

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÇORUH, SEYHAN VE CEYHAN HAVZALARINDA KURAKLIK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga Barış TERZİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

ŞUBAT 2024

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÇORUH, SEYHAN VE CEYHAN HAVZALARINDA KURAKLIK ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tolga Barış TERZİ
(501201522)

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ

ŞUBAT 2024

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

DROUGHT ANALYSIS IN ÇORUH, SEYHAN AND CEYHAN RIVER BASINS



M.Sc. THESIS

Tolga Barış TERZİ
(501201522)

Department of Civil Engineering

Hydraulics and Water Resources Engineering Programme

Thesis Advisor: Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ

FEBRUARY 2024

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501201522 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Tolga Barış TERZİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ÇORUH, SEYHAN VE CEYHAN HAVZALARINDA KURAKLIK ANALİZİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kasım KOÇAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Dilek Eren AKYÜZ
İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa

Teslim Tarihi : 28.12.2023
Savunma Tarihi : 21.02.2024





Aileme,



ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim hayatım boyunca gerek akademik gerekse kişisel gelişimimde büyük rol oynayan, deneyim ve öğretileri ile kendimi geliştirmeme imkan sağlayan değerli hocalarıma teşekkür ederim. Yüksek lisans eğitimim boyunca yanımda olan, bu tez çalışmasını eşsiz rehberliği ve destekleri sayesinde tamamlayabildiğim, bu süreçteki yönlendirmeleri, bilgi birikimi ve sabrının bu tezin oluşturulmasında hayati bir rol oynadığı değerli danışman hocam Prof. Dr. Bihrat ÖNÖZ'e teşekkür ederim.

Bütün hayatım boyunca beni destekleyen ve her zaman yanımda olan kardeşim Elif Didem TERZİ'ye ve annem Sariye TERZİ'ye teşekkür ederim.

Şubat 2024

Tolga Barış TERZİ
(İnşaat Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xiii
SEMBOLLER	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxv
ÖZET.....	xxxiii
SUMMARY	xxxv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Yöntemi.....	2
1.2 Literatür Araştırması	3
2. KURAKLIK	11
2.1 Kuraklığın Tanımı	11
2.2 Kuraklık Türleri.....	12
2.3 Kuraklığın Etkileri.....	14
2.4 Kuraklık İndisleri	17
2.5 Türkiye’de Kuraklık	22
3. METODOLOJİ	25
3.1 Veri Temini ve Yöntem.....	25
3.2 Regresyon Analizi	26
3.3 Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW).....	28
3.4 Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI).....	28
3.5 Standartlaştırılmış Akım İndisi (SSFI).....	31
3.6 Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi (MSDI).....	32
3.7 Verilerin Dağılımı	34
3.7.1 Kolmogorov Smirnov (K-S) uygunluk testi	35
3.7.2 Anderson-Darling uygunluk testi	35
3.8 Trend Testi	35
4. ÇALIŞMA ALANI.....	37
4.1 Çoruh Havzası	37
4.2 Seyhan Havzası	43
4.3 Ceyhan Havzası	49
5. UYGULAMALAR	57
5.1 Çoruh Havzası Uygulamalar	57
5.1.1 Regresyon analizi.....	57
5.1.1.1 Akım verileri için regresyon analizi.....	57
5.1.1.2 Yağış verileri için regresyon analizi	60
5.1.2 Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)	63
5.1.3 Akım ve yağış verilerine uygun dağılımlar	65
5.1.4 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIp)	66
5.1.5 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIe).....	74
5.1.6 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi (SSFIp).....	80
5.1.7 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi (SSFIe).....	86
5.1.8 Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi (MSDIe)	91

5.1.9 Hesaplanan indislerin karşılaştırılması	96
5.1.10 İndis olasılıkları	102
5.1.10.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları	102
5.1.10.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları	103
5.1.10.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.....	104
5.1.10.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.....	104
5.1.10.5 MSDİe olasılıkları	105
5.1.11 İndislere trend analizi.....	105
5.1.11.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi	106
5.1.11.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi	106
5.1.11.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi	107
5.1.11.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi	108
5.1.11.5 MSDİe değerlerine trend analizi	108
5.2 Seyhan Havzası Uygulamalar.....	109
5.2.1 Eksik verilerin tamamlanması.....	110
5.2.1.1 Eksik akım verilerinin tamamlanması.....	110
5.2.1.2 Eksik yağış verilerinin tamamlanması	111
5.2.2 Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)	115
5.2.3 Akım ve yağış verilerine uygun dağılımlar	116
5.2.4 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIp).....	119
5.2.5 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIe).....	125
5.2.6 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi (SSFIp).....	130
5.2.7 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi (SSFİe).....	136
5.2.8 Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi (MSDİe)	141
5.2.9 Hesaplanan indislerin karşılaştırılması	146
5.2.10 İndis olasılıkları	151
5.2.10.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları	151
5.2.10.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları	151
5.2.10.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.....	152
5.2.10.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.....	153
5.2.10.5 MSDİe olasılıkları	153
5.2.11 İndislere trend analizi.....	154
5.2.11.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi	154
5.2.11.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi	155
5.2.11.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi	155
5.2.11.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi	156
5.2.11.5 MSDİe değerlerine trend analizi	157
5.3 Ceyhan Havzası Uygulamalar	157
5.3.1 Eksik verilerin tamamlanması.....	158
5.3.1.1 Eksik akım verilerinin tamamlanması.....	158
5.3.1.2 Eksik yağış verilerinin tamamlanması	159
5.3.2 Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)	159
5.3.3 Akım ve yağış verilerine uygun dağılımlar	161
5.3.4 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIp).....	163
5.3.5 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIe).....	169
5.3.6 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi (SSFIp).....	174
5.3.7 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi (SSFİe).....	180
5.3.8 Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi (MSDİe)	185
5.3.9 Hesaplanan indislerin karşılaştırılması	190
5.3.10 İndis olasılıkları	195

5.3.10.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları	195
5.3.10.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları	195
5.3.10.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları	196
5.3.10.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları	197
5.3.10.5 MSDİe olasılıkları	197
5.3.11 İndislere trend analizi	198
5.3.11.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi	198
5.3.11.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi	199
5.3.11.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi	199
5.3.11.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi	200
5.3.11.5 MSDİe değerlerine trend analizi	201
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	203
KAYNAKLAR	209
EKLER	219
EK A:	220
EK B:	328
EK C:	338
ÖZGEÇMİŞ	351



KISALTMALAR

AD	: Anderson-Darling Uygunluk Testi
ADI	: Toplam Kuruluk İndisi
AI	: Aridite İndisi
ARID	: Kuraklık İçin Tarımsal Referans İndisi
BRR	: Bayesian Ridge Regresyon
CDI	: Birleşik Kuraklık Göstergesi
CDI	: Kompozit Kuraklık İndisi
CMI	: Mahsul Nemi İndisi
CMIP	: Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi
CSDI	: Mahsul Spesifik Kuraklık İndisi
CZI	: Çin Z İndisi
DAI	: Kuraklık Alan İndisi
DI	: Ondalık İndis
DRI	: Kuraklık Keşif İndisi
DrinC	: Kuraklık İndisi Hesaplayıcı
DSİ	: Devlet Su İşleri
EDI	: Etkin Kuraklık İndisi
EİE	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü
ETDI	: Evapotranspirasyon Eksikliği İndisi
FNN	: İleri Yönlü Yapay Sinir Ağı
HTC	: Selyaninov Hidrotermal Katsayısı
IDW	: Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
ITA	: Yenilikçi Trend Analizi
JDI	: Bileşik Eksiklik İndisi
KBDI	: Keech-Byram Kuraklık İndisi
KNN	: K En Yakın Komşu
K-S	: Kolmogorov Smirnov Uygunluk Testi
LSTM	: Uzun Kısa Vadeli Bellek
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MSDI	: Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi
NDI	: NOAA Kuraklık İndisi
PDSI	: Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi

PHDI	: Palmer Hidrolojik Kuraklık Şiddeti İndisi
RAI	: Yağış Anomalisi İndisi
RDI	: Yeniden Kazanım Kuraklık İndisi
RF	: Rastgele Orman
RNN	: Tekrarlayan Sinir Ağı
SAI	: Standartlaştırılmış Anomi İndisi
sc-PDSI	: Kendini Kalibre Eden Palmer Kuraklık İndisi
SDI	: Akım Kuraklık İndisi
SMA	: Zemin Nem Anomalisi
SMDI	: Zemin Nemi Eksikliği İndisi
SMRI	: Standartlaştırılmış Kar Eriyimi ve Yağış İndisi
SPEI	: Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi
SPI	: Standartlaştırılmış Yağış İndisi
SPIe	: Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi
SPIp	: Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi
SRSI	: Standartlaştırılmış Rezervuar Tedarik İndisi
SSFI	: Standartlaştırılmış Akım İndisi
SSFIe	: Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi
SSFIp	: Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi
SVM	: Destek Vektör Makineleri
SWI	: Standartlaştırılmış Su Seviyesi İndisi
SWS	: Zemin Su Depolama
SWSI	: Yüzey Suyu Temin İndisi
SYGM	: Su Yönetimi Genel Müdürlüğü
TSDI	: Üç Değişkenli Entegre Kuraklık İndisi
USDM	: Amerika Birleşik Devletleri Kuraklık İzleme Sistemi
VCI	: Bitki Durum İndisi
WMO	: Dünya Meteoroloji Örgütü

SEMBOLLER

$\bar{F}$	: F veri serisinin ortalaması
F_i	: i zaman aralığındaki debi
i	: Hidrolojik yıl
j	: Hidrolojik yıl içindeki aylar
k	: Referans periyodu
r	: Korelasyon katsayısı
SPI_k	: k periyodunda SPI
α	: Şekil parametresi
β	: Ölçek parametresi
ε	: Hata terimi
θ	: Kopula parametresi
μ	: Yağış verisinin kümülatif olasılık dağılımı
μ_x	: x örneğinin ortalaması
v	: Zemin nemi verisinin kümülatif olasılık dağılımı
σ_x	: x örneğinin standart sapması
τ	: Kendall sıra korelasyon katsayısı
φ	: Standart normal dağılım fonksiyonu



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Kuraklığın ekonomik etkileri (Wilhite, 2000).....	16
Çizelge 2.2: Kuraklığın çevresel etkileri (Wilhite, 2000).....	17
Çizelge 2.3: Kuraklığın sosyal etkileri (Wilhite, 2000).....	17
Çizelge 2.4: Meteorolojik kuraklık indisleri (Svoboda ve Fuchs, 2016).....	19
Çizelge 2.5: Tarımsal kuraklık indisleri (Svoboda ve Fuchs, 2016).	20
Çizelge 2.6: Hidrolojik kuraklık indisleri (Svoboda ve Fuchs, 2016).....	21
Çizelge 3.1: Tez kapsamında kullanılan programlar ve kullanım amaçları.	26
Çizelge 3.2: McKee ve diğerlerine (1993) göre SPI'nin sınıflandırılması.	31
Çizelge 4.1: Havzanın illere göre dağılımı.	39
Çizelge 4.2: Çoruh Havzası akım gözlem istasyonları.	42
Çizelge 4.3: Seyhan Havzası'nın illere göre dağılımı	45
Çizelge 4.4: Seyhan Havzası akım gözlem istasyonları.	48
Çizelge 4.5: Ceyhan Havzası'nın illere göre dağılımı.	51
Çizelge 4.6: Ceyhan Havzası akım gözlem istasyonları.	54
Çizelge 5.1: Her akım gözlem istasyonu için en yakın ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.	58
Çizelge 5.2: Çoruh Havzası akım verileri için regresyon analizi.	58
Çizelge 5.3: Çoruh Havzası akım gözlem istasyonları için en yakın ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.	60
Çizelge 5.4: Çoruh Havzası yağış verileri için regresyon analizi.	61
Çizelge 5.5: Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyonda kullanılan istasyonlar ve ağırlıkları.	64
Çizelge 5.6: E2304 istasyonu için MSDI ile tekil indisler arasında farklı periyotlarda korelasyon katsayıları.	96
Çizelge 5.7: McKee ve diğerlerine (1993) göre indis sınıflandırması.	102
Çizelge 5.8: Nalbantis ve Tsakiris'e göre (2008) SDI sınıflandırılması.	102
Çizelge 5.9: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	102
Çizelge 5.10: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	103
Çizelge 5.11: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	103
Çizelge 5.12: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	103
Çizelge 5.13: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	104
Çizelge 5.14: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	104
Çizelge 5.15: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	104
Çizelge 5.16: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	104
Çizelge 5.17: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	105

Çizelge 5.18: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	105
Çizelge 5.19: Mann-Kendall trend testi sonuçlarının sınıflandırılması.	105
Çizelge 5.20: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	106
Çizelge 5.21: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	106
Çizelge 5.22: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	106
Çizelge 5.23: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	107
Çizelge 5.24: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	107
Çizelge 5.25: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	108
Çizelge 5.26: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	108
Çizelge 5.27: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	108
Çizelge 5.28: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi..	109
Çizelge 5.29: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi..	109
Çizelge 5.30: Seyhan Havzası akım gözlem istasyonları için en yakın ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.	110
Çizelge 5.31: Seyhan Havzası akım verileri için regresyon analizi.	111
Çizelge 5.32: Uygulanan farklı makine öğrenmesi yöntemlerinin değerlendirilmesi.	114
Çizelge 5.33: Seyhan Havzası ters mesafe ağırlıklı enterpolasyonda kullanılan istasyonlar ve ağırlıkları.	115
Çizelge 5.34: E1801 istasyonu için MSDI ile tekil indisler arasında farklı periyotlarda korelasyon katsayıları.	146
Çizelge 5.35: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	151
Çizelge 5.36: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	151
Çizelge 5.37: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	151
Çizelge 5.38: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	152
Çizelge 5.39: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	152
Çizelge 5.40: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	152
Çizelge 5.41: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	153
Çizelge 5.42: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	153
Çizelge 5.43: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	153

Çizelge 5.44: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	153
Çizelge 5.45: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	154
Çizelge 5.46: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	154
Çizelge 5.47: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	155
Çizelge 5.48: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	155
Çizelge 5.49: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	155
Çizelge 5.50: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	156
Çizelge 5.51: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	156
Çizelge 5.52: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	156
Çizelge 5.53: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi. .	157
Çizelge 5.54: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.	157
Çizelge 5.55: Akım gözlem istasyonları için en yakın ve en büyük korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.	158
Çizelge 5.56: Ceyhan Havzası akım verileri için regresyon analizi.	159
Çizelge 5.57: Ceyhan Havzası ters mesafe ağırlıklı enterpolasyonda kullanılan istasyonlar ve ağırlıkları.	160
Çizelge 5.58: E2006 istasyonu için MSDI ile tekil indisler arasında farklı periyotlarda korelasyon katsayıları.	190
Çizelge 5.59: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	195
Çizelge 5.60: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	195
Çizelge 5.61: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	195
Çizelge 5.62: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	196
Çizelge 5.63: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	196
Çizelge 5.64: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	196
Çizelge 5.65: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	197
Çizelge 5.66: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	197
Çizelge 5.67: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	197
Çizelge 5.68: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	197

Çizelge 5.69: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	198
Çizelge 5.70: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	198
Çizelge 5.71: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	199
Çizelge 5.72: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	199
Çizelge 5.73: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	199
Çizelge 5.74: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	200
Çizelge 5.75: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	200
Çizelge 5.76: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	200
Çizelge 5.77: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi. ..	201
Çizelge 5.78: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.	201
Çizelge B. 1: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	328
Çizelge B. 2: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	328
Çizelge B. 3: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	328
Çizelge B. 4: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	328
Çizelge B. 5: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	329
Çizelge B. 6: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	329
Çizelge B. 7: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	329
Çizelge B. 8: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	329
Çizelge B. 9: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	329
Çizelge B. 10: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	330
Çizelge B. 11: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	330
Çizelge B. 12: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	330
Çizelge B. 13: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	330
Çizelge B. 14: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	330

Çizelge B. 15: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	331
Çizelge B. 16: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	331
Çizelge B. 17: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	331
Çizelge B. 18: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	331
Çizelge B. 19: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	332
Çizelge B. 20: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	332
Çizelge B. 21: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	332
Çizelge B. 22: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	332
Çizelge B. 23: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	332
Çizelge B. 24: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	333
Çizelge B. 25: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	333
Çizelge B. 26: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	333
Çizelge B. 27: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	333
Çizelge B. 28: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	333
Çizelge B. 29: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	334
Çizelge B. 30: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	334
Çizelge B. 31: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	334
Çizelge B. 32: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	334
Çizelge B. 33: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	335
Çizelge B. 34: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	335
Çizelge B. 35: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	335
Çizelge B. 36: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.	335
Çizelge B. 37: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	336
Çizelge B. 38: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	336
Çizelge B. 39: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	336

Çizelge B. 40: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	336
Çizelge B. 41: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	336
Çizelge B. 42: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.	337
Çizelge B. 43: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	337
Çizelge B. 44: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	337
Çizelge B. 45: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.	337
Çizelge C. 1: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	338
Çizelge C. 2: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	338
Çizelge C. 3: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	338
Çizelge C. 4: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	339
Çizelge C. 5: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	339
Çizelge C. 6: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	339
Çizelge C. 7: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	339
Çizelge C. 8: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	340
Çizelge C. 9: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	340
Çizelge C. 10: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	340
Çizelge C. 11: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	340
Çizelge C. 12: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	341
Çizelge C. 13: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.	341
Çizelge C. 14: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.	341
Çizelge C. 15: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.	341
Çizelge C. 16: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	342
Çizelge C. 17: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	342
Çizelge C. 18: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	342
Çizelge C. 19: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	342

Çizelge C. 20: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	343
Çizelge C. 21: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	343
Çizelge C. 22: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	343
Çizelge C. 23: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	343
Çizelge C. 24: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	344
Çizelge C. 25: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	344
Çizelge C. 26: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	344
Çizelge C. 27: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	344
Çizelge C. 28: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.	345
Çizelge C. 29: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.	345
Çizelge C. 30: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.	345
Çizelge C. 31: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	345
Çizelge C. 32: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	346
Çizelge C. 33: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	346
Çizelge C. 34: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	346
Çizelge C. 35: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	346
Çizelge C. 36: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.	347
Çizelge C. 37: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	347
Çizelge C. 38: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	347
Çizelge C. 39: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	347
Çizelge C. 40: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	348
Çizelge C. 41: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	348
Çizelge C. 42: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.	348

Çizelge C. 43: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.....	348
Çizelge C. 44: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.....	349
Çizelge C. 45: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.....	349



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: 1.5° ve 3°'lik küresel ısınma seviyeleri için 100 yıl içinde Avrupa'da günlük debide görülecek değişim [1].....	2
Şekil 2.1: Kuraklık transfer süreçleri ve etkileşimleri (Liu vd., 2016).....	13
Şekil 2.2: Kuraklık sınıflandırılması ve yayılması (Wilhite, 2000).	14
Şekil 3.1: Tez kapsamında izlenen adımların akım şeması.	25
Şekil 3.2: Gamma dağılımının standart normal dağılıma dönüştürülmesi (Aksoy vd., 2018a).	30
Şekil 3.3: SPI'nin hesaplanma adımları.	31
Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan havzalar.....	37
Şekil 4.2: Çoruh Nehri ve kolları (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2020, p. 2-60).....	38
Şekil 4.3: Çoruh Havzası topografik haritası (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2020, p. 2-18).....	38
Şekil 4.4: SPI-12 ile Türkiye Meteorolojik Kuraklık Haritası [2].....	40
Şekil 4.5: Çoruh Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonları.....	40
Şekil 4.6: Çoruh Havzası meteoroloji gözlem istasyonları.	43
Şekil 4.7: Seyhan Nehri ve kolları (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2016, p. 8).	44
Şekil 4.8: Seyhan Havzası fiziki haritası (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2019b, p. 2-5).....	44
Şekil 4.9: Seyhan Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonları.	46
Şekil 4.10: Seyhan Havzası meteoroloji gözlem istasyonları.....	49
Şekil 4.11: Ceyhan Nehri ve kolları (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2019a, p. 2-50).....	50
Şekil 4.12: Ceyhan Havzası fiziki haritası (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2019a, p. 2-5).	50
Şekil 4.13: Ceyhan Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonları.	52
Şekil 4.14: Ceyhan Havzası meteoroloji gözlem istasyonları.	55
Şekil 5.1: E2304 istasyonunda aylık ortalama akım değerlerinin 1989-2011 yılları arasındaki değişimi.	57
Şekil 5.2: E2320 Çoruh Nehri – Laleli istasyonu regresyon analizi.	58
Şekil 5.3: E2325 Oltu Suyu – Aşağı Kumlu istasyonu regresyon analizi.	59
Şekil 5.4: E2328 Ardanuç Deresi – Ferhatlı istasyonu regresyon analizi.	59
Şekil 5.5: D23A026 Büyükçay – Uzunkavak istasyonu regresyon analizi.	59
Şekil 5.6: D23A032 Tepe Deresi – Yellitepe istasyonu regresyon analizi.....	60
Şekil 5.7: 17046 Ardahan meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.	61
Şekil 5.8: 17088 Gümüşhane meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.	61
Şekil 5.9: 17089 Bayburt meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.	62
Şekil 5.10: 17094 Erzincan meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.	62
Şekil 5.11: 17666 İspir meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.....	62
Şekil 5.12: 17688 Tortum meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.	63
Şekil 5.13: Çoruh Havzası akım ve meteoroloji gözlem istasyonları.....	64
Şekil 5.14: E2304 akım gözlem istasyonu akım verileri için Lognormal dağılım. ...	65

Şekil 5.15: E2304 akım gözlem istasyonu akım verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.....	65
Şekil 5.16: E2304 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Gamma dağılımı.....	66
Şekil 5.17: E2304 akım gözlem istasyonu yağış verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.....	66
Şekil 5.18: DrinC programı arayüzü.....	67
Şekil 5.19: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.....	70
Şekil 5.20: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.....	71
Şekil 5.21: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.....	72
Şekil 5.22: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.....	73
Şekil 5.23: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.....	76
Şekil 5.24: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.....	77
Şekil 5.25: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.....	78
Şekil 5.26: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.....	79
Şekil 5.27: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.....	82
Şekil 5.28: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.....	83
Şekil 5.29: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.....	84
Şekil 5.30: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.....	85
Şekil 5.31: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.....	87
Şekil 5.32: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.....	88
Şekil 5.33: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.....	89
Şekil 5.34: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.....	90
Şekil 5.35: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	92
Şekil 5.36: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	93
Şekil 5.37: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	94
Şekil 5.38: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	95
Şekil 5.39: E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için 1 ay periyotta hesaplanan indisler..	98
Şekil 5.40: E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için 3 ay periyotta hesaplanan indisler..	99
Şekil 5.41: E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için 6 ay periyotta hesaplanan indisler.	100
Şekil 5.42: E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için 9 ay periyotta hesaplanan indisler.	101

Şekil 5.43: E1801 istasyonunda aylık ortalama akım değerlerinin 1989-2011 yılları arasındaki değişimi.	110
Şekil 5.44: E1805 Göksu – Gökdere istasyonu regresyon analizi.	111
Şekil 5.45: Meteoroloji gözlem istasyonlarının korelasyon matrisi.	112
Şekil 5.46: Meteoroloji gözlem istasyonlarının dağılım grafiği matrisi.	113
Şekil 5.47: Seyhan Havzası akım ve meteoroloji gözlem istasyonları.	115
Şekil 5.48: E1801 akım gözlem istasyonu akım verileri için Lognormal dağılım. .	117
Şekil 5.49: E1801 akım gözlem istasyonu akım verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.	117
Şekil 5.50: E1801 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Gamma dağılımı.	118
Şekil 5.51: E1801 akım gözlem istasyonu yağış verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.	118
Şekil 5.52: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.	121
Şekil 5.53: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.	122
Şekil 5.54: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.	123
Şekil 5.55: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.	124
Şekil 5.56: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.	126
Şekil 5.57: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.	127
Şekil 5.58: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.	128
Şekil 5.59: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.	129
Şekil 5.60: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.	132
Şekil 5.61: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.	133
Şekil 5.62: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.	134
Şekil 5.63: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.	135
Şekil 5.64: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.	137
Şekil 5.65: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.	138
Şekil 5.66: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.	139
Şekil 5.67: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.	140
Şekil 5.68: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.	142
Şekil 5.69: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.	143
Şekil 5.70: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.	144

Şekil 5.71: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	145
Şekil 5.72: E1801 Göksu – Himmetli için 1 aylık periyotta hesaplanan indisler.	147
Şekil 5.73: E1801 Göksu – Himmetli için 3 aylık periyotta hesaplanan indisler.	148
Şekil 5.74: E1801 Göksu – Himmetli için 6 aylık periyotta hesaplanan indisler.	149
Şekil 5.75: E1801 Göksu – Himmetli için 9 aylık periyotta hesaplanan indisler.	150
Şekil 5.76: E2006 istasyonunda aylık ortalama akım değerlerinin 1989-2011 yılları arasındaki değişimi.	158
Şekil 5.77: D20A005 Yarpuz Çayı Çona istasyonu için regresyon analizi.	159
Şekil 5.78: Ceyhan Havzası akım ve meteoroloji gözlem istasyonları.....	160
Şekil 5.79: E2006 akım gözlem istasyonu akım verileri için Lognormal dağılım. .	161
Şekil 5.80: E2006 akım gözlem istasyonu akım verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.	162
Şekil 5.81: E2006 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Gamma dağılımı.	162
Şekil 5.82: E2006 akım gözlem istasyonu yağış verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.	163
Şekil 5.83: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.....	165
Şekil 5.84: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.....	166
Şekil 5.85: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.....	167
Şekil 5.86: E2006 istasyonu için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.....	168
Şekil 5.87: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.....	170
Şekil 5.88: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.....	171
Şekil 5.89: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.....	172
Şekil 5.90: E2006 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.....	173
Şekil 5.91: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.....	176
Şekil 5.92: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.....	177
Şekil 5.93: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.....	178
Şekil 5.94: E2006 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.....	179
Şekil 5.95: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.....	181
Şekil 5.96: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.....	182
Şekil 5.97: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.....	183
Şekil 5.98: E2006 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.....	184
Şekil 5.99: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	186

Şekil 5.100: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	187
Şekil 5.101: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	188
Şekil 5.102: E2006 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.....	189
Şekil 5.103: E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için 1 aylık periyotta hesaplanan indisler.	191
Şekil 5.104: E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için 3 aylık periyotta hesaplanan indisler.	192
Şekil 5.105: E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için 6 aylık periyotta hesaplanan indisler.	193
Şekil 5.106: E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için 9 aylık periyotta hesaplanan indisler.	194
Şekil A. 1: E2304 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	220
Şekil A. 2: E2316 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri. ..	221
Şekil A. 3: E2316 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri. ..	222
Şekil A. 4: E2316 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri. ..	223
Şekil A. 5: E2316 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri. ..	224
Şekil A. 6: E2316 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	225
Şekil A. 7: E2320 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri. ..	226
Şekil A. 8: E2320 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri. ..	227
Şekil A. 9: E2320 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri. ..	228
Şekil A. 10: E2320 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	229
Şekil A. 11: E2320 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	230
Şekil A. 12: E2325 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	231
Şekil A. 13: E2320 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	232
Şekil A. 14: E2320 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	233
Şekil A. 15: E2320 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	234
Şekil A. 16: E2320 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	235
Şekil A. 17: E2328 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	236
Şekil A. 18: E2328 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	237
Şekil A. 19: E2328 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	238
Şekil A. 20: E2328 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	239
Şekil A. 21: E2328 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	240
Şekil A. 22: E2329 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	241
Şekil A. 23: E2329 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	242
Şekil A. 24: E2329 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	243
Şekil A. 25: E2329 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	244
Şekil A. 26: E2329 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	245
Şekil A. 27: D23A026 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	246
Şekil A. 28: D23A026 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	247
Şekil A. 29: D23A026 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	248

Şekil A. 30: D23A026 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	249
Şekil A. 31: D23A026 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	250
Şekil A. 32: D23A032 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	251
Şekil A. 33: D23A032 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	252
Şekil A. 34: D23A032 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	253
Şekil A. 35: D23A032 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	254
Şekil A. 36: D23A032 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	255
Şekil A. 37: E1801 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	256
Şekil A. 38: E1805 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	257
Şekil A. 39: E1805 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	258
Şekil A. 40: E1805 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	259
Şekil A. 41: E1805 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	260
Şekil A. 42: E1805 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	261
Şekil A. 43: E1820 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	262
Şekil A. 44: E1820 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	263
Şekil A. 45: E1820 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	264
Şekil A. 46: E1820 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	265
Şekil A. 47: E1820 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	266
Şekil A. 48: E1825 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	267
Şekil A. 49: E1825 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	268
Şekil A. 50: E1825 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	269
Şekil A. 51: E1825 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	270
Şekil A. 52: E1825 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	271
Şekil A. 53: D18A008 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	272
Şekil A. 54: D18A008 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	273
Şekil A. 55: D18A008 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	274
Şekil A. 56: D18A008 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	275
Şekil A. 57: D18A008 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	276
Şekil A. 58: D18A012 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	277
Şekil A. 59: D18A012 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	278
Şekil A. 60: D18A012 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	279

Şekil A. 61: D18A012 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	280
Şekil A. 62: D18A012 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	281
Şekil A. 63: D18A023 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	282
Şekil A. 64: D18A023 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	283
Şekil A. 65: D18A023 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	284
Şekil A. 66: D18A023 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	285
Şekil A. 67: D18A023 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	286
Şekil A. 68: D18A027 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	287
Şekil A. 69: D18A027 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	288
Şekil A. 70: D18A027 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	289
Şekil A. 71: D18A027 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	290
Şekil A. 72: D18A027 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	291
Şekil A. 73: E2006 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	292
Şekil A. 74: E2008 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	293
Şekil A. 75: E2008 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	294
Şekil A. 76: E2008 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	295
Şekil A. 77: E2008 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	296
Şekil A. 78: E2008 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	297
Şekil A. 79: E2009 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	298
Şekil A. 80: E2009 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	299
Şekil A. 81: E2009 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	300
Şekil A. 82: E2009 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	301
Şekil A. 83: E2009 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	302
Şekil A. 84: E2022 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	303
Şekil A. 85: E2022 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	304
Şekil A. 86: E2022 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	305
Şekil A. 87: E2022 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	306
Şekil A. 88: E2022 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	307
Şekil A. 89: D20A005 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	308
Şekil A. 90: D20A005 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	309
Şekil A. 91: D20A005 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	310

Şekil A. 92: D20A005 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	311
Şekil A. 93: D20A005 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	312
Şekil A. 94: D20A006 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	313
Şekil A. 95: D20A006 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	314
Şekil A. 96: D20A006 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	315
Şekil A. 97: D20A006 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	316
Şekil A. 98: D20A006 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	317
Şekil A. 99: D20A008 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	318
Şekil A. 100: D20A008 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	319
Şekil A. 101: D20A008 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	320
Şekil A. 102: D20A008 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	321
Şekil A. 103: D20A008 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	322
Şekil A. 104: D20A043 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	323
Şekil A. 105: D20A043 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	324
Şekil A. 106: D20A043 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	325
Şekil A. 107: D20A043 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	326
Şekil A. 108: D20A043 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.	327

ÇORUH, SEYHAN VE CEYHAN HAVZALARINDA KURAKLIK ANALİZİ

ÖZET

Kuraklık, bir bölgede belirli bir süre boyunca gözlenen su miktarında, bölgede gözlenen normal değerlere göre, gözlemlenen anormal eksiklik olarak tanımlanabilir. Kuraklık, diğer doğal afetlerin aksine yavaş ve kademeli olarak gerçekleştiğinden oluşumunun fark edilmesi zor olabilir ve bu sebeple etkilediği bölgede şiddetli sonuçlara yol açabilir. Ekosistemleri ve toplumu doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen kuraklık; su kaynakları, tarım, enerji ve halk sağlığı gibi birçok alanda aylarca hatta yıllarca süren bir etki bırakabilir. Günümüzde kuraklığın etkileri, insan popülasyonundaki hızlı artış, ormansızlaşma ve toprak bozunumu gibi etkenler ile birlikte daha da şiddetlenmiştir. Küresel bir sorun haline gelmiş olan kuraklığın etkileri, ülkemizde de şiddetli bir şekilde gözükmekte ve ülkemizin su kaynaklarına tehdit oluşturmaktadır. Bu sebeple, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kuraklığın izlenmesi ve etkilerinin azaltılması için çalışmalar yapılması büyük önem taşımaktadır.

Bu tez çalışmasının amacı; Çoruh, Seyhan ve Ceyhan havzalarındaki kuraklık durumunu farklı indislerle değerlendirerek hem hidrolojik hem de meteorolojik açılardan ayrı ayrı ve bileşik olarak incelemektir. Bu kapsamda Çoruh, Seyhan ve Ceyhan havzalarının her biri için 8 adet akım gözlem istasyonu seçilmiş ve 1989 ile 2011 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün akım gözlem yıllıklarından elde edilmiştir. Meteorolojik kuraklığın incelenmesi amacı ile Çoruh Havzası için 8 adet, Seyhan ve Ceyhan havzaları için ise toplamda 16 adet meteoroloji gözlem istasyonu seçilmiş olup 1989 ile 2011 yılları arasındaki aylık ortalama yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden elde edilmiştir.

Öncelikli olarak, hidrolojik ve meteorolojik kuraklığın incelenmesi için eksiksiz veri serisine ihtiyaç duyulduğundan veri eksiklikleri kapatılmıştır. Her bir havza için, akım gözlem istasyonları birbirlerine olan uzaklıkları ve aralarındaki korelasyona göre sıralanmış daha sonrasında eksik veriler doğrusal regresyon analizi yardımı ile tamamlanmıştır. Eksiksiz veri serisi haline getirilen akım verileri kullanılarak Standartlaştırılmış Akım İndisi (SSFI) hem parametrik olarak hem de akım verisinin marjinal olasılığının Gringorten noktalama pozisyonu formülü ile hesaplandığı ampirik yöntemle 1 ay, 3 ay, 6 ay, 9 ay ve 12 aylık zaman periyodları için hesaplanmıştır. Hesaplanmış olan Standartlaştırılmış Akım İndisi değerlerine bağlı olarak her bir istasyon için kurak dönemler belirlenmiştir.

Meteorolojik veri eksikliklerini gidermek için doğrusal regresyon analizinin yanı sıra makine öğrenmesi yöntemleri de kullanılmıştır. Seyhan ve Ceyhan havzalarında seçilen 16 meteoroloji gözlem istasyonu için veri eksikliklerine bakılmış ve daha sonrasında korelasyon matrisi oluşturulmuştur. Her bir istasyon için KNN (K En Yakın Komşu), FNN (İleri Yönlü Yapay Sinir Ağı), RF (Rastgele Orman), RNN (Tekrarlayan Sinir Ağı), SVM (Destek Vektör Makineleri) ve LSTM (Uzun Kısa

Vadeli Bellek) modelleri kurulmuştur, modeller oluşturulurken korelasyon matrisi özellik seçiminde dikkate alınmıştır. Her bir istasyonda her bir model için ortalama karesel hata, ortalama mutlak hata ve determinasyon katsayısı hesaplanmış ve gerekli veri eksiklikleri her bir istasyon için en iyi sonucu veren modele göre tamamlanmıştır.

Akım gözlem istasyonlarının bulundukları noktalarda ortalama aylık yağış verilerinin hesaplanabilmesi için eksiksiz veri serisi haline getirilen ortalama aylık yağış verileri ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yönteminde kullanılmıştır. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi için her bir akım gözlem istasyonu bulunduğu konuma bağlı olarak üç veya dört meteoroloji gözlem istasyonu ile eşleştirilmiştir. Akım gözlem istasyonlarının bulundukları noktalarda yağış verisi elde edildikten sonra, Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) hem parametrik hem de ampirik olarak 1 ay, 3 ay, 6 ay, 9 ay ve 12 aylık zaman periyotları için hesaplanmıştır. Hesaplanmış olan Standartlaştırılmış Yağış İndisi değerlerine bağlı olarak her bir istasyon için kurak dönemler belirlenmiştir.

Hidrolojik ve meteorolojik kuraklık tekil indislerle incelendikten sonra, bileşik kuraklığı incelemek amacı ile Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi (MSDİe) 1 ay, 3 ay, 6 ay, 9 ay ve 12 aylık zaman periyotları için hesaplanmıştır. Kopula fonksiyonları ile geliştirilmiş bileşik indislerin aksine Gringorten noktalama pozisyonu formülünün iki değişken için adapte edilmiş halini kullanarak bileşik olasılığı hesaplayan bu indis, hesaplamada kolaylık sağlarken aynı zamanda parametrik dağılım ailesi hakkında varsayımlar yapmaktan da kaçınılmaktadır. Hesaplanmış olan Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi değerlerine bağlı olarak her bir istasyon için kurak dönemler belirlenmiştir.

İndisler hesaplandıktan sonra, her bir istasyonda her bir indis için kurak dönemlerin görülme olasılıkları hesaplanmıştır. Daha sonrasında yine her bir istasyonda her bir indis için Mann-Kendall trend testi uygulanarak kuraklığın trendi incelenmiştir. Trend testi, her bir indis için hesaplanan her zaman periyodunda uygulanmıştır. Çoruh Havzası kapsamında SPI için genellikle trende rastlanmamış, trendin olduğu noktalarda da pozitif yönlü olduğu gözlemlenmiştir. SSFI için istasyonların büyük bir çoğunluğunda trend gözlemlenmezken D23A026 için Mayıs ayında pozitif trend, D23A032 için ise 1 ay ve 3 aylık periyotlarda Eylül, Ekim ve Kasım ayları için negatif trend gözlemlenmiştir. MSDİe-1 için bazı istasyonlarda negatif trend gözlemlenirken, diğer zaman periyotlarında havzaya genel olarak pozitif trend veya trendin olmaması durumu hakimdir. Seyhan ve Ceyhan havzalarında SPI için genel olarak trendin olmaması durumu gözlenirken, SSFI için özellikle Seyhan'da D18A012'de negatif bir trend açıkça gözlenebilmektedir.

