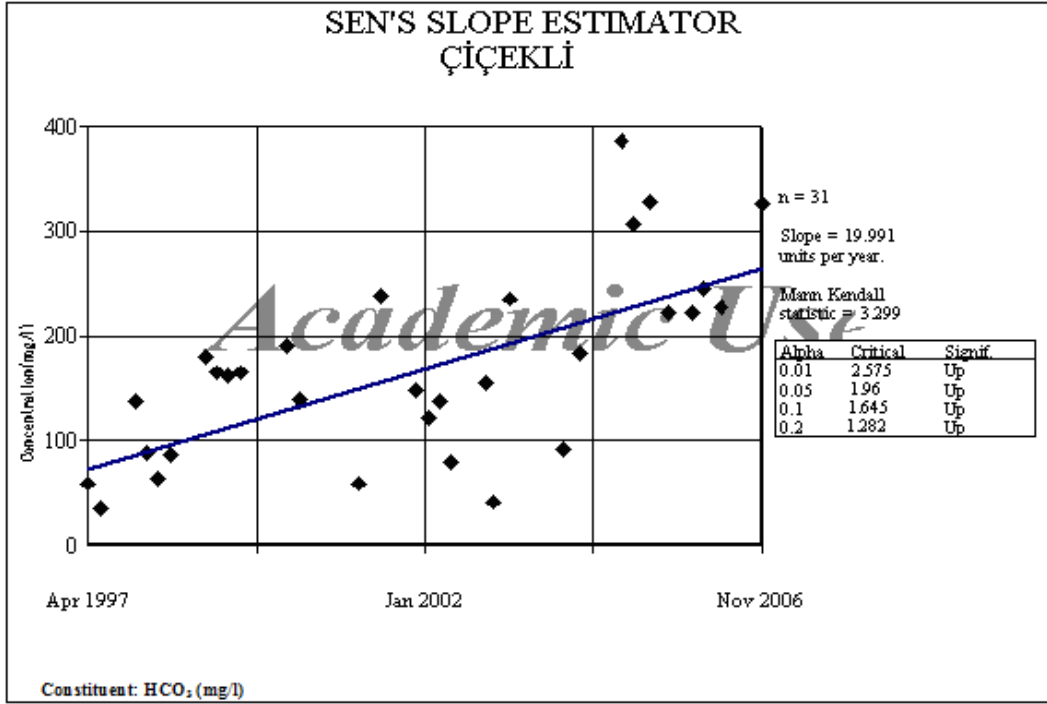


Şekil 4.171. Urganlı istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.172. Hacıhaliller istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

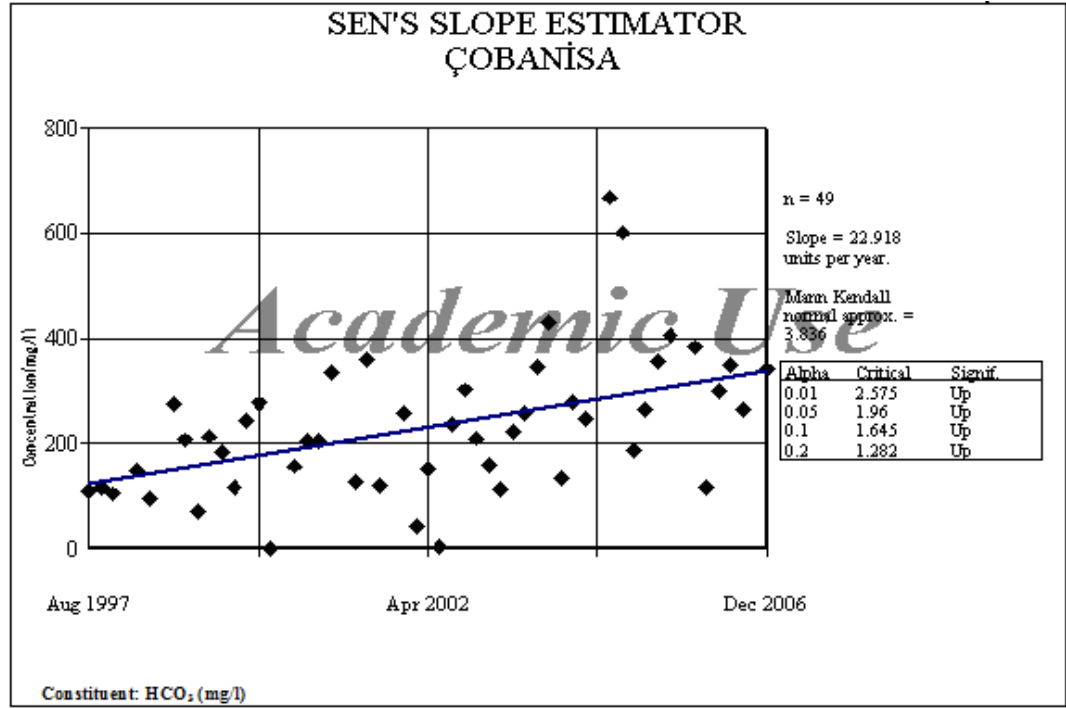
Çiçekli istasyonu trend analizi sonucu; $Z = 3.299$ olarak tahmin edilen Mann-Kendall test istatistiği artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trend olduğunu göstermektedir. Konsantrasyonlardaki yıllık artış 19.991 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 4.173).



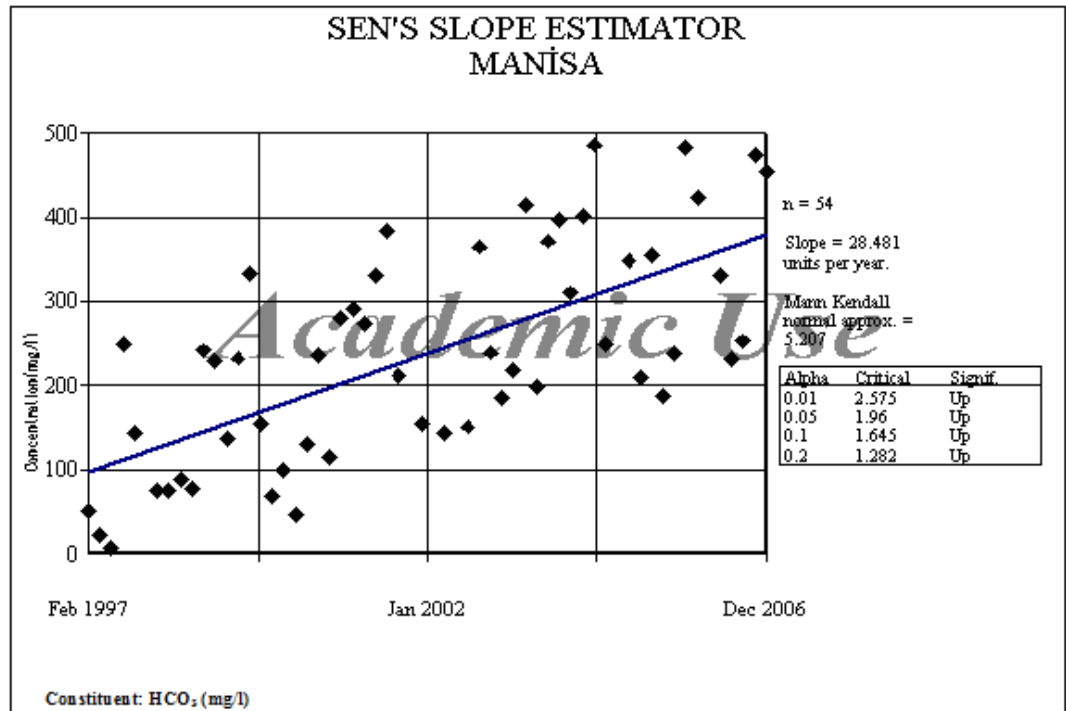
Şekil 4.173. Çiçekli istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann- Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Çobanisa HCO_3 verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırıldıktan sonra, yeni seride Mann-Kendall testi ile trend analizi yapılmış, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğu belirlenmiştir. Sen eğim tahmincisi ise yıllık artışı 22.918 mg/l olarak hesaplamıştır (Şekil 4.174).

Manisa istasyonu HCO_3 verilerine uygulanan Mann-Kendall testi sonucunda; % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend belirlenmiştir. Yıllık artışın 28.481 mg/l olduğu tahmin edilmiştir (Şekil 4.175).

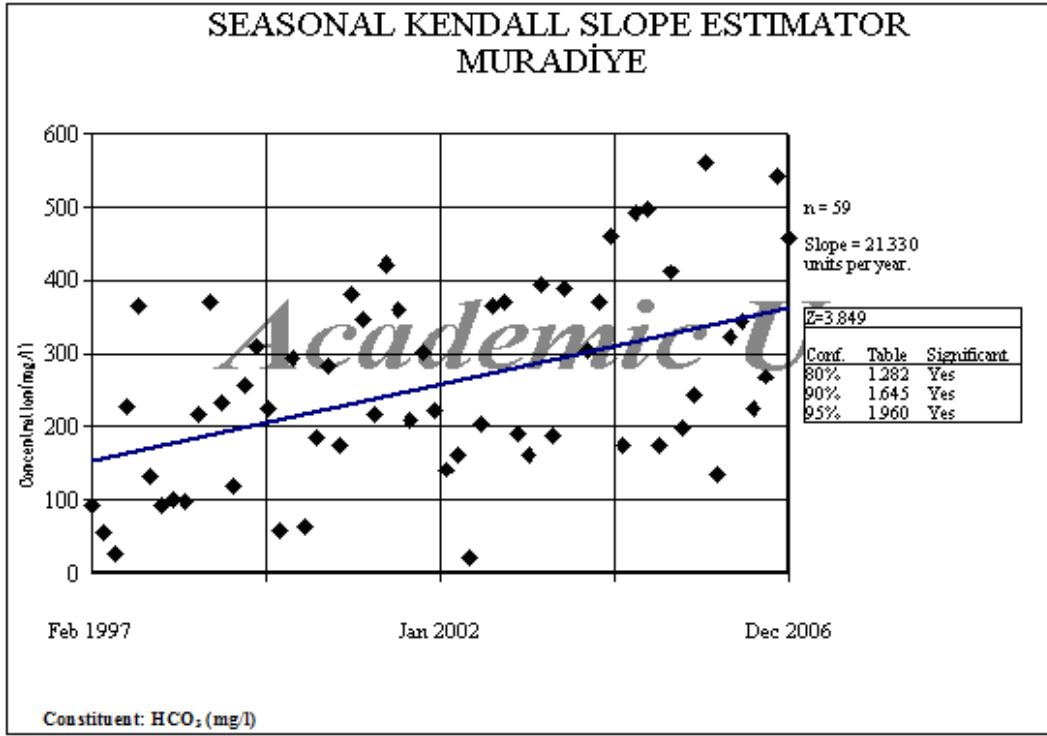


Şekil 4.174. Çobanisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann- Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.175. Manisa istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

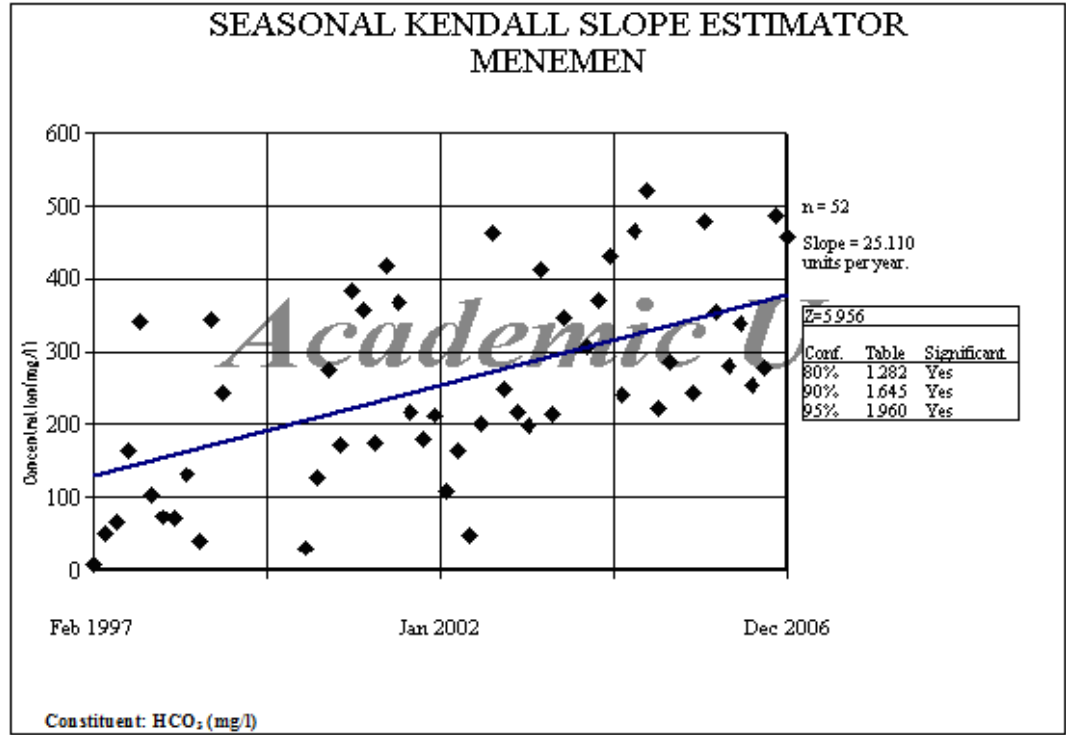
Muradiye istasyonu HCO_3 verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda; test istatistiği $Z = 3.849$ olarak bulunmuş, yıllık artış Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle 21.330 mg/l olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.176).



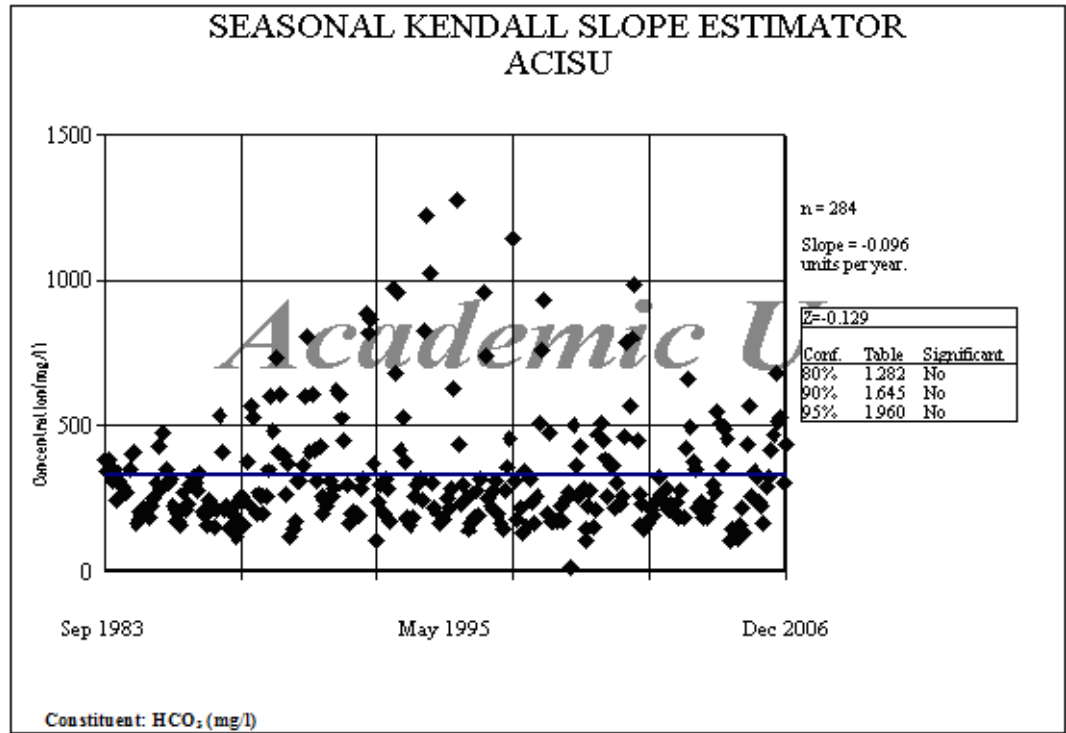
Şekil 4.176. Muradiye istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Şekil 4.177’de grafik olarak verilen Menemen HCO_3 verilerinin trend analizi sonucunda, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğu, yıllık artış miktarının ise 25.110 mg/l olduğu belirlenmiştir.

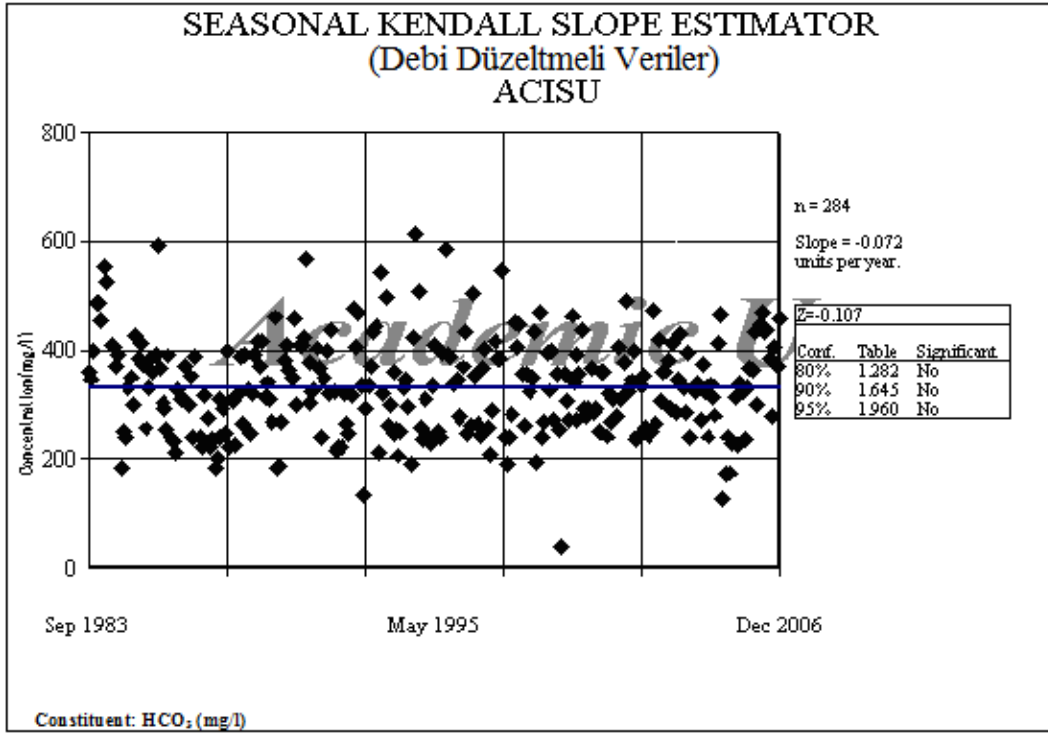
Acısu istasyonu HCO_3 parametresinde ham ve debi düzeltilmeli verilerde yapılan trend analizi sonuçları Şekil 4.178 ve 4.179’da grafiksel olarak verilmiştir. Mevsimsel Kendall test istatistiği, ham verilerde -0.129, debi düzeltilmeli verilerde -0.107 olarak tahmin edilmiştir. Bu değerler hem ham verilerde hem debi düzeltilmeli verilerde % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı trend olmadığını göstermektedir. Ham verilerde 0.096 mg/l/yıl, debi düzeltilmeli verilerde 0.072 mg/l/yıl azalış tahmin edilmiştir.



Şekil 4.177. Menemen istasyonu HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

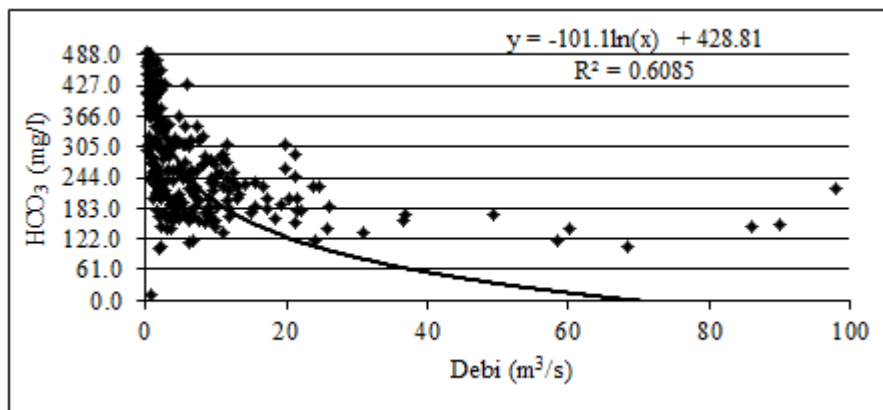


Şekil 4.178. Acısu istasyonu ham HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.



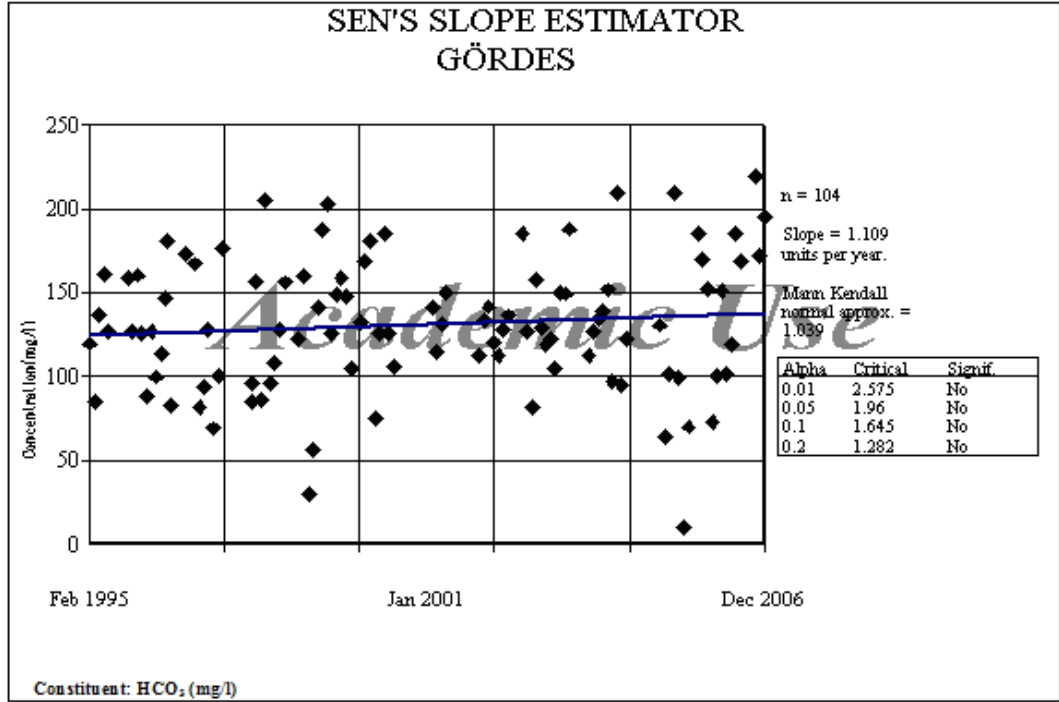
Şekil 4.179. Acısu istasyonu debi düzeltmeli HCO₃ verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

Acısu istasyonunda, akarsu debisiyle HCO₃ konsantrasyonları arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan fonksiyon logaritmik fonksiyon olarak belirlenmiş ve HCO₃ konsantrasyonlarındaki değişimin % 60.85'inin debideki değişimden kaynaklandığı yani debideki artışın konsantrasyonlarda % 60.85 oranında seyrelme yaptığı tespit edilmiştir (Şekil 4.180).