Bu tez kapsamında Çoruh, Seyhan ve Ceyhan havzalarının kuraklık durumu hem hidrolojik hem de meteorolojik açıdan incelenmiştir. Analizlerin yapıldığı bölgelere bakılınca; Çoruh, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin enerji, tarım ve bölge halkı için büyük önem taşıdığı gözükmektedir. Söz konusu havzalarda kuraklığın izlenmesi ve kuraklığın etkilerinin önlenmesi amacıyla yapılan çalışmalar, bu bölgelerin yanı sıra ülke genelinde de son derece kritik bir öneme sahiptir.

DROUGHT ANALYSIS IN ÇORUH, SEYHAN AND CEYHAN RIVER BASINS

SUMMARY

Drought can be defined as an abnormal deficiency observed in the amount of water in a region over a certain period compared to the normal values observed in that region. Unlike other natural disasters, drought occurs slowly and gradually, making it difficult to detect its formation, leading to severe consequences in the affected area. Directly and indirectly affecting ecosystems and society, drought can leave long-lasting effects in various areas such as water resources, agriculture, energy, and public health for months or even years. Today, the effects of drought have intensified globally due to factors like rapid population growth, deforestation, and soil degradation. The impacts of drought, which has become a global issue, are also significantly visible in our country, posing a threat to our water resources. Therefore, it is quite significant to conduct studies to monitor drought and reduce its effects, both globally and in our country.

This thesis aims to assess the drought situation in the Çoruh, Seyhan, and Ceyhan River basins using different indices, examining them both from hydrological and meteorological perspectives, individually as well as in combination. For this purpose, eight hydrological stations were selected for each of the Çoruh, Seyhan, and Ceyhan River basins, and monthly average flow data between 1989 and 2011 were obtained from the General Directorate of State Hydraulic Works. To investigate meteorological drought, eight meteorological stations were chosen for the Çoruh Basin and a total of 16 stations for the Seyhan and Ceyhan basins, with monthly average precipitation data between 1989 and 2011 obtained from the Turkish State Meteorological Service.

The data series were completed by addressing the missing data, essential for the examination of hydrological and meteorological drought. For each basin, the hydrological stations were arranged based on their distances from each other and their correlation, and subsequently, missing data were filled using linear regression analysis. The flow data, now complete, were utilized to calculate the Standardized Streamflow Index (SSFI) for 1-month, 3-month, 6-month, 9-month, and 12-month time periods both parametrically and empirically.

For the calculation of Parametric Standardized Streamflow Index, best fit distributions were identified. Although it should be noted that the probability distribution of streamflow or any other drought-related variable might be different across different climatic conditions, adapting a parametric approach for drought indices based on these variables may yield to inconsistent results particularly on a larger scale. Discrepancies arise because some regions adhere to particular data distribution functions, while others do not. Even when employing various distributions and choosing the most suitable based on goodness-of-fit tests, the tails of index values might vary across different areas. The variability in the tails of the Parametric Standardized Streamflow Index (SSFI) due to the sensitivity of its parameters across spaces could result in

inconsistent or biased interpretations of extreme droughts in various regions. To address this limitation, SSFI was also calculated empirically, which involves calculating marginal probability of streamflow using Gringorten plotting position formula. Using empirical probabilities derived from Gringorten plotting position formula in the inverse of the standard normal distribution function allows for the computation of a standardized empirical index. This approach bypasses the need for parameter estimation and eliminates the requirement for conducting a goodness-of-fit evaluation, resulting in computational efficiency. By leveraging observed empirical probabilities within the inverse of a standard normal distribution function, this method directly produces standardized empirical indices, making the process more streamlined and efficient in hydrological analyses. Based on the calculated Standardized Streamflow Index values, dry periods were identified for each station.

Meteorological data gaps were addressed not only through linear regression analysis but also by employing machine learning methods. For the 16 meteorological stations selected in the Seyhan and Ceyhan basins, missing data were examined, followed by the creation of a correlation matrix. KNN (K Nearest Neighbors), FNN (Feedforward Neural Network), RF (Random Forest), RNN (Recurrent Neural Network), SVM (Support Vector Machines), and LSTM (Long Short-Term Memory) models were developed for each station, considering the correlation matrix in feature selection. For each model at each station, mean squared error, mean absolute error, and determination coefficient were calculated. Subsequently, necessary data gaps for each station were completed based on the model that yielded the best results.

The complete monthly average rainfall data, which was transformed into a comprehensive dataset, was utilized for inverse distance weighting interpolation to calculate the average monthly rainfall data at the locations of hydrological stations. For the inverse distance weighting interpolation method, each hydrological station was matched with three or four meteorological stations based on their respective locations. After obtaining rainfall data at the locations of hydrological stations, the Standardized Precipitation Index (SPI) was calculated parametrically and empirically for 1-month, 3-month, 6-month, 9-month, and 12-month time periods. Dry periods were identified for each station based on the calculated Standardized Precipitation Index values.

After examining hydrological and meteorological drought using individual indices, the Empirical Multivariate Standardized Drought Index (MSDI_e) was computed to investigate integrated drought for 1-month, 3-month, 6-month, 9-month, and 12-month time periods. Considering the intricate nature of drought in its initiation, progression, and conclusion, depending solely on a single variable index may not sufficiently and reliably detect drought conditions within an appropriate timeframe. Which is why monitoring drought in an integrated manner is crucial. In this study, MSDI_e was computed using precipitation and streamflow data, combining meteorological and hydrological drought. Unlike integrated indices developed with copula functions, this index calculates joint probability by adapting the Gringorten plotting position to two variables, providing computational ease and avoiding assumptions about the parametric distribution family. Dry periods were identified for each station based on the calculated values of the Empirical Multivariate Standardized Drought Index.

After computing the indices, the probabilities of occurrence for dry periods were calculated for each index at each station. For both the parametric and empirical Standardized Streamflow Index, dry periods were identified using the Streamflow Drought Index classification. Similarly, for both parametric and empirical

Standardized Precipitation Index, dry periods were determined based on the SPI classification. However, due to the absence of a universally accepted classification system for the Multivariate Standardized Drought Index, dry periods were determined using the Standardized Precipitation Index classification.

Subsequently, the Mann-Kendall trend test was applied to investigate the trend of drought for each index at each station. The trend test was conducted for each time period calculated for each index. Within the Çoruh Basin, SPI generally didn't exhibit a trend, and where a trend was observed, it tended to be positive. While SSFI didn't show a noticeable trend in the majority of stations, D23A026 displayed a positive trend in May, and for D23A032, a negative trend was observed for the months of September, October, and November in 1-month and 3-month periods. For MSDIe-1, some stations showed a negative trend, whereas for other time periods, there was either a predominant positive trend or no trend observed in the basin overall. In the Seyhan and Ceyhan basins, SPI generally showed no clear trend, while for SSFI, notably in Seyhan at station D18A012, a distinct negative trend was evident.

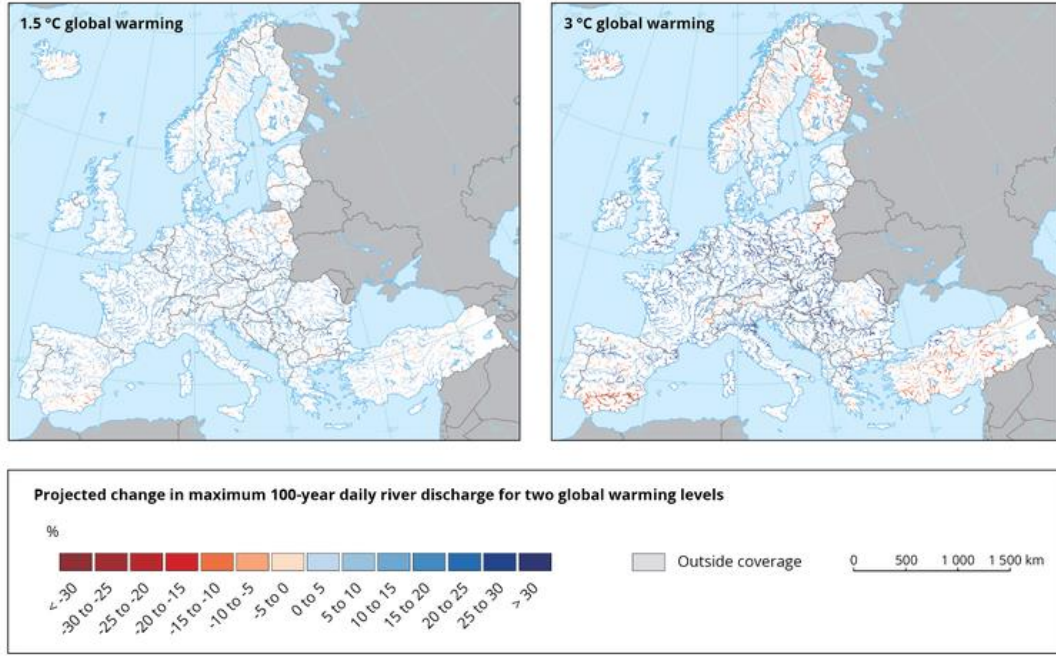
Within the scope of this thesis, the drought status of the Çoruh, Seyhan, and Ceyhan basins has been examined from both hydrological and meteorological perspectives. Rather than relying solely on single variable indices for hydrological and meteorological drought, this study employed an integrated drought index. This approach aimed to combine the properties of both streamflow and precipitation on drought assessment. When looking at the areas where the analyses were conducted, it appears that the Çoruh, Seyhan, and Ceyhan rivers hold significant importance for energy, agriculture, and the local population. The efforts aimed at monitoring drought and mitigating its effects in these basins are of critical importance not only for these regions but also on a national scale.

1. GİRİŞ

Kuraklık, ekosistemleri ve toplumu doğrudan ve dolaylı olmak üzere birçok farklı şekilde etkileyen; günümüzde iklim değişikliği, insan popülasyonundaki hızlı artış, ormansızlaşma ve toprak bozunumu ile etkisini oldukça şiddetli hissettiğimiz doğal bir afet olarak nitelendirilebilir. Diğer doğal afetlerin aksine, kuraklığın oluşumu kademeli ve yavaş gerçekleştiğinden kuraklık başlangıcını fark etmek zor olabilir. Oluşumu gibi kuraklığın bir bölgeye olan etkisi de aylarca ve hatta yıllarca sürebilir. Yıllarca sürebilen uzun süreli kuraklıklar, gerçekleştikleri bölgenin su kaynaklarına, tarıma, enerji kaynaklarına ve halk sağlığına yıkıcı etkilerde bulunabilir.

Kuraklığın tanımı, bir bölgede belirli bir süre boyunca su miktarında gözlemlenen anormal eksiklik olarak yapılabilir. Bu tanımda geçen süre ve anormal kavramları, kuraklığın gerçekleşeceği bölgeye göre farklı şekillerde tanımlanabilir. Kuraklık hidrolojik açıdan incelendiğinde, bölgeye düşen yağış ve akarsu akışı büyük bir önem arz etmektedir. Yağış ve akım, belirli zaman aralıklarında, bulunduğu bölgede bazı değişiklikler gösterebilir. Zaman aralıklarına bağlı olarak değişen yağış, ortalamanın altında kalabilir veya üstüne çıkabilir. Bu değişiklikler, akarsudan elde edilebilecek su miktarını etkilediği gibi, havzanın nem oranını da değiştirebilir (Bayazıt ve Önöz, 2008).

Küresel bir sorun haline gelen kuraklığın etkileri ülkemizde de şiddetli bir şekilde gözükmekte ve ülkemizin su kaynaklarına bir tehdit oluşturmaktadır. Türkiye'nin birçok farklı bölgesinde etkisini gösteren kuraklık, tarım ve enerji başta olmak üzere birçok sektörü etkilemekte ve giderek etkisini de arttırmaktadır. Avrupa Çevre Ajansı tarafından, 100 yıl içerisinde gözlemlenebilecek iki farklı küresel ısınma seviyesi için günlük nehir akımlarında öngörülen değişiklikleri gösteren bir çalışma yapılmıştır. Şekil 1.1'de Türkiye'nin de içinde bulunduğu iki farklı küresel ısınma seviyesi için günlük nehir akımlarında azalma gözükmektedir.



Şekil 1.1: 1.5° ve 3°'lık küresel ısınma seviyeleri için 100 yıl içinde Avrupa'da günlük debide görülecek değişim [1].

1.1 Çalışma Yöntemi

Bu tez çalışması kapsamında, Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzaları için kuraklık analizi yapılmıştır. Tez çalışması; giriş, kuraklık, yöntemler, çalışma alanı, uygulamalar ve sonuçlar olmak üzere altı bölümden oluşmaktadır. Tez çalışmasının ilk bölümü olan giriş kısmında özet olarak kuraklık kavramından bahsedilmiş, tezin bölümleri, amacı açıklanmış ve daha önce konu ile ilgili yapılan çalışmalardan söz edilmiştir. Tezin ikinci bölümü olan kuraklık kısmında ise kuraklık kavramının literatürde bulunan tanımlarından, kuraklığın nedenlerinden ve etkilerinden, kuraklık türlerinden, kuraklık analiz yöntemlerinden ve ülkemizdeki kuraklık durumundan bahsedilmiştir. Tezin üçüncü bölümü olan yöntemler kısmında, bu tez çalışması kapsamında yapılan analizlerde kullanılan yöntemler açıklanmıştır. Tezin dördüncü bölümü olan çalışma alanı bölümünde tez çalışmasının yapıldığı Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzaları hakkında bilgi verilmiş ve havzaların her biri için kullanılan akım gözlem istasyonları ve meteoroloji gözlem istasyonları gösterilmiştir. Tezin beşinci bölümü olan uygulamalar bölümünde ise öncelikle her bir havza için seçilen sekiz adet akım gözlem istasyonu ve bu istasyonların bulunduğu noktalarda yağış verisinin hesaplanması için kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarından akım ve yağış verileri elde edilmiştir.

Bu bölüm, tez çalışması kapsamında üç farklı havzada çalışıldığı göz önüne alınarak her bir havza için farklı olmak üzere üçe ayrılmış ve her havza için yapılan uygulamalar o havzaya ait alt başlıkta gösterilmiştir. Öncelikli olarak Çoruh Havzası'nda yapılan uygulamalar daha sonrasında Seyhan ve Ceyhan Havzaları için tekrarlanmıştır. İlk olarak seçilen istasyonlara bağlı olarak her bir havza için kuraklık analizinin yapılacağı zaman dilimi 1989-2011 yılları arasındaki 22 yıllık dönem olarak belirlenmiştir. Bahsi geçen zaman aralığındaki akım ve yağış verilerindeki eksikliklerin tamamlanması amacıyla gerekli olan istasyonlarda doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Veri eksiklikleri giderildikten sonra akım gözlem istasyonlarının bulunduğu noktalarda yağış verisini elde etmek için ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Seçilen akım gözlem istasyonlarının bulunduğu noktalar akım ve yağış verisi elde edildikten sonra her bir istasyon için akım verileri ile parametrik ve ampirik olmak üzere iki adet standartlaştırılmış akım indisi, yağış verileri ile ise yine parametrik ve ampirik olmak üzere iki adet standartlaştırılmış yağış indisi hesaplanmıştır. Son olarak akım ve yağış verilerinin birlikte kullanıldığı, hidrolojik ve meteorolojik kuraklığı birlikte ifade eden, ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi hesaplanmıştır. İndisler arasında karşılaştırma yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Yine bu bölümde her bir indis için, her istasyonda, indis sınıflandırmasına bağlı olarak, görülen kuraklık sınıflarına bakılmış ve kuraklık sınıflarının olasılıkları hesaplanmıştır. Hesaplanan indislerde trend olup olmadığı ve olması durumunda trendin yönünü öğrenmek amacıyla trend analizi yapılmıştır. Her bir istasyonda her bir indis için Mann-Kendall trend testi uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzaları için 1989 ve 2011 yılları arasındaki akım ve yağış verilerinden yararlanılarak farklı kuraklık indisleri ile kuraklık analizi yapılmış ve elde edilen sonuçlara bağlı olarak bu bölgelerde kuraklığın gelecekteki durumu ile ilgili yorumlar yapılmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

Standartlaştırılmış Yağış İndisi, ilk olarak 1993 yılında McKee vd. tarafından kuraklık izlenebilmesi ve analizinde kullanılabilecek bir kuraklık göstergesi olarak ortaya çıkmıştır. Ortaya atılan yöntemde, yağışın genel olarak normal dağılıma uygun olmaması nedeniyle, uzun vadeli yağış verilerinin Gamma dağılımına uygun hale

getirilip standart normal dağılıma dönüştürülmesi ile kuraklığı nicelendirir (McKee vd., 1993).

Romanya’da gerçekleştirilen bir kuraklık analizi çalışmasında da Standartlaştırılmış Yağış İndisi kullanılmıştır. Çalışma kapsamında 1962 ile 2013 yılları arasında; 3, 6 ve 9 aylık dönemler için Standartlaştırılmış Yağış İndisi, ülke düzeyinde geliştirilmiş yüksek çözünürlüklü bir veri seti için hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, ülke için son dönemlerin en büyük kuraklıklarından biri olan 2000-2001 kuraklığı, her zaman diliminde Standartlaşmış Yağış İndisi tarafından büyük bir kuraklık olayı olarak tanımlanmıştır. Standartlaştırılmış Yağış İndisleri 3, 6 ve 9 aylık dönemlerde trend analizine tabi tutulmuş, indislerin ülke düzeyinde genel olarak aylık yağış verileri ile benzer bir trend eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir (Ionita vd., 2016).

Standartlaştırılmış Yağış İndisi’ni kullanan bir başka çalışma da Güney Afrika’da bulunan Zambiya’da Musonda ve diğerleri tarafından gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında, seçilmiş 32 adet meteoroloji gözlem istasyonunun alınan aylık yağış verileri kullanılmıştır. 1981 ile 2017 yılları arasında seçilmiş istasyonlar için Standartlaştırılmış Yağış İndisi 3, 6 ve 9 aylık zaman dilimlerinde hesaplanmış ve sonuç olarak Zambiya’nın güneyi ve güneybatısında yaşanan kuraklıkların gerek süre gerekse şiddet açısından ülkenin diğer bölgelerine göre çok daha şiddetli olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca Standartlaştırılmış Yağış İndisi’nin 6 ve 12 aylık zaman dilimlerinde 3 aylık zaman dilimine göre daha az şiddetli olduğu görülmüştür. Hesaplanan indislere uygulanan trend analizinde, genel olarak kuraklık trendinde bir artış gözlemlenmiştir (Musonda vd., 2020).

Hafzullah Aksoy, Bihrat Önöz ve diğerleri tarafından 2018 yılında yapılan bir çalışmada; Meriç-Ergene, Gediz, Seyhan ve Ceyhan Havzaları’nda Standartlaştırılmış Yağış İndisi kullanılarak frekans analizi yapılmış ve şiddet-süre-frekans eğrileri 5, 10, 20, 50 ve 100 yıllık geri dönüş periyotları için elde edilmiştir (Aksoy vd., 2018c)

Bir başka çalışmada, Yonca Çavuş ve Hafzullah Aksoy, Standartlaştırılmış Yağış İndisi’ni direkt olarak kullanmak yerine Seyhan Havzası’nda yağış eksikliğine bağlı olarak şiddet-süre-frekans ve yoğunluk-süre-frekans eğrilerini oluşturmuştur. Adana meteoroloji gözlem istasyonunda Standartlaştırılmış Yağış İndisi’ni 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman dilimleri için hesaplayarak bölgedeki kuraklığı kapsamlı bir şekilde incelemişlerdir (Cavus ve Aksoy, 2020).

Meriç Havzası'nda gerçekleştirilen ve Standartlaştırılmış Akım İndisi'ni kullanan bir çalışma da Abdelkadir ve Yerdelen tarafından yapılmıştır. 9 farklı akım gözlem istasyonundan alınan akım verisi ile çalışılan bu çalışmada, 1959 ile 2015 yılları arasında Standartlaştırılmış Akım İndisi hesaplanmıştır. Hesaplanan indislerde trendin belirlenmesi amacıyla Mann-Kendall trend analizi uygulanmış, ayrıca dalgacık analizi ile hidrolojik kuraklığın baskın periyodik bileşeni elde edilmiştir. Son olarak 12 aylık zaman diliminde hesaplanan Standartlaştırılmış Akım İndisi ile büyük ölçekli iklim indisleri arasındaki bağlantılar araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda, 1990'ların ortalarına kadar havzanın güneyinde daha kurak dönemler görülürken 2000'li yılların başından itibaren havzanın kuzeyinde kurak dönemlerin sıklığının arttığı gözlemlenmiştir. Trend analizi sonuçlarına bakıldığında, havzanın güneyinde kuraklık trendi azalırken havzanın kuzeyinde kuraklık trendinde artış olduğu görülmüştür. Dalgacık analizleri sonucunda, hidrolojik kuraklığın kısa dönemde 4 yıllık ve uzun dönemde 10 yıllık periyodu olduğu gözlemlendi. Büyük ölçekli iklim indisleri ile hidrolojik kuraklığın, güçlü etkileşimlere sahip olduğu görüldü (Abdelkader ve Yerdelen, 2022).

Jinjiang Nehir Havzası'nda gerçekleştirilen bir çalışmada, Wu ve diğerleri tarafından hidrolojik ve meteorolojik kuraklığın arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma kapsamında, 1960 ile 2010 yılları arasında aylık ortalama akım ve yağış verileri kullanılarak Standartlaştırılmış Akım İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi 3 aylık zaman diliminde hesaplanmış, hidrolojik ve meteorolojik kuraklığın karakteristiklerini belirlemek amacıyla Run analizi yapılmıştır. Sonuç olarak, hidrolojik ve meteorolojik kuraklık arasında lineer olmayan bir ilişkinin bulunduğu ve rezervuar regülasyonunun hidrolojik kuraklığı ve dolayısıyla hidrolojik kuraklık ile meteorolojik kuraklık arasında bulunan ve lineer olmayan ilişkiyi önemli ölçüde değiştirdiği görülmüştür. (Wu vd., 2017).

Standartlaştırılmış Akım İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi'nin birlikte kullanıldığı bir diğer çalışma da Brezilya'da Cuartas ve diğerleri tarafından yapılmıştır. Ülkenin farklı bölgelerinde bulunan 20 farklı bölge için gerçekleştirilen bu çalışmada, 1981 ile 2021 yılları arasında Standartlaştırılmış Yağış İndisi, Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi ve Standartlaştırılmış Akım İndisi 12, 24, 36 ve 48 aylık zaman dilimlerinde hesaplanmıştır. Sonuçlar, gerçekleşen ekstrem kuraklıklardan büyük bir çoğunluğunun son on yılda gerçekleştiği,

Standartlaştırılmış Akım ve Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndislerinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi'ne göre daha yüksek kuraklık şiddeti gösterdiği görülmüştür. Ayrıca, indisler arasında yapılan çapraz korelasyon analizine bakıldığında, indisler arasında bütün zaman aralıkları için güçlü pozitif bir korelasyon olduğu gözlemlenmiştir. Mann-Kendall trend analizine bakıldığında bölgelerin çoğunluğunda tüm indisler için azalan bir trend görülmüştür. (Cuartas vd., 2022).

Kuraklığın tek bir değişkene bağlı olarak değerlendirilmesinin yetersiz olduğu varsayımına dayanarak, Hao ve AghaKouchak, 2013 yılında Kopula fonksiyonlarına bağlı olarak Standartlaştırılmış Yağış İndisi ve Standartlaştırılmış Zemin Nemi İndisi'ni birleştiren Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'ni ortaya attı. Meteorolojik ve Tarımsal kuraklığı birleştiren Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'nin hesaplanmasında, yağış ve zemin nemi verilerinin birleşik olasılık dağılımını elde etmek için Clayton, Frank ve Gumbel olmak üzere üç farklı Kopula fonksiyonu kullanıldı. Çalışma kapsamında, 1932 ile 2009 yılları arasındaki yağış ve zemin nemi verileri İklim Tahmin Merkezi'nden elde edilmiş ve sonrasında bahsi geçen indisler 3, 6 ve 9 aylık zaman dilimlerinde hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda, Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'nin kuraklık durumu gerek Standartlaştırılmış Yağış İndisi'nden gerekse Standartlaştırılmış Zemin Nemi İndisi'nden alabileceği, kuraklık başlangıcını Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile benzer bir şekilde belirlerken kuraklık sürekliliğini Standartlaştırılmış Zemin Nemi İndisi'ne benzer gösterdiği ve tek değişkenli iki indisinde kurak olduğu durumlarda daha şiddetli bir kuraklığı gösterdiği gözlemlenmiştir (Hao ve AghaKouchak, 2013).

Kuraklık gibi karmaşık bir kavramın tek değişkenli indislerle ifade edilmesinin zorluğuna dayanarak daha önce Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'ni ortaya atan Hao ve AghaKouchak, bahsi geçen indisin Kopula fonksiyonlarını kullanması ve bu nedenle hesaplama güçlüğüne yol açması nedeniyle 2014 yılında Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'ni ortaya attı. Yağış ve zemin nemi eksikliği temel alan iki değişkenli bu indis, Standartlaştırılmış Yağış İndisi'nin iki değişkenli bir uzantısı olarak da tanımlanabilir. Daha önce tanımlanan Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'nin aksine yağış ve zemin nemi için birleşik olasılık Gringorten noktalama pozisyonu formülü (Gringorten, 1993) ile elde edilmiştir. Kopula fonksiyonları yerine Gringorten noktalama pozisyon formülü (Gringorten, 1993) ile birleşik olasılık eldesi hesap kolaylığının dışında dağılım ile

ilgili varsayımlarda bulunmaktan kaçınılmasını da sağlamaktadır. Çalışma kapsamında, 1980 ile 2012 yılları arasındaki yağış ve zemin nemi verisi Standartlaştırılmış Yağış İndisi, Standartlaştırılmış Zemin Nemi İndisi ve Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'nin 3 ve 6 aylık zaman dilimlerinde hesaplanması için kullanılmıştır. Sonuç olarak, Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ve Standartlaştırılmış Zemin Nemi İndisi'nin başlıca iki özelliği olan kuraklık başlangıcı ve kuraklık sürekliliğini birleştirebildiği, kuraklığı genel olarak ifade edebildiği fakat tek değişkenli indislerden ikisinin de negatif olduğu durumlarda kuraklığı olduğundan daha şiddetli gösterebildiği gözlemlenmiştir. (Hao ve AghaKouchak, 2014).

Wei Nehir Havzası'nda, Zhang ve diğerleri tarafından gerçekleştirilen çalışmada; meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklığı birlikte ifade eden Üç Değişkenli Entegre Kuraklık İndisi ortaya atılmıştır. Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'ne benzer şekilde hesaplanan bu indiste yağış, akım ve zemin neminin birleşik olasılığı Gringorten noktalama pozisyonu formülü ile (Gringorten, 1993) hesaplanmaktadır. Tipik bir Lös Platosu olan Wei Nehir Havzası'nda gerçekleştirilen çalışmada 21 meteoroloji gözlem istasyonundan elde edilen yağış verisi, 4 akım gözlem istasyonundan elde edilen akım verisi ve değişken infiltrasyon kapasitesi (VIC) modeli kullanılarak elde edilen zemin nemi verisi kullanılarak 1960 ile 2010 yılları arasında kuraklık analizi yapılmıştır. Hesaplanan Üç Değişkenli Entegre Kuraklık İndisi'nin Kopula fonksiyonlara kullanan diğer çok değişkenli indislere göre hesap kolaylığı sağlarken, kuraklığı aynı doğrulukta belirleyebildiği Frank Kopula fonksiyonu kullanan Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi ile karşılaştırılarak gözlemlenmiştir. Tek değişkenli indislere göre kuraklığı çok daha iyi ifade edebildiği, Standartlaştırılmış Yağış İndisi ve Standartlaştırılmış Akım İndisi'nin avantajlarını birlikte kullanarak kuraklığın başlangıç ve bitişi ile ilgili doğru tahminlerde bulunabildiği görülmüştür. Aynı zamanda, farklı türlerdeki kuraklıkların zaman ve mekânda eşzamanlı olmadan meydana geldiği ve dolayısıyla Üç Değişkenli Entegre Kuraklık İndisi'nin aksine tek değişkenli kuraklık indislerinin kuraklığı tam olarak ifade edemediği belirtilmiştir. (Zhang vd., 2019).

Yukarı Sakarya Havzası'nda Varol ve diğerleri tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ile Standartlaştırılmış Akış İndisi (SRI) kullanılarak Çok Değişkenli Standartlaştırılmış

Kuraklık İndisi (MSDI) modeli kurulmuş ve havzada kuraklık incelenmiştir. Çalışma kapsamında; Yukarı Sakarya Havzası için 2003 ile 2021 yılları arasındaki yağış ve evapotranspirasyon verileri SPEI Küresel Kuraklık Monitörü tarafından, akış verisi ise ERA5 veri tabanından elde edilmiştir. Havzada SPEI ve SRI arasındaki ortak dağılım fonksiyonunun belirlenmesi için farklı Kopula fonksiyonları ile inceleme yapılmış ve en iyi modeli kuran Kopula fonksiyonu olarak Gaussian Kopula seçilmiştir. Çalışma sonucunda hesaplanan MSDI değerlerinin SRI değerlerine kıyasla SPEI değerlerine daha benzer olduğu gözlemlenmiştir. Havza için, 6 aylık ölçekte 2007 ve 2016 yıllarının en kurak yıllar olduğu, 12 aylık ölçekte ise 2016 ve 2021 yıllarının en kurak yıllar olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Varol vd., 2023).

Hongze Göl Havzası'nda gerçekleştirilen bir başka çalışmada da SPEI ve SRI kullanılarak büyük göl havzalarında kuraklığın bileşik olarak incelenebilmesi için $MSDI_{LB}$ geliştirilmiştir. Havza için 1956 ile 2016 yılları arasındaki günlük yağış ve evapotranspirasyon verileri 24 farklı meteoroloji gözlem istasyonundan, günlük akım verileri ise 21 farklı akım gözlem istasyonundan elde edilmiştir. $MSDI_{LB}$ 'nin kurulması için gerekli faktörler atmosferik nem durumu, havza akım durumu ve göl su seviyesi durumu olarak basitleştirildikten sonra her bir faktör marjinal dağılım fonksiyonlarına uyarlanmıştır. Bileşik dağılım fonksiyonunun belirlenmesi için Arşimet Kopula'ları kullanılmış ve Kopula fonksiyonları AIC ve BIC kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Havzadaki hafif kuraklık olaylarının, büyük göllerin depolanması ve düzenlenmesi yolu ile etkili bir şekilde azaltılabileceği belirtilmiştir. Oluşturulan $MSDI_{LB}$, SPEI ve SRI birlikte değerlendirilerek oluşturulan indisin hem meteorolojik hem de hidrolojik karakteristikleri temsil edebildiği sonucuna ulaşılmıştır. $MSDI_{LB}$, göllerdeki regülasyonların havza su durumu üzerindeki etkilerini etkili bir şekilde yansıtabilmekte olup, böylelikle büyük göl havzalarının kuraklık koşullarını kapsamlı ve sistematik olarak karakterize edebilir (Luo vd., 2023).

Wu ve diğerleri Loess Plato'sunda gerçekleştirdikleri bir çalışmada, 1961 ile 2013 yılları arasındaki hidrolojik kuraklığı parametrik olmayan Standartlaştırılmış Akış İndisi (NSRI) ile incelemiştir. Çalışma kapsamında akım değerleri için marjinal olasılık değerleri Gringorten noktalama pozisyonu formülü ile hesaplanmış olup daha sonrasında Pearson-III dağılımına uydurulmuştur. İndis değerleri hesaplandıktan sonra havzalarda trendin varlığını sorgulamak amacıyla Mann-Kendall trend testi uygulanmış, daha sonrasında ise R/S ve çapraz dalgacık analizi yapılmıştır. Çalışma

sonucunda, genel olarak bütün havzaların negatif yönlü bir trend gösterdiği görülmüştür. Loess Platosu'ndaki havzaların özellikle 2000'li yıllardan sonra belirgin değişikliklere uğradığı ve hidrolojik kuraklığın şiddetinin arttığı belirtilmiştir. ENSO olaylarının NSRI ile ilişkisine bakıldığında bazı havzalarda bu olayların kuraklığa etkilerinin büyük olduğu görülmüştür (Wu vd., 2018).

Oyounalsoud ve diğerleri tarafından Avustralya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, kuraklığı tanımlamak ve tahmin etmek için bulanık mantık ve ANFIS modellerine dayanan bir meteorolojik kuraklık indisi geliştirilmiştir. Bölgede seçilen 7 meteoroloji gözlem istasyonundan 1985 ile 2020 yılları arasındaki aylık yağış, seçilen 4 istasyondan ise 1985 ile 2020 yılları arasındaki maksimum ve ortalama sıcaklık verileri elde edilmiştir. Bu verilere ek olarak kuraklık göstergesi olarak kullanılmak üzere 2005 ile 2020 yılları arasındaki derin zemin nemi, alt zemin nemi, kök bölgesi zemin nemi, üst zemin nemi ve akım verileri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında eksik veriler lineer enterpolasyon ile giderilmiş, 4 istasyondan elde edilen sıcaklık verileri ise ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi ile seçilen 7 meteoroloji istasyonundaki sıcaklık verilerinin eldesinde kullanılmıştır. Thornthwaite metodu kullanılarak potansiyel evapotranspirasyon verileri elde edilmiştir. Yağış, maksimum sıcaklık, ortalama sıcaklık ve potansiyel evapotranspirasyon verilerine bağlı olarak 9 farklı geleneksel kuraklık indisi hesaplanmış ve 10 farklı bulanık mantık modeli kurulmuştur. Çalışma kapsamında bulanık parametreleri optimize ederek bulanık mantık modellerinin tahminlerini geliştirmek amacıyla ANFIS modelleri kurulmuştur. Modeller hesaplanan geleneksel indisler ve kuraklık göstergeleri ile korelasyonlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Yağış Anomalisi İndisi kuraklık göstergeleri ile gösterdiği yüksek korelasyon nedeniyle en iyi geleneksel kuraklık indisi olarak seçilmiştir. Bir diğer sonuç olarak evapotranspirasyon verisinin kuraklık indisi sonuçlarına etkisinin minimal olduğu gözlemlenmiştir. Yağış Anomalisi İndisi ile karşılaştırıldığında geliştirilen modellerin farklı coğrafi ve klimatolojik koşullarda kuraklığı doğru bir şekilde değerlendirdiği gözlemlenmiştir (Oyounalsoud vd., 2023).

Tijdeman ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, parametrik ve parametrik olmayan Standartlaştırılmış Akım İndisi'nin karşılaştırması yapılmıştır. Standartlaştırılmış Akım İndisi'nin hesaplanmasında kullanılan metotlara dikkat çeken çalışmada bahsi geçen indis birçok farklı dağılım kullanılarak parametrik olarak hesaplanırken aynı zamanda farklı metotlar ile parametrik olmayan şekilde de hesaplanmıştır. Çalışma

kapsamında Tweedie, GEV ve Genlog dağılımları diğer dağılımlara göre daha uygun çıksa da veri grubunun değişmesi ile uygun dağılımların ve parametrik olmayan indisin türetilmesi için gerekli metotların değişmesinin normal olduğu belirtilmiştir. (Tijdeman vd., 2020).



2. KURAKLIK

2.1 Kuraklığın Tanımı

Kuraklığın karmaşık yapısı, hidrometeorolojik değişkenlerdeki farklılıklar, farklı bölgelerdeki su taleplerinin stokastik yapısı kuraklığın kesin bir tanımının yapılmasını zorlaştırmaktadır (Mishra ve Singh, 2010). Kuraklık, farklı disiplinler için farklı tanımlar alabilmektedir. İlgilendiği alana bağlı olmakla birlikte, her disiplinin kuraklık tanımı fiziksel, biyolojik veya sosyoekonomik olmak üzere farklı etmenleri içinde bulundurmaktadır. Kuraklığın birçok farklı tanımının bulunması ve farklı disiplinlere göre farklı etmenlere sahip olması kuraklığın tam olarak ne olduğunun tanımlanmasını zorlaştırmaktadır. (Glantz & Katz, 1977). Kuraklık, yağış seviyesinin kaydedilmiş normal değerlerin önemli derece altına düştüğü ve arazi kaynaklarını olumsuz olarak etkileyen birçok hidrolojik dengesizliğe neden olduğu zaman ortaya çıkan doğal bir olay olarak tanımlanabilir (UNCCD, 1994). Bu genel tanımlamanın dışında kuraklık için literatürde birçok farklı tanım bulunmaktadır. Gumbel (1963), kuraklığı, bir nehrin bir yıl içerisindeki minimum ortalama günlük deşarjı olarak tanımladı. Palmer'a göre (1965) ise kuraklık, uzun süreli ve olağandışı nem eksikliğine bağlı meteorolojik bir olgudur. Kuraklık, bir jeofizikçiye göre klimatolojik, hidrolojik veya limnolojik olabilirken; bir mühendise göre akım veya yağışı etkileyen bir dizi değişken olabilir; bir ekonomiste göre ise tarım alanları, balıkçılık gibi insan faaliyetlerini etkileyen faktörler olabilir. Özetle, her su kullanıcısının farklı bir kuraklık tanımı vardır ve bu tanım kullanıcıya göre değişebilmektedir (Yevjevich, 1967). Wilhite ve Glantz (1985) ise kuraklığın kavramsal ve operasyonel tanımlarını birbirinden ayırmanın gerekliliğini vurgular. Kavramsal kuraklığı, kuraklığın sınırlarını belirlemek için genel terimlerle formüle edilmiş tanımlara dayatırken, operasyonel tanımların kuraklığın başlangıcı, şiddeti, süresi, frekansı ve bitişini belirlemeye çalıştığını ifade eder. (Wilhite ve Glantz, 1987). Rossi ve diğerlerine göre (1992) kuraklık, önemli bir zaman diliminde ve geniş bir bölgede su mevcudiyetinin normal değerlere göre ciddi bir şekilde azalması ile karakterize edilen geçici bir durum olarak ifade edilebilir. Kuraklık, birçok yönden diğer doğal afetlere göre farklılık gösterir. Sel, deprem gibi diğer doğal afetlerin aksine yavaş gelişir ve nadiren insanların hayatını kaybetmesine sebep olur. Kuraklık nedeniyle insan hayatı kaybı nadir olsa da su kaynakları sistemleri ve doğal yaşam açısından çok yıkıcı etkilere sahip olabilir. Aynı zamanda doğası

gereği bölgesel olan kuraklık, çoğu zaman yalnızca bir su kaynağını değil karmaşık bir su sisteminin tüm kaynaklarını etkilemektedir (Correia vd., 1991). Dünya Meteoroloji Örgütü kuraklığı, “Bir mevsime veya daha uzun bir süreye yayıldığında, insan faaliyetlerinin taleplerini karşılamada yetersiz kalan, beklenenden veya normalden daha düşük yağışla karakterize edilen sinsi bir doğal tehlike olarak” tanımlamaktadır (WMO, 2006).

2.2 Kuraklık Türleri

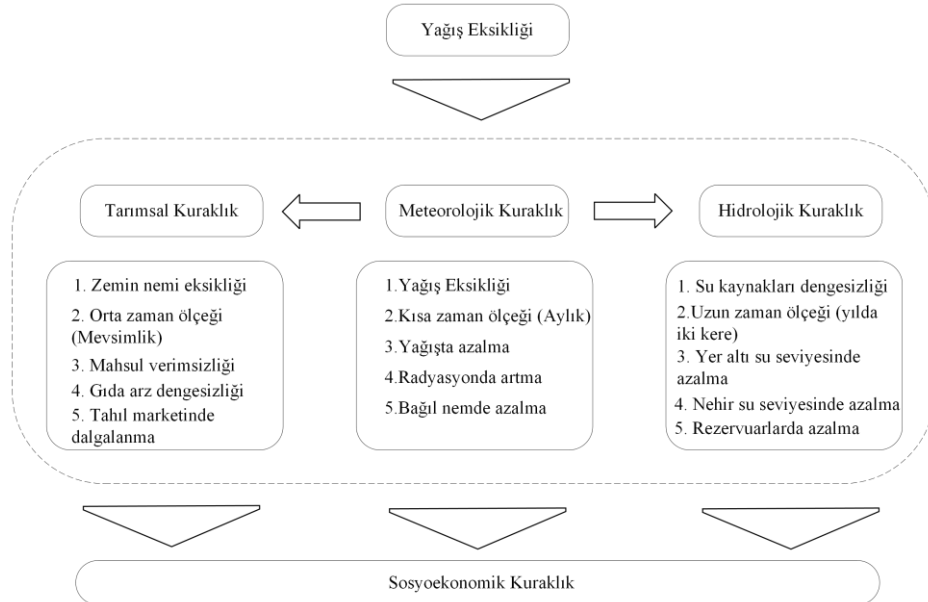
Kuraklık; meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik olmak üzere dört farklı gruba ayrılabilir (Wilhite ve Glantz, 1985; American Meteorological Society, 2004).

Meteorolojik kuraklık, ortalama değerlere kıyasla yağış eksikliğindeki büyüklük ve bu yağış eksikliğinin süresi ile tanımlanır. Bu tanıma bakıldığında, yağış eksikliğindeki büyüklüğün ve bu yağış eksikliğinin süresinin kuraklığın tanımlanmasındaki önemi gözükmemektedir. Yağış eksikliğine neden olan atmosferik koşulların bölgenin iklimine bağlı oluşu, meteorolojik kuraklığın da bölgesel olarak değerlendirilmesi gerektiğini gösterir. Bazı tanımlara göre meteorolojik kuraklık, belirli bir süre boyunca gözükken yağış eksikliğinin büyüklüğü olarak değil de belirli bir eşiğin altında kalan yağışlı gün sayısı olarak tanımlanmaktadır. Yağış dağılımının mevsimsel olduğu ve uzun süreli yağışsız dönemlerin yaşandığı bölgelerde bahsi geçen şekilde bir tanım yapmak gerçekçi olmaz. (Wilhite, 2000). Meteorolojik kuraklık, yağışların bir bölgede normal seviyenin altına düşmesiyle başlar ve bu bölgede ekolojik, klimatolojik, hidrolojik ve sosyoekonomik açıdan çevresel fonksiyonları etkileyen hidrolojik kuraklığa neden olabilir (Van Loon ve Laaha, 2015; Heudorfer ve Stahl, 2016; Crausbey vd., 2017; Ahmadi vd., 2019).

Hidrolojik kuraklık, hidrolojik sistemlerdeki su eksikliğinin, kendini nehirlerde düşük akımlarla; göllerde, rezervuarlarda ve yer altı su kaynaklarında düşük su seviyesi ile göstermesi olarak tanımlanabilir (Tallaksen ve van Lanen, 2004). Düşük akımlar ile kuraklığı karıştırmamak gerekir, kuraklığın aksine düşük akımlar her yıl görülen bir büyüklüktür. Bir bölge üzerinde uzun süreli olarak gözükken düşük akımlar etkili olduklarından ötürü kuraklığın incelenmesinde de kullanılırlar (Bayazıt ve Önöz, 2008). Hidrolojik kuraklığın karakteristikleri hesaplanırken bölgenin mevsimselliğine dikkat edilmelidir. Düşük akımlar, yağışın azalması ve yüksek seviyelerdeki

buharlaşmadan kaynaklanabileceği gibi yağışın kar örtüsünde depolanmasından da kaynaklanabilirler. Hidrolojik kuraklığın düzgün bir şekilde karakterize edilmesi için farklı süreçlerden ötürü gerçekleşen kuraklıkların ayrılması önem arz eder (Hisdal vd., 2004). Yağış eksikliğinin yeryüzü ve yer altı su kaynaklarına olan etkilerinin görülmesi için belirli bir zaman geçmesi gerektiğinden ötürü, hidrolojik ölçümler kuraklığın ilk göstergelerinden biri değildir. Hidrolojik kuraklıklar, meteorolojik kuraklık sona erdikten sonra dahi varlıklarını sürdürebilirler. (MGM, 2023)

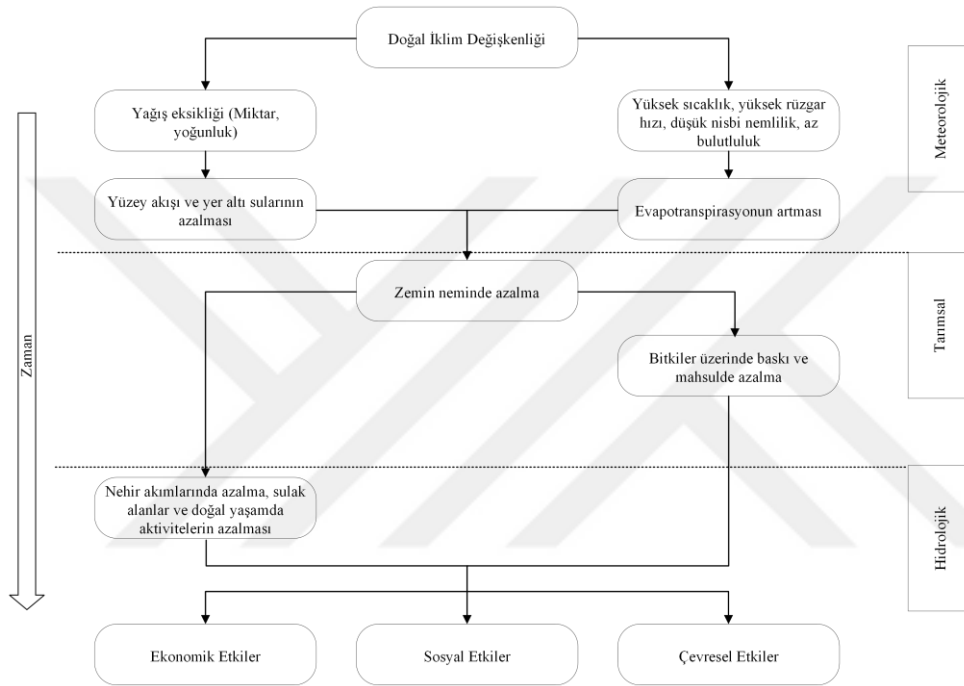
Tarımsal kuraklık, bitkilerin morfolojik özellikleri analiz edildiğinde zemin neminin en az gereksiniminden ne kadar düşük olduğunu yansıtır (Liu vd., 2016). Bitkilerin zemin nemine olan kısıtlı erişiminin üst düzey seviyeleri ulaşması ve bu olay sonucunda mahsul verimi ve dolayısıyla tarım üretiminin olumsuz etkilenmesiyle tarımsal kuraklığın başladığı kabul edilir. Kısacası, tarımsal kuraklığın tanımı, meteorolojik kuraklık ve iklimsel faktörlerin tarımsal üretim üzerindeki etkilerine bağlı olarak zemin nemi eksikliği etrafında oluşmaktadır (Panu ve Sharma, 2002). Tarımsal kuraklık, genel olarak meteorolojik kuraklıktan sonra hidrolojik kuraklıktan önce ortaya çıkar. Tarımsal kuraklık durumunda, zeminin derin seviyeleri suya doymuş olsa dahi mahsul veriminde olumsuz etkiler gözükülebilir (MGM, 2023). Şekil 2.1’de kuraklık transfer süreçleri ve etkileşimleri gösterilmiştir (Liu vd., 2016).



Şekil 2.1: Kuraklık transfer süreçleri ve etkileşimleri (Liu vd., 2016).

Sosyoekonomik kuraklık, su kaynaklarının su talebini karşılayamaması ve bunun sonucunda toplum, ekonomi ve çevre üzerinde olumsuz etkilerin ortaya çıkması olarak tanımlanabilir (Dinar & Mendelsohn, 2013). Doğal afetlere bakıldığında, kuraklığın insanları en çok etkileyen ve en maliyetli doğal afet olduğu gözükmemektedir (Hewitt, 2016; Obasi, 1994; Mehran vd., 2015).

Şekil 2.2 kuraklık türlerini ve meteorolojik kuraklıktan hidrolojik kuraklığa yayılmasını (Apurv vd., 2017) açıklamaktadır.



Şekil 2.2: Kuraklık sınıflandırılması ve yayılması (Wilhite, 2000).

2.3 Kuraklığın Etkileri

Kuraklık, yavaşça başlayan ve uzun süreler boyunca birçok farklı sektörü etkileyen doğal bir afettir. Kuraklığın etkileri, kuraklığın gerçekleştiği bölgenin dışına çıkabilir ve hatta küresel ölçeğe dahi ulaşabilir. Birçok sektörün gerek ürün üretiminde gerekse hizmet sağlamada suya bağımlı olması kuraklığın etkilerini büyütmemekte ve karmaşıktırmaktadır. Kuraklığın önemli özelliklerinden biri de zamansal ve mekânsal ölçeklerde farklılık göstermesidir. Örnek vermek gerekirse, günümüzde gerçekleşen bir kuraklık geçmişte gerçekleşmiş olan bir kuraklık ile aynı şiddete ve etki süresine sahip olsa dahi etkileri çok farklı olabilir. Kuraklığın etkileri, genel olarak, direkt ve dolaylı olarak ikiye ayrılır. Bu doğrudan etkilere örnek olarak, düşük

verimli tarım ürünleri, azalan mera alanları ve orman ürünleri, azalan su seviyeleri, doğal yaşama ve balık habitatına verilen zarar gösterilebilir. Bu direkt etkilerin sonuçları da dolaylı etkileri oluşturmaktadır. Örnek vermek gerekirse; ekin, otlak ve orman verimliliğindeki azalma çiftçiler ve tarım işletmecileri için gelirin azalmasına, gıda ve kereste fiyatlarının artmasına, işsizliğe, suçun artmasına neden olabilir (Wilhite vd., 2007). Kuraklığın etkileri ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere üç farklı başlık altında sınıflandırılabilir.

Kuraklığın ekonomik etkilerine bakıldığında, ilk olarak göze çarpan sektör tarım sektörüdür. Uzun süreli zemin nemi eksikliğinin mahsule ve meralara zarar vermesi, kuraklığın tarım sektörüne direkt etkilerindendir. Ürün üretiminde kuraklık nedenli azalma arz şoklarına neden olurken oluşabilecek ekonomik etki marketin yapısına ve arz talep ilişkisine bağlıdır. Tarım sektörünün kuraklıklardan etkilenmesi sadece çiftçileri etkilemez, arzın düşmesiyle fiyatların artışına neden olacağından tüketiciyi de etkilemektedir. Bunlara ek olarak ürün fiyatlarının yükselmesi, kuraklığın etkilediği bölgenin dışında bulunan tedarikçilerin ürünlerini pazara sürmesine neden olur. Kuraklık, tarım sektöründen başka birçok sektöre de ekonomik etkilerde bulunur. Bu sektörlerin bazıları; turizm, rekreasyon, kamu hizmet kurumları, peyzaj, navigasyon ve seracılık şeklinde sıralanabilir. Şiddetli ve uzun süreli kuraklık durumlarında su kısıtlamaları getirilebilir ve hem kullanıcıyı hem de işletmeleri olumsuz olarak etkileyebilir (Ding vd., 2011). Kuraklığın ana etkilerinden biri de zemin nemindeki azalmadır (Holsten vd., 2009). Zemin nemi, bitki büyümesini belirlediğinden, karasal ekosistemlerde büyük önem taşırlar. Zemin nemi seviyesinin düşmesi ile bitkiler su stresi yaşarlar ve fotosentez yapmayı dahi durdurabilirler (Lindroth vd., 1998). Zemin nemindeki bu azalma sadece bitkileri etkilemekle kalmaz, aksine karbon döngüsünde de değişikliklere yol açabilir, karbon depolanmasını azaltır ve toprak biyotasını etkileyebilir (Evans ve Burke, 2013; Sardans ve Peñuelas, 2013). Eğer kuraklıklar, kötü arazi yönetimi veya rüzgâr erozyonu gibi süreçlerle aynı dönemde meydana gelirse arazi bozunumuna ve zeminin jeokimyasal yapısında değişikliklere neden olabilirler (Lal, 2003). Kuraklıklar aynı zamanda hem atmosferik toz konsantrasyonlarını hem de atmosfer kimyasını etkilediklerinden ötürü hava kalitesini de direkt olarak etkileyebilirler. Kuraklığa bağlı olarak artan orman yangınları, dolaylı yoldan hava kalitesini etkilerken aynı zamanda direkt olarak ormansızlaşmaya neden olabilirler (Vicente-Serrano vd., 2020). Kısaca, kuraklıklar yerküre üzerindeki her

canlıyı ve bu canlıların habitatlarını olumsuz olarak etkilemekte ve büyük çevresel zararlara neden olmaktadır. Kuraklığın sosyal etkileri, ekonomik ve çevresel etkileri ile bağlantılı olmakla birlikte; yoksulluk, su kalitesinde düşüş ve suya erişimin kısıtlanması, salgın hastalıklar olarak listelenebilir. Kuraklığın ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri birbirleri ile yakın ilişkiler içindedir ve birbirlerinden bağımsız olarak düşünülemezler. Çizelge 2.1, Çizelge 2.2 ve Çizelge 2.3'te sırasıyla kuraklığın ekonomik, çevresel ve sosyal etkileri gösterilmiştir (Wilhite, 1992).

Çizelge 2.1: Kuraklığın ekonomik etkileri (Wilhite, 2000).

Sektör	Etki
Ekonomik	Süt ve hayvancılık üretimi kaynaklı kayıplar
	Mera alanlarının verimsizliği
	Temel stoğun azaltımı
	Kamu arazilerinin otlatmaya kapatılması
	Hayvanlar için yüksek maliyet/su bulunamaması
	Hayvanlar için yüksek maliyet/yem bulunamaması
	Artan yırtıcı saldırılar
	Mera yangınları
	Tarım üretimi kaynaklı kayıplar
	Bitkilere kalıcı zarar, ürün kaybı
	Tarım arazisinin azalan verimliliği
	Böcek istilası
	Bitki hastalığı
	Tarımsal ürünlere vahşi yaşam kaynaklı zarar
	Orman ürünü üretimi kaynaklı kayıplar
	Orman yangınları
	Ağaç hastalıkları
	Böcek istilası
	Orman arazisinin azalan verimliliği
	Balıkçılık üretim kaybı
	Balık habitatına zarar
	Akımın azalması nedeniyle genç balıkların sayısında azalma
	Eğlence işletmelerinde kayıp
	Eğlence ekipmanları üreticilerine ve satıcılarına kayıp
	Enerji sektörüne yönelik güç kısıtlamalarından kaynaklanan kayıp
	Tarım ürünlerine doğrudan bağlı endüstrilerde kayıp
	Üretimdeki düşüşten kaynaklı işsizlik
	Finansal kurumlara baskı
	Devlet ve yerel yönetimlerde azalan vergi kaynaklı gelir kaybı

Çizelge 2.2: Kuraklığın çevresel etkileri (Wilhite, 2000).

Sektör	Etki
Çevresel	Akarsu, nehir ve kanalların kullanılabilirliğinin azalmasından kaynaklı kayıplar
	Su taşıma ve transfer maliyeti
	Yeni veya ek su kaynağı geliştirme maliyeti
	Hayvan türlerine çevresel zarar
	Vahşi yaşam habitatı
	Yem ve içme suyu eksikliği
	Hastalık
	Yırtıcı saldırılara karşı savunmasızlık
	Balık türlerine zarar
	Bitki türlerine zarar

Çizelge 2.3: Kuraklığın sosyal etkileri (Wilhite, 2000).

Sektör	Etki
Sosyal	Su kalitesi etkileri
	Hava kalitesi etkileri
	Görsel ve peyzaj kalitesi etkileri
	Sosyal etkiler
	Orman ve mera yangılarından halk güvenliği
	Sağlıkla ilgili düşük akım sorunları
	Kuraklık etkileri/yardımanın dağıtımındaki eşitsizlik

Tüm doğal afetlerde olduğu gibi, kuraklığın da etkileri bölgeye ve kuraklığın şiddetine bağlı olarak değişmektedir.

2.4 Kuraklık İndisleri

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)'nin 2023 yılında yayınladığı rapora göre 1950'den bu yana insan etkisinin kuraklık gibi aşırı hava olaylarının gerçekleşme sıklığını ve şiddetini arttırdığı ve bu tarz aşırı olayların insan hayatına olan etkisinin de arttığı görülmüştür. Önümüzdeki seksen yıl için yapılan projeksiyonlarda, kuraklık ve diğer aşırı hava olaylarında sıklık ve şiddet artışının gözükmesi beklenmektedir (IPCC, 2023). İklim değişikliğinin de etkisi ile şiddetini giderek arttırmakta olan kuraklığı izlemek ve kuraklık tahminlerinde bulunmak gittikçe zorlaşmaktadır. İnsan etkisi ile artan iklim değişikliği nedeniyle aşırı hava olaylarında beklenen değişim göz önünde bulundurulduğunda, bu değişimin

gözlemlenmesi ile bu değişimin tanımlanabilir bir iklim faktörüne atanması arasında büyük bir fark vardır. Bu değişimin, istatistiki olarak bir değişken üzerinden gözlemlenmesi, kuraklık gibi olaya dayalı bir olgu üzerinden gözlemlenebilmesine göre daha kolay ve kullanışlı olacaktır (Easterling vd., 2000). Bu sebeptendir ki, karmaşık yapıya sahip olan kuraklıkları izlemek ve incelemek amacıyla kuraklık indisleri ortaya çıkmıştır. Kuraklık indisleri; yağış, akım veya diğer işlenmemiş veri türlerine göre kullanılabilirliği daha kolay olan kuraklık izleme araçlarıdır (Hayes, 2006). Günümüzde 150'den fazla kuraklık indisi bulunmaktadır ve yeni kuraklık indisleri ile ilgili çalışmalar sürekli olarak devam etmektedir (Zargar, 2011, Niemeyer, 2008'e atıfta bulunarak). Literatürde farklı girdiler kullanan birçok kuraklık indisi bulunmaktadır, bu indisler arasında; Keech-Byram Kuraklık İndisi (Keetch-Byram Drought Index; Keetch ve Byram, 1968), Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Standardized Precipitation Index; McKee vd., 1993), Ondalık İndis (Deciles Index; Gibbs ve Maher, 1967), Kuraklık Keşif İndisi (Drought Reconnaissance Index; Tsakiris ve Vangelis, 2005), Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (Palmer Drought Severity Index; Palmer, 1965), Kendini Kalibre Eden Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (Self-Calibrated Palmer Drought Severity Index; Wells vd., 2004), Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index; Vincento-Serrano vd., 2010), Evapotranspirasyon Eksiklik İndisi (Evapotranspiration Deficit Index; Narasimhan ve Srinivasan, 2005), Zemin Nemi Anomalisi (Soil Moisture Anomaly; Bergman vd., 1988), Zemin Nemi Eksikliği İndisi (Soil Moisture Deficit Index; Narasimhan ve Srinivasan, 2005), Bitki Durumu İndisi (Vegetation Condition Index; Kogan, 1995a; Liu ve Kogan, 1996), Mahsul Nem İndisi (Crop Moisture Index; Palmer, 1968), Normalize Edilmiş Bitki Fark İndisi (Normalized Difference Vegetation Index; Kogan, 1995b), Standartlaştırılmış Akım İndisi (Standardized Streamflow Index; Modarres, 2006), Akım Kuraklık İndisi (Streamflow Drought Index; Nalbantis ve Tsakiris, 2009), Yüzey Suyu Temin İndisi (Surface Water Supply Index; Shafer ve Dezman, 1982), Etkin Kuraklık İndisi (Effective Drought Index; Byun ve Wilhite, 1999), bulunur. Çizelge 2.4, Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.6'de sırasıyla meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık indisleri verilmiştir (Svoboda ve Fuchs, 2016). Yapılan sıralamada indisler, kullanım kolaylığına göre en kolay yeşil en zor kırmızı olmak üzere sınıflandırılmışlardır. Kuraklık indisleri incelendiğinde meteorolojik ve hidrolojik kuraklık indisleri için kullanımı kolay olan birçok indis

bulunurken tarımsal kuraklık indislerinin büyük bir çoğunluğunun kullanımının zor olduğu gözükmemektedir. Örneğin, Zemin Nemi Eksikliği İndisi (SMDI)'ne bakıldığında farklı zemin seviyelerinde haftalık ölçümler gerektirdiği ve hesaplamalarının karmaşık ve zor olduğu görülebilir (Çizelge 2.5) (Svoboda ve Fuchs 2016). Standartlaştırılmış Yağış İndisi (McKee, 1993) en çok kullanılan meteorolojik indislerden biri olup aynı zamanda birçok farklı kuraklık indisinin geliştirilmesinin de öncüsü olmuştur.

Çizelge 2.4: Meteorolojik kuraklık indisleri (Svoboda ve Fuchs, 2016).

	İndis	Kullanım Kolaylığı	Girdi	Ek Bilgi
METEOROLOJİK KURAKLIK İNDİSLERİ	Keech-Byram Kuraklık İndisi (KBDI)	Yeşil	Yağış, Sıcaklık	Hesaplamalar, bölgenin iklimine dayanmaktadır.
	Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI)	Yeşil	Yağış	Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından meteorolojik kuraklığın izlenmesinde kullanılması tavsiye edilmiştir.
	Ondalık İndis (DI)	Yeşil	Yağış	Hesaplaması ve kullanımı kolay, sadece yağış girdisi kullanması sebebiyle sıcaklık gibi etmenlerin etkisini hesaba katmaz.
	Normal Yağış Yüzdesi İndisi (PNPI)	Yeşil	Yağış	Basit bir istatistik formüle sahip olduğundan hesaplaması hızlı ve kolay olan bir yöntem.
	Ağırlıklı Anomali Standartlaştırılmış Yağış (WASP)	Yeşil	Yağış, Sıcaklık	Tropikal bölgelerdeki kuraklığı izlemek için gridli verileri kullanır.
	Aridite İndisi (AI)	Sarı	Yağış, Sıcaklık	İklim sınıflandırmalarında da kullanılabilir.
	Çin Z İndisi (CZI)	Sarı	Yağış	SPI verilerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır.
	Mahsul Nemi İndisi (CMI)	Sarı	Yağış, Sıcaklık	Haftalık veriler gereklidir.
	Kuraklık Alan İndisi (DAI)	Sarı	Yağış	Muson sezonu performansının bir göstergesini verir.
	Kuraklık Keşif İndisi (DRI)	Sarı	Yağış, Sıcaklık	Aylık sıcaklık ve yağış verileri gereklidir.
	Etkin Kuraklık İndisi (EDI)	Sarı	Yağış, Sıcaklık	Program, indisin oluşturucusu ile doğrudan temas yoluyla kullanılabilir.
	Selyaninov Hidrotermal Katsayısı (HTC)	Sarı	Yağış, Sıcaklık	Hesaplaması kolay, Rusya'da birçok örneği bulunmakta.
	NOAA Kuraklık İndisi (NDI)	Sarı	Yağış	Tarım uygulamalarında kullanıldığında en iyi sonuçları vermektedir.

Çizelge 2.4 (devamı): Meteorolojik kuraklık indisleri (Svoboda ve Fuchs, 2016).

İndis	Kullanım Kolaylığı	Girdi	Ek Bilgi
Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi (PDSI)	Sarı	Yağış, Sıcaklık, Su tutma kapasitesi	Karmaşık hesaplamalara sahiptir ve eksiksiz veri serisi gerektirir.
Palmer Z İndisi	Sarı	Yağış, Sıcaklık, Su tutma kapasitesi	PDSI hesaplamalarının birçok çıktısından biridir.
Yağış Anomali İndisi (RAI)	Sarı	Yağış	Eksiksiz veri serisi gerektirir.
Kendini Kalibre Eden Palmer Kuraklık İndisi (sc-PDSI)	Sarı	Yağış, Sıcaklık, Su tutma kapasitesi	Karmaşık hesaplamalara sahiptir ve eksiksiz veri serisi gerektirir.
Standartlaştırılmış Anomi İndisi (SAI)	Sarı	Yağış	Bölgesel koşulları tanımlamak için nokta verileri kullanır.
Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)	Sarı	Yağış, Sıcaklık	Eksiksiz veri serisi gerektirir, sıcaklığı göz önünde bulundurarak SPI'ne benzer sonuçlar verir.
Kuraklık İçin Tarımsal Referans İndisi (ARID)	Kırmızı	Yağış, Sıcaklık, Modelleme	Güneydoğu Amerika'da ortaya çıkmış ve bölge dışında geniş çapta test edilmemiştir.
Mahsul Spesifik Kuraklık İndisi (CSDI)	Kırmızı	Yağış, Sıcaklık, Çiğ noktası sıcaklığı, Rüzgâr verisi, Solar radyasyon, Su tutma kapasitesi, Modelleme, Mahsul verisi	Birçok veri gerektiriyor olması kullanımını zorlaştırır.
Yeniden Kazanım Kuraklık İndisi (RDI)	Kırmızı	Yağış, Sıcaklık, Kar örtüsü, Rezervuar, Akım	Yüzey Suyu Temin İndisi'ne benzer ancak sıcaklık bileşeni içerir.

Çizelge 2.5: Tarımsal kuraklık indisleri (Svoboda ve Fuchs, 2016).

İndis	Kullanım Kolaylığı	Girdi	Ek Bilgi
Tarımsal Kuraklık İndisleri Zemin Nem Anomalisi (SMA)	Sarı	Yağış, Sıcaklık, Su tutma kapasitesi	PSDI'nin su dengesini iyileştirmek için tasarlanmıştır.
Evapotranspirasyon Eksikliği İndisi (ETDI)	Kırmızı	Modelleme	Birçok girdi gerektiren karmaşık hesaplamalara sahiptir.
Zemin Nemi Eksikliği İndisi (SMDI)	Kırmızı	Modelleme	Farklı zemin seviyelerinde hesaplaması karmaşık.
Zemin Su Depolama (SWS)	Kırmızı	Su tutma kapasitesi, Zemin su eksikliği	Hem zemin hem de mahsul türlerindeki farklılıklar nedeniyle enterpolasyon yapmak zordur.

Standartlaştırılmış Akım İndisi (Modarres, 2007)’ne bakıldığında hesaplamaların SPI ile büyük benzerlikler gösterdiği fakat girdi olarak yağış verisi yerine akım verisinin kullanıldığı gözükür. Aynı şekilde Akım Kuraklık İndisi (SDI) de SPI’ni temel alan, girdi olarak akım verisini kullanan bir kuraklık indisidir. Benzer olarak meteorolojik kuraklığı yağış ve buharlaşma üzerinden inceleyen Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (Vicente-Serrano vd., 2010) de SPI’ni temel almaktadır.

Çizelge 2.6: Hidrolojik kuraklık indisleri (Svoboda ve Fuchs, 2016).

	İndis	Kullanım Kolaylığı	Girdi	Ek Bilgi
Hidrolojik Kuraklık İndisleri	Palmer Hidrolojik Kuraklık Şiddeti İndisi (PHDI)	Sarı	Yağış, Sıcaklık, Su tutma kapasitesi	Eksiksiz veri serisi gerektirir.
	Standartlaştırılmış Rezervuar Tedarik İndisi (SRSI)	Sarı	Rezervuar	Rezervuar verisini kullanarak SPI’ne benzer hesaplamalar yapar.
	Standartlaştırılmış Akım İndisi (SSFI)	Sarı	Akım	SPI programını akım verisi ile kullanır.
	Standartlaştırılmış Su Seviyesi İndisi (SWI)	Sarı	Yer altı suyu	Yağış yerine yer altı suyu verileri kullanarak SPI’ne benzer hesaplamalar yapar.
	Akım Kuraklık İndisi (SDI)	Sarı	Akım	Yağış yerine akım verileri kullanarak SPI’ne benzer hesaplamalar yapar.
	Yüzey Suyu Temin İndisi (SWSI)	Sarı	Yağış, Rezervuar, Akım, Kar örtüsü	Pek çok metodoloji ve türev ürün mevcuttur, ancak havzalar arasındaki karşılaştırmalar seçilen yönteme tabidir.
	Toplam Kuruluk İndisi (ADI)	Kırmızı	Yağış, Evapotranspirasyon, Akım, Rezervuar, Su tutma kapasitesi, Kar örtüsü	Kodu yok ama literatürde matematiksel hesaplamaları açıklanmıştır.
	Standartlaştırılmış Kar Eriyimi ve Yağış İndisi (SMRI)	Kırmızı	Yağış, Sıcaklık, Akım, Modelleme	Kar örtüsü bilgisi olsa da olmasa da kullanılabilir.

Bahsi geçen indislerin dışında meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklığı birlikte inceleyen kuraklık indisleri de bulunmaktadır. Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi (Multivariate Standardized Drought Index; Hao ve AghaKouchak, 2013) yağış ve zemin nemi verilerini birlikte kullanarak meteorolojik ve tarımsal kuraklığı birlikte incelemeye çalışır. SPI’ni baz alan MSDI, yağış ve zemin nemi verisi için bileşik olasılık dağılımını Kopula fonksiyonlarını kullanarak elde eder. Kopula fonksiyonları karmaşık hesaplamalara sahip olduğundan ötürü bahsi geçen indisin

ampirik bir versiyonu da bulunmaktadır. Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi (MSDI; Hao ve AghaKouchak, 2014), yağış ve zemin nemi verisi için bileşik olasılık dağılımını Gringorten noktalama pozisyonu formülü (Gringorten, 1963) ile oluşturmaktadır. Bileşik Eksiklik İndisi (Joint Deficit Index; Kao ve Govindaraju, 2010), tek değişkenli indislerin hidrolojik değişkenlerin bileşik davranışını tam olarak yansıtmaması fikrine dayanarak ortaya çıkmıştır. Yağış, akım verilerini ve Kopula fonksiyonlarını kullanan bu indis, yeni ve uzun süreli kuraklıkları belirlemenin dışında, aylık kuraklık değerlendirmelerine de olanak tanır. JDI ve MSDI ile benzer bir temel dayanan Kompozit Kuraklık İndisi (Composite Drought Index; Waseem vd., 2015); akım, yağış, yeryüzü sıcaklığı ve NDVI (Kogan, 1995b) olmak üzere dört farklı kuraklık göstergesini kullanmaktadır. CDI, analizin yapıldığı bölgenin en ıslak ve en kurak koşullarına göre hidrolojik değişkenlerin entropi ağırlıkları ve anomalileri kullanılarak elde edilmektedir. SPI (McKee vd., 1993) ve SDI (Nalbantis ve Tsakiris, 2009) gibi tek değişkenli kuraklık indisleri ile yapılan karşılaştırmalarda CDI'nin kuraklığı değerlendirmede başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Kuraklık indislerinden farklı olarak kuraklığın incelenmesinde kullanılan kuraklık göstergeleri ve sistemleri de literatürde bulunmaktadır. Birleşik Kuraklık Göstergesi (Combined Drought Indicator); SPI (McKee vd., 1993), zemin nemi ve uzaktan algılanan bitki verilerini kullanan, üç uyarı seviyesinden oluşan bir kuraklık indisidir (Sepulcre-Canto vd., 2012). Amerika Birleşik Devletleri Kuraklık İzleme Sistemi (United States Drought Monitor); çeşitli dönemlere ait indis ve göstergelerin eşdeğer olarak karşılaştırılabileceği yüzdelik bir sıralama yöntemi kullanılır, girdi kullanımı olarak esnek olup yaklaşık elli adete kadar girdi kullanabilir. Ayrıca literatüre yeni giren indisleri de bünyesine alabilecek kadar esnektir (Svoboda vd., 2002).

2.5 Türkiye’de Kuraklık

Giorgi (2006), Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi’nin 3.Fazı’nda (CMIP3), 21. yüzyılın sonlarındaki iklim değişikliği odak noktalarını incelemiş ve Akdeniz, Kuzey Yarım Küre’nin yüksek enlemleri ve Orta Amerika’nın iklim değişikliğinin en kritik odak noktalarından olduğunu belirtmiştir (Giorgi, 2006). Birleştirilmiş Model Karşılaştırma Projesi’nin 5.Fazı (CMIP5) kapsamında gerçekleştirilen çalışmada ise Güney Afrika, Akdeniz, Arktik ve Orta Amerika bölgeleri orta ve yüksek düzey

zorlamalarda iklim değişikliği odak noktaları olarak ortaya çıktığı görölmüştür (Diffenbaugh ve Giorgi, 2012). Aynı zamanda, iklim değişikliği modellerine bakıldığında, Avrupa’da görölen kuraklıkların etkisinin, etki ettiği bölgenin ve etki süresinin artacağı gözökmektedir (Jonas vd., 1996). Doğu Akdeniz bölgesinde bulunan ölkemizin de özellikle iklim değişikliğinin de etkisiyle, daha şiddetli kuraklıklara maruz kalması olasıdır. Akdeniz bölgesinin iklim özelliklerinden olan yaz kuraklığı ve her mevsim geręekleřmesi olası olan uzun süreli kurak dönemler Türkiye’nin su kaynakları üstünde büyük bir baskı yaratmaktadır (Türkeş, 1996). Türkiye, 1996’de geręekleřtirdięi ve Türkiye’deki minimum ve maksimum sıcaklıkların değişimini incelediği çalışmada, maksimum sıcaklıkların ölk genelinde düşüşü gözlemlenirken aksine incelenen istasyonların büyük bir kısmında minimum sıcaklıkların önemli derecede artış gösterdiğini gözlemlemiştir (Türkeş vd., 1996). 1990’lı yıllarda başlayan sıcaklık artışları geçtiğimiz yıllarda da etkisini sürdürmüş ve 1999 ve 2000 yıllarında önemli bir kuraklık olayı yaşanmıştır. Ölkenin büyük bir kısmını etkileyen kuraklık özellikle de ölkenin doğusunda ve batısında yıkıcı etkiler yaratmıştır (Kömüşcü, 2001). Literatürde Türkiye’de kuraklığı incelemek amacıyla yapılmış birçok kuraklık analizi çalışması bulunmaktadır.