Şekil 4.180. Acısu istasyonunda debi ile HCO₃ değerleri arasındaki ilişki.

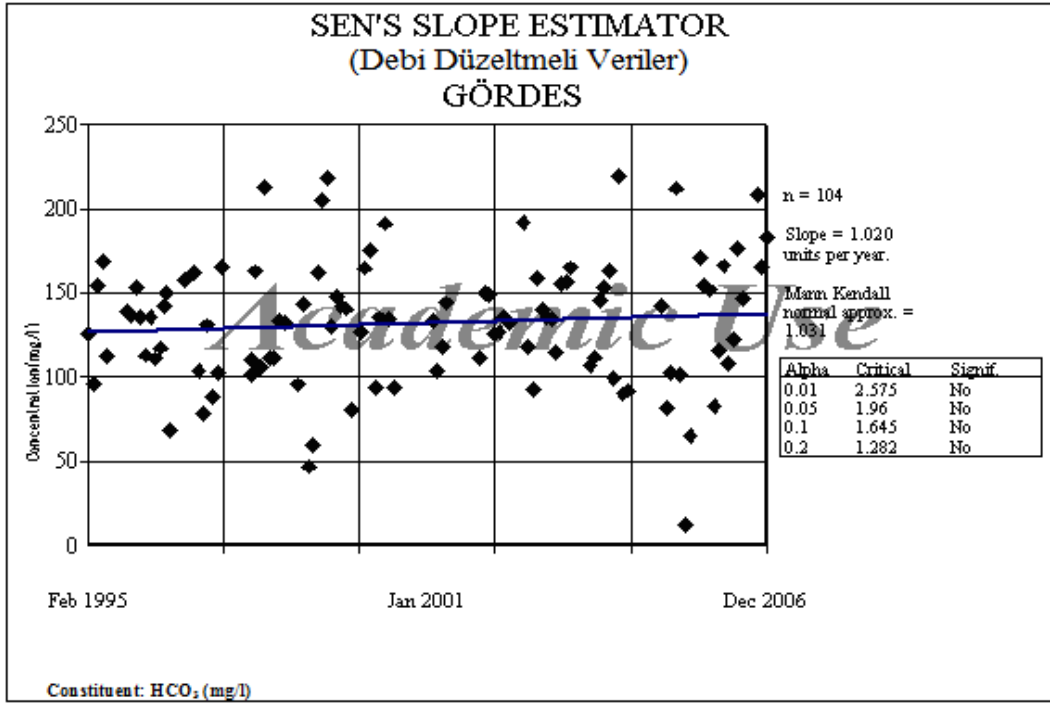
Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu ham HCO_3 verilerinde seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırıldıktan sonra trend analizi yapılmış ve % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan artış trendi belirlenmiştir. Ham verilerde yıllık artış 1.109 mg/l olarak tahmin edilmiştir. (Şekil 4.181).



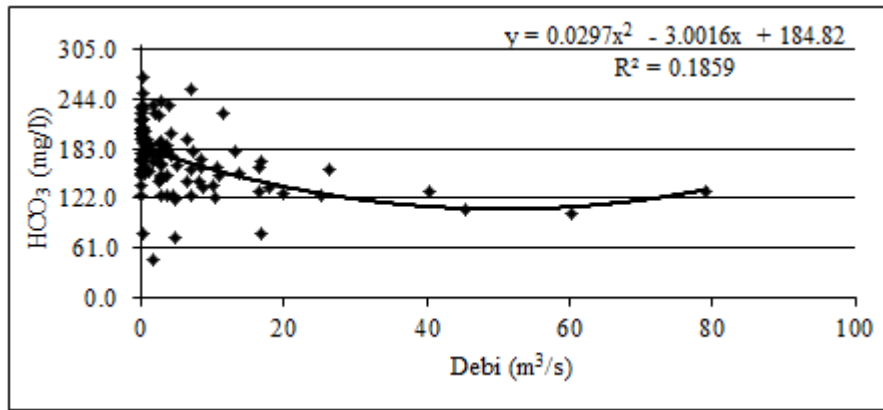
Şekil 4.181. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu debi düzeltilmeli HCO_3 verilerinde de seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırılmış ve yeni seride Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda test istatistiği $Z = 1.031$ olarak tahmin edilmiştir. Buna göre, artan yönde, ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı trend olmadığı anlaşılmaktadır. Debi düzeltilmeli HCO_3 değerlerinde 1.020 mg/l/yıl artış tahmin edilmiştir (Şekil 4.182).

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda HCO_3 konsantrasyonlarıyla debi arasındaki ilişki ikinci dereceden polinom olarak tespit edilmiş ve konsantrasyonlardaki değişimin % 18.59'unun debideki değişimden kaynaklandığı belirlenmiştir (Şekil 4.183).

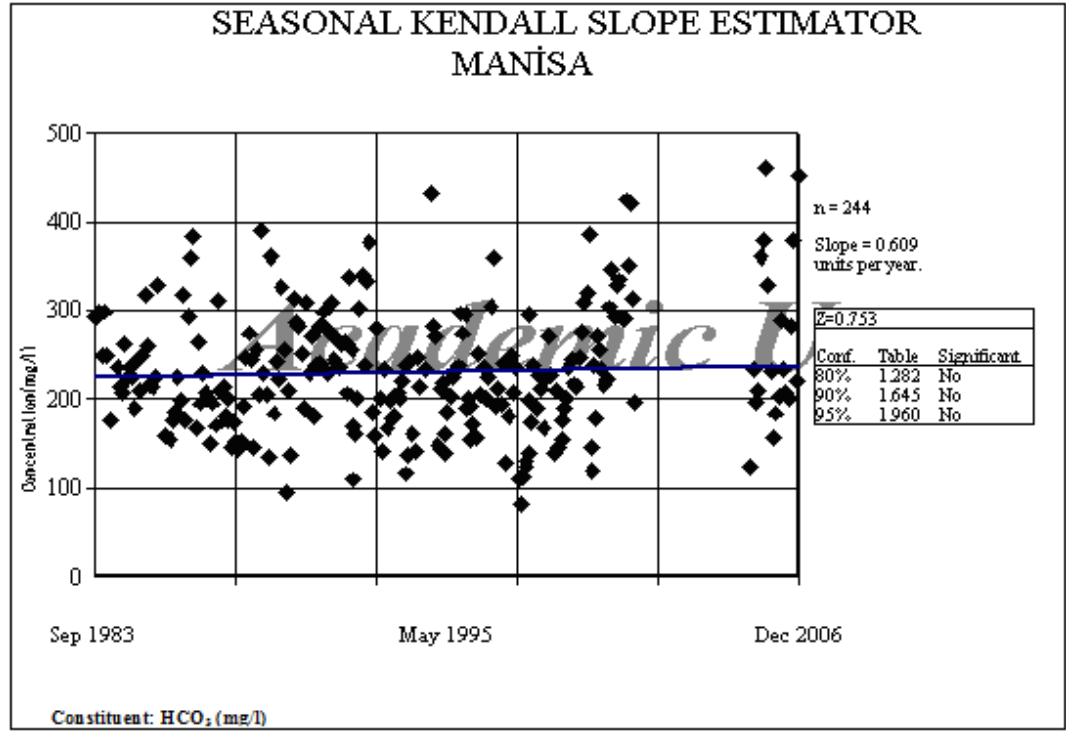


Şekil 4.182. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

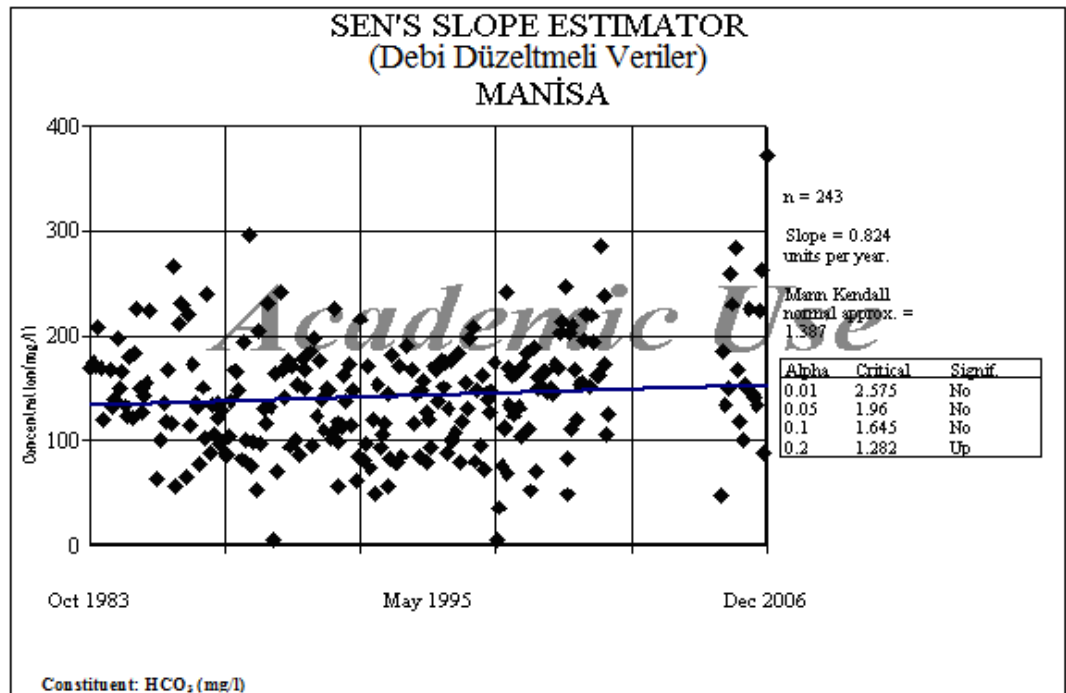


Şekil 4.183. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile HCO_3 değerleri arasındaki ilişki.

Manisa istasyonu ham HCO_3 verileri için yapılan trend analizinde Mevsimsel Kendall test istatistiği $Z = 0.753$, TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli verilerde ise Mann-Kendall test istatistiği $Z = 1.387$ olarak belirlenmiştir. Buna göre, artan yönde, ancak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trendler tespit edilmiştir. Ham verilerde 0.609 mg/l/yıl , debi düzeltmeli verilerde ise 0.824 mg/l/yıl olarak tahmin edilen artışlar da istatistiksel olarak anlamlı değildir. (Şekil 4.184 ve 4.185).



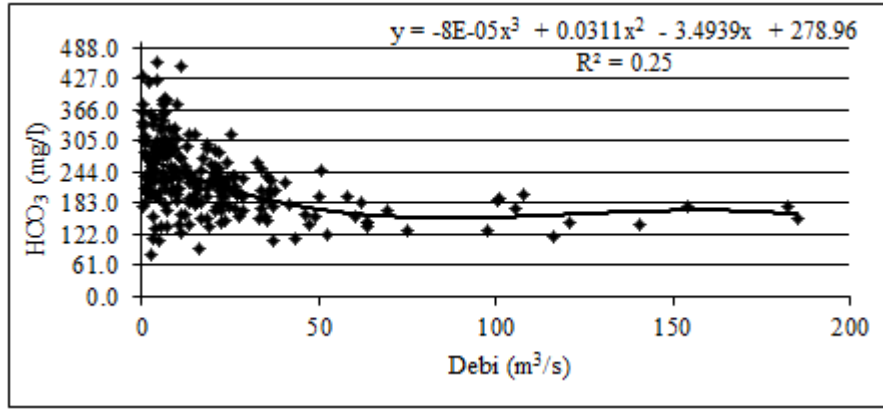
Şekil 4.184. Manisa istasyonu ham HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları



Şekil 4.185. Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli HCO_3 verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda HCO_3 konsantrasyonlarıyla debi arasındaki ilişki üçüncü dereceden polinom olarak belirlenmiş ve konsantrasyonlardaki değişimin

% 25'inin debideki değişimden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Şekil 4.186).



Şekil 4.186. Manisa istasyonunda debi ile HCO₃ değerleri arasındaki ilişki.

Gediz Nehri HCO₃ parametresinde, Mann Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan ve % 95 güven düzeyinde değerlendirilen trend analiz sonuçları, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.38'de verilmiştir.

Çizelge 4.38. Bikarbonat parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon adı	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	58	M-K	4.206	13.209	1.96	+
Urganlı	58	M-K	4.286	26.203	1.96	+
Hacıhaliller	57	S-K	4.390	21.720	1.96	+
Çiçekli	31	M-K	3.299	19.991	1.96	+
Çobanisa	49	TFPW M-K	3.836	22.918	1.96	+
Manisa	54	M-K	5.207	28.481	1.96	+
Muradiye	59	S-K	3.849	21.330	1.96	+
Menemen	52	S-K	5.956	25.110	1.96	+
EİE istasyonları – Ham HCO ₃						
Acısu	284	S-K	-0.129	-0.096	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	1.039	1.109	1.96	o
Manisa	244	S-K	0.753	0.609	1.96	o
Debi düzeltilmeli HCO ₃						
Acısu	284	S-K	-0.107	-0.072	1.96	o
Gördes	104	TFPW M-K	1.031	1.020	1.96	o
Manisa	244	TFPW M-K	1.387	0.824	1.96	o

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Çizelge 4.38 incelendiğinde HCO_3 değerlerinde trendlerin DSI istasyonlarının tümünde artan yönde ve % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı, Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda ve EİE Manisa istasyonunda da artan yönde, ancak, istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir. EİE Acısu istasyonunda ise azalan yönde, ancak, % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan trendler tespit edilmiştir.

Bikarbonat parametresinde Bölgesel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trendler tespit edilmiştir. Artışlar, şubat ayında 19.609 mg/l/yıl, nisan ayında 30.553 mg/l/yıl, haziran ayında 23.056 mg/l/yıl, ağustos ayında 11.757 mg/l/yıl, ekim ayında 27.450 mg/l/yıl, aralık ayında 27.726 mg/l/yıl olarak belirlenmiştir. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda da % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde bölgesel trend tespit edilmiş ve yıllık artış miktarı 22.487 mg/l hesaplanmıştır. Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. Bikarbonat parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	63	4.686	19.609	1.96	+
Nisan (RK)	64	5.576	30.553	1.96	+
Haziran (RK)	66	4.215	23.056	1.96	+
Ağustos (RK)	67	3.933	11.757	1.96	+
Ekim (RK)	64	6.493	27.450	1.96	+
Aralık (RK)	65	4.558	27.726	1.96	+
RSK	389	12.093	22.487	1.96	+

^a : + Artan yönde trend

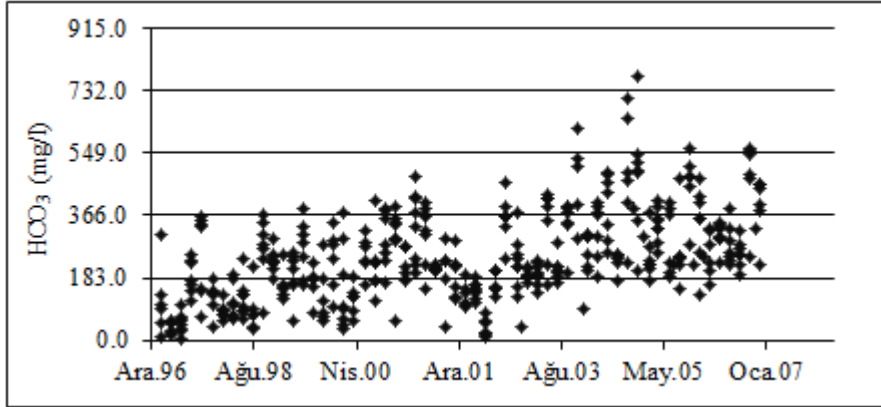
- Azalan yönde trend

o Trend yok

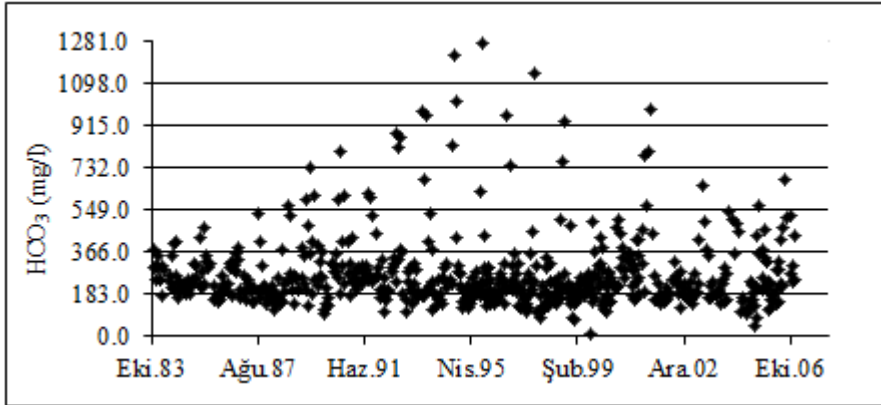
Yapılan tüm analiz sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Gediz Nehri suları HCO_3 konsantrasyonlarının anlamlı artış eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.

Suların sulamaya uygunluğunun HCO_3 içeriği yönünden değerlendirilmesinde, Ayers and Westcot (1985) tarafından önerilen sınıflandırmada; yağmurlama sulamada $< 1.5 \text{ me/l}$ ($< 91.5 \text{ mg/l}$) "sorunsuz", $1.5-8.5 \text{ me/l}$ ($91.5-518.5 \text{ mg/l}$) arasında "artan sorunlu", $> 8.5 \text{ me/l}$ ($> 518.5 \text{ mg/l}$) "şiddetli sorunlu" sular sınıfına girmektedir. Şekil 4.187 ve 4.188'de grafiksel olarak verilen Gediz Nehri HCO_3 değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi incelendiğinde; HCO_3 değerlerinin genellikle

91.5-518.5 mg/l arasında olduğu belirlenmiştir. Ayers and Westcot (1985) sınıflandırma sistemine göre Gediz Nehri suları, yağmurlama sulama sistemleri için genellikle artan sorunlu sular sınıfına girmektedir. Yapılan trend analizleri sonucunda HCO_3 değerlerinde belirlenen artan yöndeki trend devam ederse, Gediz Nehri su kalitesinin daha kötü sular sınıfına gireceği söylenebilir. Bu nedenle yağmurlama ve damla sulama sistemlerinde dikkatli kullanılması gerekmektedir.



Şekil 4.187. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen HCO_3 değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.188. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EİE istasyonlarında ölçülen HCO_3 değerlerinin zamansal değişimi.

Bikarbonat, doğada su kaynaklarının dışında yaygın şekilde bulunmaz (Kanber vd., 1992). Sularda doğal yollarla örneğin, havadaki CO_2 'in absorpsiyonu, organik maddelerin ayrışımı gibi yollarla veya bikarbonat kullanan sanayilerden atık olarak karışabilir (Ayyıldız, 1990).

Sulardaki bikarbonat konsantrasyonları pH ile karbonat konsantrasyonuna bağlıdır. Bikarbonat ve karbonat iyonlarının oransal bulunma değerleri pH

değerinin bir fonksiyonudur. Normal sularda karbonat miktarı, bikarbonata göre oldukça düşüktür. Yalnız pH değerinin 8.2 veya daha yüksek olduğu durumlarda karbonat miktarı artar. $pH \geq 10$ olduğu durumda karbonat miktarı bikarbonat miktarından yüksektir (Ayyıldız, 1990).

Sulama sularında bikarbonat iyonlarının fazla bulunması halinde sodyum zararı da fazlalaşır. Toprak eriyiği daha konsantre hale geldikçe kalsiyum ve magnezyum, karbonat halinde çökeler ve böylece sodyumun nispi oranı fazlalaşır. (Ayyıldız,1990). Zaten bikarbonatın bitkiye kötü etkisi de ortamda sodyumun artmasına neden olduğu için dolaylı yoldandır (Kanber vd., 1992). Bu nedenle Gediz nehri sularındaki HCO_3 konsantrasyonlarındaki artış eğiliminin dikkatle izlenmesi gerekmektedir.

4.2.12 Nitrat Azotu (NO_3-N - mg/l)

Nitrat azotu parametresi için Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, bu sonuçlara göre belirlenen uygun trend testi membadan mansaba doğru Çizelge 4.40'ta verilmiştir.

Çizelge 4.40. Nitrat azotu parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r_1	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
Demirköprü	50	8.60	11.07	-	0.03	0.27	-0.31	-	M-K
Urganlı	55	3.01	"	-	0.19	0.26	-0.30	-	M-K
Hacıhaliller	55	2.95	"	-	0.28	0.26	-0.30	+	TFPW M-K
Çiçekli	30	o	o	o	0.09	0.35	-0.43	-	M-K
Çobanisa	50	8.06	11.07	-	0.25	0.27	-0.31	-	M-K
Manisa	52	5.25	"	-	0.25	0.26	-0.31	-	M-K
Muradiye	56	0.67	"	-	0.35	0.25	-0.29	+	TFPW M-K
Menemen	49	2.32	"	-	-0.04	0.27	-0.32	-	M-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

- Mevsimsellik yok

o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

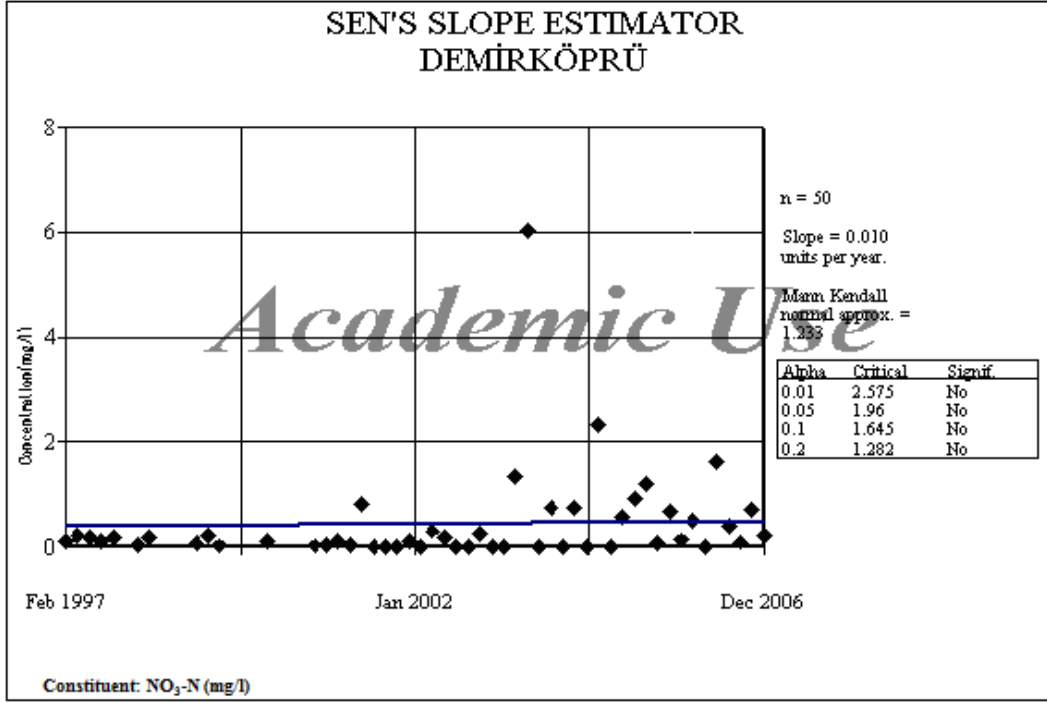
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

:- Seri korelasyon yok

Gediz Nehri NO_3-N parametresi için yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru Şekil 4.189'dan itibaren aşağıda verilmiştir.