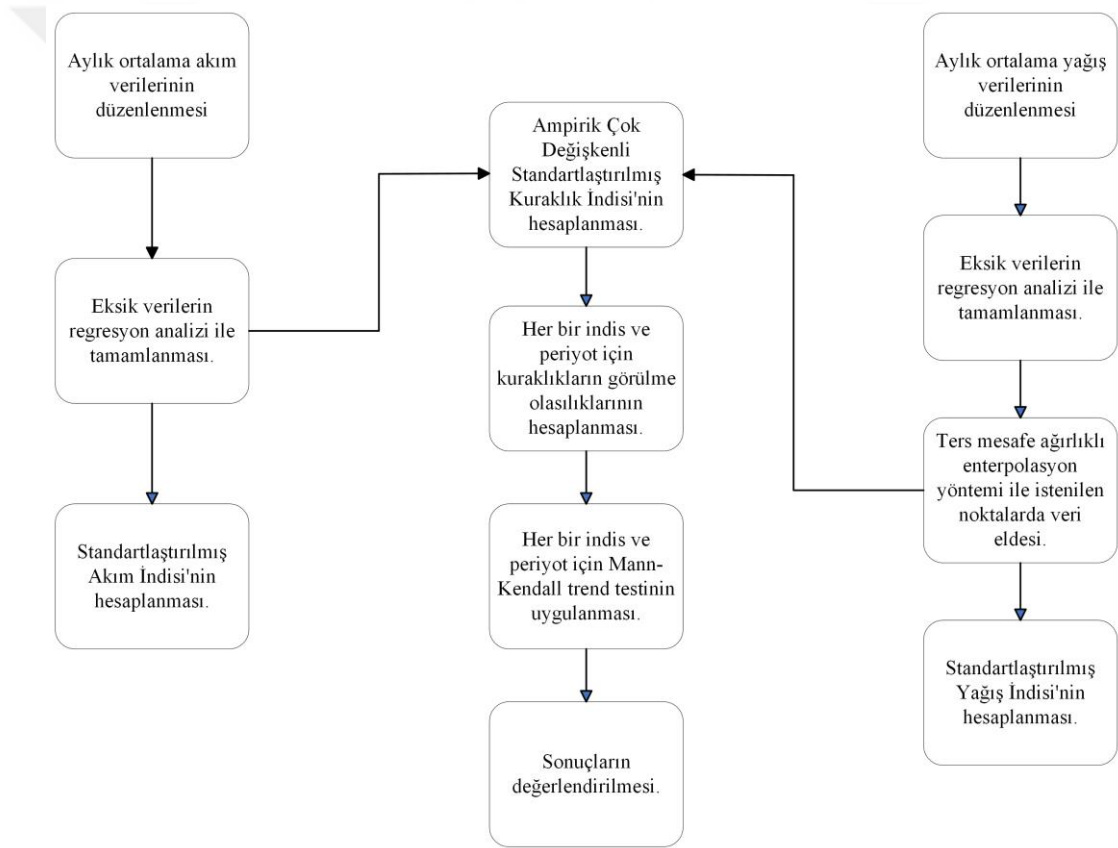
Kömüşcü (1999); Ağrı, Antalya, Göztepe, İzmir, Konya, şanlıurfa ve Trabzon meteoroloji gözlem istasyonları için 1940 ile 1997 arasındaki yağış verilerini kullanarak SPI ile Türkiye genelinde bir kuraklık analizi çalışması yapmıştır. 3-aylık SPI değerlerin bakıldığında seçilen tüm bölgelerde belli bir seviyeye kadar kuraklık gözökmürken, her bir bölgenin aynı dönemde kuraklık yaşamadığı görölmüştür. Bu zaman diliminde kıyı bölgelerde uzun soluklu, ısrarcı kuraklıklar gözökmürken ölkenin iç bölgelerinde kuraklıkların daha kısa soluklu ama daha sık olduğu gözlemlenmiştir. Çalışma kapsamında, SPI’nin zaman dilimi arttıkça kıyı bölgelerde kuraklıkların daha sık geręekleřtięi, iç bölgelerde ise kuraklıkların daha seyrek ama uzun soluklu olduğu görölmüştür. 6-aylık zaman dilimine bakıldığında, ölkenin iç kısımlarında şiddetli kuraklıkların daha şiddetli olduğu ve 12-aylık zaman diliminde ise Karadeniz kıyı istasyonları olan Göztepe ve Trabzon’da en sık kuraklıkların gözlemlendiği görölmüştür (Kömüşcü, 1999). Sönmez ve diğerleri, (2004), 1951 ile 2001 yılları arasında Türkiye’de bulunan 101 istasyonda 3, 6, 12-aylık ve 2-yıllık zaman dilimlerinde SPI kullanarak kuraklık analizi geręekleřtirmiřlerdir. Çalışma sonucunda, kısa zaman dilimlerinde geręekleřen kuraklıkların birçoğunun düşük frekanslara sahip

olduğu söylenebilir. Kısa zaman dilimlerinde ülkenin iç kısımlarında şiddetli kuraklıkların görülmesi normalken, uzun zaman dilimlerinde bu durum tamamen değişmektedir. 12-aylık zaman diliminde ülkenin büyük bir kısmında şiddetli kuraklıkların azaldığı gözükmemektedir. Bu sonuçlardan Türkiye'deki şiddetli kuraklıkların uzun süreli olmaktan ziyade mevsimsel olduğu çıkarılabilir (Sönmez vd., 2005). Aksoy ve diğerleri (2018b) Türkiye'nin Ege Bölgesi'nde bulunan Gediz Havzası'nda 35 farklı meteoroloji gözlem istasyonundan elde edilen yağış verisini kullanarak SPI ile havzanın kuraklığını incelemiştir. 1, 3, 6, 12, 24 ve 48-aylık SPI değerleri hesaplanmış ve her bir periyotta kuraklık olasılıkları elde edilmiştir. SPI'nin sınıflandırılmasına göre değerlendirilen kuraklık olasılıklarına bakıldığında tüm periyotlarda havzada en olası kuraklığın hafif kuraklık olduğu gözlemlenmiştir (Aksoy vd., 2018b). Türkiye'de SPI kullanılarak yapılmış birçok kuraklık analizi çalışması mevcuttur (Danandeh Mehr vd., 2019; Türkeş ve Tatlı, 2009; Dabanlı vd., 2017; Yüce vd., 2019; Bacanlı, 2017). Diğer kuraklık indisleri de Türkiye'deki kuraklığı incelerken kullanılmaktadır. Yüce ve diğerleri, Yeşilırmak Havza'sındaki kuraklığı incelerken girdi olarak akım verisini kullanan SDI ve ITA (Yenilikçi trend analizi) (Şen, 2012) yöntemlerini kullanmışlardır. Havza kapsamındaki 24 akım gözlem istasyonunun kullanıldığı çalışmada SDI değerleri 1, 3, 6, 9 ve 12-aylık zaman dilimleri için hesaplanmıştır. Sonuçlara bakıldığında, en olası kuraklığın hafif kuraklık olduğu gözlemlenmesine rağmen incelenen istasyonların en az yarısında negatif yönlü bir trend olduğu görülmüştür (Yüce vd., 2023). Dikici (2020), Asi Havzası'nda gerçekleştirdiği çalışma kapsamında 1970 ile 2016 yılları arasındaki meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik verileri kullanarak DI, SPI, SPEI ve SRI indislerini 1, 3, 6, 9, 12 ve 48-aylık periyotlarda hesaplamış ve karşılaştırmıştır. Kuraklık sınıflandırmaları ve kuraklık eşikleri hesaplanmış, indisler arasındaki korelasyon incelenmiştir (Dikici, 2020).

3. METODOLOJİ

3.1 Veri Temini ve Yöntem

Bu tez çalışması kapsamında Standartlaştırılmış Yağış İndisi ve Standartlaştırılmış Akım İndisi'nin hesaplanabilmesi için yağış ve akım verileri sırasıyla Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri'nden elde edilmiştir. Çoruh, Seyhan ve Ceyhan havzalarının her biri için sekiz tane akım gözlem istasyonu seçilmiş olup havza içerisinde ve çevresinde bulunan meteoroloji gözlem istasyonları kullanılarak bu noktalardaki yağış verileri hesaplanmıştır. Tez çalışması kapsamında izlenen adımlar Şekil 2.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Tez kapsamında izlenen adımların akım şeması.

Öncelikli olarak akım ve yağış verileri kullanıma uygun şekilde düzenlenmiştir. Kuraklık analizinin yapılabilmesi için eksiksiz serilere ihtiyaç duyulduğundan, eksik veriler doğrusal regresyon analizi ile tamamlanmıştır. Tamamlanan yağış verileri ve ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak akım gözlem istasyonlarının bulunduğu noktalardaki yağış verileri elde edilmiştir. Aynı noktalarda bulunan

eksiksiz akım ve yağış verilerine uygun dağılımlar EasyFit programı aracılığı ile bulunmuştur. Uygun dağılımlar belirlendikten sonra parametrik indisler DrinC (Tigkas vd., 2014) kullanılarak ampirik indisler ise MatLAB’de Standartlaştırılmış Kuraklık Analizi Araç Kutusu (SDAT; Hao vd., 2014; Farahmand ve AghaKouchak, 2015) kullanılarak hesaplanmıştır. 1, 3, 6, 9 ve 12-aylık periyotlarda elde edilen kuraklık indislerinin her biri için kuraklıkların görülme olasılıkları Microsoft Excel ile hesaplanmıştır. Ayrıca, hesaplanan her indis için her periyotta Python’un pymannkendall (Hussain ve Mahmud, 2019) paketinin yardımı ile Mann-Kendall trend testi yapılmış ve RStudio’nun trend paketi ile sonuçlar kontrol edilmiştir. Tez kapsamında kullanılan programlar ve kullanım amaçları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1: Tez kapsamında kullanılan programlar ve kullanım amaçları.

Program	Kullanım Amacı
ArcGIS Pro	Seçilen havza ve istasyonların gösterimi.
Microsoft Excel	Verilerin düzenlenmesi. Regresyon analizi. Kuraklıkların görülme olasılıkları.
Python	Verilerin düzenlenmesi. Trend analizi.
R Studio	Trend analizi.
DrinC	Standartlaştırılmış Parametrik Yağış İndisi'nin hesaplanması Standartlaştırılmış Parametrik Akım İndisi'nin hesaplanması
MatLAB	Standartlaştırılmış Ampirik Yağış İndisi'nin hesaplanması Standartlaştırılmış Ampirik Akım İndisi'nin hesaplanması Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'nin hesaplanması

3.2 Regresyon Analizi

Mühendislik alanındaki problemlere bakıldığında, rastgele değişkenlerin aynı gözlem sırasında aldıkları değerlerin birbirlerinden istatistiksel olarak bağımsız olmadığı, değişkenler arasında bir ilişki olduğu görülür. Bu ilişki, değişkenlerin birbirlerini etkilemesinden veya başka değişkenlerden birlikte etkilenmelerinden kaynaklıdır. Bu ilişkiler fonksiyonel olmamalarına rağmen bağıntıların varlığının ortaya çıkarılması ve biçiminin belirlenmesi pratikte büyük önem taşır. Ortaya çıkarılan bu bağıntılar sayesinde bir değişkenin alacağı değer diğer değişkenlerin bilinen değerleri aracılığı ile tahmin edilebilir. Tahmin edilen değer, değişkenin alacağı gerçek değeri tam olarak

sağlamıyor olsa dahi bu değere yakın bir değer olacaktır. Regresyon analizi; iki veya daha fazla değişken arasında bir ilişki olup olmadığını belirlemek, bu ilişkiyi matematiksel olarak temsil eden bağıntıyı elde etmek ve bu bağıntı aracılığı ile tahminler yapmak amacı ile yapılan bir analizdir. Bahsi geçen matematiksel ifadelerle regresyon denklemi denir. Bir regresyon analizinde bağımlı değişken, diğer değişkenlerin bilinen değerlerinden tahmin edilen değişken olarak tanımlanabilirken; bağımsız değişken ise bilinen değerlerini regresyon denkleminde kullanarak bağımlı değişkenin istenen değerlerini elde ettiğimiz değişken olarak tanımlanabilir. Regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenlerin belirlenmesi ve regresyon denkleminin biçiminin belirlenmesi büyük önem taşır. Regresyon analizi; basit doğrusal regresyon analizi, çok değişkenli doğrusal regresyon analizi ve doğrusal olmayan regresyon analizi olarak sınıflandırılabilir. Basit doğrusal regresyon analizi, değişken sayısının iki olduğu ve bağımlı ve bağımsız değişken arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu en basit regresyon analizidir. Çok değişkenli regresyon analizi, değişken sayısının ikiden fazla olduğu ve bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğu regresyon analizidir. Doğrusal olmayan regresyon analizi ise; iki ya da daha değişkenin bulunduğu, bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrusal olmayan bir ilişkinin bulunduğu regresyon analizidir (Bayazıt ve Oğuz, 2005).

Bu tez çalışması kapsamında, akım ve yağış verilerinin eksiklikleri basit doğrusal regresyon analizi yapılarak kapatılmıştır. Basit doğrusal regresyon analizi yapılırken bağımsız değişken olarak seçilen istasyonların bağımlı değişken olan istasyonlara yakınlığı ve veri serilerinin korelasyonları dikkate alınmıştır.

Basit doğrusal regresyon analizi, mühendislik alanında sıkça kullanılan, iki değişken arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu kabul eden regresyon analizidir. Denklem 3.1’de basit doğrusal regresyon analizi için geçerli formül verilmiştir.

$$y = \alpha + \beta x + \epsilon \quad (3.1)$$

Formülde; x ve y ifadeleri sırasıyla bağımsız ve bağımlı değişkenleri temsil eder, α ifadesi sabit bir değeri temsil eder, β ifadesi regresyon katsayısını temsil eder, ϵ ifadesi ise hata terimini temsil eder. Regresyon analizi kapsamında seçilen değişkenlerin uygunluğunu kontrol etmenin bir yolu da korelasyon katsayısıdır. Korelasyon katsayısı, iki rastgele değişken arasındaki doğrusal bağımlılığı nicelendirir ve 0 ile 1

arasında değer alır. İki değişken arasındaki korelasyon katsayısı 0'dan 1'e doğru yükseldikçe değişkenlerin arasındaki doğrusal bağımlılığın artacağı söylenebilir ancak korelasyonun yüksek olması her zaman neden sonuç ilişkisine dayandırılmaz. İki değişken arasındaki korelasyon katsayısı, Denklem 3.2'deki gibi hesaplanır.

$$r_{x,y} = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (3.2)$$

3.3 Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon Yöntemi (IDW)

Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi, birbirine yakın olan nesnelerin birbirine uzak olan nesnelere göre daha benzer olduğu varsayımına dayanır. Bilinmeyen bir noktadaki verinin eldesi için bilinen noktadaki verileri ve noktalar arasındaki uzaklığı kullanır. Noktalar arasındaki uzaklığa ters orantılı olmak üzere bir ağırlıklandırma yaparak istenilen noktadaki bilinmeyen veriyi elde eder. Bu yöntem kapsamında ağırlıklar Denklem 3.3'teki gibi hesaplanır.

$$w_i(x) = \frac{1}{d(x, x_i)^p} \quad (3.3)$$

Burada d enterpolasyon yapılacak nokta ile enterpolasyonda kullanılacak olan nokta arasındaki uzaklığı temsil eder. Noktalar arasındaki uzaklık arttıkça, belirlenecek olan ağırlık azalır. Ayrıca p değerinin artması enterpolasyon yapılacak olan noktaya daha yakın olan noktaların ağırlığını artırır. Enterpolasyonda kullanılacak olan her bir nokta için ağırlıklar elde edildikten sonra enterpolasyon işlemi Denklem 3.4'teki gibi yapılır.

$$u(x) = \sum_{i=1}^N w_i x_i \quad (3.4)$$

3.4 Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI)

McKee ve diğerleri tarafından (1993) geliştirilen SPI, aylık yağış verilerini kullanarak kuraklığın incelenmesini sağlar. Dünya Meteoroloji Örgütü tarafından kuraklıkların incelenmesinde esas kuraklık indisi olarak kullanılması tavsiye edilmiştir (Hayes vd., 2011). SPI, farklı zaman dilimleri için hesaplanabilir. Seçilen zaman periyodunun her ayı için bir $SPI_{i,j,k}$ değeri; i yılı (n gözlemlenen verideki toplam yıl sayısı olmak üzere),

j yılın ayını ve k zaman dilimini gösterecek şekilde hesaplanır. SPI'nin hesaplanmasında aylık yağış verileri kullanıldığından, SPI_k serisinin uzunluğu N = n x 12 – (k-1) değerini alır. N ay uzunluğundaki yağış serisinin k-ay zaman ölçeğindeki SPI'sini hesaplayabilmek için k-ay yağış değerlerinin toplamı dikkate alınır. Belirli j ayındaki SPI_k, j ayının aylık yağışına j ayından önceki k-1 ayın toplam yağışının eklenmesi aracılığıyla hesaplanır. Bu işlem, N – k + 1 kez tekrarlanarak k aylık zaman ölçeğinde N-k+1 aylık yağış serisi elde edilir. k = 1 ay için SPI değerleri Denklem 3.5'teki gibi hesaplanabilir (Aksoy vd., 2018a).

$$SPI_{i,j} = \frac{x_{i,j} - \mu_j}{\sigma_j} \quad (3.5)$$

Ortaya atılan yöntemde, yağışın genel olarak normal dağılıma uygun olmaması nedeniyle, uzun vadeli yağış verilerinin Gamma dağılımına uygun hale getirilip standart normal dağılıma dönüştürülmesi ile kuraklığı nicelendirir (McKee vd., 1993). Olasılığın yağış ile ilişkisini belirlemek amacıyla veri serilerinin her biri Gamma fonksiyonuna uyarlanır (Aksoy, 2000). Denklem 3.6'da iki parametrelili Gamma fonksiyonunun olasılık dağılımı verilmiştir.

$$g(x) = \frac{x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\Gamma(\alpha) \beta^{\alpha}} \quad (3.6)$$

Denklem 3.6'da α şekil parametresini, β ölçek parametresini, x yağış verisini, $\Gamma(\alpha)$ ise α 'daki gamma fonksiyonunu temsil etmektedir. Tahmini parametreler yardımı ile belirli bir ay ve zaman ölçeği için gözlemlenen yağışın olasılık dağılım fonksiyonu elde edilebilir. Denklem 3.7'deki g(x) fonksiyonunun 0 ile x sınırlarında entegre edilmesiyle kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu G(x) elde edilir.

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \int_0^x \frac{x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}}{\Gamma(\alpha) \beta^{\alpha}} dx \quad (3.7)$$

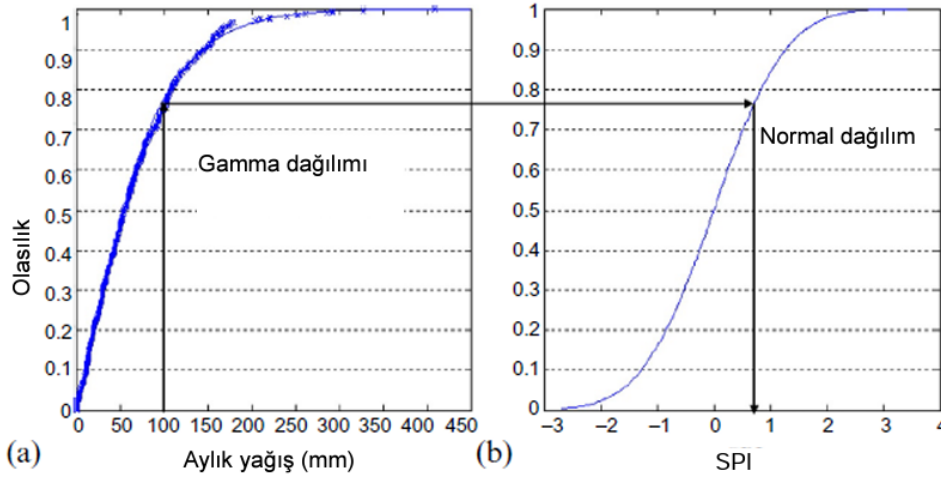
α , β ve A sırasıyla Denklem 3.8, Denklem 3.9 ve Denklem 3.10'da gösterilmiştir.

$$\alpha = \frac{1}{4} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right) \quad (3.8)$$

$$\beta = \frac{x}{\alpha} \quad (3.9)$$

$$A = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3.10)$$

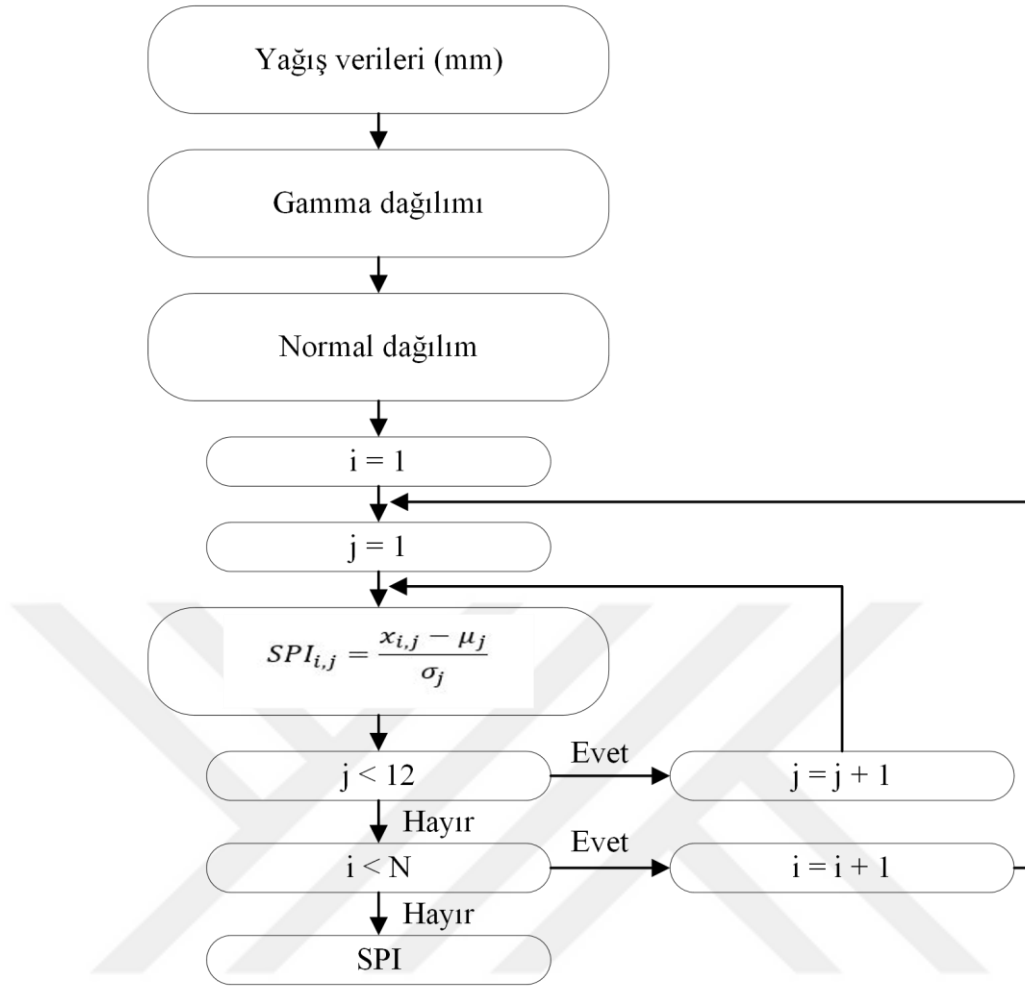
Denklemlerdeki n yağış serisindeki gözlem sayısını, $\bar{x}$ ise yağış verilerinin ortalamasını ifade eder. SPI değerleri, Gamma olasılık dağılım fonksiyonu yardımı ile hesaplanan olasılık değerleri normal dağılım fonksiyonunun tersine sokularak hesaplanır (Aksoy vd., 2018a). SPI, Şekil 3.2’de gamma olasılık dağılımından SPI değerlerinin elde edilmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.2: Gamma dağılımının standart normal dağılıma dönüştürülmesi (Aksoy vd., 2018a).

Şekil 3.2’de gösterildiği üzere SPI değerleri, Gamma kümülatif dağılım fonksiyonundan elde edilen olasılık değerlerinin ortalaması 0 standart sapması 1 olan standartlaştırılmış normal dağılımın tersine sokulması ile elde edilir.

Şekil 3.3’te SPI’nin hesaplanmasında izlenen adımlar gösterilmiştir.



Şekil 3.3: SPI'nin hesaplanma adımları.

Çizelge 3.2'de McKee ve diğerlerine (1993) göre SPI'nin sınıflandırılması gösterilmiştir.

Çizelge 3.2: McKee ve diğerlerine (1993) göre SPI'nin sınıflandırılması.

SPI Değeri	Sınıf
$SPI \geq 2.0$	Aşırı Islak
$1.50 < SPI \leq 2.00$	Şiddetli Islak
$1.00 < SPI \leq 1.50$	Orta Islak
$-1.00 < SPI \leq 1.00$	Normale Yakın
$-1.50 < SPI \leq -1.00$	Orta Kuru
$-2.00 < SPI \leq -1.50$	Şiddetli Kuru
$SPI < -2.00$	Aşırı Kuru

3.5 Standartlaştırılmış Akım İndisi (SSFI)

SSFI, en yaygın indislerden biri olan ve McKee ve diğerleri (1993) tarafından ortaya konulan SPI'ne istatistiksel olarak benzerdir. Belirli bir dönem için SSFI, akımın,

ortalamasından farkının standart sapmasına bölünmesi ile elde edilir. Denklem 3.11’de SSFI’nin formülü verilmiştir (McKee vd., 1993).

$$SSFI = \frac{F_i - \bar{F}}{\sigma} \quad (3.11)$$

Denklem 3.9’da F_i , i zaman aralığındaki debiyi, $\bar{F}$ veri serisinin ortalamasını ve σ veri serisinin standart sapmasını gösterir. Aylık yağış verileri için SSFI’nin hesaplanması için gerekli denklemler Denklem 3.12, Denklem 3.13 ve Denklem 3.14’te verilmiştir.

$$SSFI_{\tau} = \frac{F_{v\tau} - \bar{F}_{\tau}}{\sigma_{\tau}} \quad (3.12)$$

$$\bar{F}_{\tau} = \frac{1}{n} \sum_{v=1}^n F_{v,\tau}, \quad \tau = 1, \dots, \omega \quad (3.13)$$

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{v=1}^n (F_{v,\tau} - \bar{F}_{\tau})^2} \quad (3.14)$$

Verilen denklemlerde; v yılı, τ yıl içindeki aralığı, $\bar{F}_{\tau}$ ortalamayı, σ_{τ} ise τ ayı için standart sapmayı göstermektedir ve ω değeri 12’dir.

3.6 Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi (MSDI)

MSDI, ilk olarak Hao ve AghaKouchak (2014) tarafından, tek değişkenli indislerin karmaşık bir yapıya sahip olan kuraklığı tanımlamakta yeterli olamayacağı düşüncesi ile ortaya atılmıştır. MSDI, Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile Standartlaştırılmış Zemin Nemi İndisi’nin olasılıksal olarak birleştirilmesiyle yani kuraklığı karakterize ederken meteorolojik ve tarımsal kuraklık koşullarını içerir. Kopula fonksiyonları, marjinal dağılımlarına bakılmaksızın iki veya daha fazla değişkenin bileşik dağılımını elde etmek için kullanılabilirler. Yağış ve zemin nemi değişkenleri sırası ile X ve Y olarak alırsak, kümülatif bileşik olasılık p Denklem 3.15’deki gibi ifade edilebilir.

$$P(X \leq x, Y \leq y) = C[F(X), G(Y)] = p \quad (3.15)$$

Denklem 3.13’te, C kopulayı, $F(X)$ ve $G(Y)$ sırasıyla X ve Y ’nin marjinal kümülatif dağılım fonksiyonlarını temsil eder. Çok değişkenli verilerin bağımlılık yapılarının modellenmesinde Kopula fonksiyonlarının kullanımı hidrolojik ve klimatolojik

çalışmalarda popüler hale gelmiştir (Favre vd., 2004; AghaKouchak vd., 2010; Genest vd., 2007;). Frank Kopula, Denklem 3.16'daki gibi tanımlanabilir.

$$C(u, v) = -\frac{1}{\theta} \ln \left[1 + \frac{(e^{-\theta u} - 1)(e^{-\theta v} - 1)}{e^{-\theta} - 1} \right] \quad (3.16)$$

Denklem 3.16'da θ parametreyi, u ve v ise yağışın ve zemin neminin marjinal kümülatif olasılıklarını temsil etmektedir. Parametre θ , Kendall sıra korelasyon katsayısı τ ile Denklem 3.17'deki gibi tahmin edilebilir (Genest ve Favre, 2007).

$$\tau = 1 + \frac{4[D(\theta) - 1]}{\theta} \quad (3.17)$$

$$D(\theta) = \frac{1}{\theta} \int_0^\theta \frac{t}{\exp(t) - 1} dt \quad (3.18)$$

Denklem 3.15'te verilen kümülatif bileşik olasılık p 'ye bağlı olarak MSDI, Denklem 3.19'daki gibi tanımlanabilir.

$$MSDI = \phi^{-1}(p) \quad (3.19)$$

Burada ϕ , standart normal dağılım fonksiyonudur. Denklem 3.19 ile bileşik olasılık MSDI'ne dönüştürülür.

Bu çalışma kapsamında MSDI'nin ampirik muadili MSDIe kullanılmıştır. MSDI ile benzer şekilde Hao ve AghaKouchak (2014) tarafından ortaya çıkan MSDIe, dağılım ile ilgili varsayımlarda bulunmaktan kaçınmak ve parametrik dağılımların uydurulmasındaki hesaplama yükünü hafifletmek amacı ile ampirik bileşik dağılım konseptine bağlı olarak geliştirilmiştir. Yağış ve zemin nemi değişkenlerine sırası ile X ve Y dersek, iki değişkenin bileşik dağılımı Denklem 3.20'deki gibi ifade edilebilir.

$$P(X \leq x, Y \leq y) = p \quad (3.20)$$

Burada p , yağış ve zemin neminin bileşik olasılığıdır. MSDIe, bileşik olasılık p 'ye göre Denklem 3.21'deki gibi tanımlanabilir.

$$MSDIe = \phi^{-1}(p) \quad 3.21$$

Bileşik olasılık p 'nin ampirik olarak eldesinde iki değişkenli Gringorten noktalama pozisyonu formülü kullanılabilir (Gringorten, 1963). Denklem 3.22'de iki değişkenli Gringorten noktalama pozisyonu formülü verilmiştir.

$$P(x_k, y_k) = \frac{m_k - 0.44}{n + 0.12} \quad (3.22)$$

Burada n , toplam gözlem sayısını; m_k ise (x_i, y_i) çifti için $x_i \leq x_k$ ve $y_i \leq y_k$ ($1 \leq i \leq n$) şartlarının sağlandığı miktardır.

Denklem 3.22'den bileşik olasılık elde edildikten sonra Denklem 3.21'de yerine konularak MSDİe'nin eldesi sağlanır.

3.7 Verilerin Dağılımı

Akım ve yağış verilerine bakıldığında genel olarak normal dağılımı takip etmedikleri görülmektedir. Bu sebeptendir ki kuraklık analizinde, akım ve yağış veri serileri için ayrı ayrı olmak üzere uygun dağılımlar hesaplanmalıdır. Akım verilerine genel olarak uygunluğu ile Log-normal dağılım ortaya çıkarken Gamma dağılımının yağış verileri için daha uygun olduğu bilinmektedir.

Bu çalışma kapsamında hesaplanan parametrik indisler için akım ve yağış verilerine uygun dağılımların bulunması gerekmektedir. Parametrik indislerin hesaplanması kapsamında kullanılan program sadece Log-normal ve Gamma dağılımlarını içerdüğinden, akım ve yağış değerleri bu dağılımlar için değerlendirilmiştir.

Mühendislik çalışmalarında genellikle, normal dağılmış olmayan veri serilerinin uygun bir dönüşüm ile normal dağılıma dönüştürülmesi hedeflenir. Bu dönüşümün sağlanması için en sık kullanılan yöntemlerden biri de logaritmik dönüşümdür. Log-normal olasılık dağılımı Denklem 3.23'te gösterilmiştir (Bayazıt ve Oğuz, 2005).

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.23)$$

Denklem 3.21'de μ ortalama değeri, σ standart sapmayı ifade etmektedir.

Pratikte çokça kullanılan bir diğer olasılık dağılımı ise Gamma dağılımıdır. İki parametrelili Gamma olasılık dağılım fonksiyonu Denklem 3.24'te gösterilmiştir.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad x > 0 \quad (3.24)$$

Denklem 3.22'de α şekil parametresini ve β ölçek parametresini temsil etmektedir. α 'nın pozitif bir tam sayı olması halinde Denklem 3.25'teki gibi tanımlanır.

$$\Gamma(\alpha) = (\alpha - 1)! \quad (3.25)$$

Bu çalışma kapsamında akım ve yağış verilerinin dağılımlara uygunluğu belirlenirken Kolmogorov Smirnov ve Anderson-Darling uygunluk testleri kullanılmıştır.

3.7.1 Kolmogorov Smirnov (K-S) uygunluk testi

Uyum iyiliği testleri genellikle bilinmeyen bir dağılımdan gelen rastgele bir veri setinin belirli bir teorik dağılıma uygunluğunu ölçen istatistiksel testlerdir. Kolmogorov-Smirnov testi, bir veri setinin teorik bir dağılım ile arasındaki uyumun ölçülmesini veya iki veri seti arasındaki olasılık dağılımlarının uyumunun ölçülmesini sağlar. Çalışma kapsamında kullanılan tek örneklem Kolmogorov Smirnov testi Denklem 3.26'da formüle edilmiştir.

$$D(n) = \sup_x |F_n(x) - F(x)| \quad (3.26)$$

Denklem 3.26'da $F_n(x)$ ampirik dağılım fonksiyonunu, $F(x)$ kümülatif dağılım fonksiyonunu, $\sup_x$ mesafelerin en büyük üst sınırını ifade eder.

3.7.2 Anderson-Darling uygunluk testi

Kolmogorov Smirnov gibi Anderson-Darling de bir veri setinin teorik bir dağılım ile arasındaki uyumun ölçülmesi için kullanılır (Anderson ve Darling, 1952). Anderson-Darling testi hesaplanırken kullanılan formül Denklem 3.27'de verilmiştir.

$$A^2 = -n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [2i - 1] [\ln(F(Y_i)) + \ln(1 - F(Y_{n+1-i}))] \quad (3.27)$$

Denklem 3.27'de A^2 Anderson-Darling test istatistiğini, n veri setinin büyüklüğünü, Y_i sıralanmış veri setinin i -inci elemanını, $F(Y_i)$ sıralanmış veri setinin i -inci elemanının bir teorik dağılımın kümülatif fonksiyonunda yerini ifade eder.

3.8 Trend Testi

Trend testleri, bir veri serisinde zaman içerisinde önemli bir eğilim veya kalıp olup olmadığını bulmaya çalışan istatistiksel testlerdir. Genellikle veri serisinde sistematik veya anlamlı bir değişiklik olup olmadığını anlamaya çalışırlar. Mann-Kendall trend testi, parametrik olmayan bir trend testi olup bir zaman serisinde pozitif veya negatif bir trend olup olmadığını araştıran istatistiksel bir testtir. Özellikle normallik veya lineerlik varsayımlarının karşılanamadığı veri setlerinin analizinde önem kazanan bu

test, hidroloji ve klimatoloji gibi alanlarda sıkça kullanılmaktadır. Mann-Kendall trend testine göre H_0 hipotezi trend olmadığını kabul eder (Bayazıt, 1996).

Testin uygulanacağı zaman serisinde x_i, x_j çiftleri iki gruba ayrılır. $i < j$ için $x_i < x_j$ şartını sağlayan çiftlerin sayısı P ile gösterilirken, $x_i > x_j$ olan çiftlerin sayısı ise M ile gösterilirse test istatistiği S Denklem 3.28'deki gibi tanımlanabilir.

$$S = P - M \quad (3.28)$$

$n > 10$ için Kendall korelasyon katsayısı şöyle tanımlanabilir:

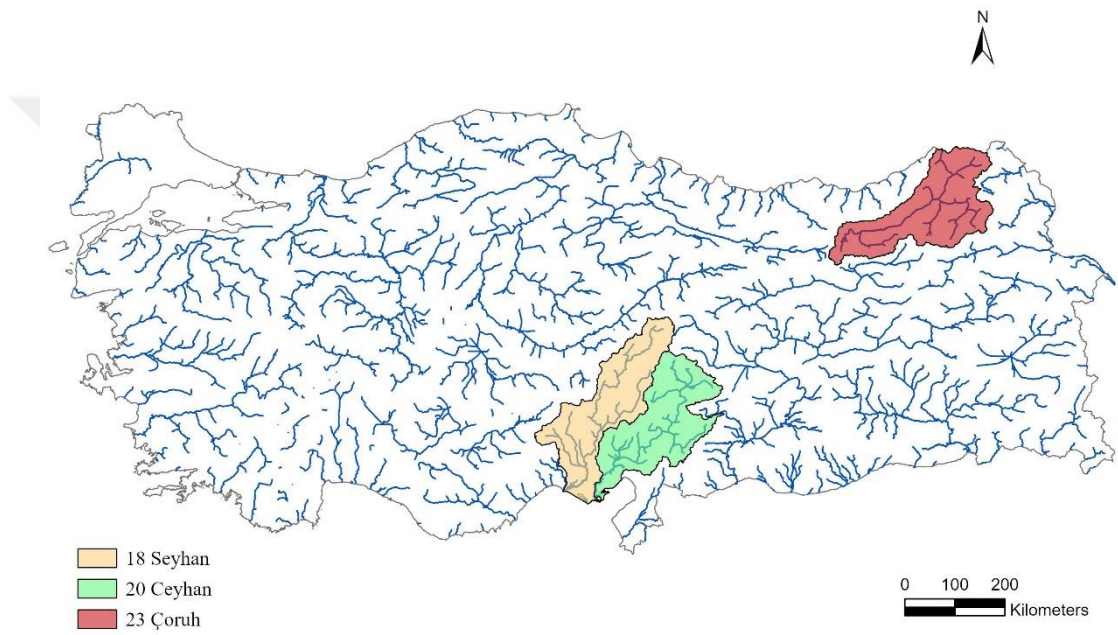
$$\mu_s = 0 \quad \sigma_s = \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}} \quad (3.29)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sigma_s} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sigma_s} & S < 0 \end{cases} \quad (3.30)$$

Formül 3.30'da hesaplanan Z değeri, normal dağılımda α anlamlılık düzeyine göre hesaplanan $Z_{\alpha/2}$ değerinden mutlak değer olarak küçük ise H_0 hipotezi kabul edilir yani trend yoktur. Eğer hesaplanan Z değeri, normal dağılımda α önem derecesine göre hesaplanan $Z_{\alpha/2}$ değerinden mutlak değer olarak büyük ise H_0 hipotezi reddedilir yani trend vardır. H_0 hipotezi reddedilmiş ve S değeri pozitif ise artan yönde trend olduğu, H_0 hipotezi reddedilmiş ve S değeri negatif ise azalan yönde trend olduğu sonucuna varılır (Bayazıt ve Önöz, 2005).

4. ÇALIŞMA ALANI

Tez çalışması kapsamında Çoruh, Seyhan ve Ceyhan havzalarında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi, Standartlaştırılmış Akım İndeksi ve Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndeksi kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Şekil 4.1’de seçilen havzaların Türkiye su kaynakları haritası üzerinde gösterimi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan kuraklık indeksleri için gerekli olan yağış ve akım verileri sırası ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sağlanmıştır.

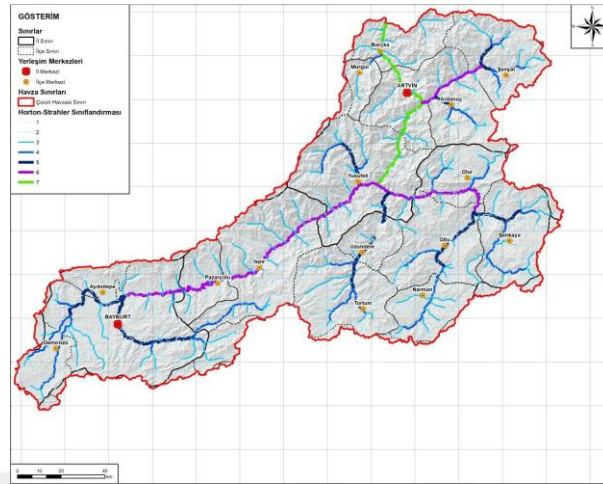


Şekil 4.1: Çalışmada kullanılan havzalar.