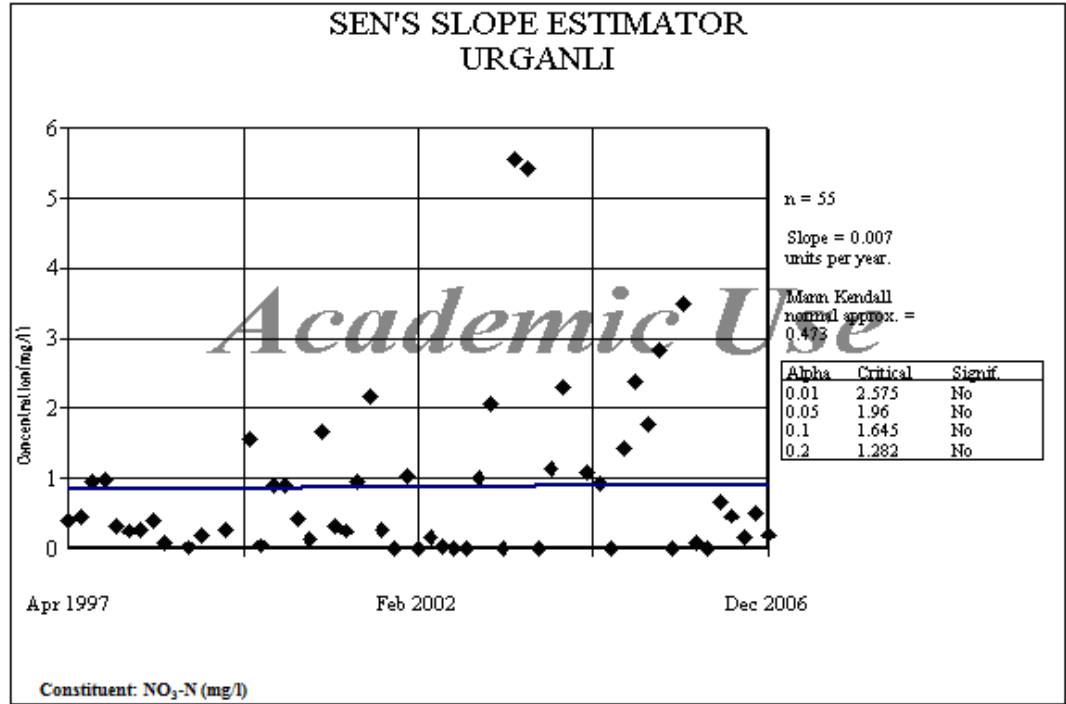
Demirköprü istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verileri için yapılan analizde Mann-Kendall test istatistiği $Z = 1.233$ olarak tahmin edilmiştir. Artan yönde trend istatistiksel olarak anlamlı değildir. Nitrat azotu konsantrasyonlarında istatistiksel olarak seçilen güven düzeyinde anlamlı olmayan yıllık 0.010 mg/l artış tahmin edilmiştir. (Şekil 4.189).



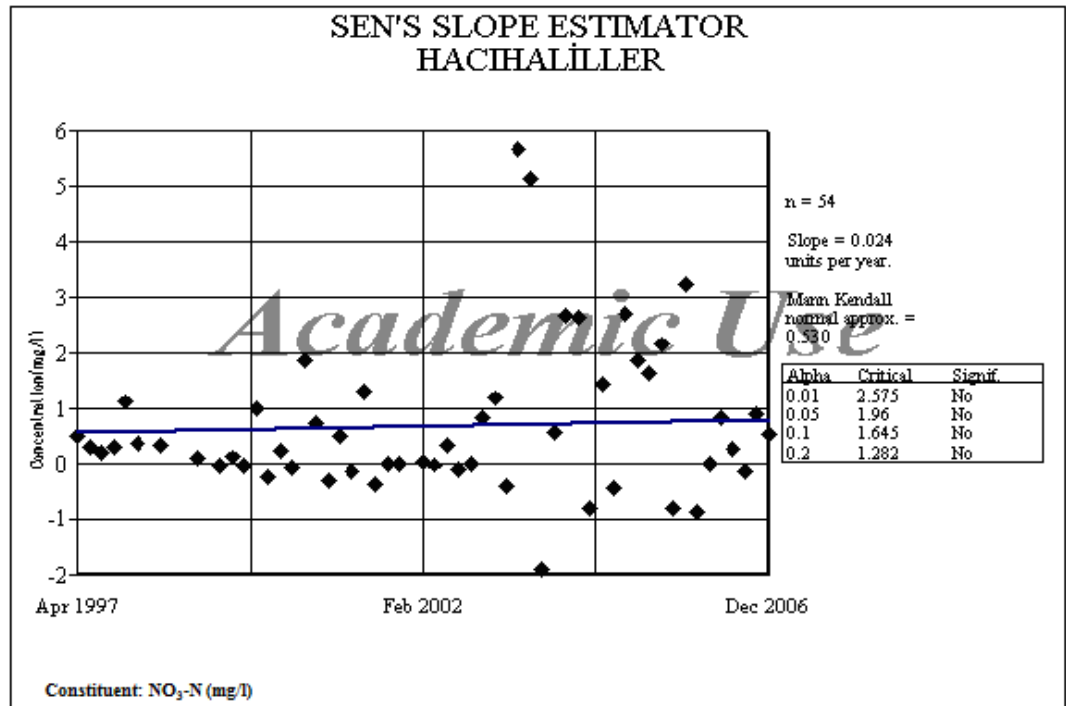
Şekil 4.189. Demirköprü istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Urganlı istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verileri için Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu, 0.473 olarak tahmin edilen test istatistiği, artan yönde, ancak anlamlı olmayan bir trendi göstermektedir. Yıllık artış miktarı 0.007 mg/l olarak belirlenmiştir (Şekil 4.190).

Hacıhaliller istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinde belirlenen seri korelasyon TFPW işlemiyle uzaklaştırılmış ve yeni seride Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.191'de verilmiştir. Test istatistiği $Z = 0.530$ olarak tahmin edilmiş olup, istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmadığı anlaşılmaktadır. Sen eğim tahmincisi ile yıllık artış 0.024 mg/l olarak tahmin edilmiştir.

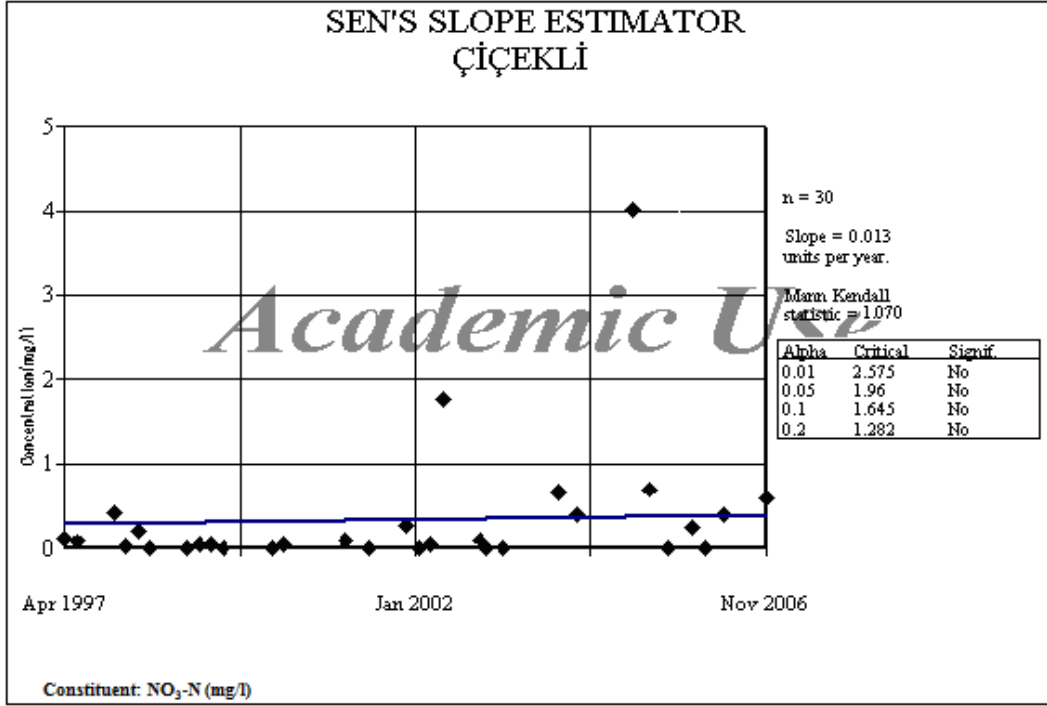


Şekil 4.190. Urganlı istasyonu NO₃-N verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.191. Hacıhaliller istasyonu TFPW işlemi uygulanmış NO₃-N verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

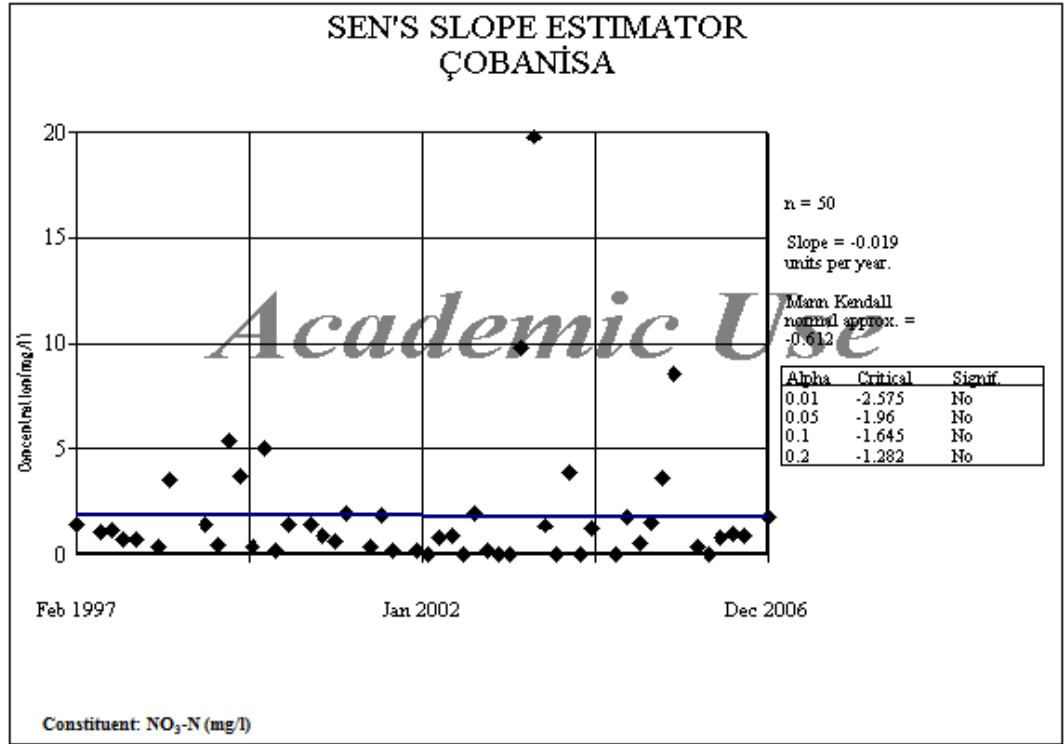
Çiçekli istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verileri için Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucuna göre (Şekil 4.192), test istatistiği $Z = 1.070$ olarak hesaplanmış olup, bu değer artan yönde trend olduğunu, ancak trendin % 95 güven düzeyinde önemli olmadığını göstermektedir. Yıllık artış ise, Sen eğim tahmincisiyle 0.013 mg/l olarak tahmin edilmiştir.



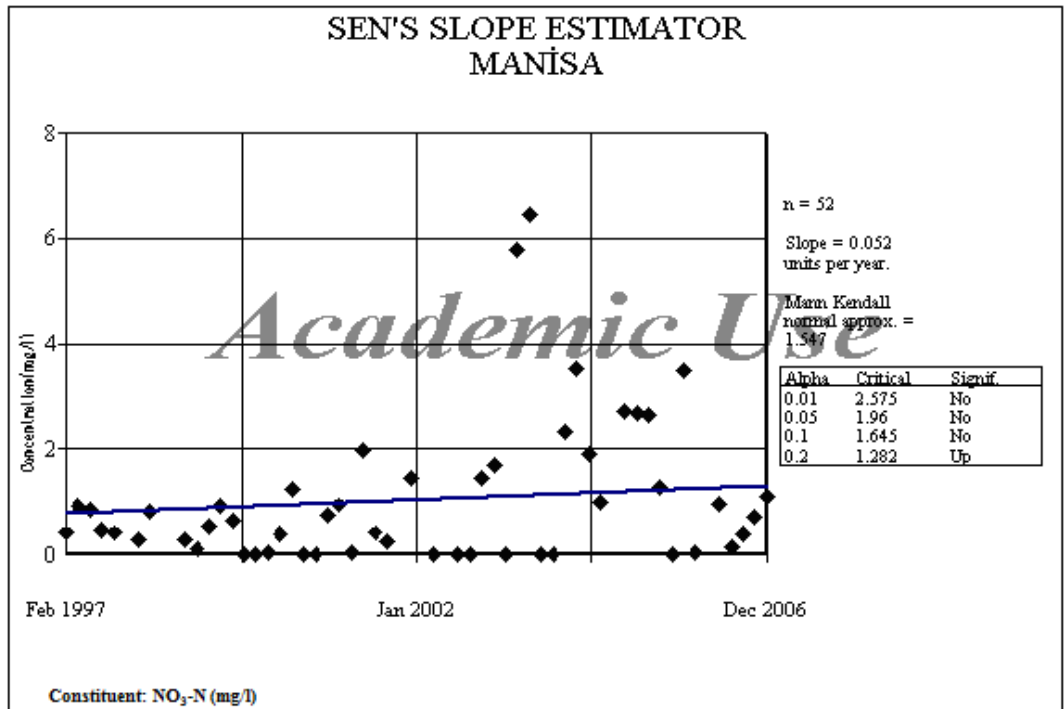
Şekil 4.192. Çiçekli istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Çobanisa istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu -0.612 olarak tahmin edilen test istatistiği, azalan yönde trend olduğunu, ancak bu trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığını göstermektedir. Konsantrasyonlardaki azalış miktarı ise Sen eğim tahmincisiyle 0.019 mg/l/yıl olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.193).

Manisa istasyonu verilerinde yapılan trend analizi sonucunda Mann-Kendall test istatistiği 1.547, trend eğimi Sen eğim tahmincisiyle 0.052 olarak tahmin edilmiştir. Şekil 4.194'te grafiksel olarak verilen trend analizi sonucunda, istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmayan artan yönde trend belirlenmiştir.

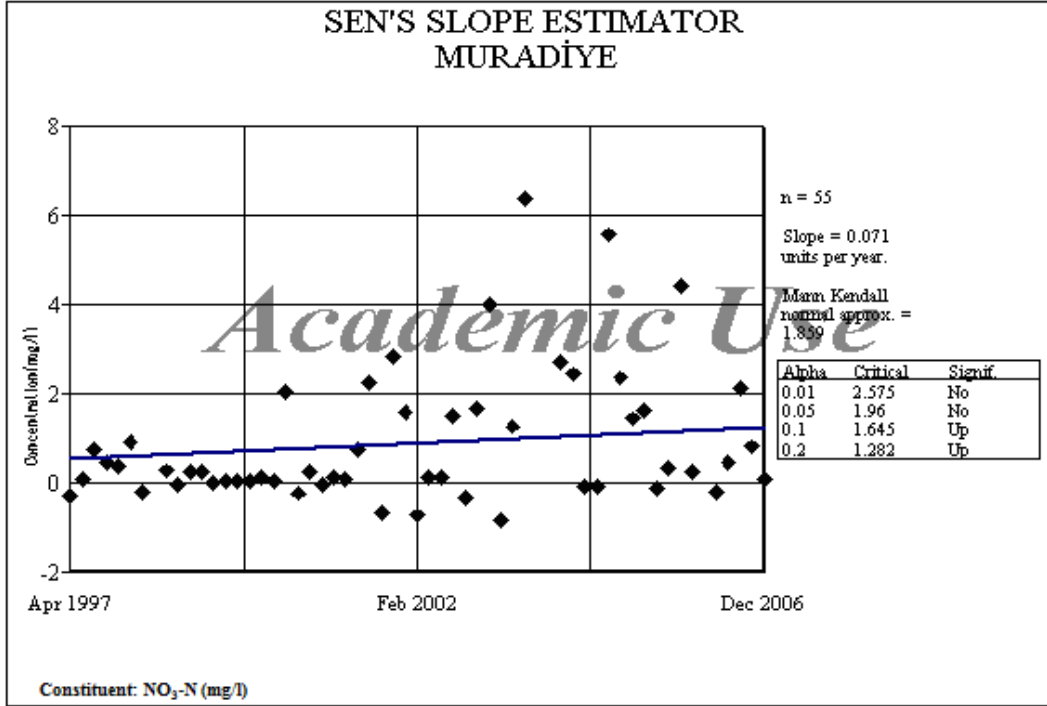


Şekil 4.193. Çobanisa istasyonu NO₃-N verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



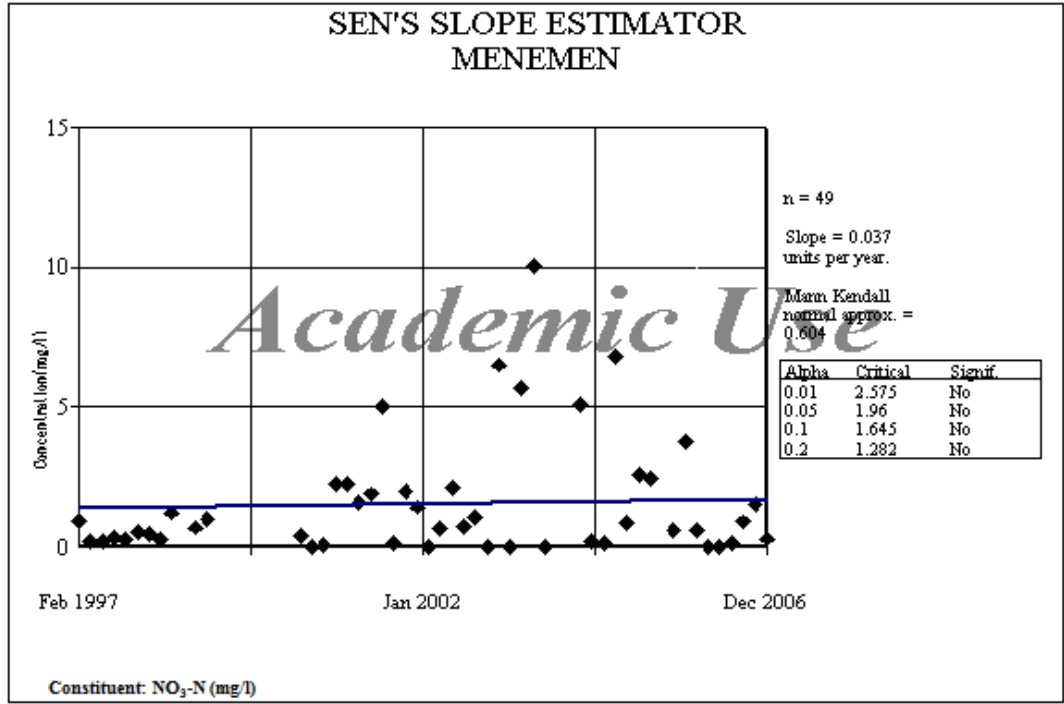
Şekil 4.194. Manisa istasyonu NO₃-N verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Muradiye istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinde, TFPW işlemiyle seri korelasyon etkisi uzaklaştırılmış seride Mann-Kendall testiyle yapılan analiz sonucuna göre, 1.859 olarak tahmin edilen Z değeri artan yönde, ancak, anlamlı olmayan bir trend olduğunu göstermektedir. Nitrat azotu konsantrasyonlarında Sen eğim tahmincisiyle yıllık 0.071 mg/l artış hesaplanmıştır (Şekil 4.195).



Şekil 4.195. Muradiye istasyonu TFPW işlemi uygulanmış $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Menemen istasyonu $\text{NO}_3\text{-N}$ verilerinde trend analizi sonucuna göre; Mann-Kendall test istatistiği $Z = 0.604$ olarak tahmin edilmiştir (Şekil 4.196). Tahmin edilen Z değeri, istatistiksel olarak anlamlı olmayan artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Yıllık artış 0.037 mg/l olarak tahmin edilmiştir.



Şekil 4.196. Menemen istasyonu NO₃-N verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Gediz Nehri NO₃-N parametresinde, Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.41’de verilmiştir.

Çizelge 4.41. Nitrat azotu parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	Z _{0,025}	Trend ^a
Demirköprü	50	M-K	1.233	0.010	1.96	o
Urganlı	55	M-K	0.473	0.007	1.96	o
Hacıhaliller	54	TFPW M-K	0.530	0.024	1.96	o
Çiçekli	30	M-K	1.070	0.013	1.96	o
Çobanisa	50	M-K	-0.612	-0.019	1.96	o
Manisa	52	M-K	1.547	0.052	1.96	o
Muradiye	55	TFPW M-K	1.859	0.071	1.96	o
Menemen	49	M-K	0.604	0.037	1.96	o

^a: + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Çizelge 4.41 incelendiğinde; tüm istasyonlarda artan yönde olan trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı belirlenmiştir.

Gediz Nehri'nde bölgesel trendi tespit etmek amacıyla, her bir mevsim için yapılan Bölgesel Kendall ve tüm mevsimleri kapsayan Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda belirlenen trendler Çizelge 4.42'de verilmiştir.