4.1 Çoruh Havzası

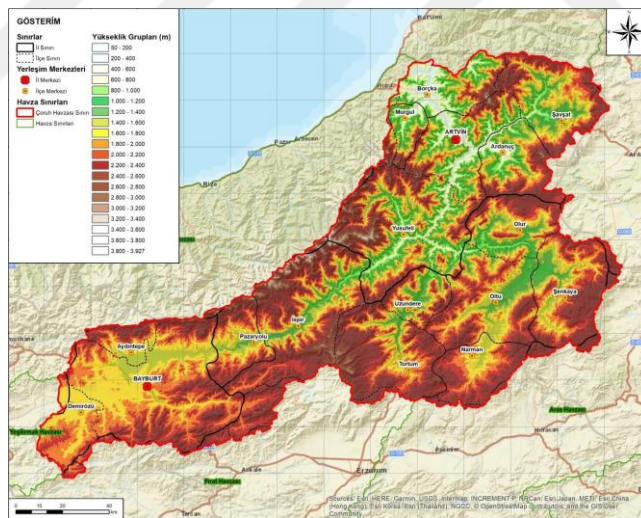
Çoruh havzası, Türkiye’deki 25 akarsu havzasından 23’üncüsü olup, Türkiye’nin Kuzeydoğu Anadolu Bölgesi’nde 39°52’ ve 41°32’ kuzey enlemleri ve 39°40’ ve 42°35’ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzanın yüz ölçümü 20.265,48 km² olup ismini havza içerisinde kalan ve kaynağı Mescit dağları olan Çoruh Nehri’nden almaktadır. Ana kol uzunluğu yaklaşık olarak 296 km olan Çoruh Nehri, Gürcistan’ın Batum şehrinde Karadeniz’e dökülmektedir. Çoruh Nehri’nin üç büyük kolu; Oltu Çayı, Berta Suyu ve Barhal Çayı’dır. Erzurum ilinden gelen ve Kaynağı Kargapazarı Dağları olan Oltu Çayı, yaklaşık 4.900 km² yağış alanı ile Çoruh Havzası’nın %25’lik

kısmına denk gelmektedir (Fakıoğlu ve Kağnıcıoğlu, 2009). Çoruh Nehri ve kolları Şekil 4.2’de görülmektedir.



Şekil 4.2: Çoruh Nehri ve kolları (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2020, p. 2-60).

Havzadaki en düşük rakım 550 m, en yüksek rakım ise 3.397 m’dir. Çoruh Havzası Topografik Haritası Şekil 4.3’teki gibidir.



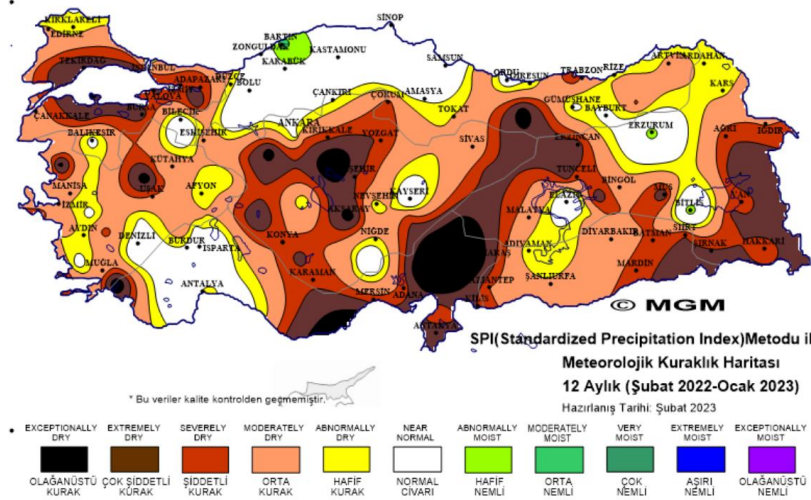
Şekil 4.3: Çoruh Havzası topografik haritası (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2020, p. 2-18).

Havza, başta Erzurum, Artvin, Bayburt olmak üzere Kars, Erzincan, Gümüşhane, Rize, Ardahan ve Trabzon illerinin belirli kısımlarını içerisinde bulundurmaktadır. Havzanın içerisinde kalan illerin alanının havzanın alanına oranı Çizelge 4.1'deki gibidir.

Çizelge 4.1: Havzanın illere göre dağılımı.

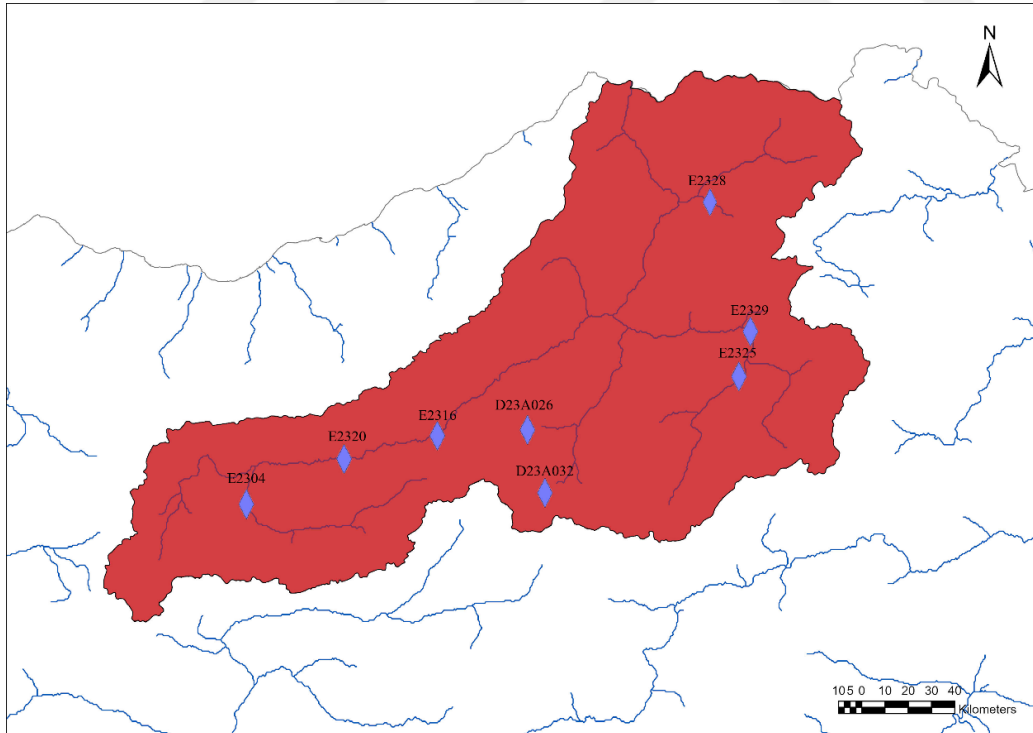
İller	Havzanın İllere Göre Dağılımı (%)
Ardahan	0.33
Artvin	32.92
Bayburt	17.72
Erzincan	0.44
Erzurum	47.26
Gümüşhane	0.39
Kars	0.58
Rize	0.35
Trabzon	0.01

Çoruh Havzası'nın büyük bir kısmı tarım arazisi olarak kullanılmakta olup tarım arazileri havzanın yaklaşık olarak %15,03'ünü oluşturmaktadır. Çoruh Havzası'nı oluşturan illerin büyük bir çoğunluğunda tarımın önemli yeri vardır. Tarım gibi hayvancılık da Çoruh Havzası'nda büyük bir öneme sahiptir. Havzanın büyük bir çoğunluğunu oluşturan Erzurum, Bayburt ve Artvin illerinde sırasıyla büyükbaş hayvancılık, büyükbaş ve küçükbaş hayvancılık ve arıcılık bölge halkı için önemli bir gelir kaynağıdır. Çoruh Havzası, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgesi arasında kaldığı için geçiş bölgesi iklim özelliklerini taşımaktadır. Havza içerisinde toplamda 31 adet meteoroloji gözlem istasyonu bulunmaktadır, bunların bir kısmı geçtiğimiz yıllar içerisinde kapanmış olup yerlerine yeni otomatik meteoroloji gözlem istasyonları (OMGİ) yapılmaktadır. Havzanın yağış ortalamaları kıyıda bulunan Doğu Karadeniz Havzasına göre oldukça düşüktür. Havzada bulunan istasyonlara bakıldığında, havzanın uzun yıllara ait aylık ve yıllık ortalama sıcaklığının 9,4°C olduğu görülmüştür. Aynı zamanda havzadaki en düşük ve en yüksek sıcaklıkların sırasıyla Kırık ve Ardauç meteoroloji gözlem istasyonlarında -35,7°C ve 45,5°C olduğu gözlemlenmiştir (SGYM, 2019). Şekil 4.4'teki Türkiye Kuraklık Haritası'na bakıldığında 2022 yılı için havzanın bazı bölgeleri normal civarı iken diğer bölgelerde hafif ve orta kuraklık gözükmemektedir.



Şekil 4.4: SPI-12 ile Türkiye Meteorolojik Kuraklık Haritası [2].

Çalışma kapsamında, Çoruh Havzası içerisinde 2'si Devlet Su İşleri (DSİ)'ne 6'sı Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait olmak üzere toplamda 8 adet Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) seçilmiştir. Bu istasyonlar; D23A26, D23A32, E2304, E2316, E2320, E2325, E2328, E2329 istasyonlarıdır. İstasyonların konumları Çoruh Havza'sı üzerinde Şekil 4.5'te gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Çoruh Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonları.

Seçilen istasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

D23A26 Büyükçay Uzun Kavak istasyonu, Erzurum Artvin yolunun 70 kilometre ilerisinden sola ayrılan yolun 27 kilometre ilerisindeki Serdarlı bölgesindedir. İstasyonda 1979'dan 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 35 yıllık ortalama akım değeri $1.990 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

D23A32 Tepe D. Yelli Tepe istasyonu, Erzurum Artvin yolunun 55 kilometre ilerisinden sola ayrılan yolun 17 kilometre ilerisindeki. İstasyonda 1985'ten 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 29 yıllık ortalama akım değeri $2.017 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E2304 Çoruh Nehri – Bayburt istasyonu, Bayburt ili merkez ilçesinde bulunmaktadır. İstasyonda 1941'den 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 67 yıllık ortalama akım değeri $15.4 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E2316 Çoruh Nehri – İspir Köprüsü istasyonu, Erzurum – İspir kara yolu üzerinde İspir'e 5 kilometre uzaklıkta Çoruh Nehri üzerindeki köprünün yaklaşık 40 metre membasındadır. İstasyonda 1964'ten 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 47 yıllık ortalama akım değeri $39.6 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E2320 Çoruh Nehri – Laleli istasyonu, Bayburt ili Bayburt – İspir kara yolunun 53'üncü kilometresindeki Laleli köyünün 2 kilometre aşağısındadır. İstasyonda 1970'ten 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 39 yıllık ortalama akım değeri $28.8 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E2325 Oltu Suyu – Aşağı Kumlu istasyonu, Erzurum ili Oltu – Göle kara yolunun 16'ncı kilometresindeki Aşağı Kumlu Mahallesi yakınındadır. İstasyonda 1973'ten 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 37 yıllık ortalama akım değeri $7.38 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

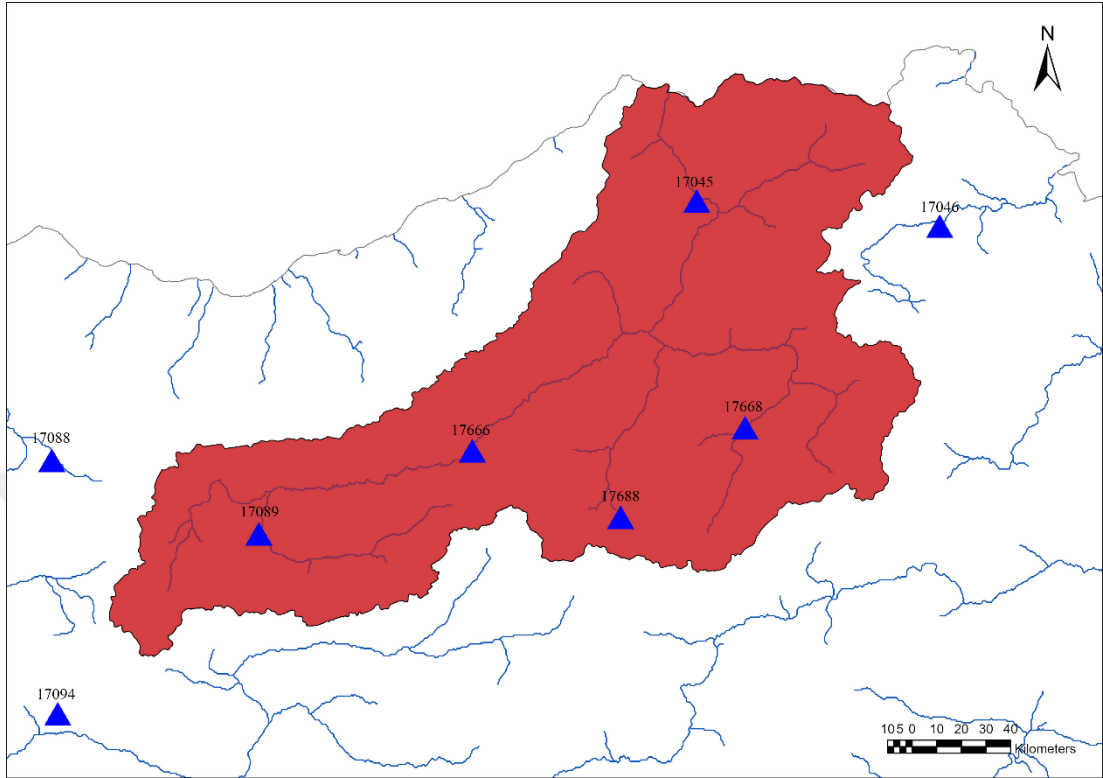
E2328 Ardanuç Deresi – Ferhatlı istasyonu, Artvin Ardanuç kara yolunun yaklaşık 30. km'sinden Ferhatlı köyüne ayrılan yolun 250 metre altındaki köprüde bulunur. İstasyonda 1981'den 2008'e kadar gözlem yapılmıştır. 26 yıllık ortalama akım değeri $6.08 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E2329 Oltu Suyu – Coşkunlar istasyonu, Erzurum ili Oltu – Ardahan kara yolunun 20'nci kilometresinden Olur ilçesine ayrılan yolun 19'uncu kilometresindeki Coşkunlar köyü içindeki köprüdedir. İstasyonda 1981'den 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 30 yıllık ortalama akım değeri $17.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ 'dir.

Çizelge 4.2: Çoruh Havzası akım gözlem istasyonları.

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Ortak Yıllar	Yaklaşık Yükselti(m)	Yağış Alanı(km ²)	Konum	Gözlem Aralığı
D23A26	Büyük Çay Uzun Kavak	1989-2011	1850	110	41°14'52" D - 40°28'40" K	1979-2015
D23A32	Tepe D. Yelli Tepe	1989-2011	1740	153.5	41°22'50" D - 40°17'33" K	1985-2015
E2304	Çoruh Nehri - Bayburt	1989-2011	1545	1734	40°13'36" D - 40°15'32" K	1941-2011
E2316	Çoruh Nehri - İspir Köprüsü	1989-2011	1170	5505.2	40°57'53" D - 40°27'37" K	1964-2011
E2320	Çoruh Nehri - Laleli	1989-2011	1365	4759.2	40°36'16" D - 40°23'31" K	1970-2011
E2325	Oltu Suyu - Aşağı Kumlu Ardanuç	1989-2011	1762	1129	42°07'48" D - 40°38'02" K	1973-2011
E2328	Deresi - Ferhatlı	1989-2011	365	546.8	42°01'05" D - 41°08'31" K	1981-2011
E2329	Oltu Suyu - Coşkunlar	1989-2011	1004	3518.5	42°10'28" D - 40°45'55" K	1981-2011

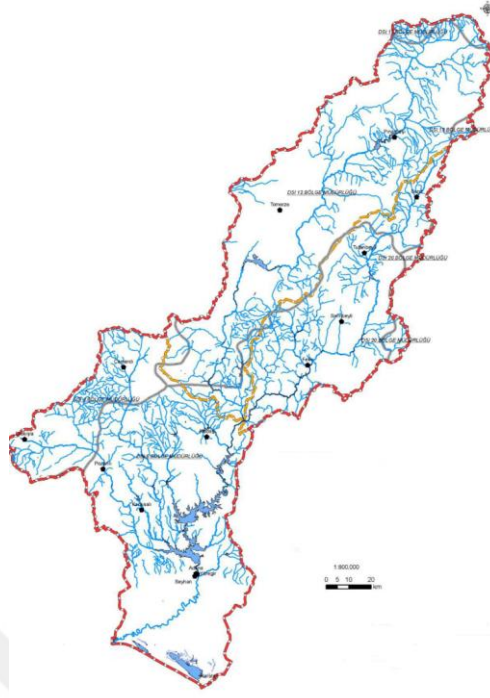
Çoruh Havzası için çalışmada kullanılan Meteoroloji Gözlem İstasyonları Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Çoruh Havzası meteoroloji gözlem istasyonları.

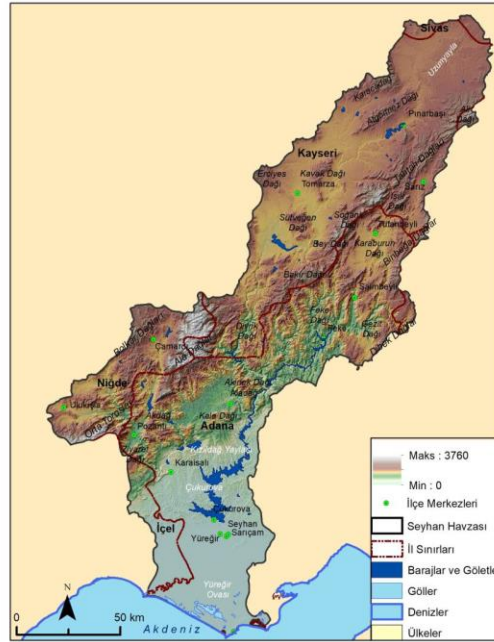
4.2 Seyhan Havzası

Seyhan Havzası; Seyhan Nehri ve kollarının su toplama alanlarını içerisinde bulunduran, yukarı bölümü İç Anadolu’da, orta ve aşağı bölümleri Akdeniz Bölgesi’nde yer alan, $36^{\circ}30'$ ile $39^{\circ}15'$ kuzey enlemleri ve $34^{\circ}45'$ ile $37^{\circ}00'$ doğu boylamları arasında yer alan, Türkiye’nin 18’inci havzasıdır. Havza, 22.042 kilometrekarelik yüz ölçümü ile Türkiye’nin yaklaşık olarak %2,82’sini kaplamaktadır (Özfidaner ve diğ., 2018). Havza, ismini içerisinde kalan ve yaklaşık olarak 560 kilometre uzunluğa sahip olan Seyhan Nehri’nden almaktadır. Seyhan Nehri’nin Zamanti ve Göksu olmak üzere iki önemli kolu bulunmaktadır. Şekil 4.7’de Seyhan Nehri ve kolları görülmektedir.



Şekil 4.7: Seyhan Nehri ve kolları (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2016, p. 8).

Havza, genel olarak dağlık görünüme sahip olup güneyde sıfır kotundan kuzeyde Toros dağlarının 3.500 metrelik yükseltilerine kadar uzanmaktadır. Şekil 4.8'de Seyhan Havzası fiziki haritası görülmektedir.



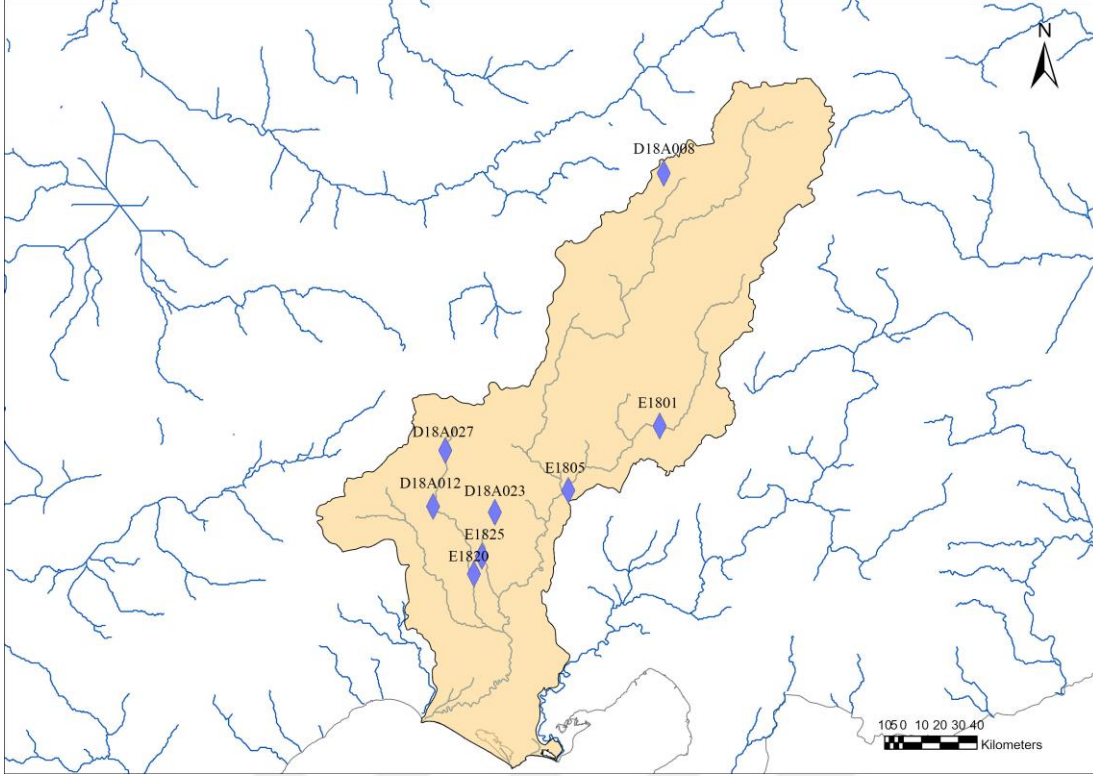
Şekil 4.8: Seyhan Havzası fiziki haritası (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2019b, p. 2-5).

Havza, sınırları içerisinde havzaya giren alan oranına göre sırasıyla Adana, Kayseri, Niğde, Mersin, Kahramanmaraş ve Sivas illerini bulundurmaktadır. Seyhan Havzası'nın illere göre dağılımı Çizelge 4.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3: Seyhan Havzası'nın illere göre dağılımı

İller	Havzanın İllere Göre Dağılımı (%)
Adana	45,48
Kayseri	39,21
Niğde	9,93
Mersin	2,95
Kahramanmaraş	0,96
Sivas	1,47

Havzada toplam tarım alanları havza alanının yaklaşık olarak %41'ine denk gelmektedir. Tarım, bölge halkı istihdamının yaklaşık olarak %26'sını oluşturmakta olup bölge halkı için önemli bir geçim kaynağıdır. Bölge halkı istihdamında sanayi ve hizmet sektörleri de sırasıyla %23 ve %51 oranında rol oynamaktadır. Seyhan Havzası'ndaki meteoroloji gözlem istasyonlarına bakıldığında yıllık toplam yağış ortalaması olarak en yüksek yağış Karisali istasyonunda gözükürken, en düşük yağış Ulukışla istasyonunda görülmüştür. Havza içerisindeki Meteoroloji Gözlem İstasyonları'nın uzun dönem yıllık yağış ortalaması 531,4 milimetredir (SYGM, 2019). Şekil 4.4'teki Türkiye Kuraklık Haritası'na bakıldığında 2022 yılı için havzanın bazı bölgeleri çok şiddetli kuraklık gösterirken bazı bölgelerinde ise orta kuraklık gözükmektedir. Çalışma kapsamında, Seyhan Havzası içerisinde 3 tanesi Devlet Su İşleri (DSİ)'ne 5 tanesi Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait olmak üzere toplamda 8 adet Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) seçilmiştir. Bu istasyonlar; D18A008, D18A012, D18A023, D18A027, E1801, E1805, E1820, E1825 istasyonlarıdır. İstasyonların konumları Seyhan Havza'sı üzerinde Şekil 4.9'de gösterilmiştir. İstasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.4'te verilmiştir.



Şekil 4.9: Seyhan Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonları.

D18A008 Tacin Suyu Tacin istasyonu, Bünyan Pınarbaşı yolunun 12. kilometresinden sola ayrılan yolun 12. kilometresindeki Tacin köyündedir. İstasyonda, 1964'den 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 49 yıllık ortalama akım değeri $1.014\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

D18A012 Körkün Suyu Kamışlı istasyonu, Adana ili Pozantı ilçesindeki Kamışlı köyünde Körkün Çayı üzerinde bulunmaktadır. İstasyonda, 1970'ten 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 44 yıllık ortalama akım değeri $6.325\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

D18A023 Yağdeğleme Çayı Yeniköy istasyonu, Aladağ ilçesi Posormanları mevkiinde Yeniköy'e gelmeden önceki köprüde bulunmaktadır. İstasyonda, 1985'ten 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 30 yıllık ortalama akım değeri $0.367\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

D18A027 Ecemiş Çayı Elekgölü istasyonu, Niğde Çamardı Adana karayolunun 11'inci kilometresinden sola döndükten sonra 150 metre ilerideki Elekköyü köprüsündedir. İstasyonda, 1986'dan 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 28 yıllık ortalama akım değeri $3.252\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E1801 Göksu – Himmetli istasyonu, Adana ili Kozan – Saimbeyli karayolunda Himmetli köyündedir. İstasyonda, 1935'ten 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 76 yıllık ortalama akım değeri $29.4\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E1805 Göksu – Gökdere istasyonu, Adana ili Kozan ilçesinin 46 kilometre kuzeybatısında Gökdere Köprüsü'nün 50 metre membasındadır. İstasyonda, 1938'den 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 71 yıllık ortalama akım değeri $57.7\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E1820 Körkün Suyu – Hacılı Köprüsü istasyonu, Adana ili Karaisalı ilçesinin 12 kilometre kuzeydoğusundaki Hacılı köyü köprüsündedir. İstasyonda, 1968'den 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 43 yıllık ortalama akım değeri $12.7\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

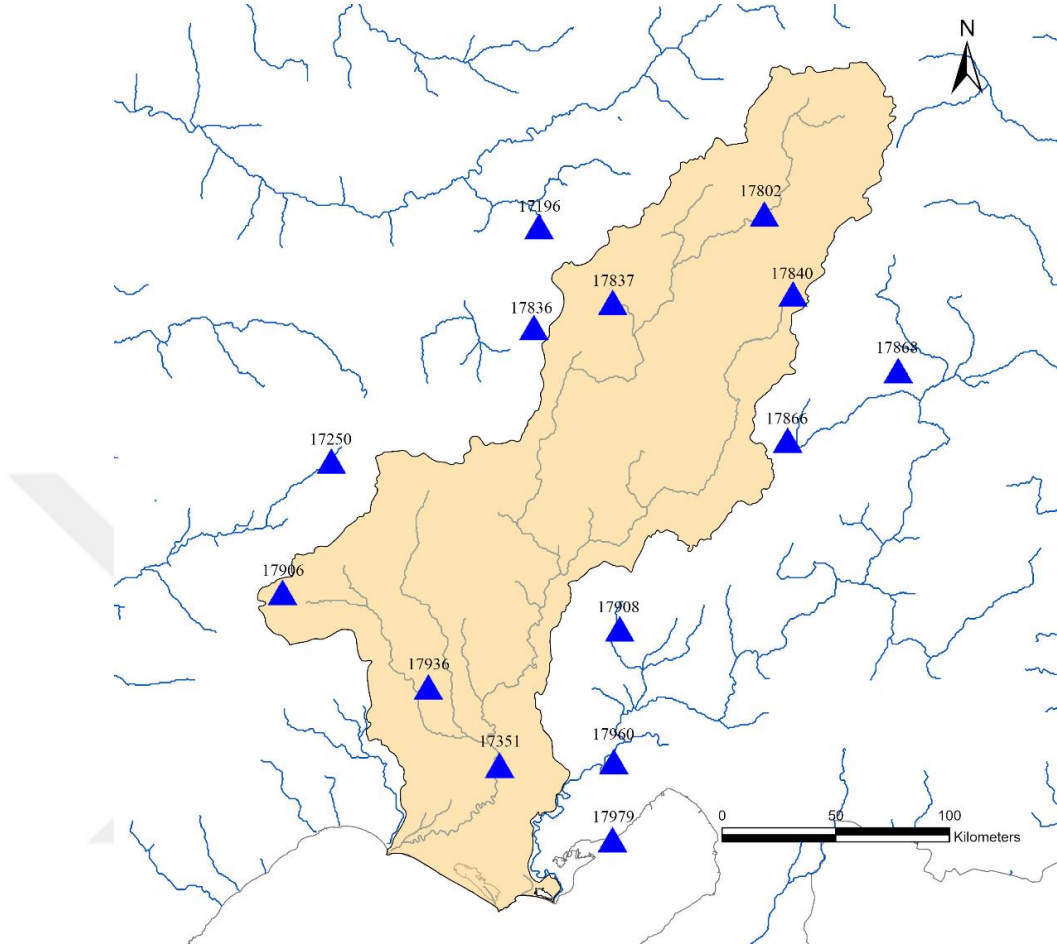
E1825 Eğlence Deresi Eğribük istasyonu, Adana ili Karaisalı ilçesinin Boztahta köyü Köpekli Mahallesi'nin 2.5 kilometre güneyinde Eğlence Deresi üzerindedir. İstasyonda, 1986'dan 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 24 yıllık ortalama akım değeri $8.20\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.



Çizelge 4.4: Seyhan Havzası akım gözlem istasyonları.

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Ortak Yıllar	Yaklaşık Yükselti(m)	Yağış Alanı(km ²)	Konum	Gözlem Aralığı
D18A008	Tacin Suyu Tacin	1989-2011	1536	9,9	36°4'44" D - 38°49'52" K	1964-2015
D18A012	Körkün Suyu Kamışlı	1989-2011	1094	1065	34°57'25" D - 37°33'0" K	1970-2015
D18A023	Yağdeğleme Ç.Yeniköy	1989-2011	870	23,5	35°15'24" D - 37°32'2" K	1985-2015
D18A027	Ecemiş Ç. Elekgölü	1989-2011	1550	1833	35°0'56" D - 37°46'21" K	1986-2015
E1801	Göksu - Himmetli	1989-2011	665	2596,8	36°03'32" D - 37°51'59" K	1935-2011
E1805	Göksu - Gökdere	1989-2011	312	4242,8	35°36'52" D - 37°37'07" K	1938-2011
E1820	Körkün Suyu - Hacılı Köprüsü	1989-2011	167	1440,8	35°09'17" D - 37°17'44" K	1968-2011
E1825	Eğlence Deresi Eğribük	1989-2011	222	544,5	35°11'35" D - 37°21'50" K	1986-2011

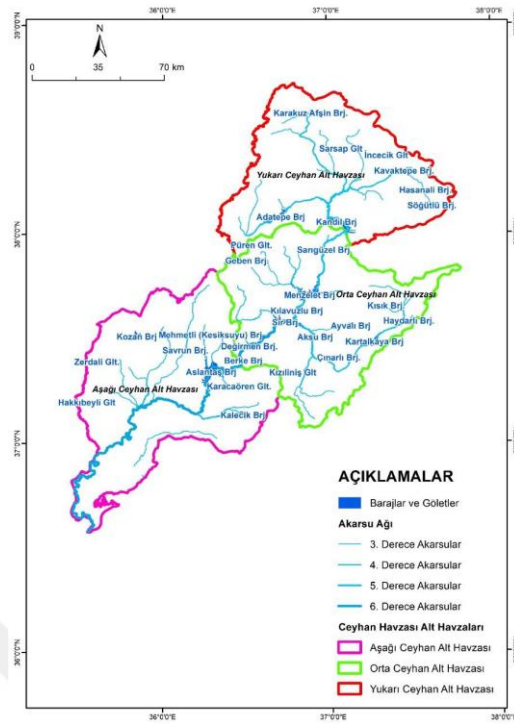
Seyhan Havzası için çalışmada kullanılan Meteoroloji Gözlem İstasyonları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.



Şekil 4.10: Seyhan Havzası meteoroloji gözlem istasyonları.

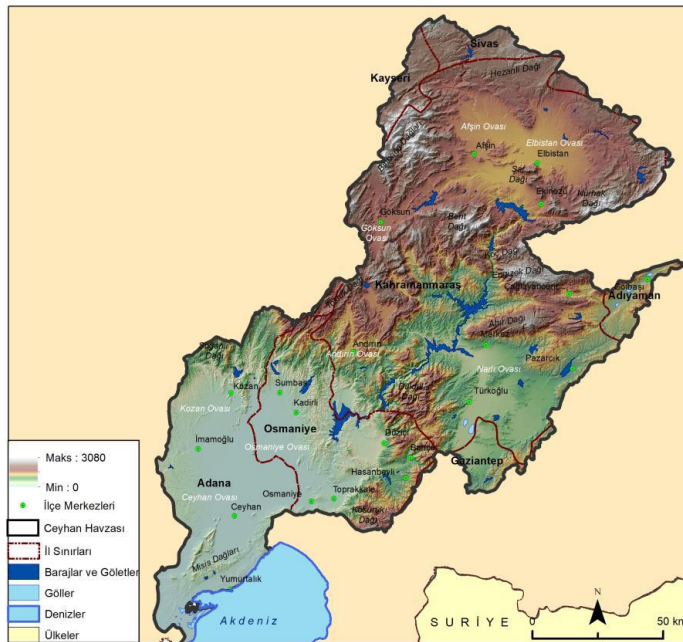
4.3 Ceyhan Havzası

Ceyhan Havzası, 36°55' ile 38°72' kuzey enlemleri 35°45' ile 37°81' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havza yüzölçümü 21.391 km² olup, Türkiye'nin yaklaşık olarak %2,73'ünü kapsamaktadır. Türkiye'nin 20'nci havzası olup ismini Ceyhan Nehri'nden almaktadır. Kaynağını Elbistan etrafındaki dağlardan alan Ceyhan Nehri'nin başlıca kolları arasında Söğütlü Çayı, Hurman Çayı, Göksun Çayı, Aksu Çayı bulunmaktadır. Ceyhan Nehri ve kolları Şekil 4.11'de görülmektedir.



Şekil 4.11: Ceyhan Nehri ve kolları (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2019a, p. 2-50).

Güneyde sıfır kotundan kuzeyde 3.000 metre yükseltilerine kadar ulaşan havza genel olarak dağlık bir görünüme sahiptir. Ceyhan Havzası fiziki haritası Şekil 4.12’de görülmektedir.



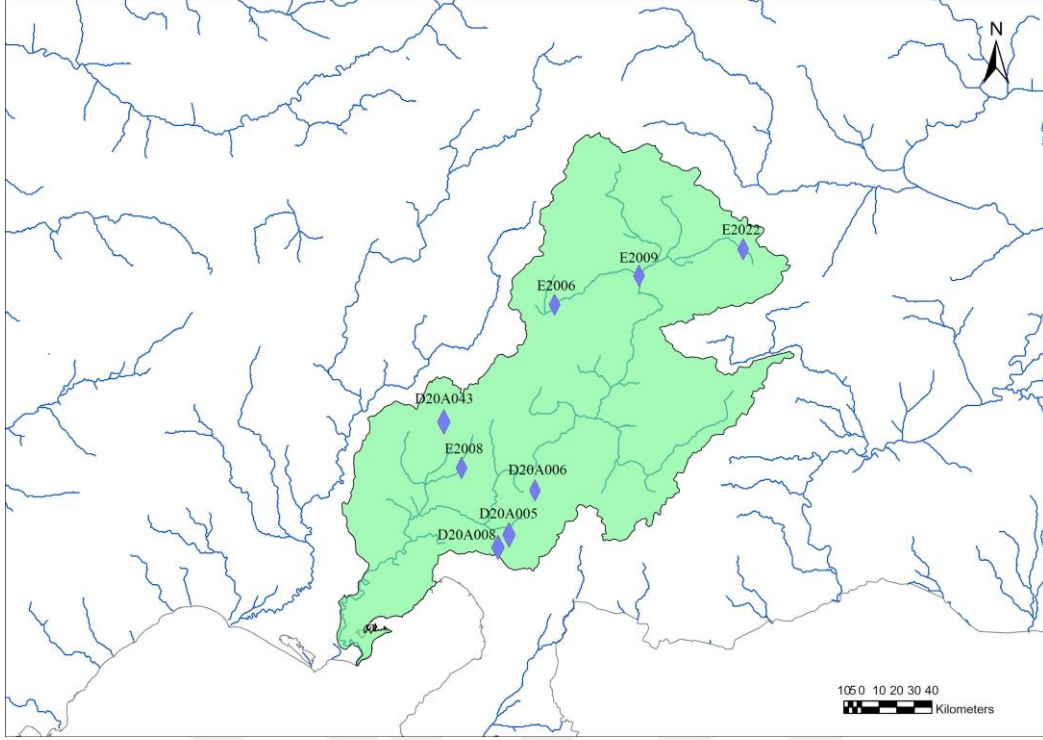
Şekil 4.12: Ceyhan Havzası fiziki haritası (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü [SYGM], 2019a, p. 2-5).

Havza, sınırları içerisinde havzaya giren alan oranına göre sırasıyla Kahramanmaraş, Adana, Osmaniye, Sivas, Gaziantep, Adıyaman, Kayseri, Malatya ve Hatay illerini bulundurmaktadır. Ceyhan Havzası'nın illere göre dağılımı Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5: Ceyhan Havzası'nın illere göre dağılımı.

İller	Havzanın İllere Göre Dağılımı (%)
Kahramanmaraş	59,80
Adana	18,47
Osmaniye	14,11
Sivas	2,23
Gaziantep	1,88
Adıyaman	1,46
Kayseri	1,47
Malatya	0,57
Hatay	0,01

Havzada toplam tarım alanları havza alanının yaklaşık olarak %32,39'una denk gelmektedir. Tarım, bölge halkı istihdamının yaklaşık olarak %22'sini oluşturmaktadır olup bölge halkı için önemli bir geçim kaynağıdır. Bölge halkı istihdamında sanayi ve hizmet sektörleri de sırasıyla %25 ve %53 oranında rol oynamaktadır. Ceyhan Havzası'ndaki meteoroloji gözlem istasyonlarına bakıldığında yıllık toplam yağış ortalaması olarak en yüksek yağış Dört Yol istasyonunda gözükürken, en düşük yağış Balaban istasyonunda görülmüştür. Havza içerisindeki meteoroloji gözlem istasyonlarının uzun dönem yıllık yağış ortalaması 663,39 milimetredir (SYGM, 2019). Şekil 4.4'teki Türkiye Kuraklık Haritası'na bakıldığında 2022 yılı için havzanın bazı bölgeleri olağanüstü kuraklık gösterirken bazı bölgelerinde ise çok şiddetli ve şiddetli kuraklıklar gözükmektedir. Çalışma kapsamında, Ceyhan Havzası içerisinde 4 tanesi Devlet Su İşleri (DSİ)'ne 4 tanesi Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE)'ne ait olmak üzere toplamda 8 adet Akım Gözlem İstasyonu (AGİ) seçilmiştir. Bu istasyonlar; D20A005, D20A006, D20A008, D20A043, E2006, E2008, E2009 ve E2022 istasyonlarıdır. İstasyonların konumları Ceyhan Havza'sı üzerinde Şekil 4.13'te gösterilmiştir. İstasyonlara ait bilgiler Çizelge 4.6'de verilmiştir.



Şekil 4.13: Ceyhan Havzası'nda seçilen akım gözlem istasyonları.

D20A005 Yarpuz Çayı Çona istasyonu, Osmaniye – Kahramanmaraş yolunun 8. kilometresinden sola ayrılan Çona köy yolunun 3 kilometre ilerisindeki Çona köyü yakınlarındadır. İstasyonda, 1961'den 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 51 yıllık ortalama akım değeri $1.645\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

D20A006 Sabun Suyu Haruniye istasyonu, Osmaniye ili Düziçi ilçesine 3.5 kilometre uzaklıkta Sabun Suyu Köprüsü'nün 500 metre membasındadır. İstasyonda, 1961'den 2013'e kadar gözlem yapılmıştır. 39 yıllık ortalama akım değeri $3.823\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

D20A008 Karaçay Osmaniye istasyonu, Osmaniye ili Karaçay mahallesine 2.5 kilometre mesafedeki buz fabrikası yakınındadır. İstasyonda, 1961'den 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 50 yıllık ortalama akım değeri $2.472\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

D20A043 Kesik Suyu Taşköprü istasyonu, Ceyhan – Kadirli yolunun 45. kilometresinde Mehmetli Barajı'na giden yolun 30. kilometresinde Mehmetli Baraj girişindeki Taşköprü köyü yakınındadır. İstasyonda, 1975'den 2015'e kadar gözlem yapılmıştır. 39 yıllık ortalama akım değeri $3.717\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E2006 Göksun Çayı Karaahmet istasyonu, Kahramanmaraş ili Göksun Elbistan karayolunun 5'inci kilometresinde Karaahmet köyüne sapan yol üzerindedir.

İstasyonda, 1952'den 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 58 yıllık ortalama akım değeri $8.74\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E2008 Savrun Deresi Kadirli istasyonu, Adana ili Kadirli ilçesi girişindeki beton köprünün 150 metre mansabında yaya yolu köprüsündedir. İstasyonda, 1968'den 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 43 yıllık ortalama akım değeri $7.98\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

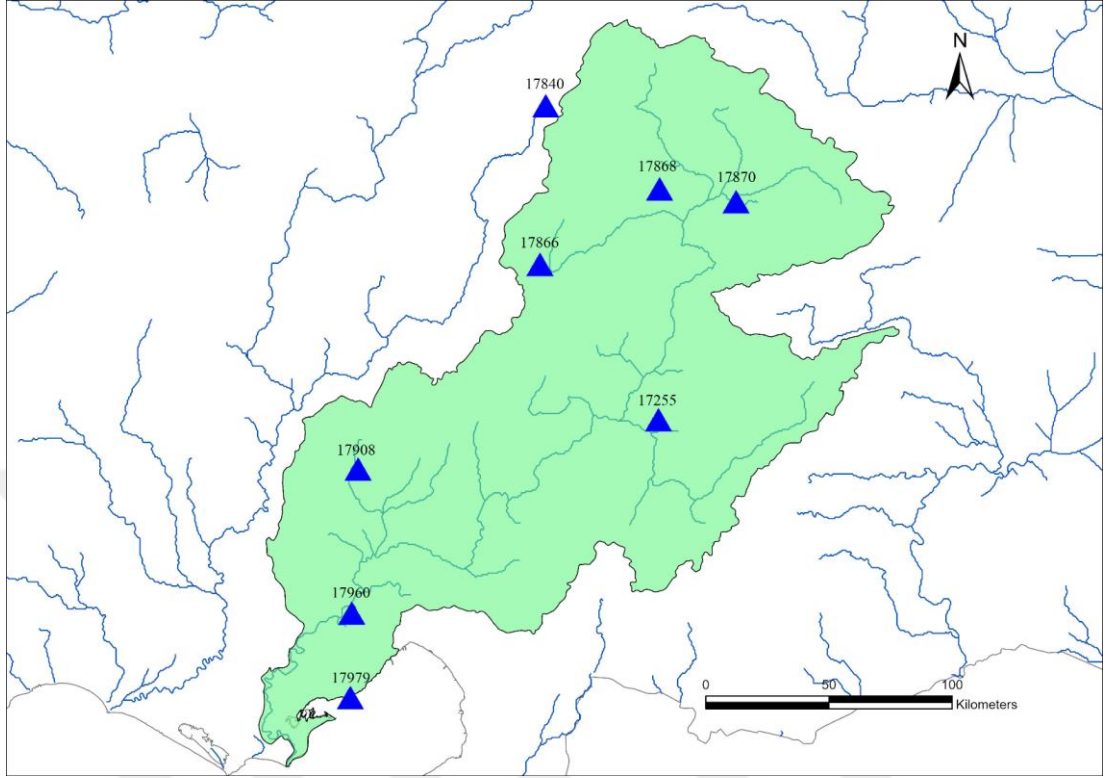
E2009 Göksun Çayı Poskoğlu istasyonu, Kahramanmaraş Elbistan karayolunun 18'inci kilometresindeki köprüdedir. İstasyonda, 1953'ten 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 57 yıllık ortalama akım değeri $12.0\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

E2022 Söğütlü Suyu Hanköy istasyonu, Elbistan Malatya karayolunun 41'inci kilometresindeki Han Köyü köprüsünün yaklaşık 1 kilometre mansabındadır. İstasyonda, 1972'den 2011'e kadar gözlem yapılmıştır. 39 yıllık ortalama akım değeri $3.75\text{m}^3/\text{sn}$ 'dir.

Çizelge 4.6: Ceyhan Havzası akım gözlem istasyonları.

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Ortak Yıllar	Yaklaşık Yükselti(m)	Yağış Alanı(km ²)	Konum	Gözlem Aralığı
E2006	Göksun Çayı - Karaahmet	1989-2011	1324	739,2	36°34'11" D - 38°01'55" K	1952-2011
E2008	Savrun Deresi - Kadirli	1989-2011	75	444	36°05'39" D - 37°22'19" K	1968-2011
E2009	Göksun Çayı - Poskoğlu	1989-2011	1040	1387,2	37°00'04" D - 38°08'55" K	1953-2011
E2022	Söğütlü Suyu - Hanköy	1989-2011	1347	400	37°32'01" D - 38°15'20" K	1972-2011
D20A005	Yarpuz Ç. Çona	1989-2011	265	94,4	36°20'12" D - 37°5'58" K	1961-2015
D20A006	Sabun S. Haruniye	1989-2011	340	174,9	36°28'10" D - 37°16'51" K	1961-2013
D20A008	Karaçay Osmaniye	1989-2011	255	131,1	36°16'49" D - 37°2'54" K	1961-2015
D20A043	Kesik S. Taşköprü	1989-2011	194	163	36°0'13" D - 37°33'31" K	1975-2014

Ceyhan Havzası için çalışmada kullanılan Meteoroloji Gözlem İstasyonları Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



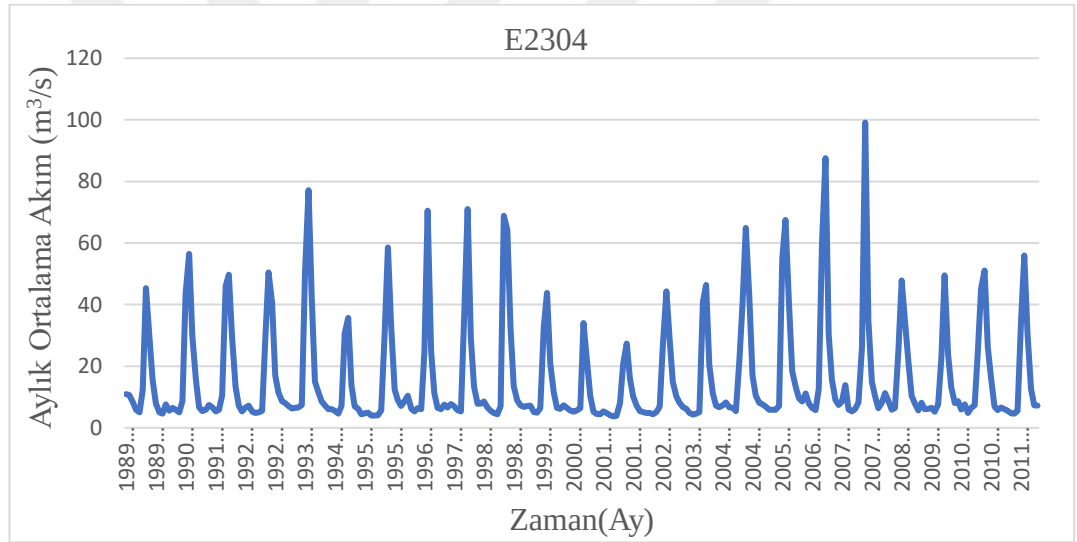
Şekil 4.14: Ceyhan Havzası meteoroloji gözlem istasyonları.



5. UYGULAMALAR

5.1 Çoruh Havzası Uygulamalar

Çalışmanın bu bölümünde Çoruh Havzası kapsamında seçilmiş olan 8 adet akım gözlem istasyonu noktasında akım ve yağış verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. 1989-2011 yılları arasında bölgede bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarından alınan yağış verileri ile ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak seçilen akım gözlem istasyonu noktalarında yağış verileri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında akım ve yağış verilerinin kullanıldığı üçü ampirik ikisi parametrik olmak üzere beş farklı indis hesaplanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Şekil 5.1’de E2304 Çoruh Nehri – Bayburt akım gözlem istasyonu için 1989 ile 2011 yılları arasındaki aylık ortalama akım değerleri görülmektedir.



Şekil 5.1: E2304 istasyonunda aylık ortalama akım değerlerinin 1989-2011 yılları arasındaki değişimi.

5.1.1 Regresyon analizi

5.1.1.1 Akım verileri için regresyon analizi

Çoruh Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonlarında bulunan veri eksikliklerini tamamlamak için doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Seçilen istasyonlardan; E2320, E2325, E2328, D23A026, D23A032 istasyonlarında seçilen zaman aralığı için eksik veri olduğu tespit edilmiştir. Regresyon analizi yapılmadan önce her istasyon için en yakın ve en büyük korelasyon katsayısına sahip istasyonlara

bakılmıştır. Her istasyon için en büyük korelasyon katsayısına sahip ve en yakın istasyonlar Çizelge 5.1’de gösterilmiştir. İstasyonlarda eksik verilerin yılları ve hangi istasyonla regresyon analizi yapıldığı Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

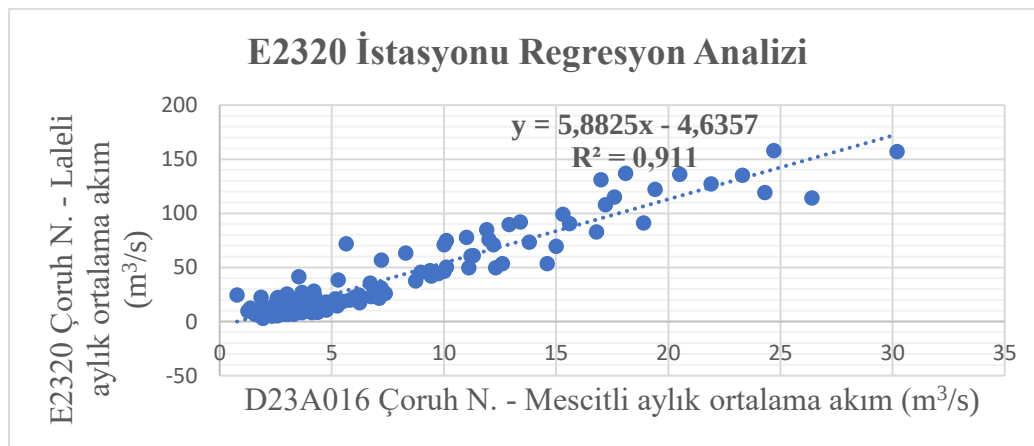
Çizelge 5.1: Her akım gözlem istasyonu için en yakın ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.

İstasyon No	En Yakın İstasyon		Uzaklık (km)		Korelasyon Katsayısı En Yüksek Olan		Korelasyon Katsayısı (r)	
	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon
E2304	E2320	D23A016	35,34	36,89	E2320	D23A016	0,973	0,971
E2316	D23A026	E2320	29,6	31,5	E2320	E2304	0,993	0,969
E2320	D23A016	E2316	18,27	31,5	E2316	E2304	0,993	0,973
E2325	E2329	E2328	15,06	57,21	E2329	D23A016	0,967	0,893
E2328	E2329	E2325	43,85	57,21	D23A016	E2316	0,898	0,895
E2329	E2325	E2328	15,06	43,85	E2325	E2304	0,967	0,942
D23A016	E2320	E2316	18,27	36,24	E2304	E2320	0,971	0,954
D23A026	D23A042	D23A031	7,81	21,11	D23A031	D23A042	0,916	0,896
D23A031	D23A032	D23A042	0,25	13,79	D23A032	D23A042	0,935	0,934
D23A032	D23A031	D23A042	0,25	14,03	D23A031	E2304	0,935	0,900
D23A042	D23A026	D23A031	7,81	13,79	D23A031	D23A026	0,934	0,896

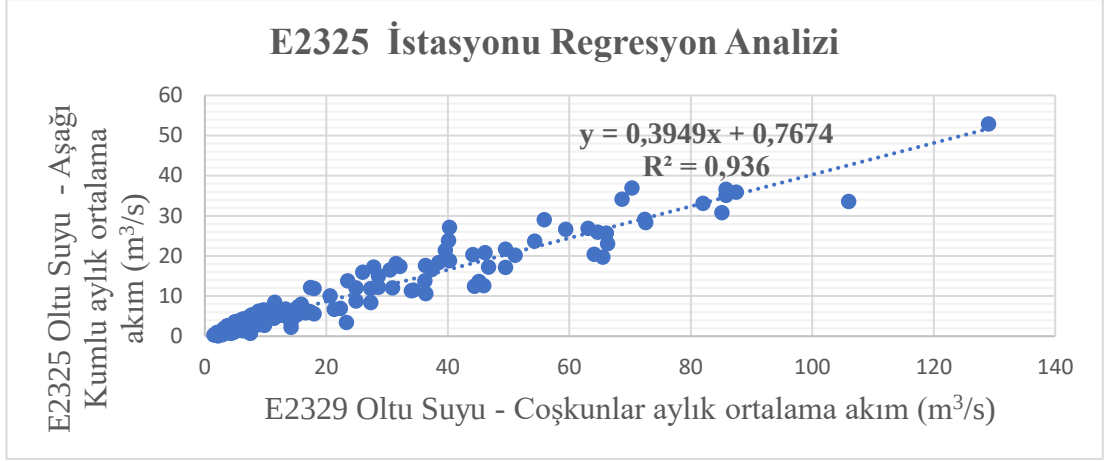
Çizelge 5.2: Çoruh Havzası akım verileri için regresyon analizi.

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Eksik Yıllar	Regresyon Yapılan İstasyon	R ²	Korelasyon Katsayısı(r)
E2320	Çoruh Nehri - Laleli	1990, 1991, 1992 (3 yıl)	D23A016	0,911	0,954
E2325	Oltu Suyu - Aşağı Kumlu	1990 (1 yıl)	E2329	0,936	0,967
E2328	Ardanuç Deresi - Ferhatlı	2011 (1 yıl)	E2316	0,802	0,895
D23A026	Büyükçay - Uzunlavak	2003 (1 yıl)	D23A042	0,802	0,896
D23A032	Tepe Deresi - Yelli Tepe	2008 (1 yıl)	D23A031	0,874	0,935

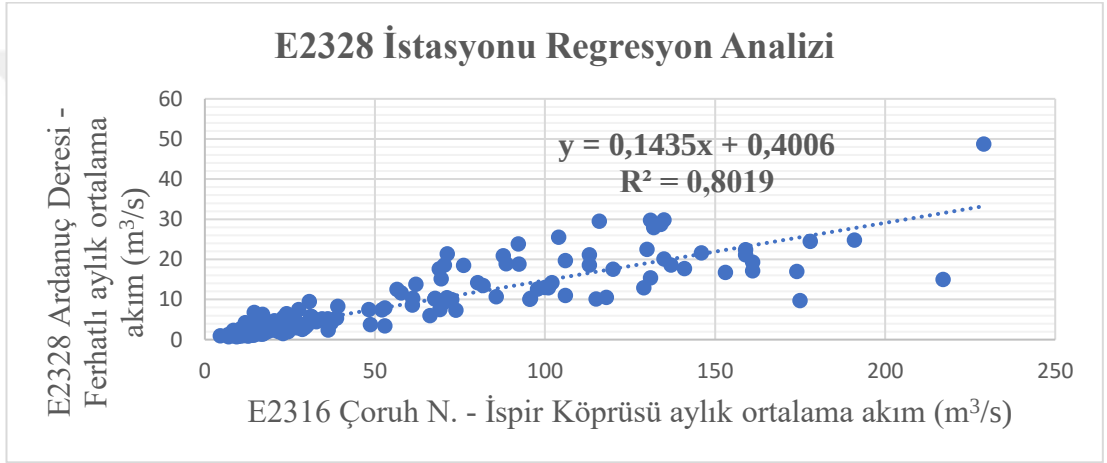
E2320, E2325, E2328, D23A026 ve D23A032 istasyonlarına ait regresyon analizleri ve denklemleri sırasıyla Şekil 5.2, Şekil 5.3, Şekil 5.4, Şekil 5.5 ve Şekil 5.6’de gösterilmiştir.



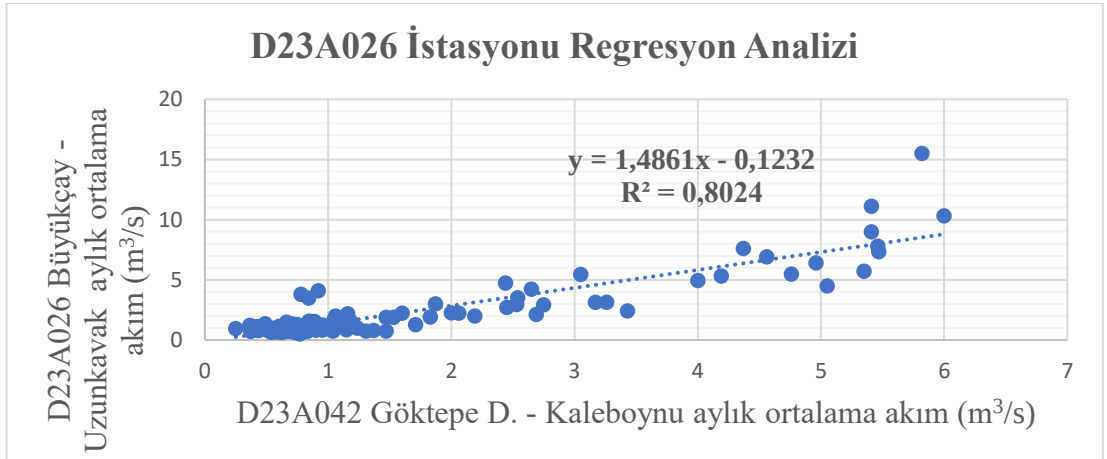
Şekil 5.2: E2320 Çoruh Nehri – Laleli istasyonu regresyon analizi.



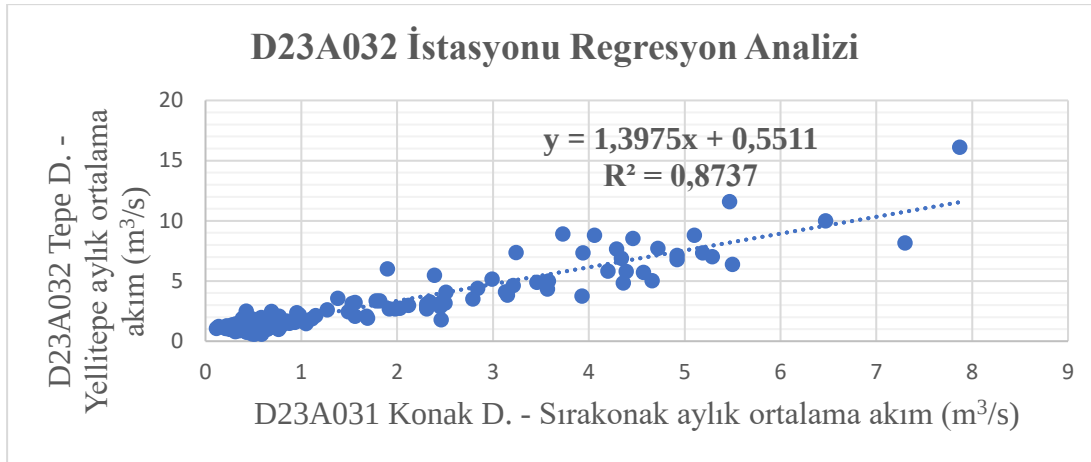
Şekil 5.3: E2325 Oltu Suyu – Aşağı Kumlu istasyonu regresyon analizi.



Şekil 5.4: E2328 Ardanuç Deresi – Ferhatlı istasyonu regresyon analizi.



Şekil 5.5: D23A026 Büyükçay – Uzunlavak istasyonu regresyon analizi.



Şekil 5.6: D23A032 Tepe Deresi – Yellitepe istasyonu regresyon analizi.

5.1.1.2 Yağış verileri için regresyon analizi

Çoruh Havzası kapsamında seçilen meteoroloji gözlem istasyonlarında bulunan veri eksikliklerini tamamlamak için doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Seçilen istasyonlardan; 17046, 17088, 17089, 17094, 17666, 17688 istasyonlarında seçilen zaman aralığı için eksik veri olduğu tespit edilmiştir. Regresyon analizi yapılmadan önce her istasyon için en yakın ve en büyük korelasyon katsayısına sahip istasyonlara bakılmıştır. Her istasyon için en büyük korelasyon katsayısına sahip ve en yakın istasyonlar Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. İstasyonlarda eksik verilerin yılları ve hangi istasyonla regresyon analizi yapıldığı Çizelge 5.4'te gösterilmiştir.

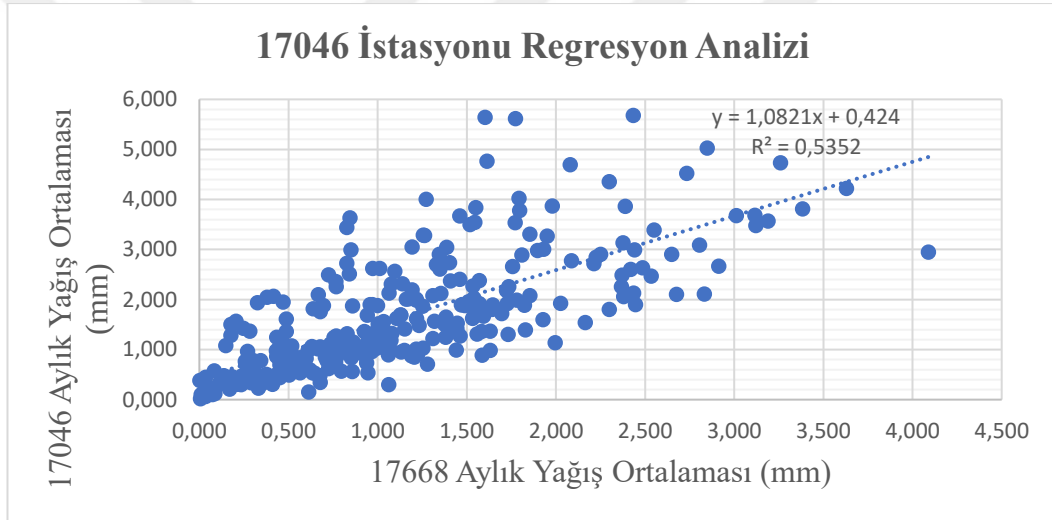
Çizelge 5.3: Çoruh Havzası akım gözlem istasyonları için en yakın ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.

İstasyon No	En Yakındaki		Uzaklık (km)		Korelasyon Katsayısı En Yüksek Olan		Korelasyon Katsayısı (r)	
	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon
17040	17628	17666	36,85	74,52	17628	17045	0,844	0,393
17045	17668	17046	71,03	74,85	17628	17040	0,412	0,393
17046	17045	17668	74,85	86,07	17668	17688	0,732	0,617
17088	17089	17094	68,07	78,74	17666	17094	0,723	0,676
17089	17088	17666	68,07	70,93	17666	17094	0,772	0,742
17094	17088	17089	78,74	83,99	17089	17666	0,742	0,712
17628	17040	17045	36,85	77,07	17040	17668	0,844	0,412
17666	17688	17089	50,34	70,93	17089	17088	0,772	0,723
17668	17688	17045	47,39	71,03	17688	17046	0,826	0,732
17688	17668	17666	47,39	50,34	17668	17666	0,826	0,677

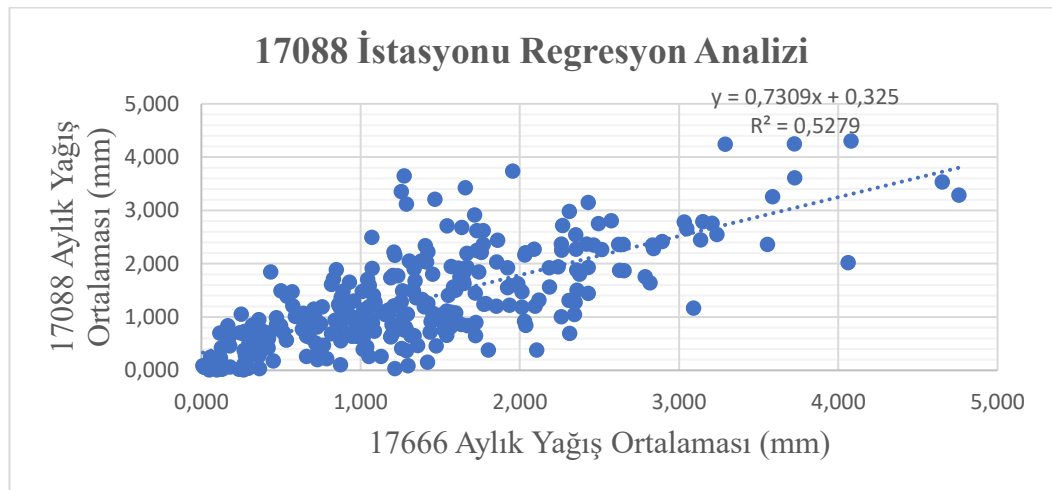
Çizelge 5.4: Çoruh Havzası yağış verileri için regresyon analizi.

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Eksik Veri	Regresyon Yapılan İstasyon	R ²	Korelasyon Katsayısı
17046	Ardahan	1996 - 11.ay, 2010 - 11.ay	17668	0,5352	0,732
17088	Gümüşhane	1990 - 8.ay, 2000 - 7.ay	17666	0,5257	0,723
17089	Bayburt	2003 - 8.ay, 2009 - 8.ay	17666	0,5971	0,772
17094	Erzincan	2010 - 8.ay	17666	0,5051	0,712
17666	İspir	1989 - 7.ay, 1990 - 8.ay,	17666	0,5051	0,712
17688	Tortum	2000 - 7.ay, 2008 - 7.ay	17666	0,5051	0,712
		2007 - 9.ay, 2010 - 11.ay	17089	0,5971	0,772
		1996 - 11.ay, 2010 - 11.ay	17668	0,684	0,826

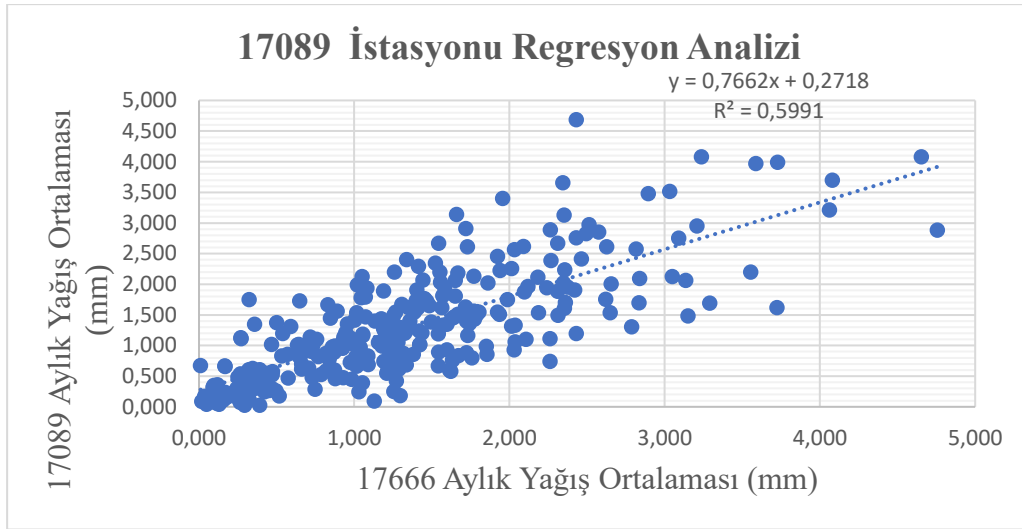
17046, 17088, 17089, 17094, 17666 ve 17688 istasyonlarına ait regresyon analizleri ve denklemleri sırasıyla Şekil 5.7, Şekil 5.8, Şekil 5.9, Şekil 5.10, Şekil 5.11 ve Şekil 5.12’de gösterilmiştir.



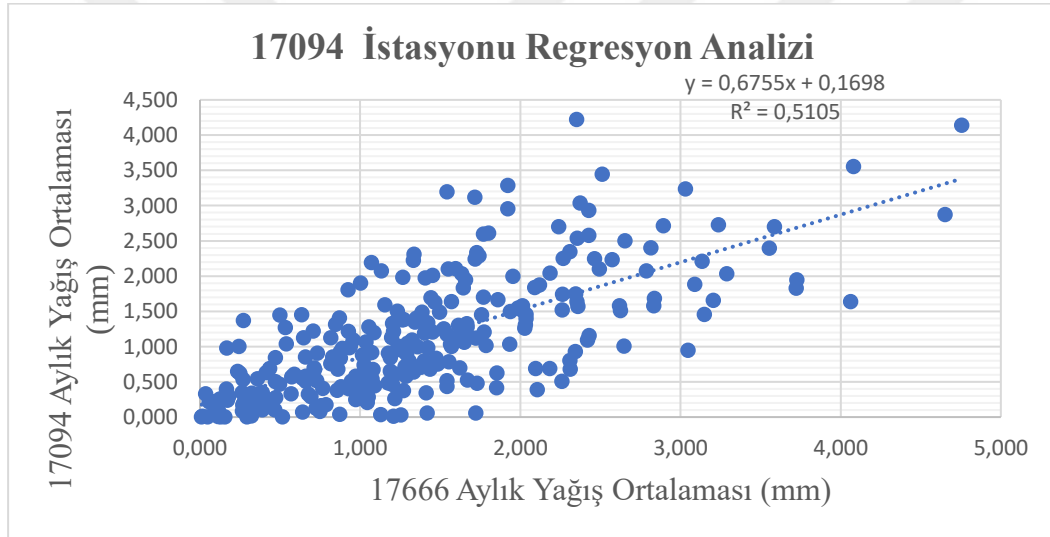
Şekil 5.7: 17046 Ardahan meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.



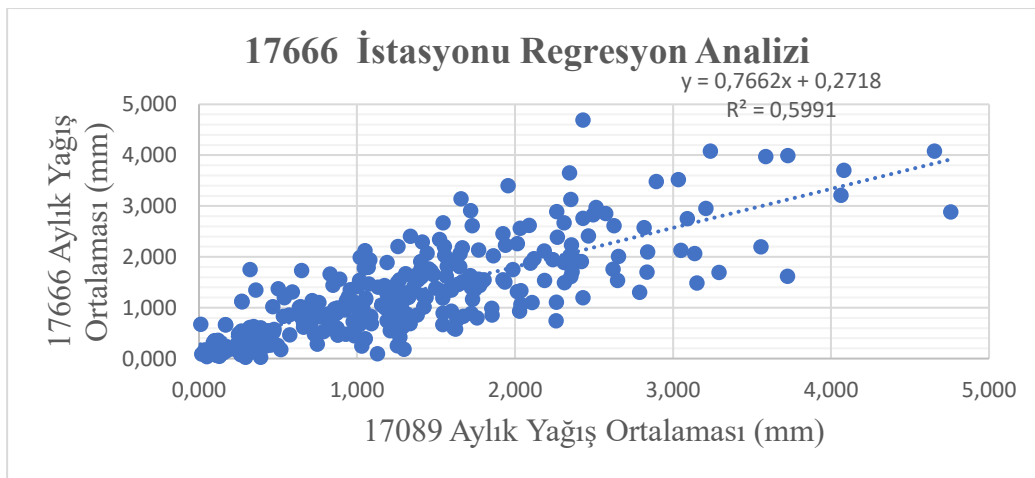
Şekil 5.8: 17088 Gümüşhane meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.



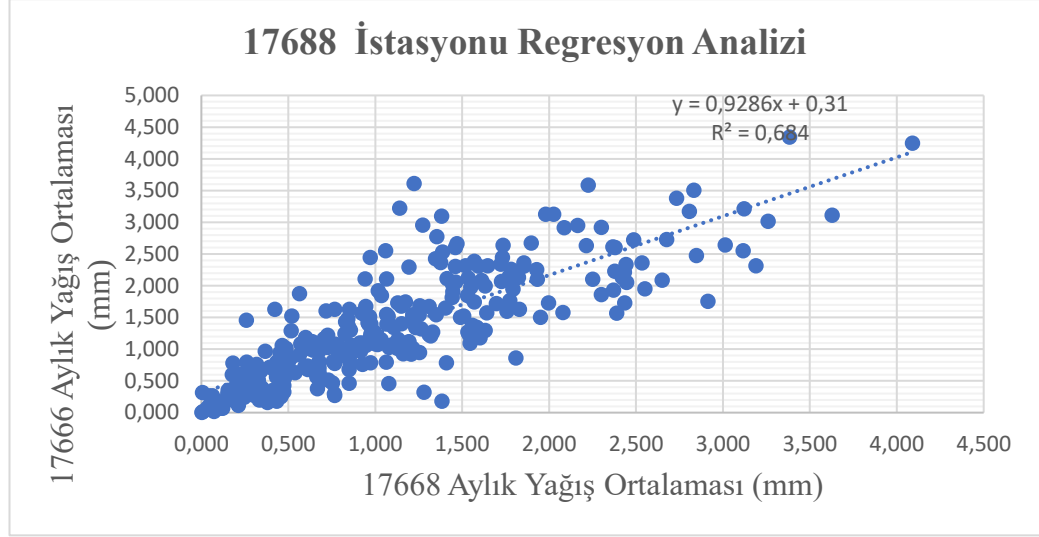
Şekil 5.9: 17089 Bayburt meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.



Şekil 5.10: 17094 Erzincan meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.



Şekil 5.11: 17666 İspir meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.



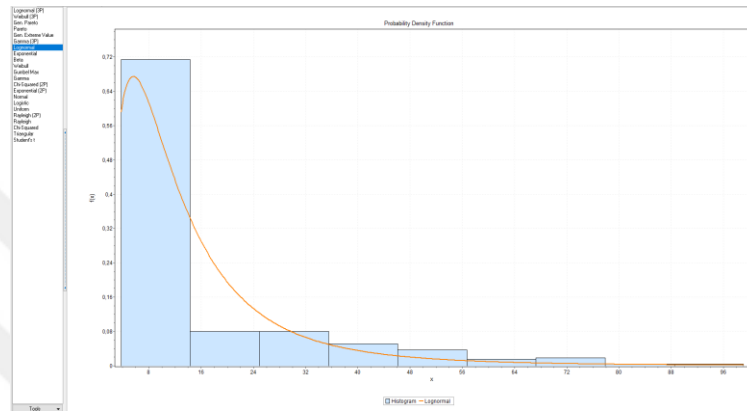
Şekil 5.12: 17688 Tortum meteoroloji gözlem istasyonu regresyon analizi.

5.1.2 Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)

Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisinin hesaplanması için, akım gözlem istasyonlarının bulundukları noktalardaki yağış, meteoroloji gözlem istasyonlarının verilerine dayanarak ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak tahmin edilmiştir. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi için her bir akım gözlem istasyonu, bulunduğu konuma göre üç veya dört adet, meteoroloji gözlem istasyonu ile eşleştirilmiştir. E2304 ve E2316 akım gözlem istasyonları, sırasıyla 17089 Bayburt ve 17666 İspir meteoroloji gözlem istasyonlarına çok yakın olduklarından dolayı aradaki uzaklık ihmal edilmiş ve bu akım gözlem istasyonları için yağış verileri direk olarak bahsi geçen meteoroloji gözlem istasyonlarından alınmıştır. Şekil 5.13'te Çoruh Havzası kapsamında kullanılan akım ve meteoroloji gözlem istasyonları görülmektedir.