Çizelge 4.42. Nitrat azotu parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

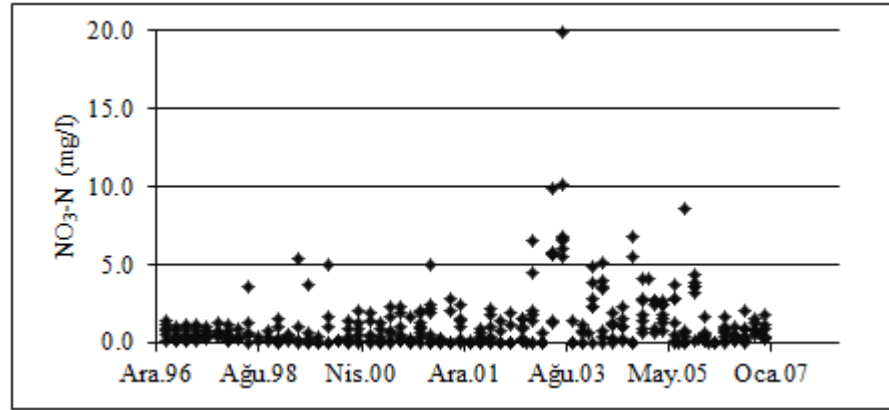
Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	59	0.479	0	1.96	o
Nisan (RK)	63	1.963	0.087	1.96	+
Haziran (RK)	62	0.988	0.022	1.96	o
Ağustos (RK)	61	0.994	0.010	1.96	o
Ekim (RK)	58	0.572	0	1.96	o
Aralık (RK)	64	1.803	0.025	1.96	o
RSK	367	2.919	0.023	1.96	+

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Nitrat azotu parametresinde Bölgesel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda; nisan ayında % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trend ve yıllık 0.087 mg/l artış hesaplanmıştır. Şubat, haziran, ağustos, ekim ve aralık aylarında görülen artan yöndeki trendler ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yıllık artış, haziran ayında 0.022 mg/l, ağustos ayında 0.010 mg/l, aralık ayında 0.025 mg/l, şubat ve ekim aylarında ise sıfır olarak belirlenmiştir. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiş, yıllık artış 0.023 mg/l olarak hesaplanmıştır.

Sulama suları NO₃-N içerikleri yönünden, Ayers and Westcot (1985) tarafından önerilen sınıflandırmada; < 5 mg/l sorunsuz, 5 – 30 mg/l artan sorunlu, > 30 mg/l şiddetli sorunlu sular sınıfına girmektedir. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre ise; < 5 mg/l 1. sınıf, 5-10 mg/l 2. sınıf, 10-20 mg/l 3. sınıf ve > 20 mg/l 4. sınıf olarak sınıflandırılır. Şekil 4.197'de grafiksel olarak verilen Gediz Nehri NO₃-N değerlerinin tüm istasyonları kapsayacak şekilde zamansal değişimi incelendiğinde; NO₃-N değerlerinin genellikle 5 mg/l'nin altında olduğu ve nadiren bu değerin üzerine çıktığı görülmüştür. Ayers and Westcot (1985) sınıflandırma sistemine göre, genellikle sorunsuz sular sınıfında, SKKY kriterlerine göre ise çoğunlukla 1. sınıfta yer aldığı görülmektedir. Bölgesel trendin anlamlı ve artan yönde olduğu dikkate alındığında, Gediz Nehri sularının daha kötü sulama suyu kalitesi sınıfına girebileceği gözden kaçırılmamalıdır. Yüksek nitrat konsantrasyonlarında,

yetişkinlerde bağırsak, sindirim ve idrar sistemlerinde iltihaplanmalar görülmektedir. İçme sularındaki yüksek nitrat konsantrasyonları bebeklerde methaemoglobin (mavi bebek) hastalığına neden olmakta, altı aydan küçük bebeklerde mide asitleri oluşturmaktadır (Anonim, 2008b).



Şekil 4.197. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSİ istasyonlarında ölçülen NO₃-N değerlerinin zamansal değişimi.

Azot, bitki gelişimi için gerekli bir bitki besinidir. Sulama sularında N'un en sık rastlanan formları NO₃-N ve NH₄-N olup, NO₃-N'na daha sıklıkla rastlanır. Sularda NH₄-N nadiren 1 mg/l'yi geçer. NO₃-N ise yüzey sularında ve yeraltı sularında genellikle 5 mg/l'den azdır (Ayers and Westcot, 1985). Sularda fazla miktarda NO₃ bulunması suların kirlenmesinin bir göstergesidir (Ayyıldız, 1990).

Yüzeysel sulara karışan azot yükleri, doğal kaynaklardan, evsel ve endüstriyel kaynaklardan ve tarımsal kaynaklardan ileri gelmektedir. Azot canlıların yapısını oluşturan temel elementlerden biridir. Gerek canlı bünyesinde, gerek besin maddelerinde ve gerekse ölü organizmalarda bulunan azot, doğada azot döngüsü içerisinde sürekli dinamik bir haldedir (Anonim, 2008b). Bu nedenle azot bileşiklerinin su kirliliği açısından önemli rolü vardır.

Evsel atıksular büyük oranda karbon, azot ve fosfor gibi bileşiklerden oluşmaktadır. Evsel atıksuların arıtılmadan doğrudan alıcı ortam olarak kıta içi su ortamlarına (göl, akarsu vb.) verilmesi halinde, atıksu içindeki karbon esaslı organik bileşikler, biyolojik mekanizmalar yoluyla parçalanıp, karbondioksit ve suya dönüşebilirler ve bu süreçte sudaki oksijeni tüketirler. Oksijenin tükenmesini takiben, parçalanma farklı fazda (anaerobik) devam eder. Anaerobik koşullarda ise karbondioksitin yanı sıra, metan, hidrojen sülfür gibi gazların oluşumu gerçekleşir ve alıcı ortam septik hale gelip kullanım dışı kalır. Öte yandan, atıksudaki azot ve fosfor gibi maddeler de besin maddesi görevi görerek, alıcı

ortamdaki birincil canlıların (alg, yosun gibi) hızla büyümesine ve su ortamının hızla bu tür canlılarla kaplanmasına (ötrofikasyona) neden olurlar (Alparslan vd., 2008). Buna karşılık yağmur suyunda dahi belli konsantrasyonlarda azot olduğu düşünüldüğünde, ötrofikasyona temelde fosfor fazlalığının yol açtığı söylenebilir (Anonim, 2008b).

Endüstriyel tesislerden de endüstri türüne bağlı olarak önemli miktarda azot su ortamına verilebilmektedir. Azot yükü veren başlıca endüstri kuruluşları; gübre, nitroselüloz, gıda, deri, bira ve su endüstrileri ile mezbahalardır (Anonim, 2008b).

Nitrat iyonları topraktan kolaylıkla yıkanarak suya geçmekte, böylece tarımsal drenaj suyu içerisinde önemli miktarda nitrat iyonu bulunmaktadır. Tarım yapılan arazilerden da her yıl önemli miktarda azot, doğal su kaynaklarına karışmaktadır (Anonim, 2008b).

4.2.13 pH

pH parametresi için Kruskal-Wallis H testiyle yapılan mevsimsellik analizi ve otokorelasyon analiziyle belirlenen seri korelasyon sonuçları % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, bu sonuçlara göre belirlenen uygun trend testi membadan mansaba doğru Çizelge 4.43'te verilmiştir.

Gediz Nehri pH parametresi için yapılan trend analizi sonuçları membadan mansaba doğru Şekil 4.198'den itibaren sırasıyla aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.43. pH parametresi için Kruskal-Wallis H testi ve otokorelasyon analizi sonuçları ile uygun trend testi.

İstasyon adı	n ^a	H	$\chi^2_{0.025}$	Mevsimsellik ^b	r ₁	TLU ^c	TLL ^c	Seri korelasyon ^d	Trend testi
DSİ istasyonları									
Demirköprü	60	7.45	11.07	-	-0.10	0.25	-0.28	-	M-K
Urganlı	59	2.63	"	-	0.21	0.25	-0.29	-	M-K
Hacıhaliller	58	4.98	"	-	0.18	0.25	-0.29	-	M-K
Çiçekli	35	o	o		0.31	0.34	-0.42	-	M-K
Çobanisa	59	6.444	11.07	-	0.20	0.25	-0.29	-	M-K
Manisa	60	4.05	"	-	0.38	0.25	-0.28	+	TFPW M-K
Muradiye	60	11.05	"	-	0.19	0.25	-0.28	-	M-K
Menemen	54	8.72	"	-	0.27	0.26	-0.30	+	TFPW M-K
EİE istasyonları –Ham pH									
Acısu	284	16.12	"	+					S-K
Gördes	105	o	o		0.41	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	6.80	11.07	-	0.20	0.12	-0.13	+	TFPW M-K
Debi düzeltilmeli pH									
Acısu	284	11.06	"	-	0.30	0.11	-0.12	+	TFPW M-K
Gördes	105	o	o		0.42	0.19	-0.21	+	TFPW M-K
Manisa	244	6.49	11.07	-	0.20	0.12	-0.13	+	TFPW M-K

^a : Kullanılan veri sayısı

^b : + Mevsimsellik var

- Mevsimsellik yok

o Test yapılamadı

^c : TLU : Üst tolerans limiti

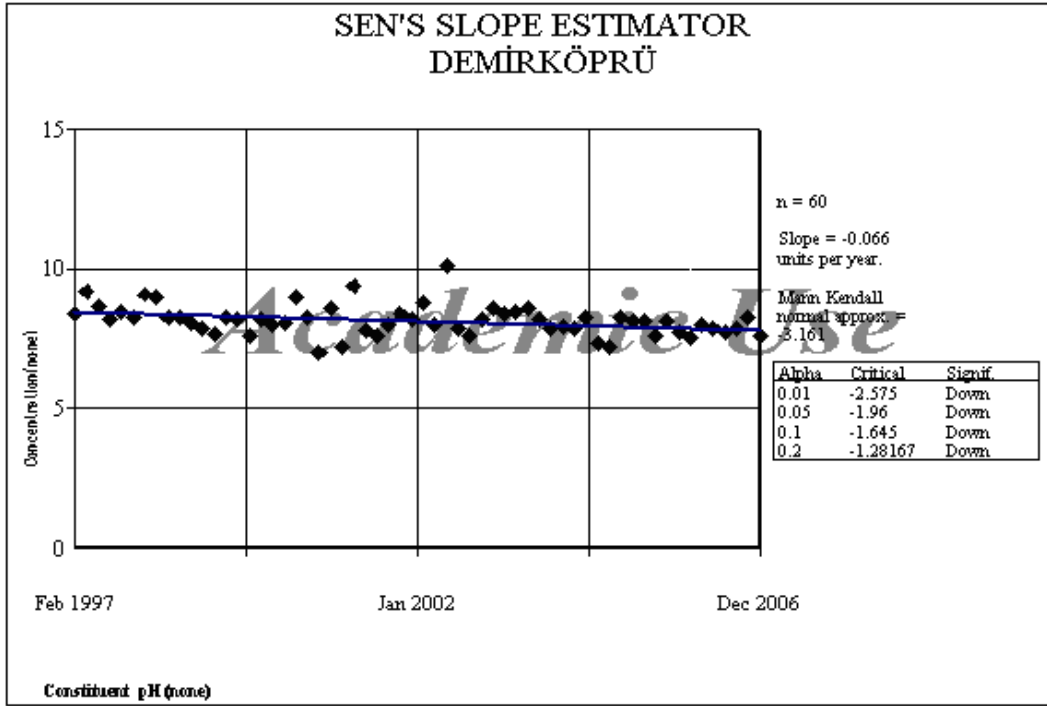
: TLL : Alt tolerans limiti

^d : + Seri korelasyon var ($\alpha = 0.05$)

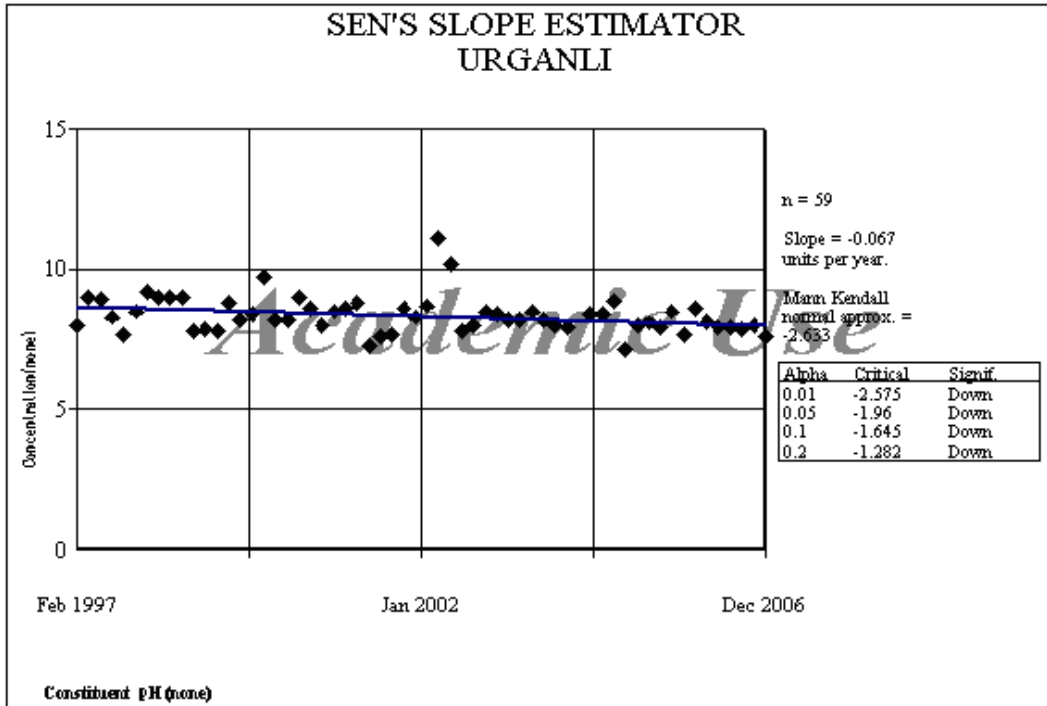
:- Seri korelasyon yok

Demirköprü istasyonu pH verileri için Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizinde $Z = -3.161$ olarak tahmin edilmiştir. Buna göre, trendin azalan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı olduğu anlaşılmaktadır. Yıllık 0.066 azalış tahmin edilmiştir (Şekil 4.198).

Urganlı istasyonu pH verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda -2.633 olarak tahmin edilen test istatistiği, anlamlı ve azalan yönde trend olduğunu göstermektedir. Yıllık azalış miktarı Sen eğim tahmincisiyle 0.067 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.199).

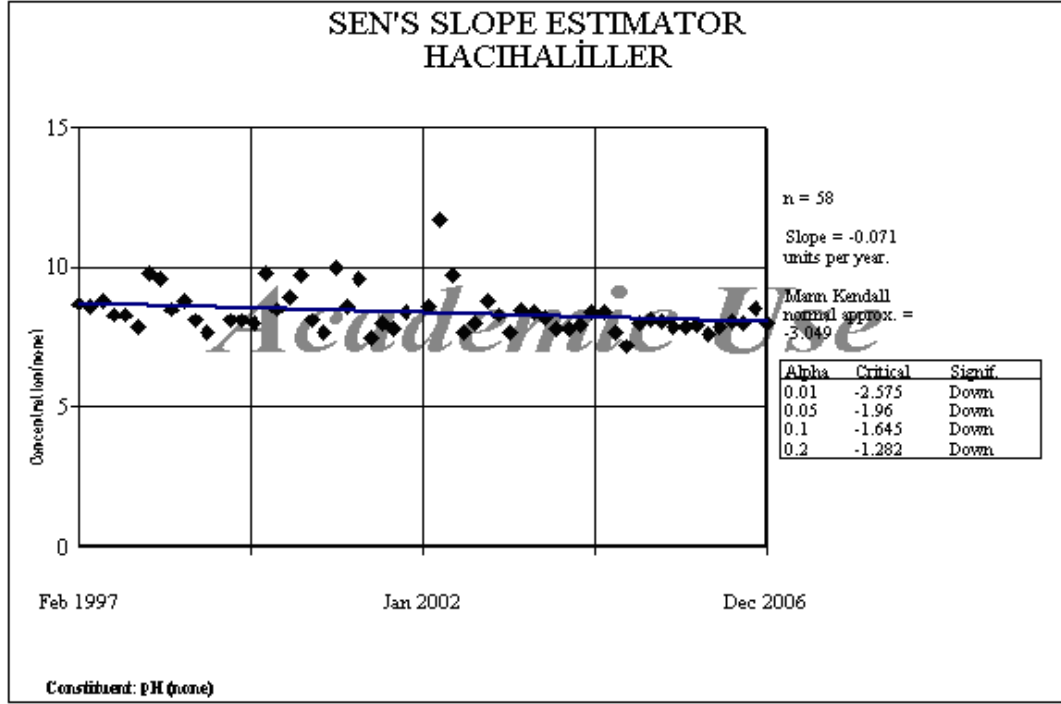


Şekil 4.198. Demirköprü istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.199. Urganlı istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

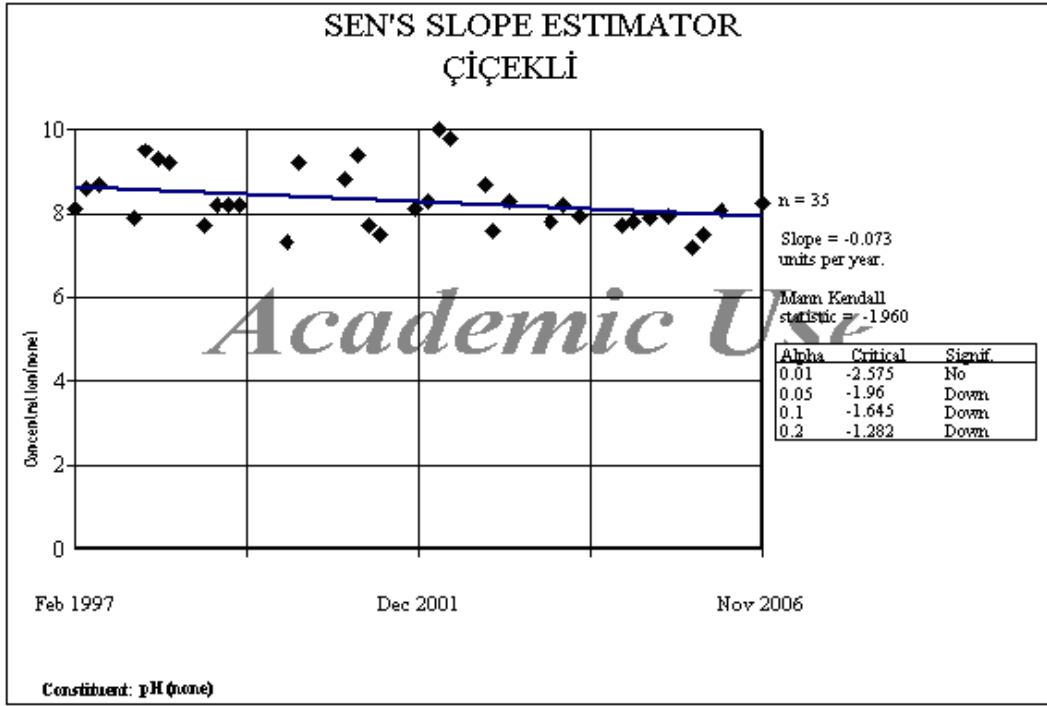
Hacıhaliller istasyonu pH verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.200’de verilmiştir. Test istatistiği $Z = -3.049$ olarak tahmin edilmiş olup, istatistiksel olarak anlamlı azalan yönde bir trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisi trendin eğimini -0.071 olarak tahmin etmiştir.



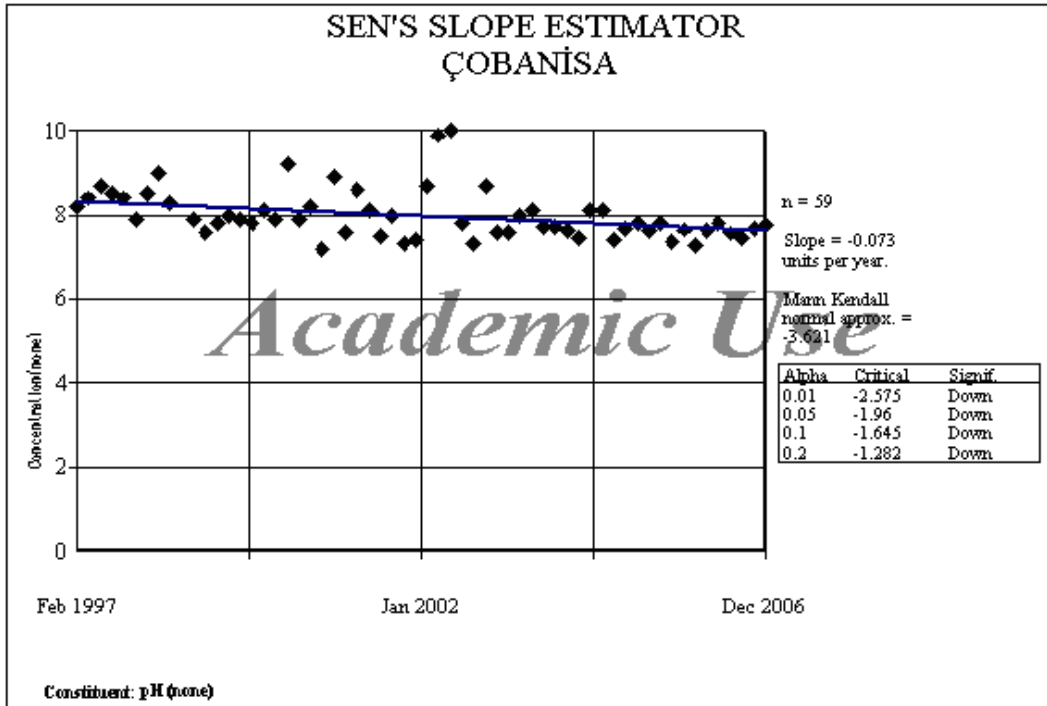
Şekil 4.200. Hacıhaliller istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Çiçekli istasyonu pH verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.201’de verilmiştir. Test istatistiği $Z = -1.960$ olarak hesaplanmış olup, bu değer azalan yönde anlamlı trendi göstermektedir. Değerlerdeki azalış ise, Sen eğim tahmincisiyle 0.073 olarak tahmin edilmiştir.

Çobanisa istasyonu pH verilerinde Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu, -3.621 olarak tahmin edilen test istatistiği, azalan yöndeki trendin % 95 güven düzeyinde anlamlı olduğunu göstermektedir. Değerlerdeki azalış ise yıllık 0.073 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.202).