5.1.3 Akım ve yağış verilerine uygun dağılımlar

Akım ve yağış verileri için uygun dağılımların belirlenmesinde Easyfit programı kullanılmıştır. Parametrik indislerin hesaplanmasında kullanılan DrinC programındaki kısıtlamalar da göz önüne alındığında akım verileri için en uygun dağılım olarak Log-normal dağılımına karar verilirken, yağış verileri için ise en uygun dağılım olarak Gamma dağılımına karar verilmiştir. Şekil 5.14'te E2304 akım gözlem istasyonu akım verileri için Log-normal dağılım gözükmektedir.

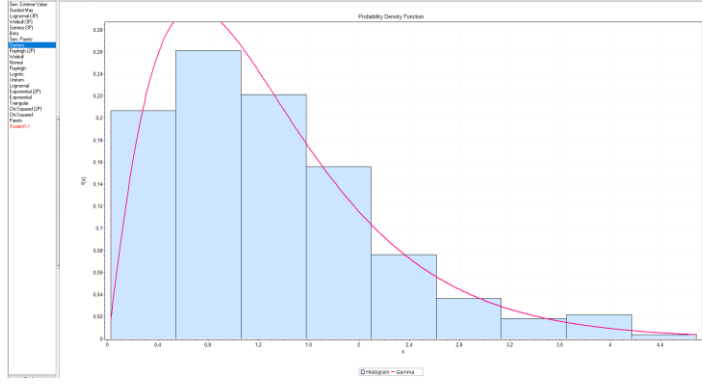


Şekil 5.14: E2304 akım gözlem istasyonu akım verileri için Lognormal dağılım.

Dağılımların uygunluğuna karar verirken Easyfit programında çıktı olarak verilen Anderson-Darling ve Kolmogorov Smirnov test sonuçlarına bakılmıştır. Şekil 5.15'te E2304 akım gözlem istasyonu akım verileri için Anderson-Darling, Kolmogorov Smirnov ve Ki-Kare testi sonuçları gözükmektedir. Şekil 5.16'te E2304 akım gözlem istasyonu için daha önce ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi ile hesaplanan yağış verileri için Gamma dağılımı gözükmektedir.

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
13	Lognormal (3P)	0,11744	1	4,4761	1	58,238	1
22	Weibull (3P)	0,13056	2	12,323	6	N/A	
9	Gen. Pareto	0,13868	3	7,7964	2	97,349	3
15	Pareto	0,15011	4	11,408	5	67,944	2
8	Gen. Extreme Value	0,16708	5	10,757	3	102,1	6
7	Gamma (3P)	0,18734	6	11,342	4	111,99	8
12	Lognormal	0,19902	7	14,863	7	132,06	10
4	Exponential	0,21691	8	18,679	8	201,16	14
1	Beta	0,24123	9	20,581	10	206,81	15
21	Weibull	0,24382	10	24,193	11	160,08	13
10	Gumbel Max	0,24539	11	25,389	13	102,07	5
6	Gamma	0,24772	12	20,205	9	224,31	16

Şekil 5.15: E2304 akım gözlem istasyonu akım verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.



Şekil 5.16: E2304 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Gamma dağılımı.

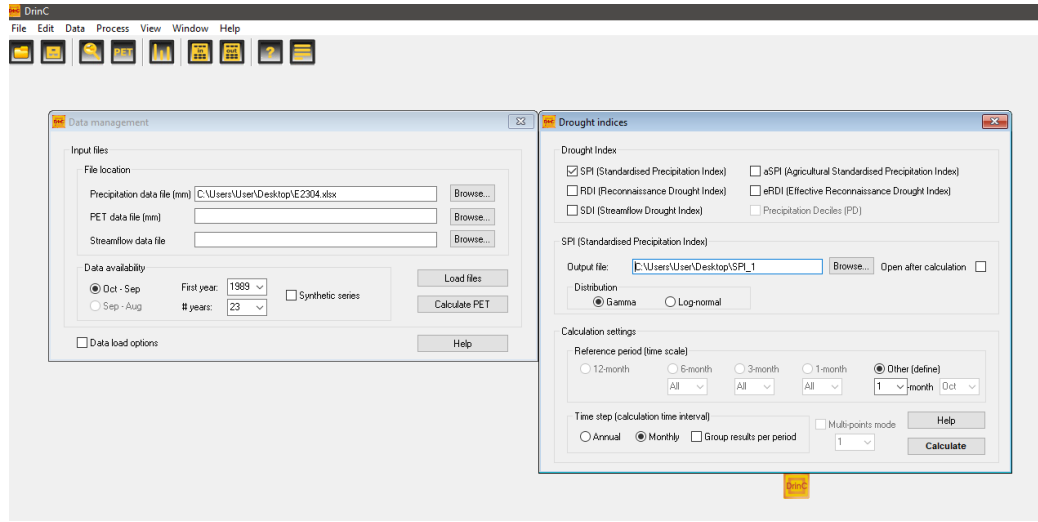
Şekil 5.17’de E2304 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Anderson-Darling, Kolmogorov Smirnov ve Ki-Kare testi sonuçları görülmektedir.

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
8	Gen. Extreme Value	0,03102	1	0,39912	1	3,8197	2
10	Gumbel Max	0,03509	2	0,45676	2	4,1838	3
13	Lognormal (3P)	0,0392	3	0,6177	3	6,3799	5
21	Weibull (3P)	0,04374	4	0,72217	4	5,7533	4
7	Gamma (3P)	0,04723	5	0,91653	5	7,4063	7
1	Beta	0,05481	6	0,99996	6	7,2017	6
9	Gen. Pareto	0,05592	7	57,435	18	N/A	
6	Gamma	0,05784	8	2,2126	9	8,6852	8
17	Rayleigh (2P)	0,05867	9	1,4438	7	3,4861	1
20	Weibull	0,06188	10	1,5386	8	10,213	9
14	Normal	0,07758	11	3,3958	11	15,021	11
16	Rayleigh	0,08531	12	7,6912	13	20,488	12

Şekil 5.17: E2304 akım gözlem istasyonu yağış verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.

5.1.4 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIp)

Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisinin hesaplanmasında DrinC (Drought Indices Calculator) (Tigkas vd., 2014) kullanılmıştır. Atina Ulusal Teknik Üniversitesi tarafından geliştirilen programda Standartlaştırılmış Yağış İndisi’nin dışında Keşif Kuraklık İndisi, Akım Kuraklık İndisi gibi indisler de hesaplanabilmektedir. Program girdi ve çıktı olarak Microsoft Excel dosya formatı olan .xlsx dosyalarını ve .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program seçilen zaman aralığı, olasılık dağılımı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi 1 aylık, 3 aylık, 6 aylık, 9 aylık ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotla hesaplanmıştır.



Şekil 5.18: DrinC programı arayüzü.

Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21 ve Şekil 5.22’de E2304 Çoruh Nehri – Bayburt akım gözlem istasyonu noktasında sırasıyla 1,3,6 ve 9 aylık periyotlarla hesaplanan parametrik standartlaştırılmış yağış indisi sonuçları görülmektedir. Yağış verilerine en uygun dağılımın Gamma dağılımı olduğuna karar verilmiş ve parametrik standartlaştırılmış yağış indisi DrinC programı aracılığı ile Gamma dağılımına bağlı olarak hesaplanmıştır.

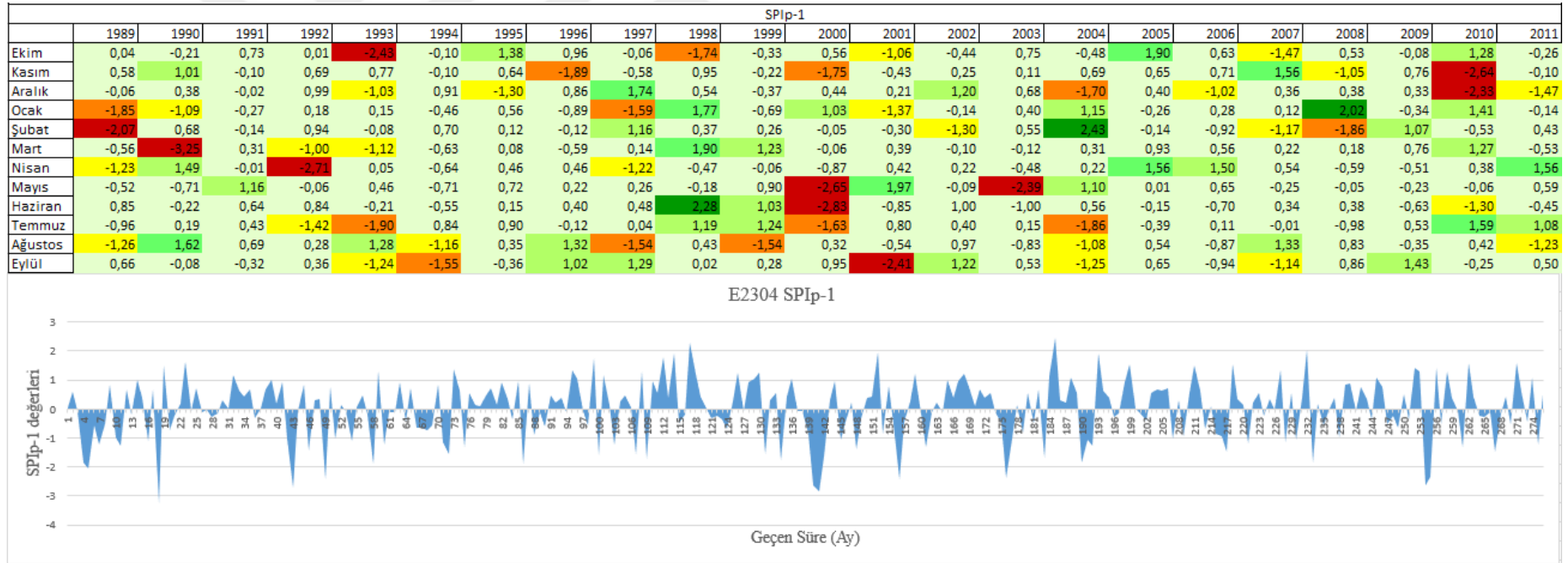
Standartlaştırılmış Yağış İndisi’ne bağlı olarak kuraklığı tanımlamamız gerekirse; kuraklık, herhangi bir zaman periyodunda SPI değerlerinin sürekli olarak negatif olması ve -1.0 veya daha düşük değere ulaşması olarak tanımlanabilir. Kuraklık, SPI değerinin ilk kez sıfırın altına düşmesi ile başlar ve -1.0 veya daha düşük bir değeri takip eden pozitif SPI değeri ile son bulur.

E2304 Çoruh Nehri – Bayburt istasyonu için 1 aylık periyottaki SPI değerlerine bakıldığında; 1989 yılının Ekim ayı ile Mayıs ayı arasında 6 aylık, Ocak ve Şubat aylarında şiddetli ve aşırı dereceye ulaşan Haziran ayında ise SPI değerinin pozitif olmasıyla sona eren bir kuraklık gözlemlenmektedir. 1991, 1994, 1996, 1999, 2002, 2009 ve 2011’de de 3 ile 4 ay arasında süren hafif kuraklık görülmüştür. 2000 yılının Şubat ayında başlayan hafif kuraklığın 6 ay sürdüğü ve Haziran ayında aşırı dereceye ulaşarak en şiddetli halini aldığı görülmüştür. 1 aylık periyotta E1801 istasyonu için yaşanan en uzun kuraklığın 6 ay olduğu ve gerek coğrafi konumu gerekse ikliminden ötürü yapılan analizler sonucunda uzun süreli ve aşırı şiddetli kuraklık gözlemlenmemiştir. İstasyon, 3 aylık periyotta incelendiğinde; 1989 yılının Ocak ayından 1990 yılının Ekim ayına kadar süren 10 aylık, Şubat, Mart ve Nisan aylarında

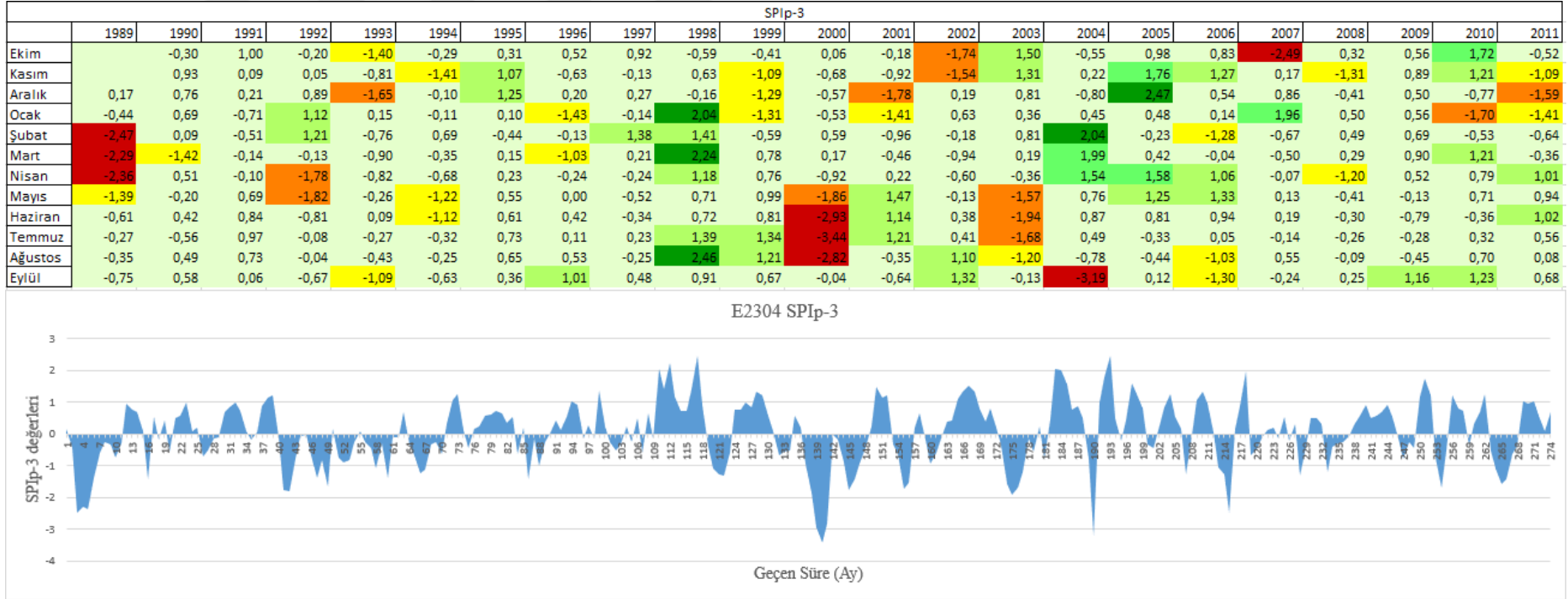
aşırı derecede kurak olmak üzere görece hafif bir kuraklığın yaşandığı görülmektedir. 1992 yılının Mart ayından 1993 yılının Aralık ayına kadar süren 10 aylık hafif bir kuraklıkla birlikte, kesintili olarak da olsa 1994 yılına hakim olan hafif bir kuraklık da gözlemlenmiştir. İstasyonun yaşadığı en şiddetli kuraklık 2000 yılının Nisan ayında başlamış olup, 2001 yılının Mart ayına kadar sürmüş ve 2000 yılının Temmuz ayında en yüksek değerine ulaşmıştır. 2003 yılının Nisan ayından 2004 yılının Eylül ayına kadar 3 ayı şiddetli olmak üzere 7 aylık bir kuraklık yaşamış olan istasyon, 2011 yılının Ekim ayından Mart ayına kadar da orta dereceli bir kuraklık yaşamıştır. 6 aylık periyotta istasyonda 1989 Mart ayından 1990 Ekim ayına kadar süren 8 aylık bir kuraklık görülmüş olup, kuraklık Mayıs ayında aşırı şiddetli olmak üzere en yüksek değerine ulaşmıştır. 1993 Ocak ayından 1995 Ekim ayına kadar olan ve 22 ay süren bir diğer kuraklık ise genel olarak hafif ve orta şiddetlerde olmasına rağmen 1993 yılının Aralık ayında aşırı şiddetli derecelere de ulaşmıştır. İstasyonun 6 aylık periyotta değerlendirilmesinde en dikkat çeken kuraklık olayı ise 2000 yılının Ocak ayından başlayan ve 2001 yılının Nisan ayına kadar süren, toplamda 16 ayı kapsayan ve bu 16 ayın 6'sını aşırı şiddetli olarak geçiren kuraklık olayıdır. İstasyonda 2003 ve 2004 yılları arasında orta dereceli; 2007, 2008 ve 2011 yıllarında ise hafif kuraklıklar da görülmüştür. 9 aylık periyotta, en dikkat çeken kuraklık olaylarından biri 1992 yılının Nisan ayından başlayan ve 1995 yılının Ocak ayına kadar süren, 1993 yılında şiddetli ve hatta aşırı şiddetli seviyelere ulaşan 34 aylık kuraklık olayıdır. Bir diğer dikkat çeken kuraklık olayı ise, 2000 yılının Nisan ayından başlayan ve 2001 yılının Nisan ayına kadar süren, 2001 yılının Ocak ayında en yüksek şiddetine ulaşan, çoğunluğu şiddetli ve aşırı şiddetli olarak geçen kuraklık olayıdır. Bu iki etkin kuraklık olayı dışında yine 4 ve 5 ay süreli birçok hafif ve orta kuraklık olayı gözlemlenmiştir. İstasyon, 12 aylık periyotta incelendiğinde; 1992 yılının Mayıs ayında hafif olarak başlayan kuraklığın 36 ay sürdüğü ve 1995 yılının Nisan ayından sona erdiği gözlemlenmiştir. Bahsi geçen kuraklık genel olarak orta şiddetli olarak sınıflandırılırken, 1993 Mart ve 1994 Mayıs aylarında en yüksek değerini alarak aşırı şiddetli kuraklık olarak kendini göstermiştir. Başka bir dikkat çeken kuraklık olayı ise 2000 yılının Mayıs ayından başlayıp 2001 yılının Haziran ayına kadar süren, genel olarak aşırı şiddetli seviyede sınıflandırılan ve 2001 yılının Şubat ayında en yüksek değerini alan 14 aylık bir kuraklık olayıdır.

Hesaplanan SPI değerleri incelendiğinde, zaman ölçeği arttıkça kuraklık sıklığının değiştii gözükme­tedir. Daha kısa zaman ölçeklerinde kuraklık sıklığının daha sık olduğu ama kuraklıkların daha kısa sürdüğü, daha uzun zaman ölçeklerinde ise daha az sıklıkta ama daha uzun süren kuraklıklar görölmüş­tür. Dikkat çeken bir başka nokta ise SPI'nin daha kısa zaman ölçeklerinde ıslak ve kurak dönemlere daha hızlı tepki vermesidir. Bu, aynı zamanda, her yeni ayın yağış toplamı üzerinde büyük bir etkisi olduğu ve daha kısa süreli ama daha sık gerçekleşen kuraklıklar olduğu anlamına da gelmektedir. Daha uzun süreli zaman ölçeklerinde ise durum tam tersidir, yani, uzun süreli kuraklıkların daha az sıklıkta görölmesi anlamına gelmektedir.

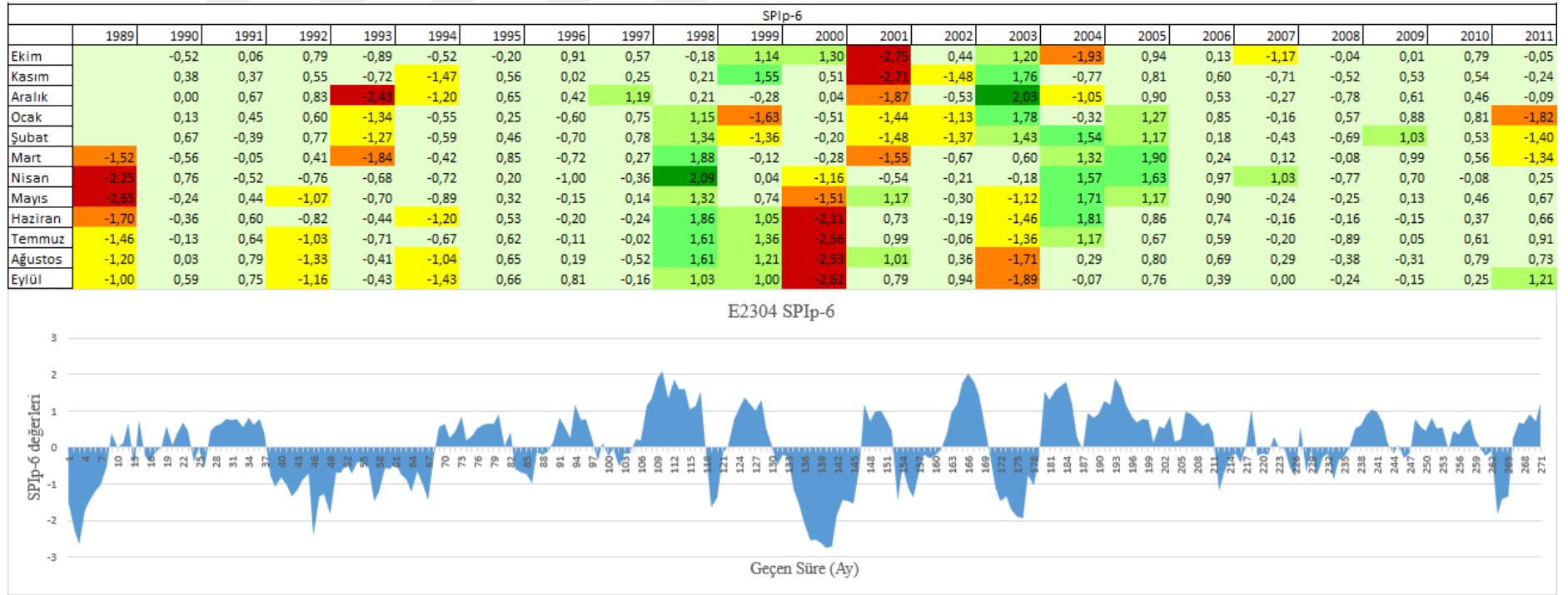




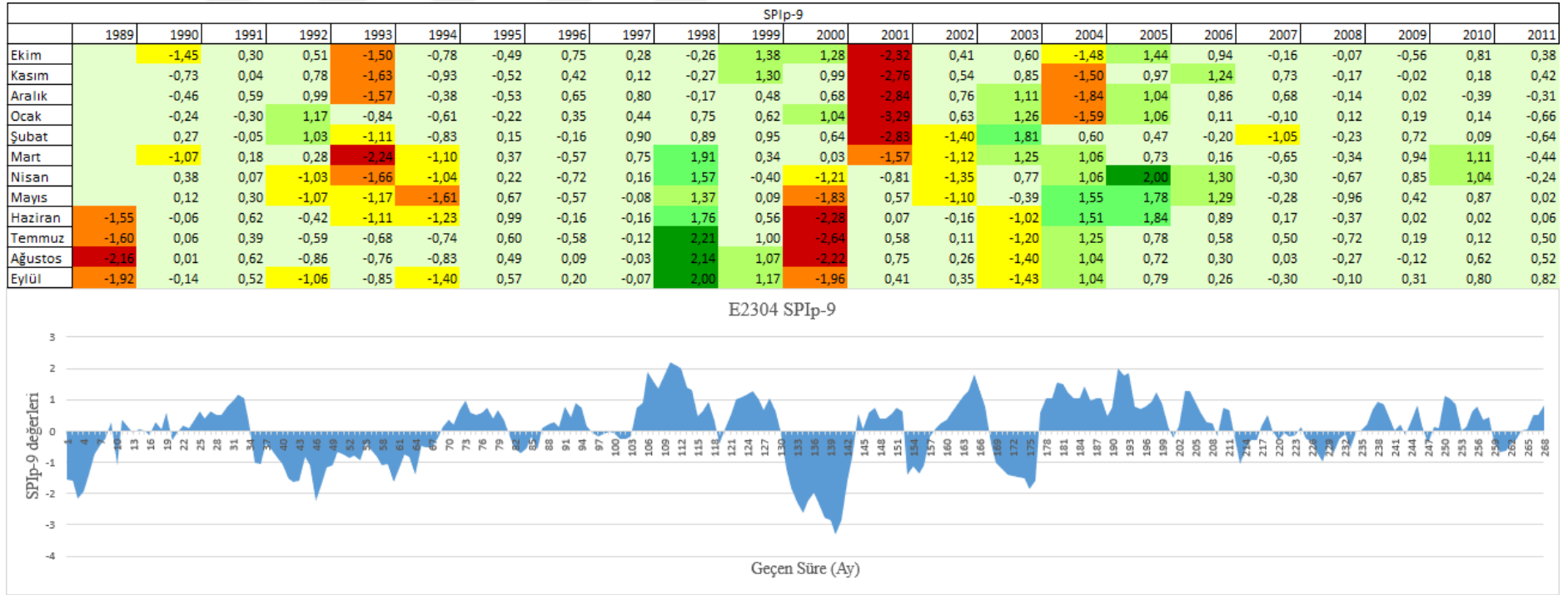
Şekil 5.19: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.20: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.21: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.22: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.

5.1.5 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIe)

Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisinin hesaplanmasında SDAT (Standardized Drought Analysis Toolbox) (Farahmand & AghaKouchak, 2015) kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Kuraklık Analizi Araç Kutusu, parametrik olmayan standartlaştırılmış kuraklık indislerinin hesaplanması için genel bir yapı sunar. Akım, yağış, zemin nemi ve bağıl nem gibi değişkenlerin kullanımına olanak sağlayan program, parametrik dağılım varsayımlarına ihtiyaç duymadan kuraklık analizi yapılmasına olanak sağlar. Program, MATLAB kapsamında çalışmakta olup girdi ve çıktı olarak .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program kapsamında, Standartlaştırılmış Yağış İndisi, Standartlaştırılmış Akım İndisi, Standartlaştırılmış Su Depolama İndisi gibi indislerin hesaplanması mümkündür. Program seçilen zaman aralığı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi 1 aylık, 3 aylık, 6 aylık, 9 aylık ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotla hesaplanmıştır. E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için hesaplanan bu indisler sırasıyla Şekil 5.23, Şekil 5.24, Şekil 5.25 ve Şekil 5.26’da gösterilmiştir.

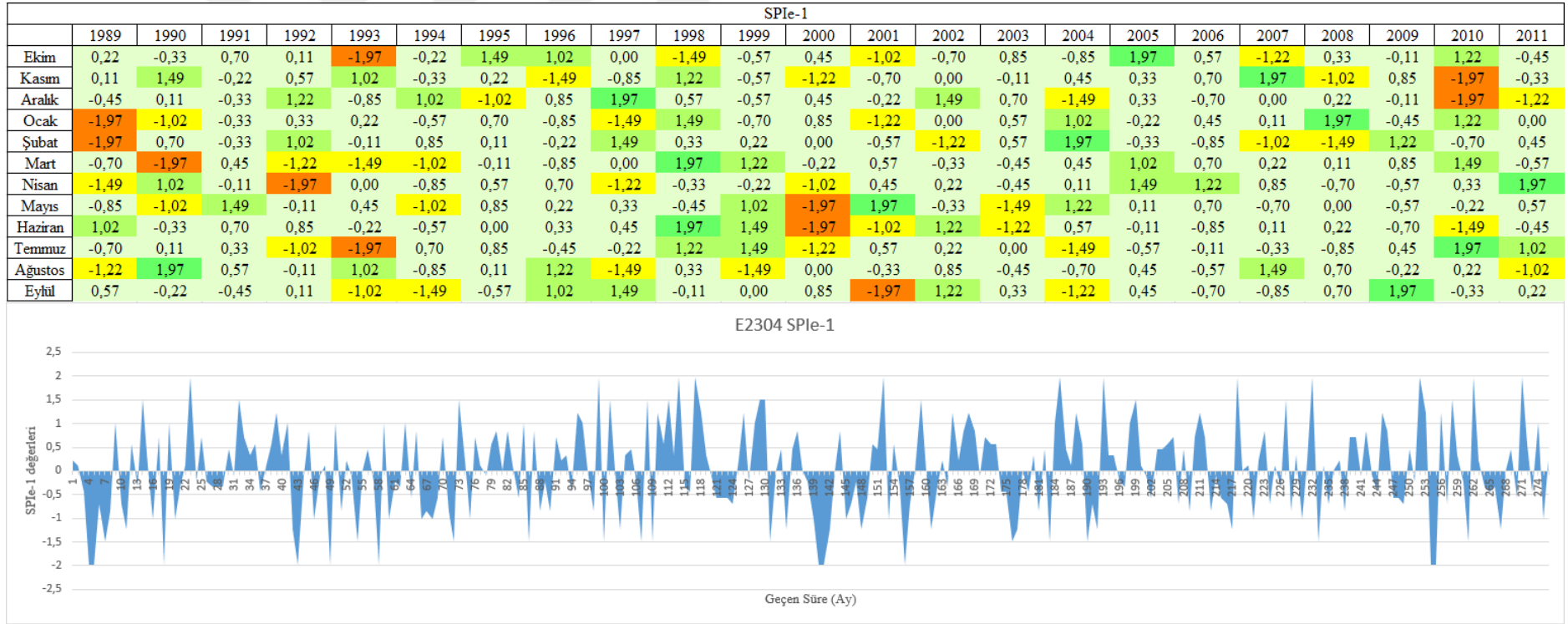
Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi’nin Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi’ne göre en büyük farkı nasıl hesaplandıklarıdır. SPIp’nin aksine SPIe parametrik dağılım fonksiyonlarına dayanmadığı için parametre tahmini gerektirmez. SPIp, dağılımların verilere ne kadar iyi uyduğunu değerlendirebilmek için uyum iyiliği testleri gerektirirken, SPIe verilerin ampirik dağılımını kullandığından bu tür uyum iyiliği testlerine ihtiyaç duymaz. Ayrıca verilerin seçilen dağılım ile uyumsuz olduğu noktalarda SPIp’nin veri uygunsuzluğuna duyarlılığı azalabilirken, belirli bir dağılım varsayımına dayanmayan SPIe bu tür dağılım uyumsuzluklarından daha az etkilenir.

Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi ve Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi sonuçlarına bakıldığında uyumsuzluklar genellikle veri dağılımlarının yüksek ve düşük uçlarında ortaya çıkar. Parametrik indisler, belirli bir olasılık dağılımını varsayarak verilere uygun parametrelerle modellemeye çalıştığından, kuyruk kısımlarında belirgin farklılıklar gözükabilir. Bu tarz farklılıklar, verinin dağılıma uyumsuzluğu arttıkça daha da belirginleşir. Ampirik indisler ise verilerin ampirik dağılım fonksiyonlarını kullandıklarından parametrik indislere göre daha esnek ve dağılım varsayımlarına bağlı olmayan indislerdir. Özellikle veri setinin dağılımı

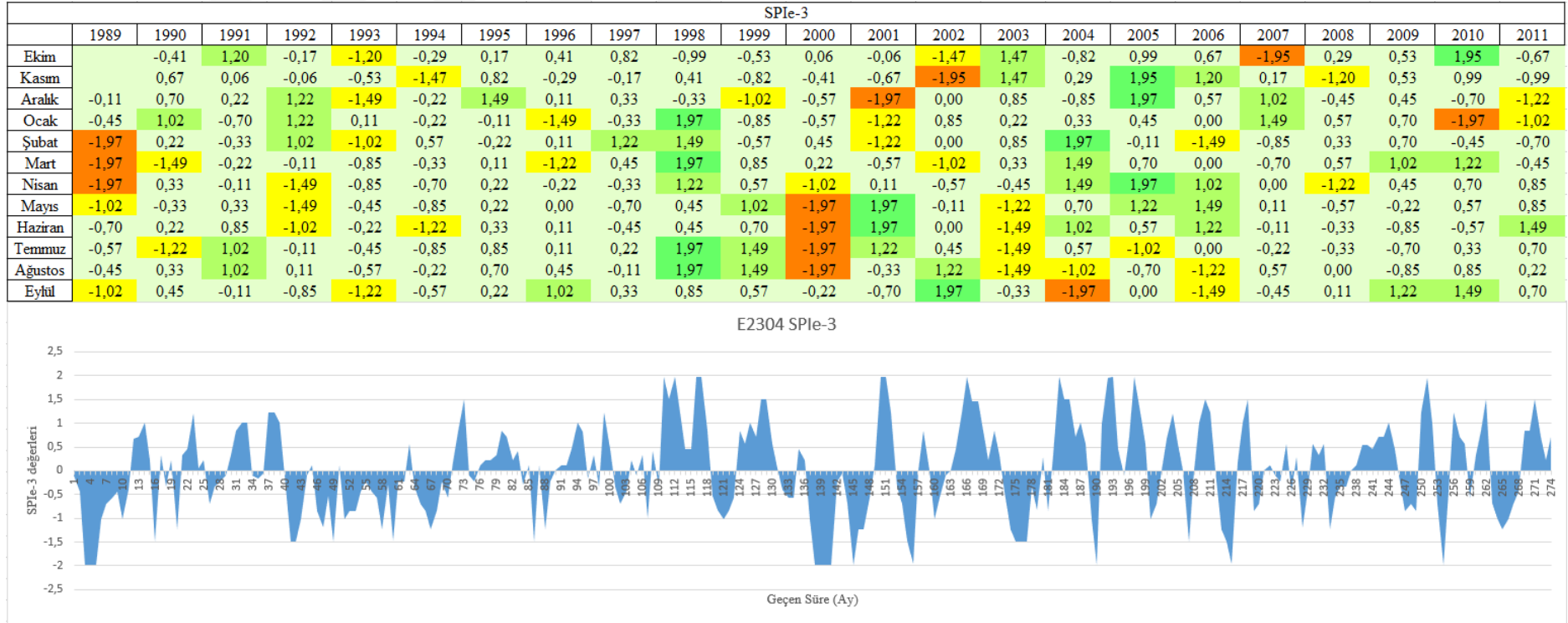
konusunda belirsizlik olduğu durumlarda ampirik indislerin kullanımı daha tutarlı sonuçlar üretebilir.

E2304 Çoruh Nehri – Bayburt istasyonu incelendiğinde de parametrik olarak hesaplanan SPI değerlerine göre büyük farklılıkların yüksek ve düşük uçlarda oluştuğu gözükmeştir. SPIp-12 için gözlemlenen 2000 yılının Mayıs ayından başlayıp 2001 yılının Haziran ayına kadar süren 14 aylık aşırı şiddetli kuraklığın en yüksek değerini aldığı 2001 Şubat ayına bakıldığında, ampirik olarak hesaplanan SPI değerlerinde de yine aynı tarihler arasında gerçekleşen kuraklığın aşırı şiddetli değerlere ulaşmayıp şiddetli değerler de kaldığı gözükmeştir. Benzer yorumlar diğer periyotlarda da yapılabilir.





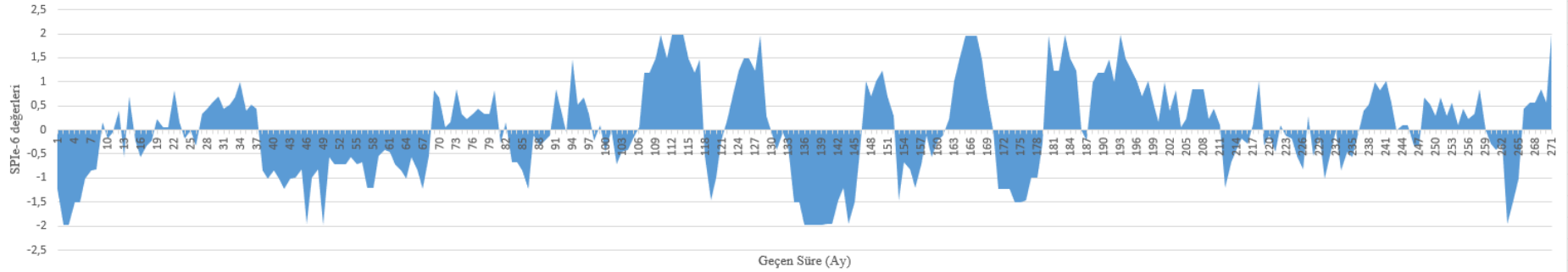
Şekil 5.23: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.