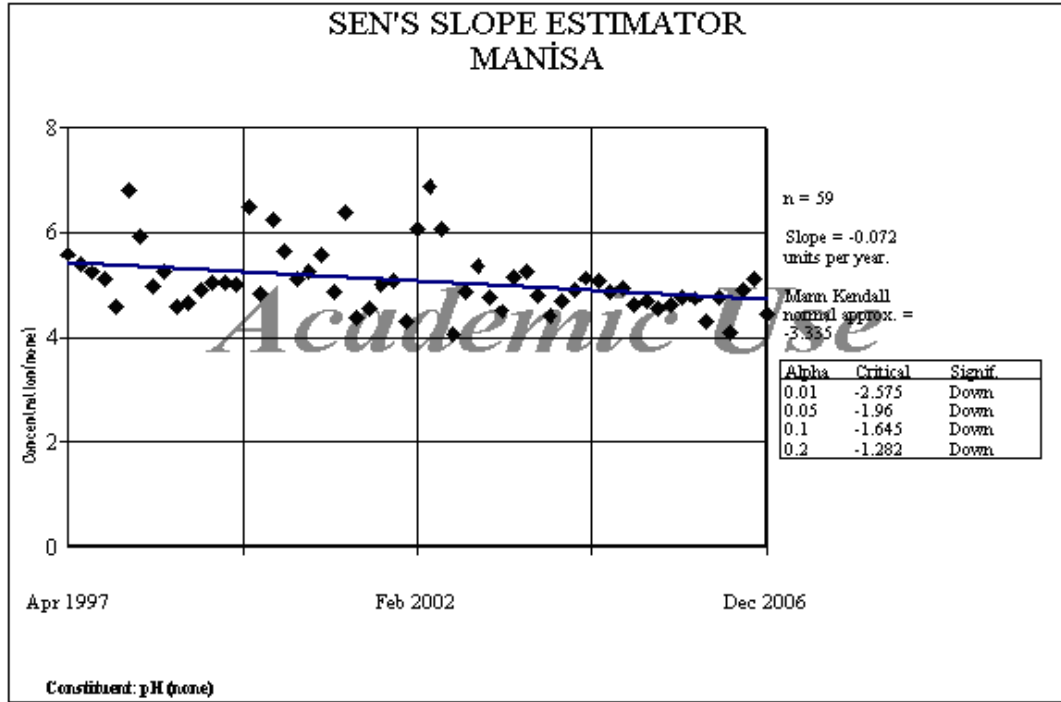


Şekil 4.201. Çiçekli istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.202. Çobanisa istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

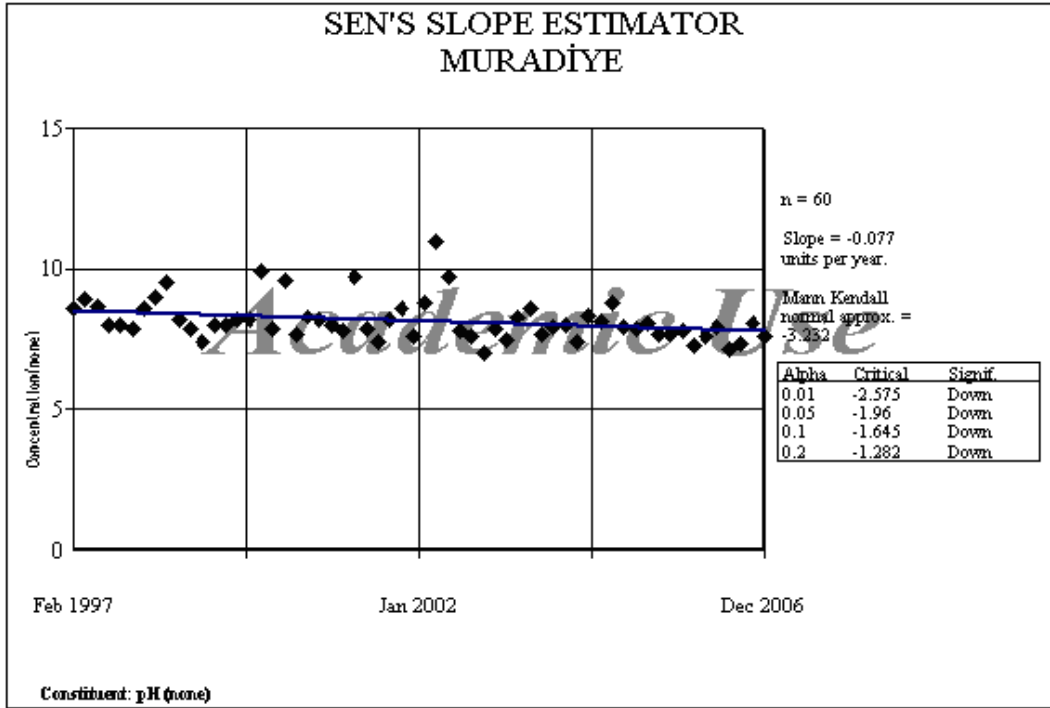
Manisa istasyonu pH verilerinde TFPW işlemiyle seri korelasyon uzaklaştırıldıktan sonra yeni seride Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmış ve % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde trend tespit edilmiştir. Yıllık 0.072 azalış tahmin edilmiştir (Şekil 4.203).



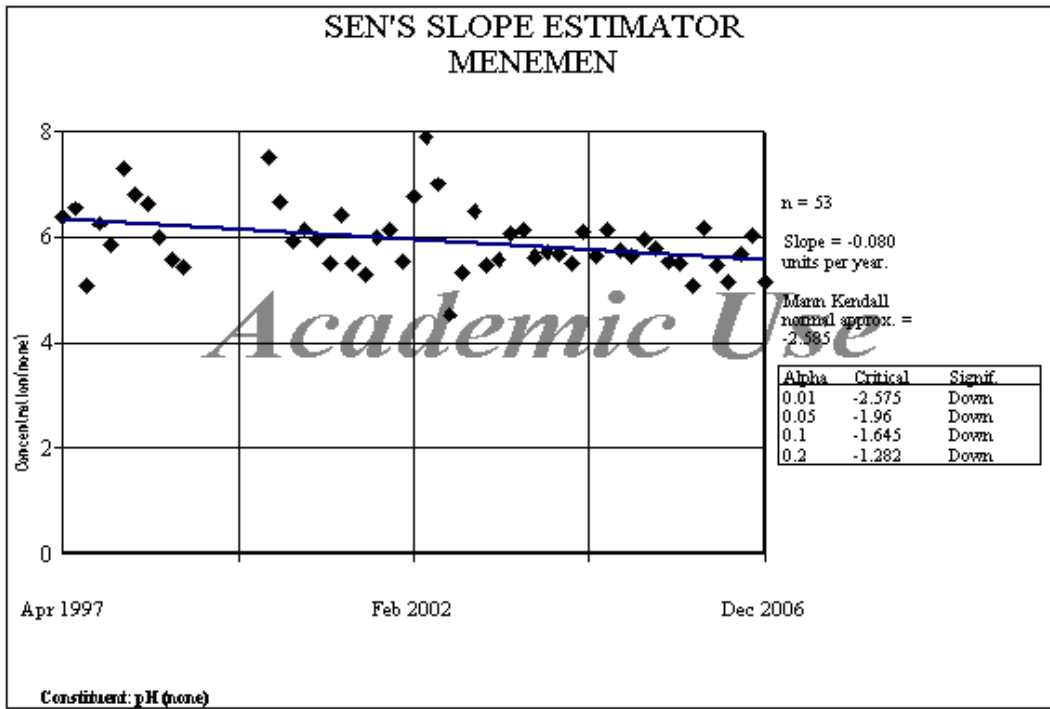
Şekil 4.203. Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Muradiye istasyonu pH verilerinde Mann-Kendall testi trend analizi sonucuna göre, % 95 güven düzeyinde anlamlı ve azalan yönde bir trendin bulunduğu, yıllık azalışın Sen eğim tahmincisiyle 0.077 olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.204).

Menemen istasyonu pH verilerinde TFPW işlemiyle seri korelasyon uzaklaştırıldıktan sonra yeni seride Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucu Şekil 4.205'te grafik olarak verilmiştir. Test istatistiği -2.585 olarak tahmin edilmiş olup, bu değer % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı ve azalan yönde trend olduğunu göstermektedir. Sen eğim tahmincisi ise pH değerlerindeki yıllık azalışı 0.080 olarak tahmin etmiştir.



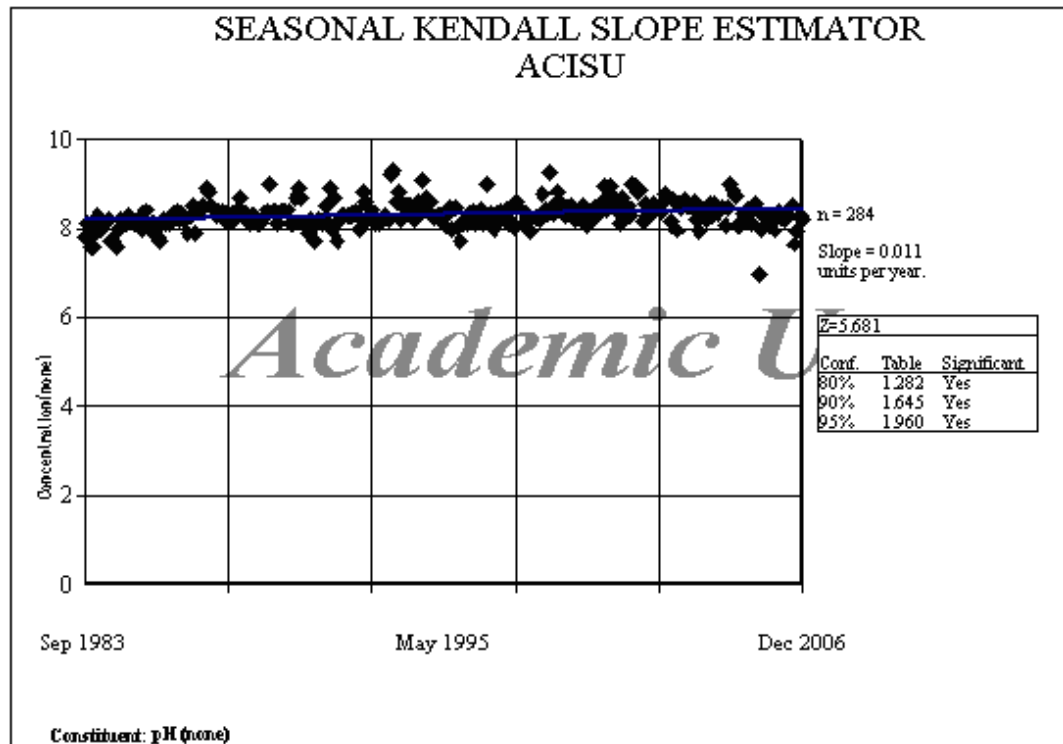
Şekil 4.204. Muradiye istasyonu pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



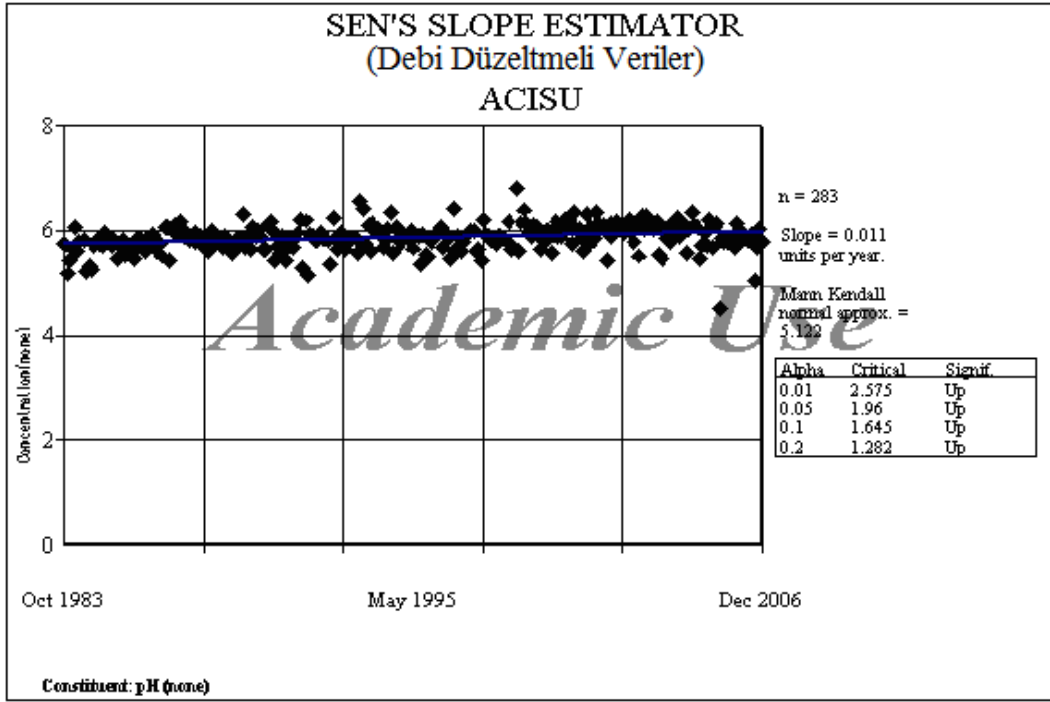
Şekil 4.205. Menemen istasyonu TFPW işlemi uygulanmış pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Gediz Nehri Acısu istasyonu ham pH verilerinde Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda, $Z = 5.681$ olarak hesaplanan test istatistiği, artan yöndeki trendin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermektedir. Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle, ham pH değerlerinde yıllık artış miktarı 0.011 olarak hesaplanmıştır. Debi düzeltmeli verilerde ise seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle giderildikten sonra yeni seride Mann Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda test istatistiği $Z = 5.122$ olarak hesaplanmıştır. Bu değer % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trend olduğunu göstermektedir. Debi düzeltmeli pH değerlerinde de yıllık artış 0.011 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.206 ve 4.207).

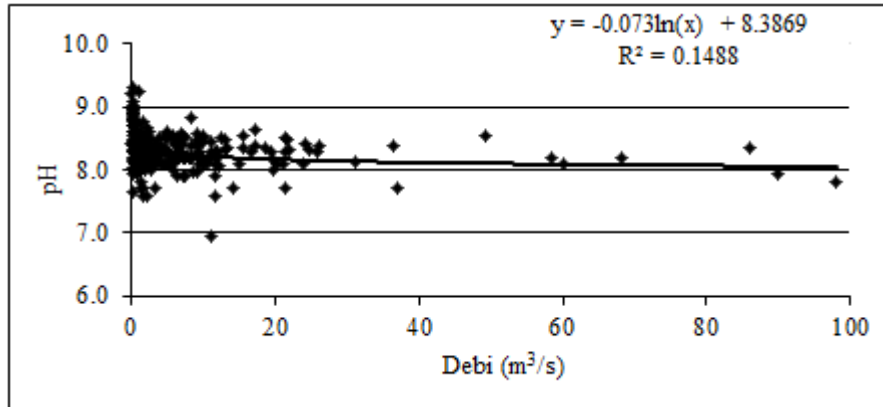
Acısu istasyonunda pH değerleriyle debi arasındaki ilişkiyi en iyi tanımlayan fonksiyon logaritmik fonksiyon olarak belirlenmiş ve debinin pH değerlerine etkisinin seyrelme etkisi yönünde olduğu, ancak bu etkinin % 14.88 gibi oldukça düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.208).



Şekil 4.206. Acısu istasyonu ham pH verilerinin zamansal değişimi ve Mevsimsel Kendall testi ile Mevsimsel Kendall eğim tahmincisi sonuçları.

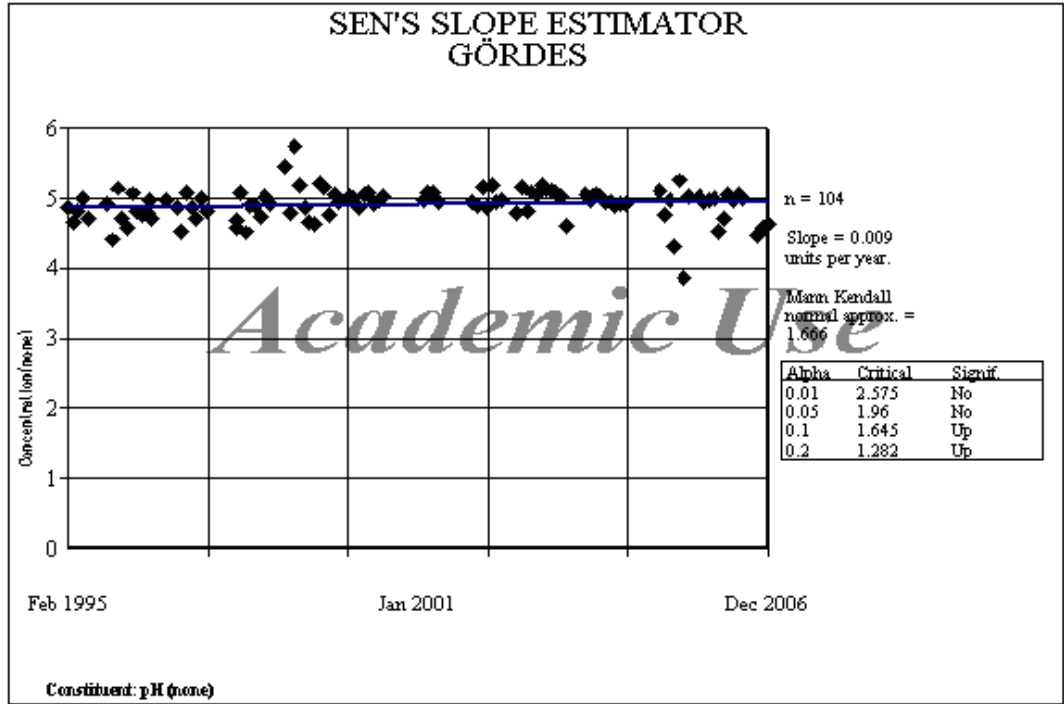


Şekil 4.207. Acısu istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

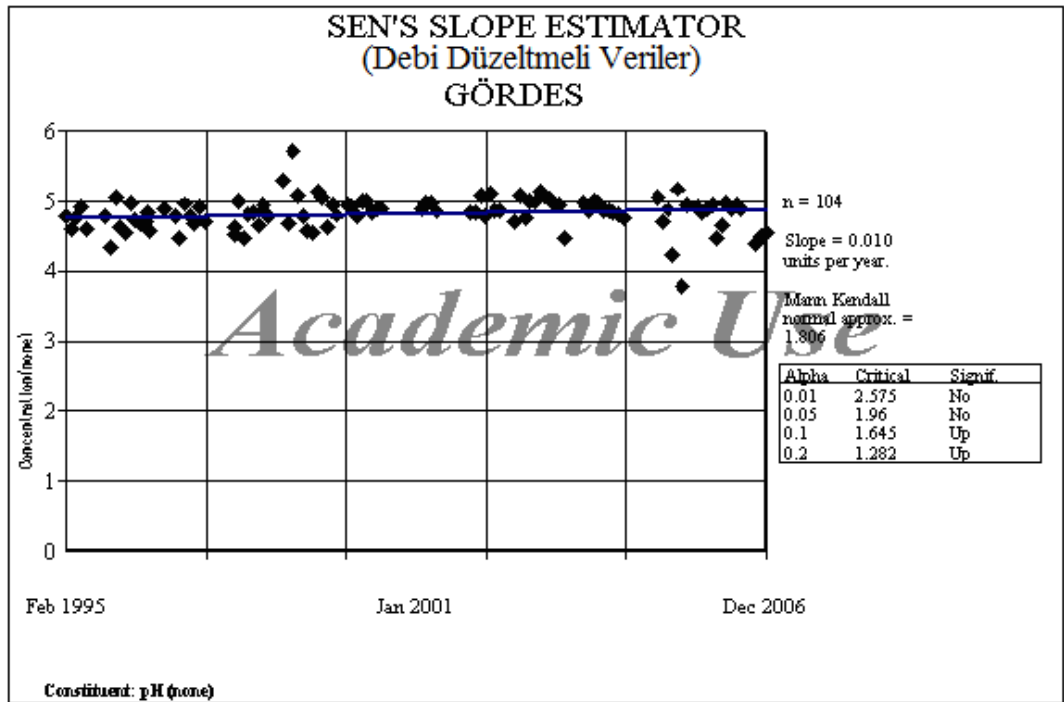


Şekil 4.208. Acısu istasyonunda debi ile pH değerleri arasındaki ilişki.

Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu ham ve debi düzeltmeli pH verilerinde belirlenen seri korelasyon etkisi TFPW işlemiyle uzaklaştırılmış, yeni serilerde yapılan trend analizi sonuçları Şekil 4.209 ve 4.210'da verilmiştir. Mann-Kendall test istatistiği ham verilerde $Z = 1.666$, debi düzeltmeli verilerde $Z = 1.806$ olarak tahmin edilmiştir. Buna göre; artan yöndeki trendin % 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olmadığı anlaşılmaktadır. Ham verilerde yıllık artış miktarı 0.009, debi düzeltmeli verilerde 0.010 olarak hesaplanmıştır.



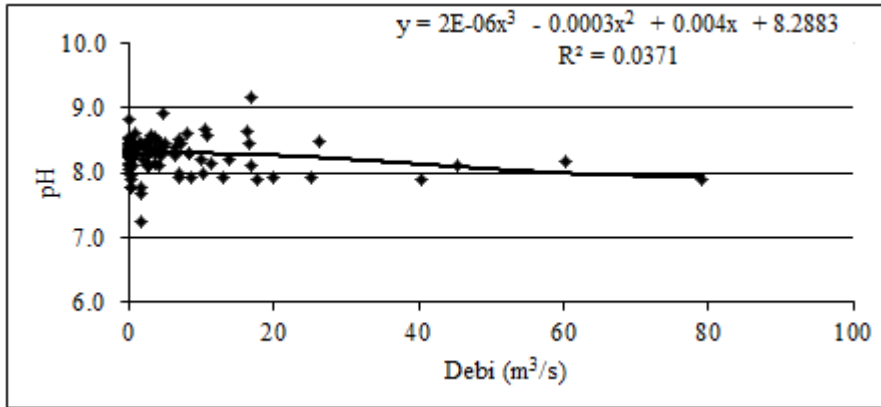
Şekil 4.209. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.210. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

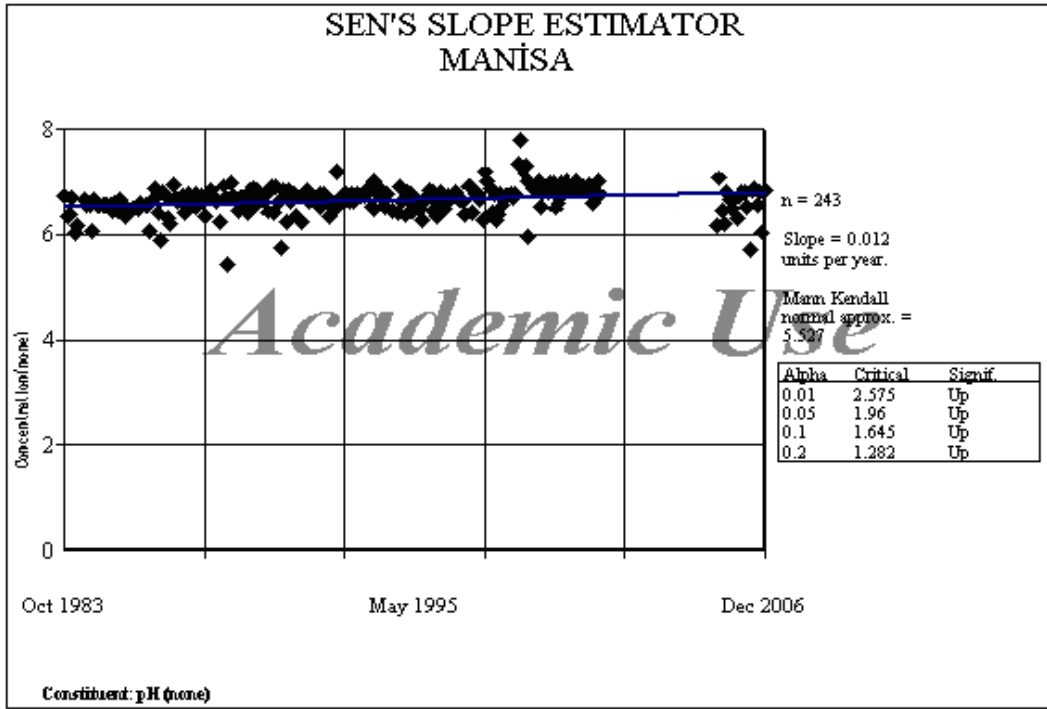
Gördes Çayı'nda pH değerleriyle debi arasındaki ilişki üçüncü dereceden polinom olarak tespit edilmiş ve debideki artışın pH değerlerinde % 3.71 gibi

oldukça düşük düzeyde seyrelme etkisi olduğu görülmüştür. Dolayısıyla pH'nın debiden bağımsız olduğu söylenebilir (Şekil 4.211).

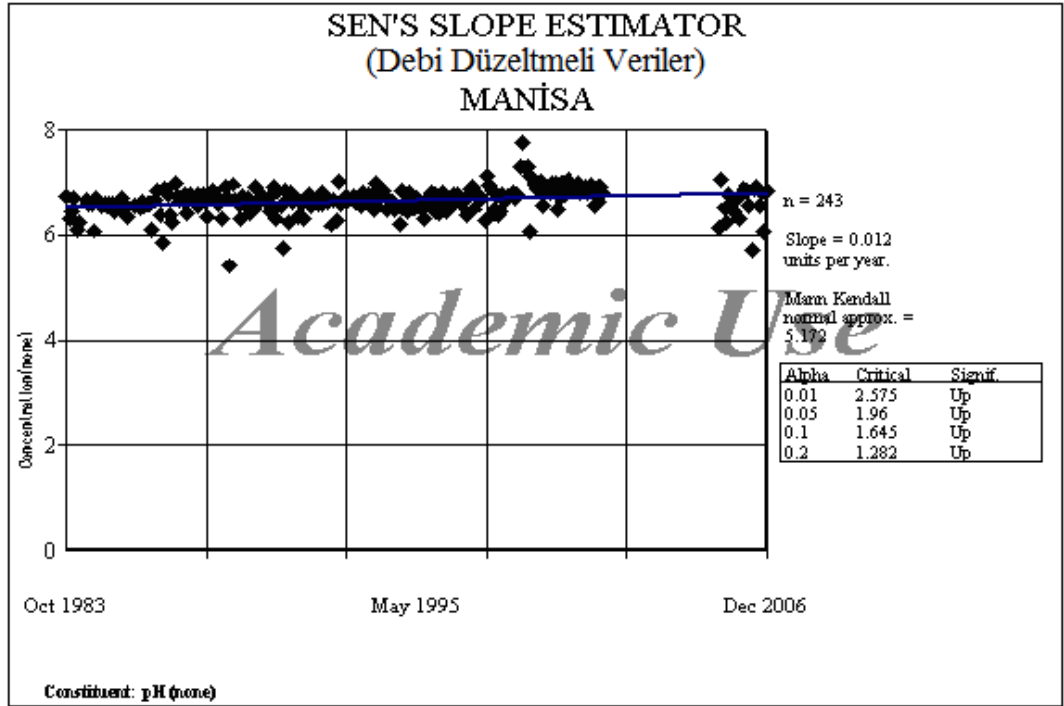


Şekil 4.211. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debi ile pH değerleri arasındaki ilişki.

Manisa istasyonunda ham ve debi düzeltilmeli pH verilerinde, TFPW işlemiyle seri korelasyon etkisi uzaklaştırıldıktan sonra Mann-Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları Şekil 4.212 ve Şekil 4.213'te verilmiştir. Ham verilerde Mann-Kendall test istatistiği $Z = 5.527$, yıllık artış miktarı 0.012; debi düzeltilmeli verilerde $Z = 5.172$ ve yıllık artış miktarı 0.012 olarak hesaplanmıştır. Buna göre; istatistiksel olarak anlamlı ve artan yönde trendler tespit edilmiştir.

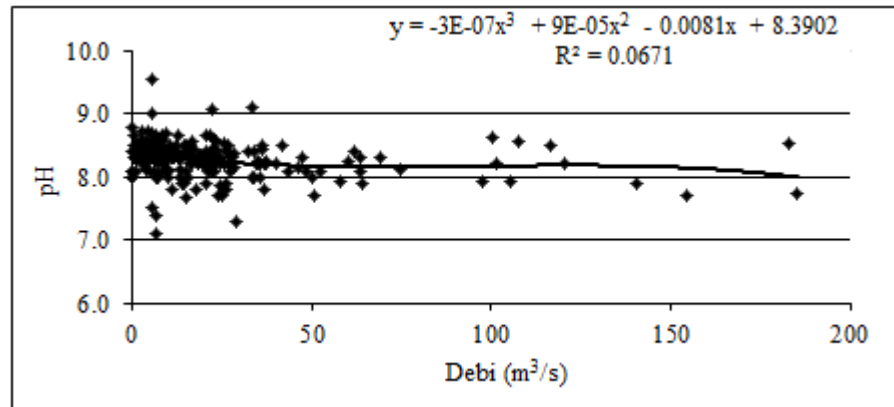


Şekil 4.212. Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış ham pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.



Şekil 4.213. Manisa istasyonu TFPW işlemi uygulanmış debi düzeltmeli pH verilerinin zamansal değişimi ve Mann-Kendall testi ile Sen eğim tahmincisi sonuçları.

Manisa istasyonunda da pH değerleriyle debi arasındaki ilişki üçüncü dereceden polinom olarak tespit edilmiştir. Debideki artışın pH değerlerindeki değişime etkisi % 6.71 gibi düşük düzeyde olup, pH'nın debideki değişimden etkilenmediği söylenebilir (Şekil 4.214).



Şekil 4.214. Manisa istasyonunda debi ile pH değerleri arasındaki ilişki.

Gediz Nehri pH parametresinde, Mann-Kendall veya Mevsimsel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonuçları, % 95 güven düzeyinde değerlendirilerek, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Çizelge 4.44'te verilmiştir.

Çizelge 4.44. pH parametresi için uygulanan trend analizi sonuçları.

İstasyon	n	Trend testi	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
DSİ istasyonları						
Demirköprü	60	M-K	-3.161	-0.066	1.96	-
Urganlı	59	M-K	-2.633	-0.067	1.96	-
Hacıhaliller	58	M-K	-3.049	-0.071	1.96	-
Çiçekli	35	M-K	-1.960	-0.073	1.96	-
Çobanisa	59	M-K	-3.621	-0.073	1.96	-
Manisa	59	TFPW M-K	-3.335	-0.072	1.96	-
Muradiye	60	M-K	-3.232	-0.077	1.96	-
Menemen	54	TFPW M-K	-2.585	-0.080	1.96	-
EİE istasyonları – Ham pH						
Acısu	284	S-K	5.681	0.011	1.96	+
Gördes	104	TFPW M-K	1.666	0.009	1.96	o
Manisa	243	TFPW M-K	5.527	0.012	1.96	+
Debi düzeltilmeli pH						
Acısu	283	TFPW M-K	5.122	0.011	1.96	+
Gördes	104	TFPW M-K	1.806	0.010	1.96	o
Manisa debi	243	TFPW M-K	5.172	0.012	1.96	+

^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

Çizelge 4.44 incelendiğinde pH değerlerinde belirlenen trendler, DSİ istasyonlarının tümünde azalan yönde, EİE Acısu ve EİE Manisa istasyonlarında artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlıdır. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda da artan yönde trend saptanmış, ancak, % 95 güven düzeyinde anlamlı bulunmamıştır.

Gediz Nehri'nde bölgesel trendi tespit etmek amacıyla, örnekleme frekansları aynı olan 7 su kalitesi gözlem istasyonunda ölçülen pH verileri kullanılarak, her bir mevsim için yapılan Bölgesel Kendall ve tüm mevsimleri kapsayan Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda belirlenen trendler Çizelge 4.45'te verilmiştir.

Çizelge 4.45. pH parametresi için Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi trend analizi sonuçları.

Aylar (Test)	n	Z değeri	Eğim	$ Z_{0,025} $	Trend ^a
Şubat (RK)	68	-3.731	-0.069	1.96	-
Nisan (RK)	68	-3.987	-0.059	1.96	-
Haziran (RK)	69	-4.047	-0.060	1.96	-
Ağustos (RK)	68	-2.247	-0.025	1.96	-
Ekim (RK)	69	-1.312	-0.045	1.96	o
Aralık (RK)	68	-1.061	-0.020	1.96	o
RSK	410	-6.762	-0.046	1.96	-

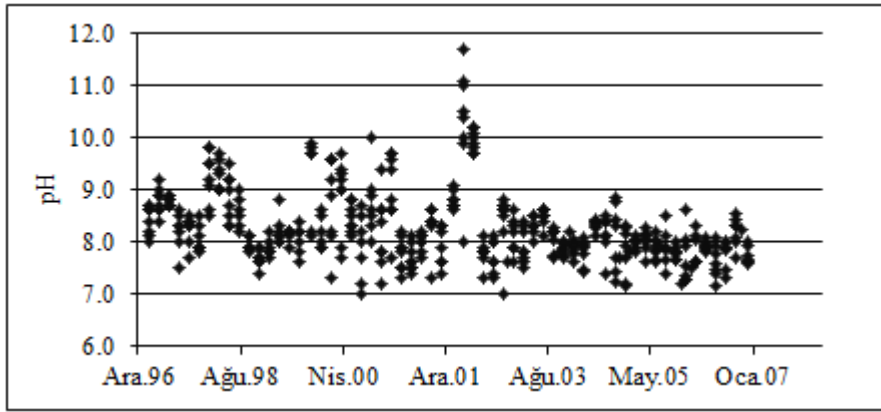
^a : + Artan yönde trend - Azalan yönde trend o Trend yok

pH parametresinde Bölgesel Kendall testiyle yapılan trend analizi sonucunda; ekim ve aralık ayları hariç diğer aylarda % 95 güven düzeyinde anlamlı azalan yönde trendler tespit edilmiştir. Yıllık azalışlar; şubat ayında 0.069, nisan ayında 0.059, haziran ayında 0.060, ağustos ayında 0.025 olarak hesaplanmıştır. Ekim ve aralık aylarında görülen azalan yöndeki trendler ise istatistiksel olarak anlamlı değildir. Yıllık azalışlar sırasıyla 0.045 ve 0.020 olmuştur. Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda ise belirlenen güven düzeyinde kuvvetli ve azalan yönde trend tespit edilmiş, yıllık azalış 0.046 olarak hesaplanmıştır. Bölgesel Mevsimsel Kendall testinde tüm istasyonlarda azalan yönde trend belirlenmiş olup, bu kuvvetli bir mekânsal tendin varlığına işarettir.

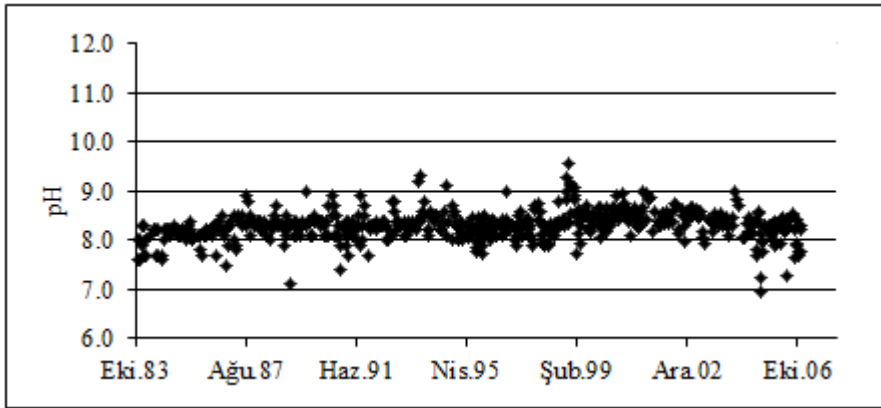
Gediz Nehri pH parametresinde yapılan tüm trend analizi sonuçları incelendiğinde, DSİ istasyonlarında istatistiksel olarak anlamlı azalan yönde trendler belirlenirken, EİE istasyonlarında artan yönde trendler belirlenmiştir. Devlet Su İşleri ile EİE istasyonlarında farklı sayıda veri olduğu, DSİ istasyonlarında iki ayda bir ölçüm yapılırken, EİE istasyonlarında her ay ölçüm yapıldığı ve ölçüm günleri, saatleri, su örneklerini alan kişinin örnekleri aldığı yer, noktasal atıksu deşarjları ve akarsu debisi gibi birçok etmen trendlerdeki farklılığın nedeni olabilir.

Sulama sularının pH değeri için Ayers and Westcot (1985) tarafından önerilen olağan sınırlar 6.5-8.4 arasındadır. Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 2004a) ekinde yer alan "Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri"ne göre; pH 6.5-8.5 ise 1. ve 2. sınıf, 6.0-9.0 ise 3. sınıf ve 6.0-9.0 dışında ise 4. sınıf olarak sınıflandırılır. Şekil 4.215 ve 4.216'da grafiksel olarak verilen, tüm istasyonları kapsayacak şekilde Gediz Nehri pH değerlerinin zamansal değişimi incelendiğinde, pH değerlerinin 7-10 aralığında olduğu ve bazı

istasyonlarda ve zamanlarda tehlikeli sınırlara girdiği görülmektedir. Sulama suyunun pH değerinin, özellikle damla sulama sistemlerinde damlatıcıların tıkanmasında önemli bir etkisi vardır. $\text{pH} < 7$ ise hafif, 7-8 ise orta, > 8 ise şiddetli tıkanma sorunları yaratabilecektir (Gilbert et al., 1986; Tüzel ve Anaç'tan, 1991). Genelde sulama sistemlerinde kullanılacak suyun pH değerinin 6-6.5 civarında olması önerilmektedir (Tüzel ve Anaç, 1991). Damla sulamada kullanılan suyun pH değerinin 7.5'dan büyük olması ve yüksek düzeyde Ca, Mg ve HCO_3 içermesi durumunda CaCO_3 ve MgCO_3 şeklinde çökelmelere neden olduğundan tıkanmalar oluşabilmektedir (Şahin vd., 1998; Kızıloğlu vd.'den, 2007). Bu nedenle yağmurlama ve damla sulama sistemleri uygulandığında Gediz Nehri sularının pH değerinin dikkate alınması gerekmektedir.



Şekil 4.215. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan DSI istasyonlarında ölçülen pH değerlerinin zamansal değişimi.



Şekil 4.216. Gediz Nehri'nde değerlendirmeye alınan EIE istasyonlarında ölçülen pH değerlerinin zamansal değişimi.

Suyun asitlik ve bazikliğinin bir göstergesi olan pH, hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması olarak tanımlanır. Sulama sularının pH değerinin 6.0-8.4 arasında olması istenir (Ayers and Westcot, 1985).

Suların pH'ı hidrojen iyonu üreten veya oluşturan, birbirleri ile ilişkili kimyasal reaksiyonlar tarafından kontrol edilir. Sudaki karbonat, hidroksil ve bikarbonat iyonları suyun bazikliğini artırırken, serbest mineral asitleri ve karbonik asitler suyun asitliğini artırır. Asidik sular, bazik sulara göre daha az yaygındır. Asidik maden işletmelerinin drenajı ve nötrleştirilmemiş endüstriyel atıksular suların pH'sını düşürürler (McNeely, 1979).

Bu çalışmada, Gediz Nehri su kalitesi parametrelerindeki zamansal değişim parametrik olmayan doğrusal trend testleriyle belirlenmeye çalışılmıştır. Gediz Nehri su kalitesiyle ilgili daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında; İçağa (1994), 1979-1989 yılları arasında Cl için Muradiye ve Menemen istasyonlarında, EC için Urganlı, Killik, Medar, Muradiye ve Menemen istasyonlarında, NO₃-N için Urganlı, Medar ve Muradiye istasyonlarında anlamlı ve artan yönde doğrusal trendler saptamış olmasına karşı, DO için anlamlı doğrusal trend tespit etmemiştir. Kahya vd. (1998), Gediz Nehri-Acısü ve Gediz Nehri-Manisa köprüsü istasyonlarında 1970-1994 yılları arasında pH, EC, Na, K, HCO₃, ve Cl parametrelerinde anlamlı ve artan yönde trendler olduğunu, Ca+Mg değerlerinde ise trendin anlamlı olmadığını belirlemişlerdir. İçağa (1994) ve Kahya vd. (1998)'de elde edilen sonuçlar, bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile karşılaştırıldığında; uzun dönemli kayıtların mevcut olduğu EİE'ye ait istasyonlarda elde edilen trendlerin önceki çalışmalarla paralellik gösterdiği, DSİ istasyonlarında ise sadece EC ve HCO₃'ta benzer sonuçların elde edildiği, pH, Na, K ve Ca+Mg'da ise tam ters sonuçlar elde edildiği saptanmıştır. Okur vd. (1997), Mart 1995-Şubat 1996 tarihleri arasındaki bir yıllık periyot boyunca, Gediz Nehri EC değerlerinin yaklaşık 6 ay süresince orta ve yüksek tuz içeriğine sahip “orta ve yüksek tuzlu” sular niteliğinde olduğunu belirlemişlerdir. Bu çalışmada da Gediz Nehri sularının orta ve yüksek tuzlu sular sınıfında olduğu belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, DSİ tarafından izlenen su kalitesi gözlem istasyonlarından Gediz Nehri ana kol üzerinde Demirköprü, Urganlı, Hacıhaliller, Manisa, Muradiye ve Menemen istasyonlarıyla, Nif Çayı kolunda Çiçekli ve Çobanisa istasyonlarına ait BOD₅, COD, DO, o-PO₄, EC, Na, SAR, K, Ca+Mg, SO₄, Cl, HCO₃, NO₃-N ve pH parametrelerinin 1997-2006 yılları arasındaki trendleri Mann-Kendall, Mevsimsel Kendall, Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testleriyle incelenmiştir.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından izlenen EC, Na, SAR, K, Ca+Mg, SO₄, Cl, HCO₃ ve pH parametrelerinin, Gediz Nehri anakol üzerinde Acısu ve Manisa istasyonlarında 1983-2006, Gördes Çayı kolunda Darıbüğü istasyonunda 1995-2006 yılları arasındaki trendleri Mann-Kendall ve Mevsimsel Kendall testleriyle incelenmiştir. Çalışmada, sırasıyla aşağıdaki adımlar takip edilmiştir.

Birinci adım olarak, anyon ve katyonlarda Anyon-Katyon Dengesi ilişkisi kullanılarak kalite kontrol işlemi yapılmış ve % hata payı hesaplanarak, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) kriterleri açısından % 10 hata oranını aşan veriler ayıklanmıştır. Hata oranı % 10'u aşan istasyonlar ve gözlem sayıları şöyle belirlenmiştir: Demirköprü istasyonunda 2, Urganlı istasyonunda 1, Hacıhaliller istasyonunda 1, Çiçekli istasyonunda 4, Çobanisa istasyonunda 8, Manisa istasyonunda 6, Muradiye istasyonunda 1 ve Menemen istasyonunda 2 olarak saptanmıştır. Elektrik İşleri Etüt İdaresi istasyonlarında ise verilerin hata sınırları içerisinde olduğu belirlenmiştir.

İkinci adım olarak, verilere uygulanacak trend testini belirlemek için Kruskal-Wallis H testiyle verilerin mevsimsellik gösterip göstermediği belirlenmiştir. Mevsimsellik gösterdiği tespit edilen serilerde, mevsimselliğe karşı güçlü Mevsimsel Kendall testi uygulanmıştır. Su kalite parametrelerindeki değişimin miktarı ise Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle tahmin edilmiştir.

Üçüncü adım olarak, mevsimsellik göstermeyen serilerde, seri korelasyon olup olmadığı kontrol edilmiştir. Seri korelasyon göstermeyen serilerde orijinal veriler kullanılarak Mann-Kendall testiyle trend analizi yapılmıştır. Seri korelasyon belirlenen serilerde, TFPW (trend-free pre-whitening) işlemi uygulanarak seri korelasyon ayıklanmış ve Mann-Kendall testi bu yeni seriye

uygulanmıştır. Trendin büyüklüğü yani verilerdeki değişim miktarı Sen eğim tahmincisiyle hesaplanmıştır.

Dördüncü adım olarak, havza bazında bölgesel bir trend olup olmadığını belirlemek için; örnekleme frekansları aynı olan DSI'ye ait Çiçekli istasyonu hariç diğer 7 su kalitesi gözlem istasyonuna ait veriler kullanılarak, her bir mevsim için Bölgesel Kendall testi ve tüm mevsimleri kapsayan Bölgesel Mevsimsel Kendall testi uygulanmıştır. Trendin büyüklüğü ise Bölgesel Kendall eğim tahmincisi ve Bölgesel Mevsimsel Kendall eğim tahmincisiyle hesaplanmıştır.

Elektrik İşleri Etüt İdaresi istasyonlarında su kalite parametreleri debi ölçümleriyle birlikte izlendiği için, trend analizinde yukarıdaki ilk 3 adıma ilave olarak, regresyon yöntemiyle debinin su kalite konsantrasyonları üzerindeki etkisi ayıklanmış ve trend analizi hem ham verilerde hem debi düzeltilmeli verilerde yapılmıştır. Ayrıca debinin konsantrasyonlar üzerindeki etkisi araştırılarak, debinin seyrelme veya yıkama etkileri hakkında bir sonuca varılmaya çalışılmıştır.

5.1 Trend Analizi Sonuçları ve Öneriler

Trend analizi sonuçları her bir su kalite parametresi için ayrı ayrı değerlendirilerek aşağıda verilmiştir.

Biyolojik kimyasal Oksijen İhtiyacı verilerinde Çobanisa, Manisa, Muradiye ve Menemen istasyonlarında artan yönde ve istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı trendler belirlenmiştir. Urganlı, Hacıhaliller ve Çiçekli istasyonlarında artan yönde, Demirköprü istasyonunda azalan yönde saptanan trendler ise belirlenen güven düzeyinde anlamlı değildir. Bölgesel trend analizi sonucunda şubat, nisan, ağustos ve ekim aylarında ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı, haziran ve aralık aylarında yine artan yönde ancak seçilen güven düzeyinde anlamlı olmayan trendler tespit edilmiştir. Tüm trend analizi sonuçları dikkate alındığında, BOD₅ parametresi yönünden Gediz Nehri sularının kötüleşme eğilimi içerisinde olduğu söylenebilir. BOD₅ verilerinde artan yönde ve istatistiksel olarak anlamlı trendlerin belirlendiği istasyonlar, nüfusun ve sanayi tesislerinin yoğun olduğu, dolayısıyla evsel ve endüstriyel atıksuyun en fazla olduğu bölgede bulunmaktadır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı verilerinde sadece Çobanisa istasyonunda anlamlı ve artan yönde trend tespit edilmiştir. Demirköprü, Urganlı, Çiçekli, Manisa ve Muradiye istasyonlarında azalan yönde, Hacıhaliller ve Menemen istasyonlarında artan yönde tespit edilen trendler ise % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Çobanisa istasyonu COD değerlerindeki artış eğiliminin, arıtma tesisi bulunmayan Kemalpaşa Organize Sanayi Bölgesinden gelen endüstriyel atıksular olduğu düşünülmektedir. Bölgesel Kendall trend analizine göre istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmamakla birlikte şubat ve aralık ayında artış, nisan, ağustos ve ekim aylarında azalış, haziran ayında ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda trend olmadığı bulgulanmıştır. BOD₅ değerlerinde genellikle artış eğilimi görülmesine rağmen, COD değerlerinde anlamlı trend görülmemesi, Gediz Nehri sularında biyolojik yollarla parçalanarak organik madde miktarının arttığı, dolayısıyla kirlenmenin daha çok evsel atıksulardan kaynaklandığı şeklinde yorumlanabilir.

Çözünmüş Oksijen verilerinde hiçbir istasyonda anlamlı trend belirlenememiştir. Demirköprü, Urganlı, Hacıhaliller ve Muradiye istasyonlarında azalan yönde, Çiçekli, Çobanisa, Manisa ve Menemen istasyonlarında artan yönde belirlenen trendler % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Bölgesel Kendall testi sonucunda haziran ayında artan yönde, ekim ayında azalan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı bölgesel trend tespit edilmiştir. Şubat, aralık aylarında ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda azalan yönde, nisan ve ağustos aylarında artan yönde görülen bölgesel trendler ise seçilen güven düzeyinde anlamlı değildir. Doğal sulardaki çözünmüş oksijen miktarı, basınç, sıcaklık ve tuzluluk arttıkça azalmaktadır. Suyun deniz seviyesinde ve 1 atm basınç altında, oksijene doygunluk derişimleri 0°C’de 14.6 mg/l iken, 25°C’de 8.4 mg/l’dir. Yani 8°C’de ölçülen 10 mg/l DO değeriyle 25°C’de ölçülen 10 mg/l DO değeri birbirine eşit değildir. Bu nedenle su kalitesi örneklerinin alınmasıyla eşzamanlı suyun sıcaklığı ve hava basıncı ölçülerek, DO değerlerinde gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra daha sağlıklı sonuçlara ulaşılabilir.

Orto-fosfat verilerinde Çiçekli ve Demirköprü istasyonu hariç diğer istasyonlarda ve Bölgesel Kendall ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testleri sonucunda artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trendler tespit edilmiştir. Çiçekli istasyonunda azalan, Demirköprü istasyonunda artan yönde belirlenen trendler ise % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Bu iki istasyon yerleşim yerlerine uzak ve nüfus yoğunluğunun daha az olduğu yerlerde bulunmaktadır. Bu nedenle kirlenmeye daha az maruz kalmaktadırlar. Yapılan

araştırmalarda; alıcı ortam olan suya P'nin büyük çoğunluğunun evsel ve endüstriyel atıksulardan geldiği, tarımsal alanlardan gelen P'nin ise çok daha az oranda olduğu belirtilmektedir (Sağlam ve Bellitürk, 2003; Minareci, 2007; Anonim, 2008a). Gediz Nehri sularının o-PO₄ konsantrasyonlarının artış trendleri ve suların o-PO₄ konsantrasyonlarının tehlikeli düzeyde olmasının nedeni, yerleşim yerlerinden ve sanayi tesislerinden atıksuların arıtılmadan veya atıksu deşarj standartlarına uyulmadan Gediz Nehri'ne bırakılması olarak düşünülmektedir.

Elektriksel İletkenlik verilerinde Çiçekli, Çobanisa, DSİ Manisa, Menemen ve EİE Manisa istasyonlarında anlamlı ve artan yönde trendler belirlenmiştir. Diğer istasyonların tümünde istatistiksel olarak anlamlı olmayan artan yönde trendler görülmüştür. Bölgesel Kendall testi sonucunda nisan, ekim ve aralık aylarında ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda anlamlı ve artan yönde bölgesel trendler tespit edilmiştir. Şubat ayında azalan, ağustos ayında artan yöndeki trendler ise anlamlı değildir. Debinin EC değerleri üzerindeki etkisinin seyrelme etkisi olduğu ve debinin Acısu istasyonu EC değerlerinde % 79.55, Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda % 53.49 ve Manisa istasyonunda % 48.20 oranında seyrelme etkisi yaptığı belirlenmiştir. Tamamı istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte EC değerlerinde görülen artış eğilimi, değerlendirme periyodu içerisinde Gediz Nehri sularının EC değerleri yönünden kötüleşme eğilimi içerisinde olduğunu göstermektedir.

Sodyum verilerinde, Demirköprü, Hacıhaliller, Çiçekli, DSİ Manisa, Muradiye istasyonlarında ve Gördes Çayı Daribükü istasyonunda ham verilerde azalan yönde, EİE Manisa istasyonunda ham verilerde artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trendler belirlenmiştir. Devlet Su İşleri Manisa istasyonunda azalan yönde trend belirlenmişken, EİE Manisa istasyonunda artan yönde trend saptanması, örnekleme frekanslarının ve veri sayılarının farklılığından kaynaklanabileceği gibi, ölçüm günü, saati, su örneklerini alan ve analiz eden kişilerin hataları, noktasal atıksu deşarjları, yağış, akarsu debisi ve sıcaklık gibi pek çok faktörden kaynaklanabilir. Bölgesel Kendall testi sonucunda haziran, ağustos, ekim aylarında ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda anlamlı azalan yönde trendler tespit edilmiştir. Şubat ve nisan aylarında azalan, aralık ayında artan yöndeki trendler ise % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Debinin konsantrasyonlar üzerinde seyrelme etkisinin Acısu istasyonunda % 90.31, Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda % 50.38 ve Manisa istasyonunda % 51.64

oranında olduğu belirlenmiştir. Genel olarak Na değerlerinde görülen azalış eğilimi olumlu olarak değerlendirilmiştir.

Sodyum Adsorbsiyon Oranı değerlerinde, Demirköprü, Hacıhaliller, DSİ Manisa, Muradiye ve Gördes Çayı-Daribükü istasyonlarında azalan yönde, EİE Manisa istasyonunda ise ham verilerde artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trendler belirlenmiştir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Acısu istasyonunda her iki veri setinde ve EİE Manisa istasyonunda debi düzeltmeli verilerde görülen artan yöndeki trendler ise % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Bölgesel Kendall testi sonucunda ise; haziran, ağustos ve ekim aylarında ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda anlamlı, diğer aylarda anlamlı olmayan azalan yönde trendler belirlenmiştir. Sodyum Adsorbsiyon Oranı değerlerinde debinin seyrelme etkisinin Acısu istasyonunda % 90.12, Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda % 43.81 ve Manisa istasyonunda % 48.45 oranında olduğu tespit edilmiştir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Manisa istasyonuna ait ham SAR verilerinde görülen istatistiksel olarak anlamlı artış trendi dikkate alınmadığı takdirde, SAR parametresi açısından Gediz Nehri sularında bir iyileşme olduğu söylenebilir.

Potasyum parametresinde Muradiye istasyonunda, Acısu istasyonu debi düzeltmeli verilerde, Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda her iki veri setinde azalan yönde, EİE Manisa istasyonunda ise artan yönde ve % 95 güven düzeyinde anlamlı trendler belirlenmiştir. Diğer istasyonların tümünde anlamlı olmayan, azalan yönde trendler görülmüştür. Bölgesel Kendall testi sonucunda haziran, ağustos, ekim aylarında ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda azalan yönde, nisan ayında ise artan yönde ve anlamlı trendler saptanmıştır. Şubat ve aralık aylarında belirlenen azalan yöndeki trendler ise % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Debinin K değerlerinde seyrelme etkisi olduğu tespit edilmiş ve K değerlerinde debinin Acısu istasyonunda % 79.96, Manisa istasyonunda % 43.42 oranında seyrelme etkisi yaptığı tespit edilmiştir. Gördes Çayı-Daribükü istasyonunda ise debinin K konsantrasyonlarındaki değişime etkisi % 4.68 gibi oldukça düşük düzeyde olup, Gördes Çayı K parametresinin debideki değişimden etkilenmediği söylenebilir. Sulama sularındaki K'un toprağa Na'a benzer şekilde etki ettiği dikkate alınırsa, K parametresinde Na'a benzer şekilde azalış eğiliminin olması, Gediz Nehri sularının K değerleri yönünden iyileşme eğilimi içerisinde olduğunu gösterir.

Kalsiyum+magnezyum verilerinde, Acısu ve EİE Manisa istasyonu hariç diğer istasyonlarda % 95 güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trendler

belirlenmiştir. Acısu istasyonunda azalan, EİE Manisa istasyonunda artan yönde görülen trendlerin % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı tespit edilmiştir. Bölgesel Kendall testi sonucunda şubat ayı hariç diğer aylarda ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda anlamlı ve artan yönde bölgesel trendler tespit edilmiştir. Debinin Ca+Mg değerlerinde, Acısu istasyonunda % 20.38, Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda % 40.85, Manisa istasyonunda % 32.68 oranında seyrelme etkisi olduğu tespit edilmiştir. Gediz Nehri sularının Ca+Mg değerleri yönünden iyileşme eğilimi içerisinde olduğu görülmektedir.

Sülfat verilerinde, Hacıhaliller, DSİ Manisa, Acısu ve EİE Manisa istasyonları dışında tüm istasyonlarda anlamlı ve artan yönde trendler belirlenmiştir. Hacıhaliller ve DSİ Manisa ve EİE Manisa istasyonlarında anlamlı olmayan artan yönde, Acısu istasyonunda ise anlamlı olmayan azalan yönde trendler görülmüştür. Bölgesel Kendall testi sonucunda haziran ve ekim ayları hariç diğer aylarda ve Bölgesel-Mevsimsel Kendall testi sonucunda artan yönde ve seçilen güven düzeyinde anlamlı bölgesel trendler tespit edilmiştir. Debinin sülfat değerlerinde, Acısu istasyonunda % 11.99, Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda % 40.52, Manisa istasyonunda % 32.14 oranında seyrelme etkisi yaptığı belirlenmiştir. Tüm trend analizi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Gediz Nehri sularının SO_4 değerleri yönünden kötüleşme eğilimi içerisinde olduğu söylenebilir.

Klor verilerinde, Acısu ve EİE Manisa istasyonlarında her iki veri setinde seçilen güven düzeyinde anlamlı ve artan yönde trendler belirlenmişken, diğer istasyonların tümünde anlamlı trendler saptanamamıştır. Bölgesel Kendall testi sonucunda aralık ayında artan, haziran ayında ise azalan yönde anlamlı trendler tespit edilmiştir. Debinin Cl konsantrasyonlarında da seyrelme etkisi olduğu ve Cl değerlerinde Acısu istasyonunda % 81.47, Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda % 48.54, Manisa istasyonunda % 53.77 oranında seyreilmeye neden olduğu tahmin edilmiştir.

Bikarbonat verilerinde, tüm DSİ istasyonlarında % 95 güven düzeyinde anlamlı artan yönde trendler belirlenmiştir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi istasyonlarında ise; Acısu istasyonunda her iki veri setinde azalış eğilimi, Gördes Çayı-Darıbükü ve EİE Manisa istasyonlarında ise artış eğilimi % 95 güven düzeyinde anlamlı değildir. Bölgesel trendlerde istatistiksel olarak anlamlı ve artan yöndedir. Bikarbonat konsantrasyonlarının debi arttıkça azaldığı ve HCO_3 konsantrasyonlarında debinin Acısu istasyonunda % 60.85, Gördes Çayı-

Darıbükü istasyonunda % 18.59, Manisa istasyonunda % 25 oranında seyrelme etkisi olduğu tahmin edilmiştir. Tüm trend analizi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, Gediz Nehri sularının HCO_3 değerleri yönünden kötüleşme eğilimi içerisinde olduğu söylenebilir.

Nitrat azotu verilerinde hiçbir istasyonda istatistiksel olarak anlamlı trend tespit edilmemiştir. % 95 güven düzeyinde anlamlı olmamakla birlikte; Çobanisa istasyonu'nda azalan yönde, diğer istasyonlarda ise artan yönde trendler görülmüştür. Bölgesel Kendall testi sonucunda nisan ayında ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı, diğer aylarda anlamlı olmayan artış trendleri belirlenmiştir. Tüm trend analizi sonuçları birlikte değerlendirildiğinde tamamı istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte $\text{NO}_3\text{-N}$ değerlerinde görülen artış eğilimi Gediz Nehri sularının kötüleşme eğilimi içerisinde olduğunu göstermektedir. Gediz Nehri sularında o-PO_4 parametresinde belirlenen anlamlı artış eğilimleriyle birlikte değerlendirildiğinde, Gediz Nehri sularında ötrofikasyon tehlikesinin arttığı söylenebilir.

pH verilerinde, tüm DSİ istasyonlarında % 95 güven düzeyinde anlamlı azalış eğilimleri belirlenmişken, EİE Acısu ve EİE Manisa istasyonlarında anlamlı artış eğilimleri bulunmuştur. Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda da artış eğilimi görülmüş ancak trendin istatistiksel olarak % 95 güven düzeyinde anlamlı olmadığı saptanmıştır. Bölgesel Kendall testi sonucunda ekim ve aralık ayları dışında diğer aylarda ve Bölgesel Mevsimsel Kendall testi sonucunda anlamlı azalış eğilimleri belirlenmiştir. Debi-pH ilişkisi yok denecek kadar az olup, debideki artışların pH değerlerindeki azalışa etkisi; Acısu istasyonunda % 14.88, Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda % 3.71, Manisa istasyonunda % 6.71 oranında olup, pH değerlerinin akarsu debisindeki değişimden etkilenmediği söylenebilir.

Gediz Nehri, Gediz Havzası için yaşamsal öneme sahiptir. Havzada tarımsal faaliyetlerin genellikle sulu tarıma dayanması ve endüstrinin hızla gelişmesi nüfus yoğunluğunun artmasına yol açmış ve Gediz Nehri hem sulama suyu, hem içme ve kullanma suyu olarak, hem de atıksuların boşaltıldığı ortam olarak daha da önem kazanmıştır. Gediz Nehri'nin en önemli kollarından olan Gördes Çayı üzerinde inşaatı tamamlanan Gördes Barajı'ndan İzmir kentine içme suyu sağlanacaktır. İzmir kentinin artan içmesuyu ihtiyacını karşılamak üzere yine Gediz Nehri'nin kollarından olan Kayacık deresi üzerinde Çağlayan Barajı, Gürdük Çayı üzerinde Başlamış Barajı, Manisa kenti içmesuyu ihtiyacını

karşılamak üzere yine Gürdük Çayı üzerinde Başlamış Barajı'nın hemen mansabında Gürdük Barajı, Selendi ilçesinin içmesuyu ihtiyacını karşılamak üzere Selendi Çayı üzerinde Selendi Barajı'nın planlama çalışmaları DSİ tarafından yürütülmektedir. Gürdük Barajı ve Selendi Barajı aynı zamanda sulama suyu amaçlı olarak planlanmaktadır. Havzada halen DSİ tarafından sulama suyu, içme ve kullanma suyu veya endüstri suyu amaçlı pek çok baraj ve göletin planlama-projeleme veya inşaat çalışmaları devam etmektedir.

Havzadaki yerleşim birimlerinin çoğunda kanalizasyon sistemi mevcut olmasına rağmen evsel atıksu arıtma tesisleri yoktur. Evsel atıksu arıtma tesisi bulunan Gediz ilçesi, Manisa merkez ilçe, Alaşehir ve Akhisar ilçelerindeki arıtma tesislerinin ise kapasiteleri yetersizdir (Anonim, 2008a).

Havzada 1970 yılında kurulan Manisa OSB'nin arıtma tesisi 1993 yılında, 1990 yılında kurulan Uşak OSB'nin arıtma tesisi ise 2007 yılında işletmeye açılabilmiştir. Menemen Organize Deri Endüstrisi Bölgesi ise 1993 yılında atıksu arıtma tesisinin ilk bölümünün tamamlanmasından sonra faaliyete geçmiştir. Salihli OSB atıksu arıtma tesisi inşaat halinde, Kemalpaşa, Akhisar ve Turgutlu OSB'de ise halen atıksu arıtma tesisi yoktur. Gediz, Alaşehir ve Kula gibi yerleşim merkezlerinde ise OSB kurma çalışmaları devam etmekte olup, atıksu arıtma tesisi inşaatlarına ise henüz başlanmamıştır (Anonim, 2008b).

Halen gerek evsel atıksular gerekse endüstriyel atıksular arıtılmadan veya kısmen arıtılarak Gediz Nehri veya kollarına deşarj edilmektedir. Gediz Nehri'ndeki evsel atıksulardan kaynaklanan kirlenmenin önüne geçilebilmesi için mevcut ekonomik koşullar dikkate alınarak öncelik sırası belirlenmelidir. İlk olarak; kanalizasyon sistemi mevcut olup atıksu arıtma tesisi inşaatına başlanmış olan Gölarmara ilçesi ile kanalizasyon sistemi ve atıksu arıtma tesisi inşaatı devam eden Ahmetli ilçesinde inşaatların bir an önce bitirilerek tesislerin işletmeye açılması sağlanmalıdır. İkinci olarak; kanalizasyon sistemi mevcut olup, atıksu arıtma tesisi bulunmayan Kemalpaşa, Menemen, Demirci, Gördes, Köprübaşı, Kula, Salihli, Sarıgöl, Selendi, Turgutlu ve Şaphane ilçelerinde atıksu arıtma tesislerinin bir an önce yapılması, üçüncü olarak; kanalizasyon sistemi bulunmayan Saruhanlı ilçesinde kanalizasyon sisteminin atıksu arıtma tesisiyle birlikte bir an önce yapılması gerekmektedir. Bunlara ilave olarak; atıksu arıtma tesisi bulunan ancak yer ve kapasite tayinlerinin doğru yapılamamış olması veya teknolojilerinin eskimiş olması nedeniyle verimli çalıştırılmayan Manisa merkez,

Akhisar, Alaşehir ve Gediz ilçelerindeki evsel atıksu arıtma tesisleri ıslah edilmeli veya yeni ilave tesisler kurularak kapasiteleri arttırılmalıdır.

Gediz Nehri'nde en önemli kirletici kaynaklardan olan Kemalpaşa OSB'nin acilen endüstriyel atıksu arıtma tesisinin yapılması gerekmektedir. Organize Sanayi Bölgelerinin kurulma aşamasında olduğu ilçelerde de sanayi tesisleri faaliyete geçmeden atıksu arıtma tesislerinin yapımı sağlanmalıdır. Havzada dağınık halde bulunan tekil endüstri tesislerinin kendi arıtma tesislerini yapmaları veya OSB'ne taşınmaları teşvik edilmelidir. Havzada atıksu arıtma tesisi bulunan ancak maliyetinin yüksekliği nedeniyle düzenli ve etkin şekilde çalıştırılmayan sanayi tesisleri tespit edilerek arıtma tesislerinin sağlıklı bir şekilde işletilmesi sağlanmalıdır.

Bu tez çalışmasında su kalitesi parametrelerinden pH'da Acısu, Gördes Çayı-Darıbükü ve Manisa istasyonlarının üçünde de, SO₄'ta Acısu istasyonunda, K'da ise Gördes Çayı-Darıbükü istasyonunda debinin etkisinin yok denecek kadar az olduğu, diğer parametrelerde ise debinin konsantrasyonlar üzerinde değişik oranlarda seyrelme etkisi olduğu tespit edilmiştir. Bu seyrelme etkisi özellikle evsel ve endüstriyel atıksuların neden olduğu noktasal kaynaklı kirleticileri işaret etmekte olup, tarımsal alanlardan gelen pek fazla kirlenmenin olmadığını göstermektedir. Ancak, havzada tarımsal alanlarda bilinçsizce aşırı gübre ve pestisit kullanımının olduğu ve sulamadan dönen suların tarımda tekrar tekrar özellikle Menemen ovasında kullanıldığı bilinen bir gerçektir. Bunu önlemek için Tarım İl Müdürlükleri'nin merkez ve ilçe teşkilatlarınca gübre ve pestisit satışları kontrol altına alınmalı, çiftçilere su kullanımı, gübre ve pestisit kullanımı ile organik tarım ve iyi tarım uygulamaları konusunda eğitim verilmeli ve bilinçlendirme çalışmaları yapılmalıdır. Çiftçilerin su kaybını en aza indiren damla sulama ve yağmurlama sulama sistemlerini kullanmaları ve organik ve iyi tarım uygulamalarına geçmeleri teşvik edilmelidir.

Tüm bu önerilerin yerine getirilmesi için yerel yönetimler, sanayiciler ve çiftçiler çeşitli teşviklerle, faizsiz veya düşük faizli kredilerle desteklenmelidir.

Ülkemizin Marmara, Susurluk, Ergene, Meriç, Küçük Menderes, Büyük Menderes, Kızılırmak ve Yeşilırmak gibi birçok akarsu havzasında kirlenmenin önemli boyutlara ulaştığı bilinmektedir. Bunun için 9 Ağustos 1988 tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu ve 1988 yılında çıkarılan, 2004 yılında revize edilen SKKY ile bazı yasal düzenlemeler yapılmış ve çeşitli yaptırımlar gündeme gelmiştir. Su

Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, atıksuların boşaltım ilkeleri ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme, denetleme usul ve esaslarını belirlemektedir. Bu yönetmelikle evsel ve endüstriyel atıksuların kanalizasyon sistemlerine veya alıcı su ortamlarına deşarj standartları ile atıksuların sulamada kullanımı için standartlar belirlenmiştir. "Kirliten öder" prensibine dayanan Çevre Kanunu'na dayalı olarak çıkarılan SKKY'nde atıksuların nitelik ve niceliklerinin kontrolü, kirliliğin azaltılması ve arıtılması, verilen atıksu deşarj standartlarına uyulup uyulmadığının gözlenmesi ve belgelenmesi kirlitenin sorumluluk ve yükümlülüğündedir. Atıksu deşarjının denetimi ise Çevre Genel Müdürlüğü'ndedir. Ayrıca mülki amirler, Sağlık ve Sosyal Yardım Bakanlığı, büyükşehir ve şehir belediye başkanlıkları ile Liman Başkanlıkları da ilgili kanunlarındaki yetkileri doğrultusunda denetim yapabileceklerdir.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne göre, atıksu üreten ve deşarj eden kurum, kuruluş ve işletmeler alıcı ortama deşarj standartlarına uygun arıtma yapmakla veya üretim teknolojilerinde gereken değişiklikleri gerçekleştirmekle yükümlüdürler. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde belirlenen alıcı ortama deşarj standartlarını sağlamak koşulu ile alıcı su ortamlarına her türlü evsel ve/veya endüstriyel nitelikli atıksuların doğrudan deşarjı için de idareden izin alınması mecburidir. Her atıksu deşarjı için yönetmelik çerçevesinde idarenin istediği çıkış suyu kalitesinin ve diğer şartların sağlanması gereklidir. Bu yönetmelikle arıtılmış atıksuların yönetmelikte verilen standartları sağlamak koşulu ile, suyun kıt olduğu ve ekonomik değer taşıdığı yörelerde sulama suyu olarak kullanılmasına imkan tanınmıştır. Arıtılmış suların sulamaya uygun olup olmadığına ise İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Tarım İl Müdürlüğü ve DSİ Bölge Müdürlüğü'nden oluşturulacak komisyon karar verecektir.

Çevre Kanunu'yla arıtma tesisi kuran, işleten ve yönetmeliklerde belirtilen yükümlülükleri yerine getiren kuruluşların arıtma tesislerinde kullandıkları elektrik enerjisi tarifesinde, sanayi tesislerinde kullanılan enerji tarifesinin % 50'sine kadar indirim uygulamaya, bakanlığın teklifi üzerine Bakanlar Kurulu yetkili kılınmıştır.

Görüldüğü gibi su kaynaklarının korunması ve kirlenmesinin önüne geçilebilmesi için yapılan önerilerin birçoğuna Çevre Kanunu ve SKKY'nde yer verilmiştir. Bugün itibarıyla, halen kanalizasyon sistemi ve evsel atıksu arıtma sistemi olmayan ilçeler ile endüstriyel atıksu arıtma tesisi olmayan OSB'ler ve

tekil endüstri tesisleri bulunduğuna göre, bu yasa ve yönetmelikte yazılı hükümlerin gereğince yerine getirilmediği söylenebilir.

Gediz Havzası'nda DSİ tarafından Gediz Nehri ana kolda 9, yan kollarda 7 istasyonda su kalitesi 1985 yılından beri izlenmekte olup, DSİ istasyonlarına ait tüm veriler elde edilerek diğer doğrusal trend veya adım ve çok adımlı trend testleri uygulanarak, Gediz Nehri su kalite parametrelerindeki trendler farklı yöntemlerle incelenebilir ve bu çalışmada elde edilen sonuçlarla karşılaştırılabilir. Ancak adım trend testler iki durumda uygulanabilir. Birincisi; analiz kayıtları doğal olarak birbiriyle çakışmayan ve aralarında belirli bir aralık olan iki ayrı zaman periyoduna ayrılabiliriyorsa adım trend uygulanabilir. Bu aralığın ne kadar olacağı konusunda kesin bir kural olmamakla birlikte, toplam değerlendirme periyodunun 1/3'ünden fazla ise bu durumda adım trend testlerini uygulamak en doğrusudur. İkincisi; su kalitesinde değişime neden olan, belirli bir zamanda olan bilinen bir olay varsa ve kayıtlar bu olaydan önce ve sonra diye ikiye ayrılabiliriyorsa adım trend uygulanabilir. Bu olaylar bir baraj veya çevirme yapısının tamamlanması, yeni bir kirleticinin işletmeye açılması veya atıksu arıtma tesisinin tamamlanmasından dolayı bazı kirleticilerin azalması veya bazı tesislerin kapatılması gibi olaylar olabilir (Helsel and Hirsch, 2002). Bu bakımdan Gediz Nehri su kalitesindeki değişimler, Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nin çıkarılmasından öncesi ve sonrası kayıtlar diye ikiye ayrılarak adım trendlerle incelenebilir ve bu tür yasal düzenlemelerin ne derece etkili olduğu araştırılabilir. Ayrıca, havzada yeni evsel veya endüstriyel atıksu tesislerinin devreye girmesinden veya yeni sanayi tesislerinin açılmasından öncesi ve sonrası diye kısımlara ayrılarak adım veya çok adımlı trend testleri uygulanarak bu tesislerin su kalitesindeki değişime etkilerinin olup olmadığı incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Acar, R. ve Şenocak, S.**, 2007, Türkiye’de kısa süreli yağışların trend analizi, 335-349, I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi-TİKDEK 2007 Bildiri Kitabı, 11-13 Nisan 2007, İTÜ, İstanbul, 492s.
- Aguilar, J. B., Orban, P., Dassargues, A. and Brouyère, S.**, 2007, Identification of groundwater quality trends in a chalk aquifer threatened by intensive agriculture in Belgium, *Hydrology Journal*, 15:1615-1627.
- Ahmadi, H. S.**, 2003, Phosphate Adsorption on Novel Solid Sorbents, University of Delaware, UMI, Doctorate Thesis, USA, 251p.
- Alkan, A., Özkul, S., Alpaslan, N. ve Harmancıoğlu, N.**, 1995, Dünyada ve Türkiye’de su kalitesi gözlem ağlarının gelişimi, 559-572, Türkiye İnşaat Mühendisliği 13. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı. Milli Kütüphane, Ankara, 740s.
- Alparslan, N., Tanık, A. ve Dölgen, D.**, 2008, Türkiye’de Su Yönetimi, Sorunlar ve Öneriler, TUSİAD, Yayın no: T/2008-09/469, İstanbul, 215s.
- Anonim**, 1974, Gediz Havzası Toprakları, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları 802, Ankara, 140s.
- Anonim**, 1985, Şehir ve Kasaba İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasına Dair Yönetmelik, 22 Nisan 1985 tarih ve 18733 sayılı Resmi Gazete, Ankara, 53s.
- Anonim**, 1998, Türkiye İstatistik Yıllığı 1997, Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, 733s.
- Anonim**, 2004a, Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 31 Mayıs 2004, Sayı: 25687, 51s.
- Anonim**, 2004b, Türkiye Çevre Atlası, Çevre ve Orman Bakanlığı, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü, Ankara, 513s.
- Anonim**, 2005a, Uşak İl Çevre Durum Raporu, Uşak Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Uşak, 238s.
- Anonim**, 2005b, Ilısu Barajı ve HES Çevresel Etki Değerlendirmesi Raporu Güncelleme 2005, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, 128s.
- Anonim**, 2006a, Kütahya İl Çevre Durum Raporu, Kütahya Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Kütahya, 325s.

- Anonim**, 2006b, İzmir İl Çevre Durum Raporu, İzmir Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, İzmir, 517s.
- Anonim**, 2007a, Gediz Deltası Sulak Alan Yönetim Planı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Sulak Alanlar Şube Müdürlüğü, Ankara, 424s.
- Anonim**, 2007b, Çevre Analiz Laboratuvarı-II Deney Notları, Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum, 72s.
- Anonim**, 2008a, Gediz Havzası Koruma Eylem Planı Çalışması, Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Su ve Toprak Yönetimi Dairesi, Ankara, 113s.
- Anonim**, 2008b, Manisa İl Çevre Durum Raporu, Manisa Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Manisa, 657s.
- Ayar, E.**, 2009, Bentonit Kili Kullanılarak Su Ortamından Fosforun Adsorbsiyon ile Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 107s.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W.**, 1985, Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper, No:29 (Rev.1), Rome, Italy, 174p.
- Ayyıldız, M.**, 1990, Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri Ders Kitabı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No.1196, Ankara, 277s.
- Beyazıt, M.**, 1981, Hidrolojide İstatistik Yöntemler, İstanbul Teknik Üniversite Matbaası, 223s.
- Boyacıoğlu, H. and Boyacıoğlu, H.**, 2008, Investigation of temporal trends in hydrochemical quality of surface water in Western Turkey, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 80:469-474.
- Broers, H.P. and van der Grift, B.**, 2004, Regional monitoring of temporal changes in groundwater quality, *Journal of Hydrology*, 296:192-220.
- Burn, D.H., Cunderlic, J.M. and Pietroniro, A.**, 2004, Hydrological trends and variability in the Liard River Basin, *Hydrological Sciences Journal*, 49:53-67.
- Chen, J., He, D., Zhang, N. and Cui, S.**, 2004, Characteristics of human influences on nitrogen contamination in Yellow River System, China, *Environmental Monitoring and Assessment*, 93:125-138.

- Clark, G.M.**, 2010, Changes in patterns of streamflow from unregulated watersheds in Idaho, Western Wyoming and Northern Nevada, *Journal of the American Water Resources Association*, 46(3):486-497.
- Clavins, M., Rodinov, V., Kokorite, I., Klavina, I. and Apsite, E.**, 2001, Long-term and seasonal changes in chemical composition of surface waters in Latvia, *Environmental Monitoring and Assessment*, 66:233-251.
- Clow, D.W. and Mast M.A.**, 1999, Long-term trends in stream water and precipitation chemistry at five headwater basins in the Northeastern United States, *Water Resources Research*, 35(2):541-554.
- Deano, R.B., Rodriguez, M.T. and Espinosa, A.J.F.**, 2008, Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River, Spain, *Journal of Hydrology*, 361:227-239.
- DİE**, 2003, 2000 Genel Nüfus Sayımı, Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, Ankara, 305s.
- DSİ**, 1982, Gediz Havzası Hidrojeolojik Etüt Raporu, DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, İzmir, 48s (yayımlanmamış).
- DSİ**, 2000, Su Analiz Metotları, DSİ Genel Müdürlüğü, İçmesuyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara, 328s.
- DSİ**, 2004, Su ve Toprak Laboratuvarı Semineri Kitabı, DSİ Genel Müdürlüğü, Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ankara, 133s.
- DSİ**, 2005, Gediz Havzası Çevre Master Planı, DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, İzmir, 149s.
- DSİ**, 2008, Takdim Raporu, DSİ 2. Bölge Müdürlüğü, 235s.
- DSİ**, 2010, DSİ Genel Müdürlüğü 2009 Yılı Faaliyet Raporu, Ankara, 341s.
- Egemen, Ö.**, 2000, Çevre ve Su Kirliliği, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Yayın No:42, Bornova-İzmir, 120s.
- EPA**, 2001, Parameters of Water Quality: Interpretation and Standarts, Westford, Ireland, 132p.
- Erdoğan, A.O., Zengin, G.E. ve Orhon, D.**, 2005, Türkiye’de evsel atıksu oluşum miktarları ve karakterizasyonu, *İTÜ Dergisi Su Kirlenmesi ve Kontrolü*, 15(1-3):57-69.
- Frans, L.M. and Helsel, D.R.**, 2005, Evaluating Regional Trends in Ground-Water Nitrate Concentrations of the Columbia Basin Ground Water

Management Area, Washington, U.S. Geological Survey, Scientific Investigations Report 2005-5078, Washington, USA, 7p.

Frans, L.M. and Helsel, D.R., 2006, Regional Kendall Test for Trend, *Environmental Science and Technology*, 40(13):4066-4073.

Fuhrer, G.J., Tanner, D.Q., Morace, J.L, McKenzie, S.W. and Skach, K.A., 1996, Water Quality of the Lower Columbia River Basin: Analysis of Current and Historical Water-Quality Data through 1994, U.S. Geological Survey, Water-Resources Investigations Report 95-4294, 157p.

Gilbert, R.O., 1987, Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, Van Nostrand Reinhold Company Inc., USA, 320p.

Grosso, J.D., De Moraes, J.M., Beduschi, C.E., Genovez, A.M. and Martinelli, L.A., 2008, Trend analysis of water quality in some rivers with different degrees of development within the Sao Paulo State, Brasil, *River Research and Applications*, 24:1056-1067.

Gündoğdu, V., Alpaslan, A., Elele, M. ve Akgün, G., 2008, Gediz Havzasının İzmir Büyükşehir Belediyesi Sınırları Dahilinde Sürdürülebilir Yönetim Planlaması, 31-37, Havza Kirliliği Konferansı Bildiriler Kitabı, 26-27 Haziran 2008, İzmir, 118s.

Hirsch, R.M., Slack, J.R. and Smith, R.A., 1982, Techniques of trend analysis for monthly water quality data, *Water Resources Research*, 18(1):107-121.

Helsel, D.R. and Hirsch, R.M., 2002, Statistical Methods in Water Resources, Amsterdam, Elsevier and Co., 523p.

Helsel, D.R., Mueller, D.K. and Slack, J.R., 2006, “Computer Program for the Kendall Family of Trend Tests”,

<http://www.pubs.usgs.gov/sir/2005/5275/downloads/> (Erişim Tarihi: 5 Mayıs 2010).

Huang, M. and Zhang, L. 2004, Hydrological responses to conservation practices in a catchment of the Loess Plateau, China, *Hydrological Processes*, 18:1885-1898.

Ingersoll, G.P., Mast, M.A., Campbell, D.H., Clow, D.W., Nanus, L. and Turk, T.T., 2008, Trends in snowpack chemistry and comparison to national atmospheric deposition program results for the Rocky Mountains, US, 1993-2004, *Atmospheric Environment*, 42(24):6098-6113.

- İçağa, Y.**, 1994, Analysis of Trends in Water Quality Using Nonparametric Methods, MSc Thesis , Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Science, İzmir, 143s.
- İçağa, Y. ve Harmancıoğlu, N.**, 1995, Yeşilırmak Havzası'nda su kalite eğilimlerinin belirlenmesi, 482-497, Türkiye İnşaat Mühendisliği 13. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, Milli Kütüphane, Ankara, 740s.
- İleri, B.**, 2010, "Su ve Atıksu Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi", http://www.lab-cevreorman.gov.tr/hie/su_degerlendirme.pdf (Erişim Tarihi: 20 Mayıs 2011)
- Kahya, E., Kalaycı, S. ve Burdurlu, Y.**, 1998, Analysis of trends in the water quality parameters of the Gediz River Basin, 617-624, 1st International Workshop on Environmental Quality and Environmental Engineering in the Middle East Region, Bahadır ,M. and Burdurlu, Y. (eds.), 5-7 October, 1998, Selçuk Univ. Env. Eng.Dept., Konya, Turkey.
- Kahya, E. ve Cengiz, M.T.**, 2006, Türkiye göl su seviyelerinin eğilim ve harmonik analizi, *İTÜ Dergisi*, 5(3):215-225.
- Kahya, E. ve Partal, T.**, 2006, Trend analysis in Turkish precipitation data, *Hydrological Processes*, 20:2011-2026.
- Kalaycı, S. ve Kahya, E.**, 1998, Susurluk havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerinin belirlenmesi, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 22:503-514.
- Kalaycı, S., Büyükyıldız, M., Kahya, E. ve Alp, M.**, 2007, Marmara Havzası nehirlerinde yüzey suyu kalitesi verilerinin farklı gözlem yıllarındaki değişimi, 251-258, Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı Bildiriler Kitabı, 18-20 Ekim 2007, Konya, Türkiye, 472s.
- Kanber, R., Kırdı, C. ve Tekinel O.**, 1992, Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları, Çukurova Üniversitesi Yayınları, No. 125, Adana, 341s.
- Karabörk, Ç.**, 2007, Trends in drought patterns of Turkey, *Journal of Environmental Engineering Science*, 6:45-52.
- Kızıloğlu, F. M., Kuşlu, Y., Tunç, T. ve Yanık, R.**, 2007, Erzurum ilindeki bazı su kaynaklarının kalitelerinin bitki, toprak ve sulama sistemi açısından değerlendirilmesi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2):173-179.

- Kratzer, C.R. and Shelton, J.L.**, 1998, Water Quality Assessment of the San Joaquin-Tulare Basins, California: Analysis of Available Data on Nutrients and Suspended Sediment in Surface Water 1972-1990, U.S. Geological Survey Professional Paper 1587, Denver, USA, 81p.
- Küçüksezgin, F., Cihangir, B., Kondaş, A., Altay, O., Uluturhan, E., Akçalı, B., Darılmaz, E. ve Kaçar, A.**, 2006, Ege Denizi ve Kuzeydoğu Akdeniz Kıyı Alanlarında Uzun Süreli Biyolojik İzleme, Değişim ve Uyum İzleme, Mersin Körfezi Ötrofikasyon İzleme Programı 2006 Yılı Projesi, Ege Denizi Final Raporu, Proje No: DBTE-165, Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknoloji Enstitüsü, İzmir, 114s.
- Larson, R. S.**, 2001, Water Quality Trends of the Illinois Waterway System Upstream of Peoria Including the Chicago Metropolitan Area, Prepared for the Metropolitan Water Reclamation District of Greater Chicago, Contract Report 2001-03, Illinois State Water Survey Champaign, Illinois, USA, 215p.
- Lassaletta, L., Garcia-Gomez, H., Gimeno, B.S. and Rovira, J.V.**, 2009, Agriculture-induced increase in nitrate concentrations in stream waters of a large Mediterranean catchment over 25 years (1981-2005), *Science of the Total Environment*, 407:6034-6043.
- Lettenmaier, D.P.**, 1976, Detection of trends in water quality data from records with dependent observations, *Water Resources Research*, 12(5):1037-1046.
- Lettenmaier, D.P., Hooper, E.R., Wagoner, C., Faris, K.B.**, 1991, Trends in stream quality in the Continental United States 1978-1987, *Water Resources Research*, 27(3): 327-339.
- Manisa Organize Sanayi Bölgesi**, “Tarihçe”, <http://www.mosb.org.tr/Tarihce.asp>, (Erişim Tarihi: 19 Mart 2009)
- McNeely, R.N., Neimanis, W. P. and Dwyer, L.**, 1979, Water Quality Sourcebook- A Guide to Water Quality Parameters: Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Ottawa, Canada, 89p.
- Metcalf and Eddy**, 1991, Wastewater Engineering; Treatment, Disposal and Reuse, 3rd Edition, McGraw Hill Book Company, New York, USA, 1334p.
- Minareci, O.**, 2007, Gediz Nehri’nde Deterjan Kirliliğinin Araştırılması, Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Merkezi, 94s.

- NIC**, 2003, WQSTATPLUS Software User's Guide, NIC Environmental Division-Groundwater and Environmental Statistical and Consulting, Carmel, Indiana, USA, 123p.
- Okur, B., Hakerlerler, H., Anaç, D., Anaç, S., Dorsan, F. ve Yağmur, B.**, 1997, Gediz Nehrindeki Kimi Kirlilik Ögesi Parametrelerin Aylık ve Mevsimsel Olarak değişimi Üzerine Bir Araştırma, Ege Üniversitesi Araştırma Raporu, Bornova-İzmir, 41s.
- Oram, B.**, "Phosphates in the Environment", <http://www.water-research.net/Watershed/Phosphates.htm> (Erişim tarihi: 8 Nisan 2009)
- Orhon, D., Sözen, S., Üstün, B., Görgün, E., Karahan Gül, Ö.**, 2002, Su Yönetimi ve Sürdürülebilir Kalkınma Ön Raporu, Vizyon 2023, Bilim ve Teknoloji Stratejileri Teknoloji Öngörü Projesi, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli, İstanbul, 40s.
- Önöz, B., Beyazıt, M.**, 2003, The power of statistical tests for trend detection, *Turkish J. Eng. Env. Sci.*, 27:247-251.
- Öztürk, İ., Timur, H. ve Koşkan, U.**, 2005, Atıksu Arıtımının Esasları, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 450s.
- Qasım, S. R.**, 1999, Wastewater Treatment Plants Plannig, Design and Operation, Second Edition, CRC Press LLC, USA, 1107p.
- Sağlam, M.T. ve Bellitürk, K.** 2003, Su kirliliği ve toprak üzerindeki etkisi, *Alatarım*, 2(1):46-49.
- Scofield, C.S.**, 1936, The Salinity of Irrigation Waters, Smithsonian Institute, Annual Report, 275-287.
- Smith, D.G., McBride, G.B., Breyers, G.G., Wisse, J. and Mink, D.F.J.**, 1996, Trends in New Zealand's national river water quality network, *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 30:485-500.
- Sosiak, A.**, 1999, Evaluation of Recent Trends in Water Quality in the Elbow River Upstream from Glenmore Reservoir, Alberta Environment Water Management Division, Calgary, Alberta, Canada, 10p.
- Sparague, L.A. and Lorenz, D.L.**, 2009, Regional nutrient trends in streams an rivers of the United States, 1993-2003, *Environmental Sciense and Technology*, 43(10):3430-3435.

- Sullivan, D.J., Vecchia, A.V., Lorenz, D.L. Gilliom, R.J. and Martin, J.D.,** 2009, Trends in Pesticide Concentrations in Corn Belt Streams, 1996-2006, Scientific Investigations Report 2009-5132, U.S. Geological Survey, Reston, Virginia, USA, 75p.
- Sümer, B., İleri, R., Şamandar, A. ve Şengörür, B.,** 2001, Büyük Melen ve kollarındaki su kalitesi, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 10(39):13-18.
- Şahinci, A.,**1991, Doğal Suların Jeokimyası, Reform Matbaası, İzmir, 548s.
- Şenol, Ş.,** 2004, Parametrik Olmayan İstatistiksel Yöntemler, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, No:190, Bornova, İzmir, 307s.
- Türkdemir, H.,** 1996, Yüzey sularında çözünmüş oksijen ölçümü, *Ekoloji Çevre Dergisi*, 19:8-12.
- Türkiye İstatistik Kurumu,** “Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları”, http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=39&ust_id=11 (Erişim Tarihi: 7 Mart 2009)
- Tüzel, İ. H. ve Anaç, S.,** 1991, Damla sulama sistemlerinde damlatıcı tıkanması ve koruma uygulamaları, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(1):239-254.
- U.S. Salinity Laboratory Staff,** 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U.S.D.A. Agriculture Handbook, No.60, Washington, 160p.
- Ünver, Ö. ve Gamgam, H.,** 1996, Uygulamalı İstatistik Yöntemler, Siyasal Kitabevi, Ankara, 412s.
- Van Belle, G. and Hughes, J.P.,** 1984, Nonparateric tests for trend in water quality, *Water Resources Research*, 20(1):127-136.
- Vant, B. and Smith, P.,** 2004, Trends in River Water Quality in the Waikato Region, 1987–2002, Environment Waikato Technical Report 2004/02, Hamilton East, New Zeland, 32p.
- Von Storch, H. and Navarra A.,** 1995, Analysis of Climate Variability-Applications of Statistical Technique, Springer-Verlag, New York, USA, 325p.
- WHO,** 1996, Water Quality Monitoring-A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes, Chapter 14-Use and Reporting of Monitoring Data, UN Environment Programme/World Health Organization (UNEP/WHO),

http://www.who.int/docstore/water_sanitation_health/wqmonitor/ch16.htm
(Erişim tarihi: 10 Mayıs 2008)

- Wilcox, L.W.**, 1948, The quality of water for irrigation use, *U.S. Department of Agriculture Technic Bulletin*, 1962, Washington, USA, 40p.
- Wilcox, L. W. ve Magistad, C.C.**, 1943, Interpretation of Analysis of Irrigation Waters and the Relative Tolerance of Crop Plants, Bureau of Plant Industry, Soils and Agr. Engineering, Agricultural Research Administration, U.S. Department of Agriculture, Riverside, California, 9p.
- Yeşilırmak, E.**, 2006, Büyük Menderes Akarsuyu Bazı Su Kalitesi Parametrelerinin Zaman ve Mekan Boyutundaki Deęiřiminin İstatistiksel Analizi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 292s.
- Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. and Cavadias, G.**, 2001, Patterns of Trend in Canadian Streamflow, 58th Eastern Snow Conference, Ottawa, Ontario, Canada, 411p.
- Yue, S. and Wang, C.Y.**, 2002, Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test, *Water Resources Research*, 38:1068-1075.
- Yue, S., P. Pilon and B. Phinney**, 2003, Canadian streamflow trend detection: Impacts of serial correlation, *Hydrological Process*, 48(1):51-63.
- Yüksel, A.**, 2007, Üçtepe Yöresinin (İmamoğlu-Adana) Hidrojeolojik İncelemesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 51s.
- Zhang, X., Harvey, K.D., Hogg, W.D., Yuzyk, T.R.**, 2001, Trends in Canada streamflow, *Water Resources Research*, 37:987-998.

ÖZGEÇMİŞ

TC vatandaşı olan Hanife ÜSTÜNER, 1968 yılında Dikili’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Dikili’de tamamladı. 1988 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü’nden mezun oldu. Aynı yıl Elazığ DSİ IX. Bölge Müdürlüğü’nde göreve başladı. 1994 yılında İzmir DSİ II. Bölge Müdürlüğü’ne naklen tayin oldu. 2001 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nde başladığı yüksek lisans eğitimini 2004 yılında tamamladı. 2005 yılında yine aynı bölümde doktora eğitimini almaya başladı.

Halen DSİ II. Bölge Müdürlüğü’ndeki görevine devam etmektedir.