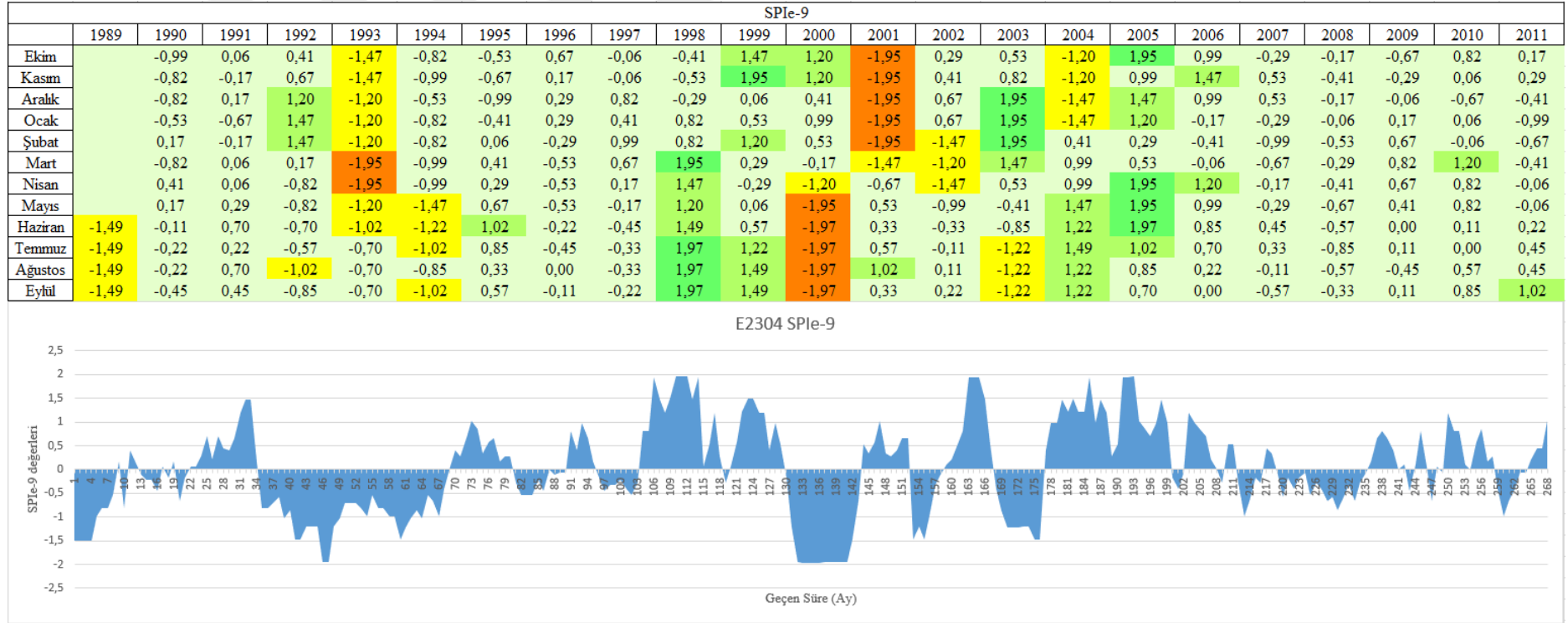
Şekil 5.24: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.

SPİe-6																							
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Ekim		-0,82	0,06	0,53	-0,99	-0,67	-0,53	0,82	0,41	-0,41	1,20	1,95	-1,95	0,29	1,47	-1,47	0,99	0,17	-1,20	-0,17	-0,06	0,67	-0,29
Kasım		0,17	0,06	0,67	-0,82	-1,20	0,82	-0,29	-0,06	-0,17	1,47	0,29	-1,95	-1,47	1,95	-0,99	1,20	0,99	-0,67	-0,53	0,41	0,53	-0,41
Aralık		-0,17	0,82	0,99	-1,95	-1,20	0,67	0,17	1,47	0,06	-0,53	-0,06	-1,47	-0,67	1,95	-0,99	1,20	0,41	-0,41	-0,82	0,53	0,29	-0,29
Ocak		-0,06	0,17	0,41	-0,99	-0,53	0,06	-0,67	0,53	1,20	-1,47	-0,41	-1,20	-0,82	1,95	-0,29	1,47	0,82	-0,17	0,29	0,99	0,67	-1,95
Şubat		0,41	-0,17	0,53	-0,82	-0,41	0,17	-0,67	0,67	1,20	-0,99	-0,06	-1,95	-1,20	1,47	1,95	0,99	0,06	-0,29	-0,53	0,82	0,29	-1,47
Mart	-1,22	-0,57	0,00	0,45	-1,97	-0,45	0,85	-0,85	0,33	1,49	-0,22	-0,33	-1,49	-0,70	0,70	1,22	1,97	0,22	0,11	-0,11	1,02	0,57	-1,02
Nisan	-1,97	0,70	-0,33	-0,85	-0,57	-0,70	0,33	-1,22	-0,22	1,97	0,22	-1,49	-0,45	-0,11	0,00	1,22	1,49	0,85	1,02	-1,02	0,57	0,11	0,45
Mayıs	-1,97	-0,22	0,33	-1,02	-0,70	-0,85	0,22	-0,11	0,11	1,49	0,70	-1,49	1,02	-0,57	-1,22	1,97	1,22	0,85	-0,33	-0,45	0,00	0,45	0,57
Haziran	-1,49	-0,57	0,45	-0,85	-0,70	-1,02	0,33	-0,33	-0,45	1,97	1,22	-1,97	0,70	-0,22	-1,22	1,49	1,02	0,85	-0,11	0,00	0,11	0,22	0,57
Temmuz	-1,49	-0,33	0,57	-1,02	-0,70	-0,57	0,45	-0,22	0,00	1,97	1,49	-1,97	1,02	-0,11	-1,22	1,22	0,70	0,22	-0,45	-0,85	0,11	0,33	0,85
Ağustos	-1,02	-0,22	0,70	-1,22	-0,57	-0,85	0,33	-0,11	-0,70	1,97	1,49	-1,97	1,22	0,22	-1,49	0,00	1,02	0,45	0,11	-0,45	-0,33	0,85	0,57
Eylül	-0,85	0,22	0,45	-1,02	-0,70	-1,22	0,33	0,85	-0,45	1,49	1,22	-1,97	0,70	1,02	-1,49	-0,22	0,57	0,11	-0,11	-0,57	-0,33	0,00	1,97

E2304 SPIe-6



Şekil 5.25: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.26: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.

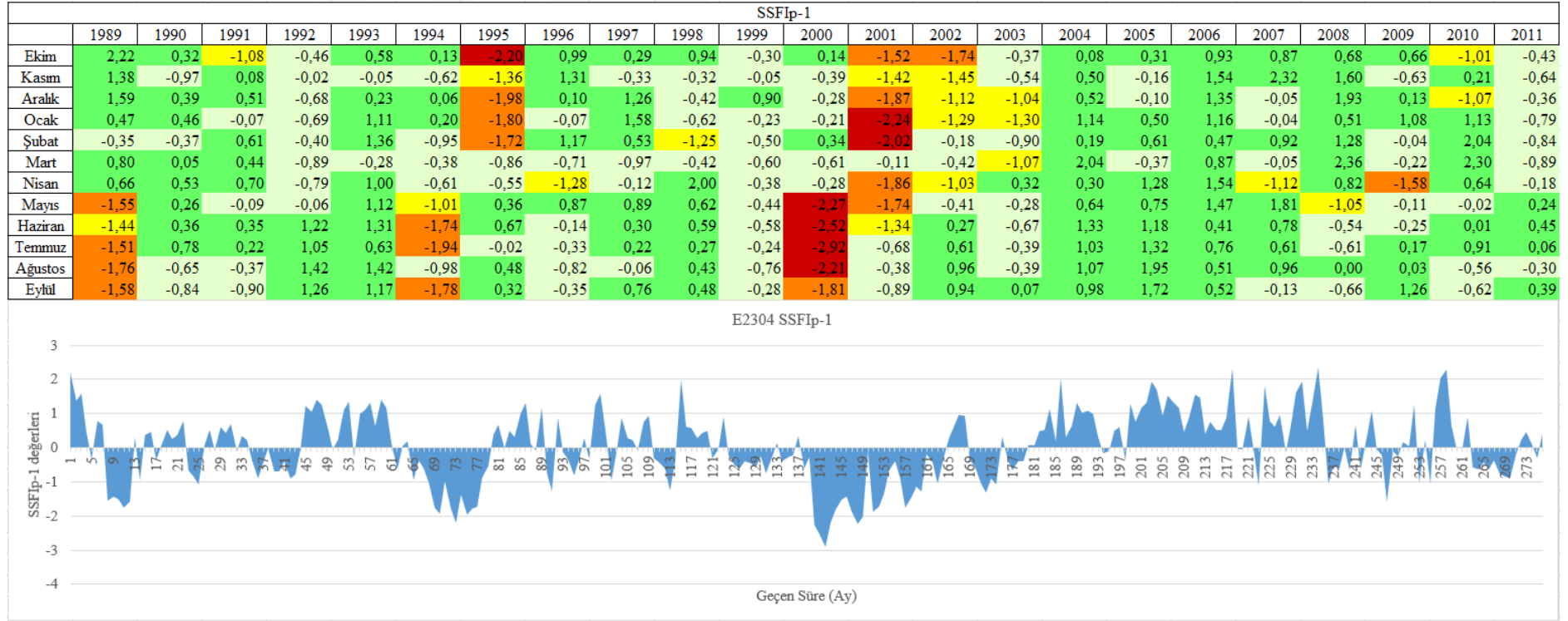
5.1.6 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi (SSFIp)

Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisinin hesaplanmasında DrinC (Tigkas vd., 2014) kullanılmıştır. Atina Ulusal Teknik Üniversitesi tarafından geliştirilen programda Standartlaştırılmış Akım İndisi'nin dışında Keşif Kuraklık İndisi, Akım Kuraklık İndisi gibi indisler de hesaplanabilmektedir. Program girdi ve çıktı olarak Microsoft Excel dosya formatı olan .xlsx dosyalarını ve .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program seçilen zaman aralığı, olasılık dağılımı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi 1 aylık, 3 aylık, 6 aylık, 9 aylık ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotla hesaplanmıştır. E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için hesaplanan bu indisler sırasıyla Şekil 5.27, Şekil 5.28, Şekil 5.29 ve Şekil 5.30'da gösterilmiştir.

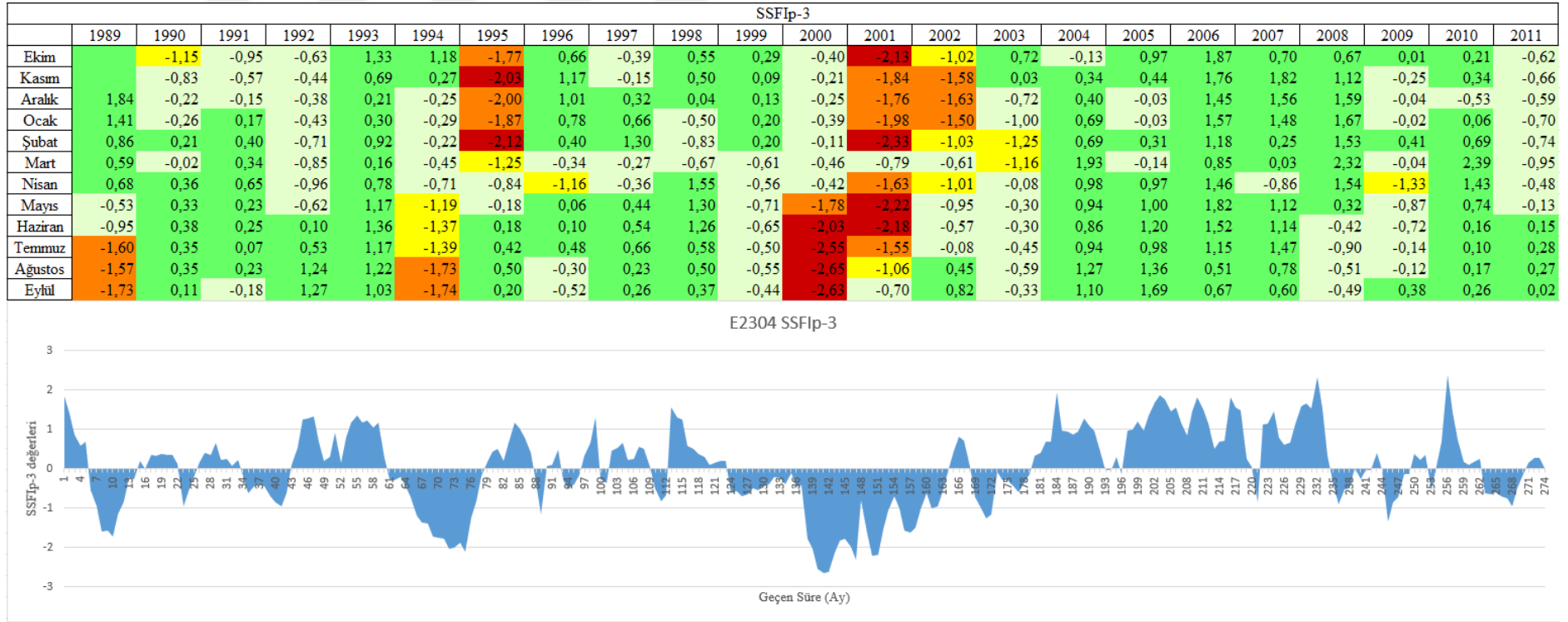
E2304 Çoruh Nehri – Bayburt istasyonu için 1 aylık periyotta SSFI değerleri incelendiğinde, 1989 yılının Mayıs ayından başlayan kuraklığın Eylül ayına kadar sürdüğü ve şiddetli olduğu görülebilir. 1994 yılının Şubat ayından başlayan ve 15 ay sürerek 1995 yılının Nisan ayında son bulan kuraklığın, en yüksek değerine 1995 yılının Ekim ayında ulaştığı görülmektedir. 1 aylık periyotta görülen en uzun kuraklık 27 ay olup 2000 yılının Mart ayından başlayıp 2002 yılının Mayıs ayında son bulmuştur. Uzun süreli olarak şiddetli ve aşırı şiddetli olarak kendini gösteren bu kuraklık olayı en yüksek değerine 2000 yılının Temmuz ayında ulaşmıştır. İstasyona 2003 yılında kesintili olsa da hafif ve orta kuraklıklar hakim olmuştur. İstasyon, 3 aylık periyotta incelendiğinde, dikkat çeken kuraklık olaylarından birisi 1994 yılının Aralık ayından başlayan ve 18 ay sürerek 1995 yılının Mayıs ayında biten kuraklık olayıdır. Bahsi geçen kuraklık olayı hafif kuraklık olarak başlasa da önce orta kuraklık daha sonrasında ise şiddetli ve aşırı şiddetli kuraklık olarak kendini göstermiştir. İstasyonda gözlemlenen en önemli kuraklık olayı ise 1999 yılının Mart ayından başlayıp 41 ay sürerek 2002 yılının Temmuz ayında sona eren 2000 yılının Ağustos ayında en büyük değerine ulaşan kuraklık olayıdır. İstasyon, 6 aylık periyotta incelendiğinde 1 ve 3 aylık periyotlardaki kuraklıkların şiddetini ve süresini arttırdığı, 1999'da başlayan kuraklığın süresini arttırarak 43 aylık bir süreçte istasyona hâkim olduğu gözlemlenmiştir. Bahsi geçen kuraklık 9 aylık periyotta da süresini ve şiddetini arttırmış 47 aylık bir süre ve 2000 ile 2001 yılları toplamında 15 aylık devamlı aşırı şiddetli kuraklık ile yine istasyonda en dikkat çeken kuraklık olayı olarak göze çarpmıştır. 12 aylık periyotta da 16 aylık devamlı aşırı kuraklık ve 58 ay süren toplam

kuraklık ile 1999 yılının Mayıs ayından başlayan ve 2004 yılının Şubat ayında son bulan kuraklık dikkat çekmiştir.

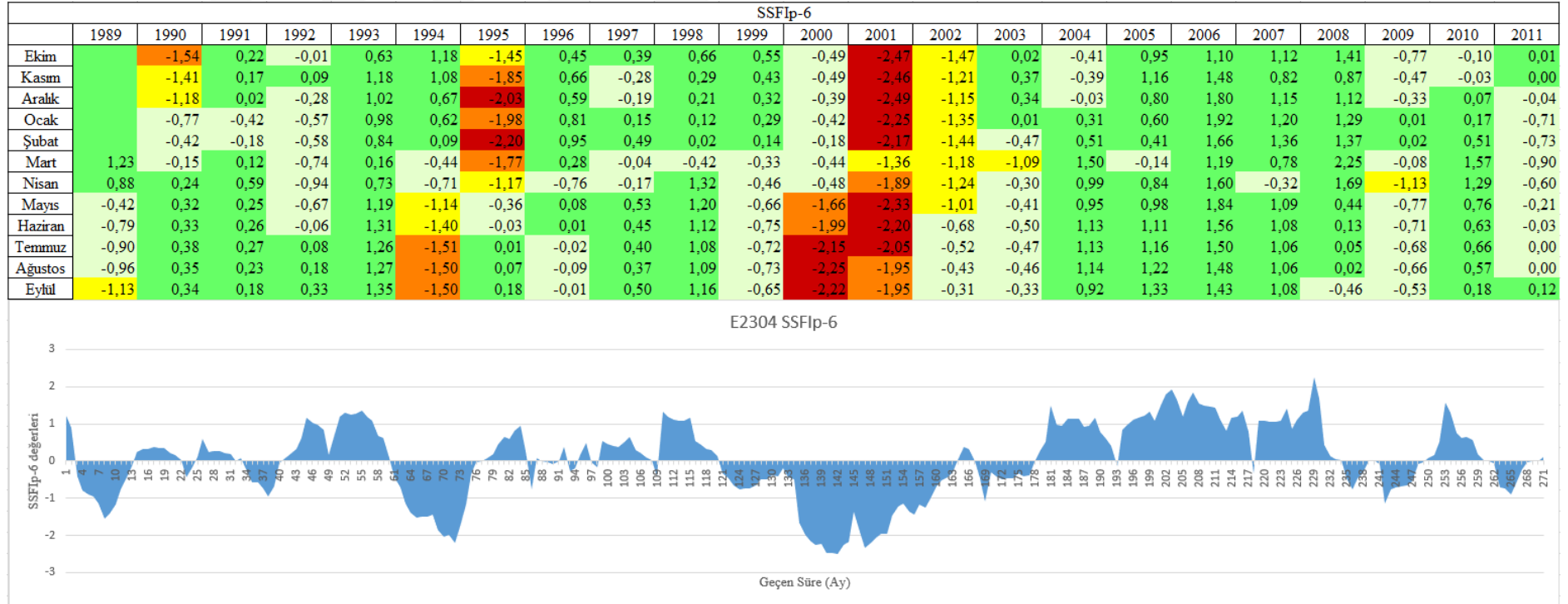




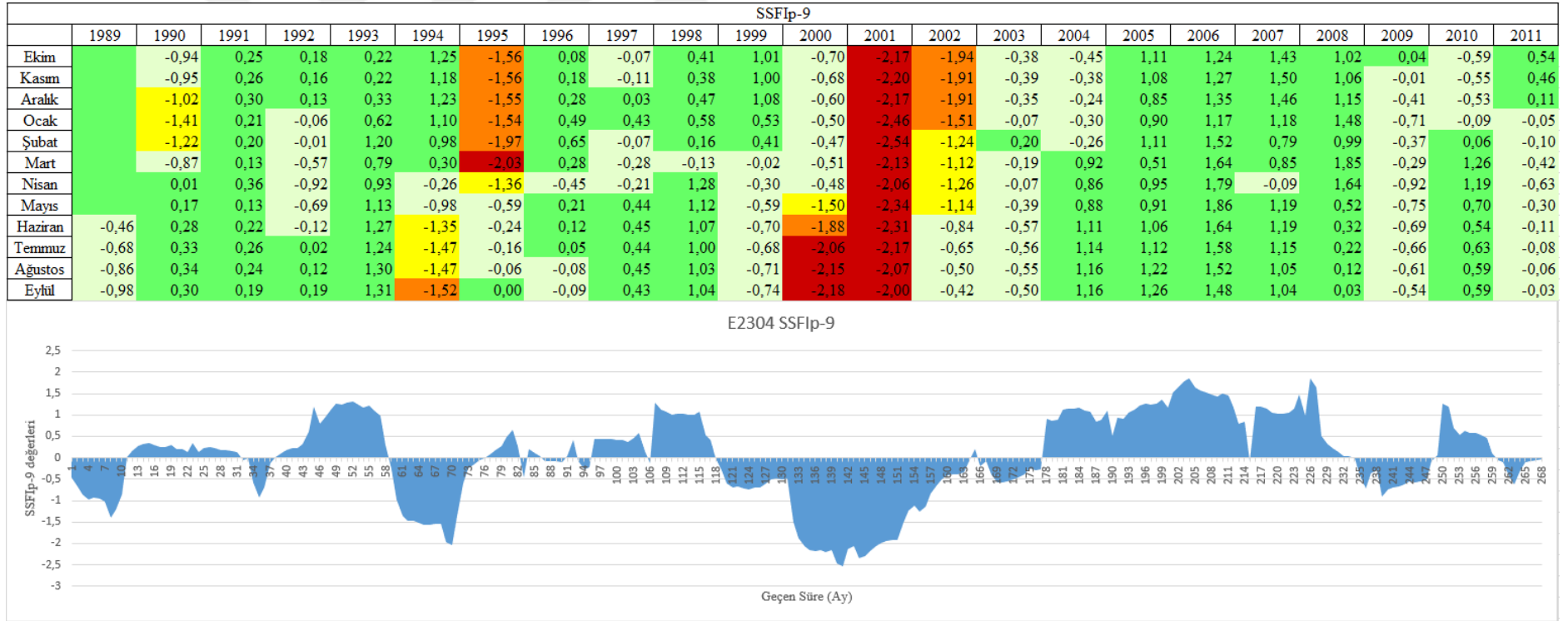
Şekil 5.27: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.28: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.29: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.

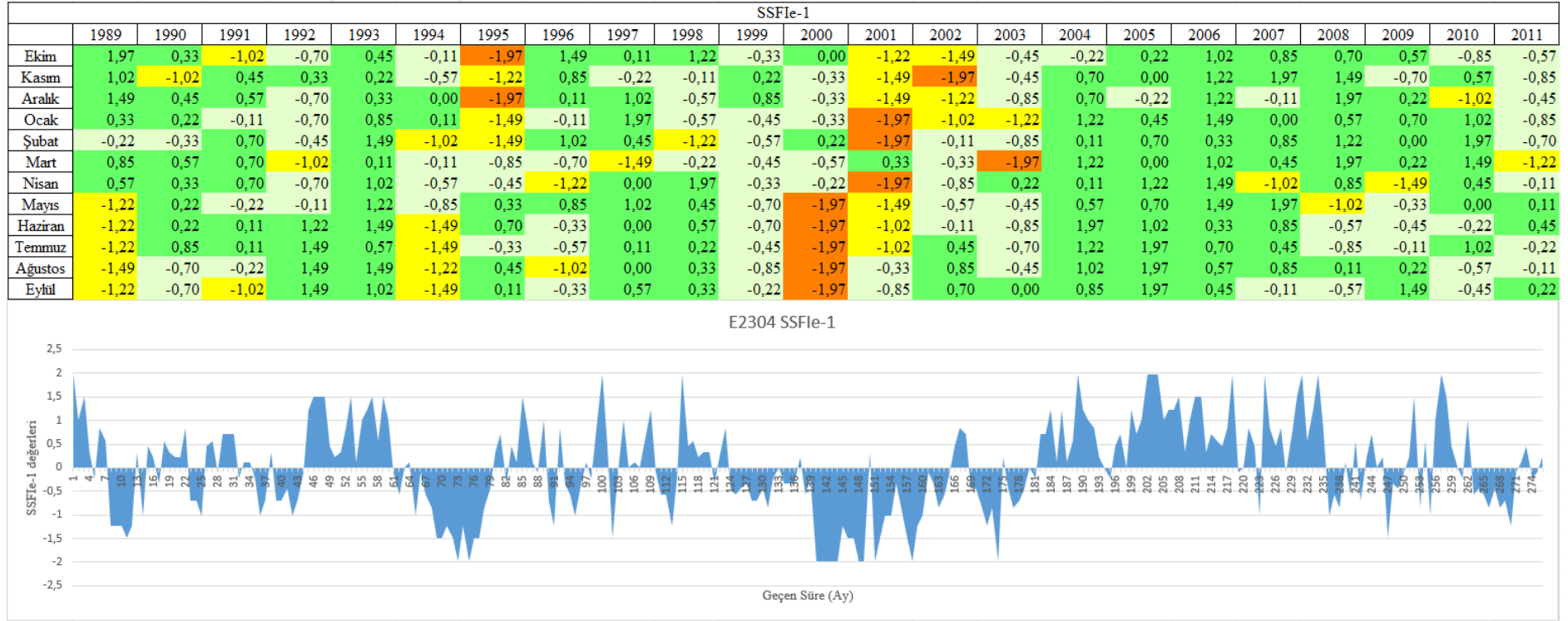


Şekil 5.30: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.

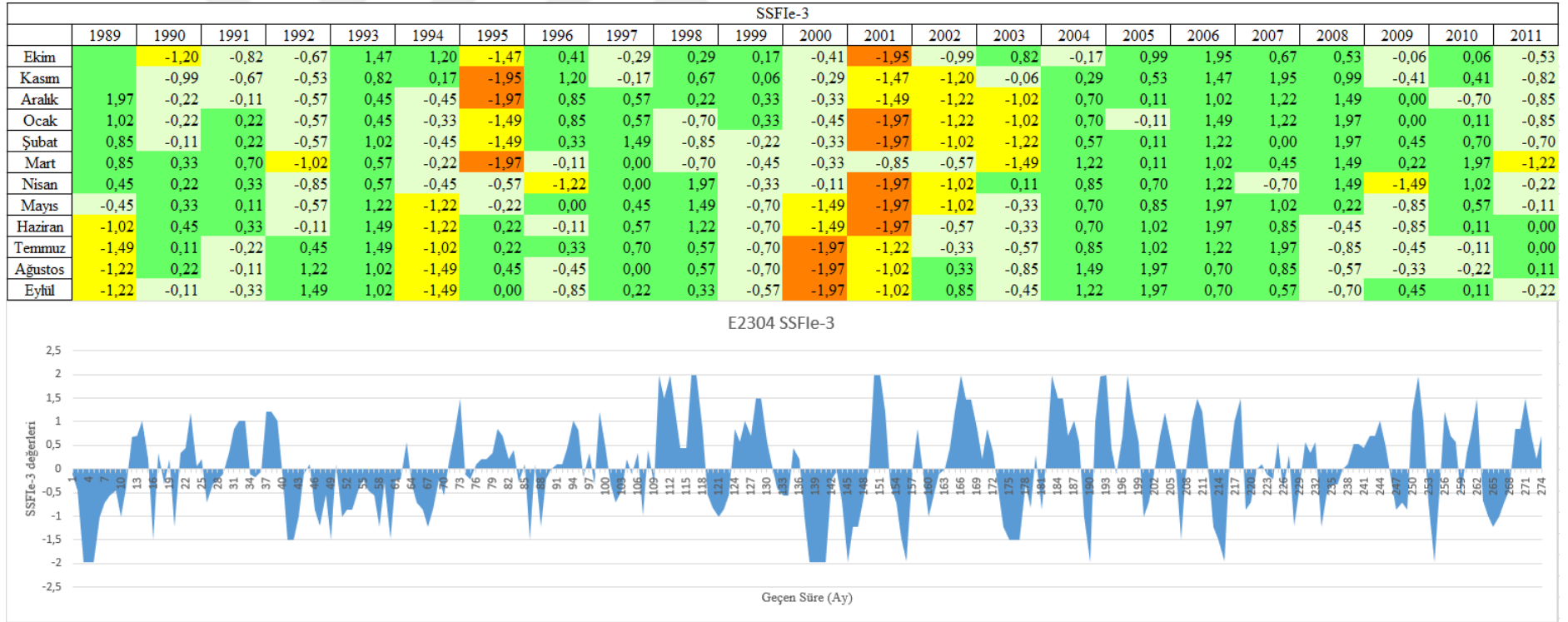
5.1.7 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi (SSFİe)

Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisinin hesaplanmasında SDAT (Farahmand & AghaKouchak, 2015) kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Kuraklık Analizi Araç Kutusu, parametrik olmayan standartlaştırılmış kuraklık indislerinin hesaplanması için genel bir yapı sunar. Akım, yağış, zemin nemi ve bağıl nem gibi değişkenlerin kullanımına olanak sağlayan program, parametrik dağılım varsayımlarına ihtiyaç duymadan kuraklık analizi yapılmasına olanak sağlar. Program, MATLAB kapsamında çalışmakta olup girdi ve çıktı olarak .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program kapsamında, Standartlaştırılmış Yağış İndisi, Standartlaştırılmış Akım İndisi, Standartlaştırılmış Su Depolama İndisi gibi indislerin hesaplanması mümkündür. Program seçilen zaman aralığı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi 1 aylık, 3 aylık, 6 aylık, 9 aylık ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotla hesaplanmıştır. E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için hesaplanan bu indisler sırasıyla Şekil 5.31, Şekil 5.32, Şekil 5.33 ve Şekil 5.34’te gösterilmiştir.

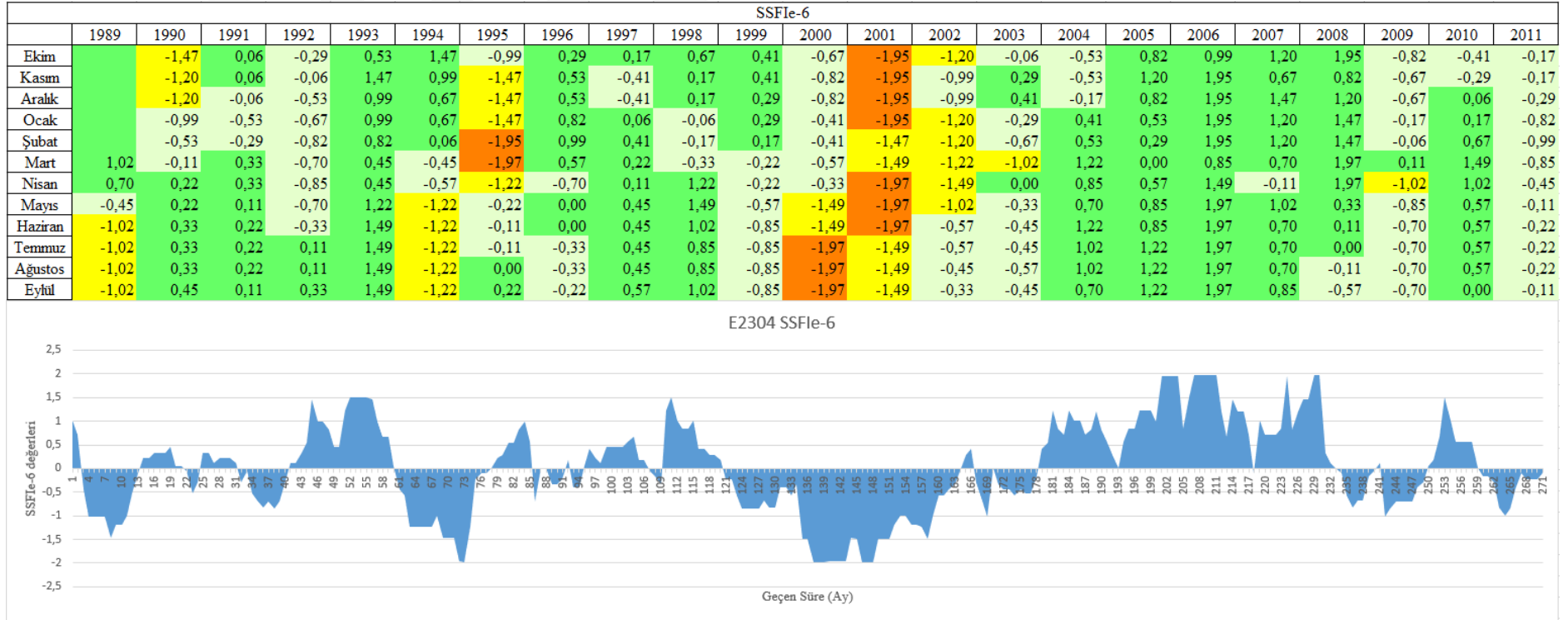
Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi için yapılan yorumların benzeri Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi için de yapılabilir. Örnek vermek gerekirse, Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi’nde 1999 ile 2003 yılları arasında her bir periyot için gözlemlenen uzun süreli şiddetli kuraklık Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi’nde de gayet açık bir şekilde görülebilmektedir. İndisler arasındaki en büyük farkın yüksek ve düşük uçlarda ortaya çıktığı da burada çok net bir şekilde gözlemlenebilir. SSFİp-12 için 2000 yılının Ağustos ayından başlayan ve 16 ay süren aşırı şiddetli kuraklığın SSFİe-12’de orta derece kuraklık ile başlayıp 12 aylık şiddetli kuraklık ve daha sonrasında yine orta derece kuraklık ile temsil edildiği görülmektedir.



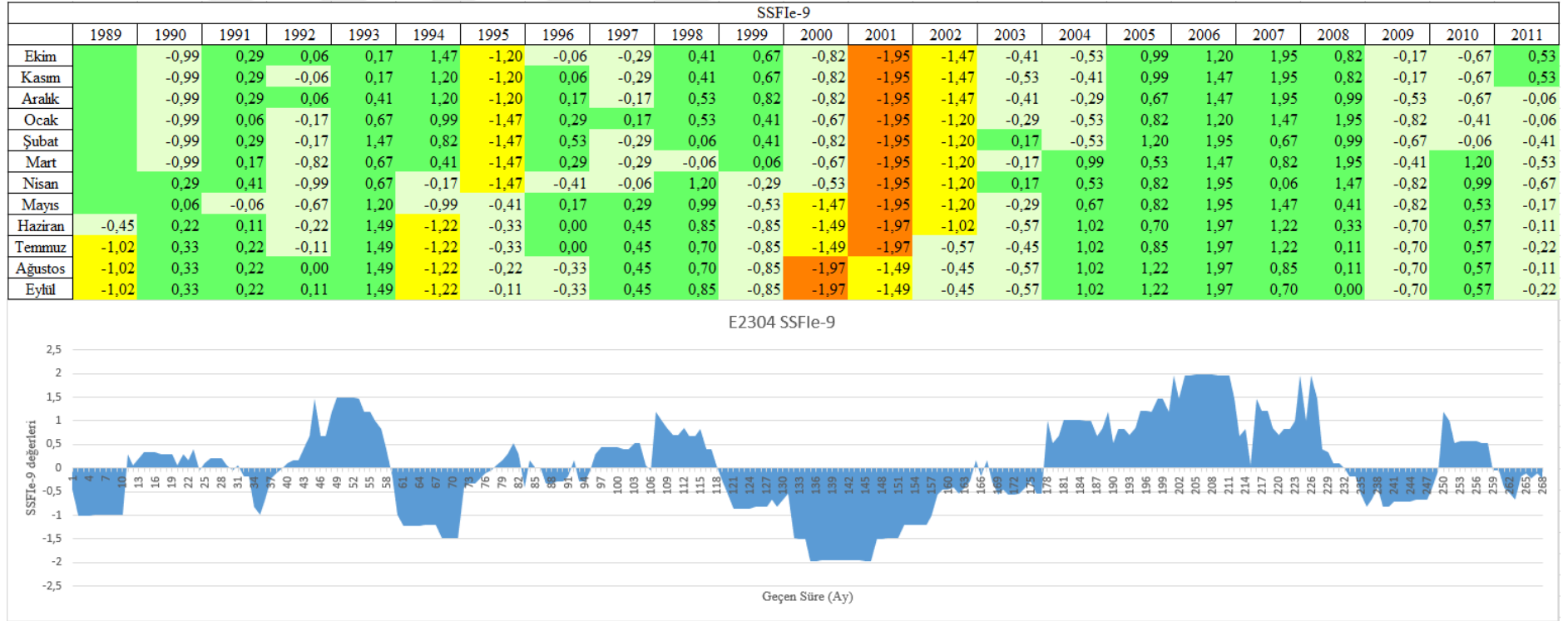
Şekil 5.31: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.32: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.33: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.



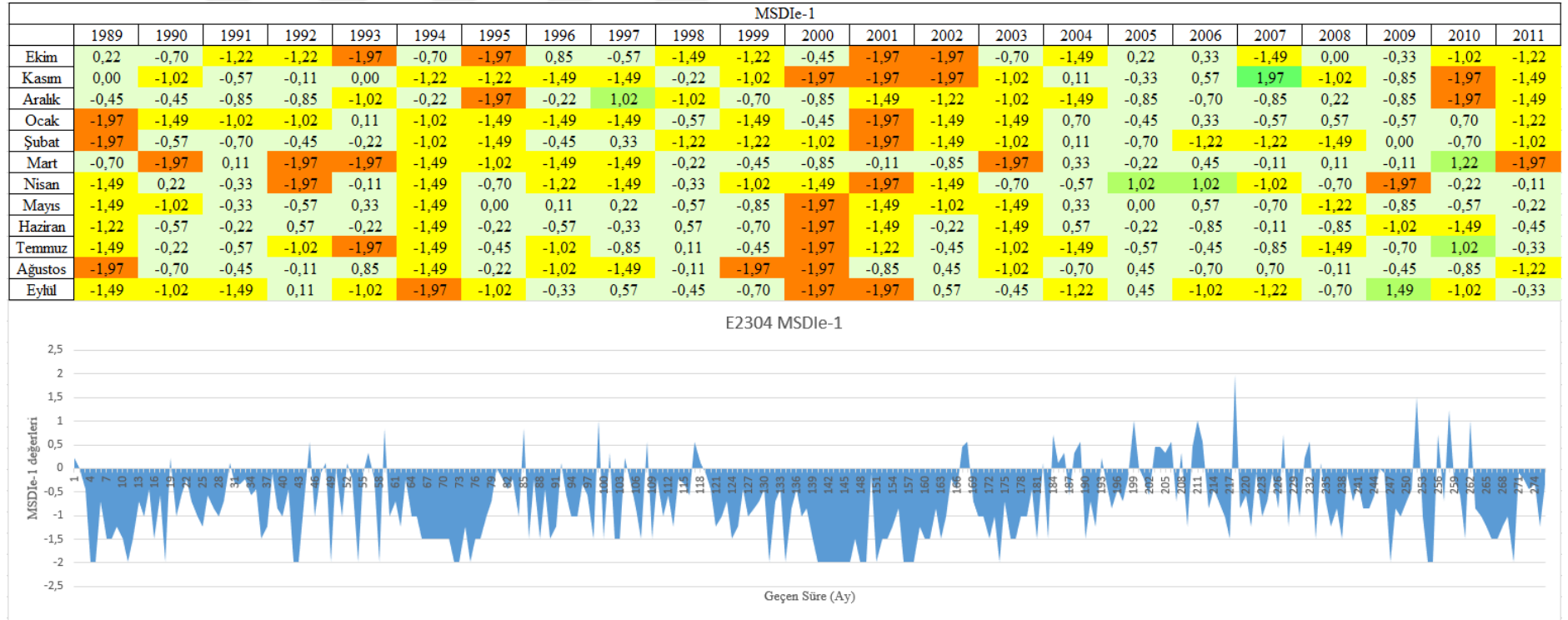
Şekil 5.34: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.

5.1.8 Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi (MSDIe)

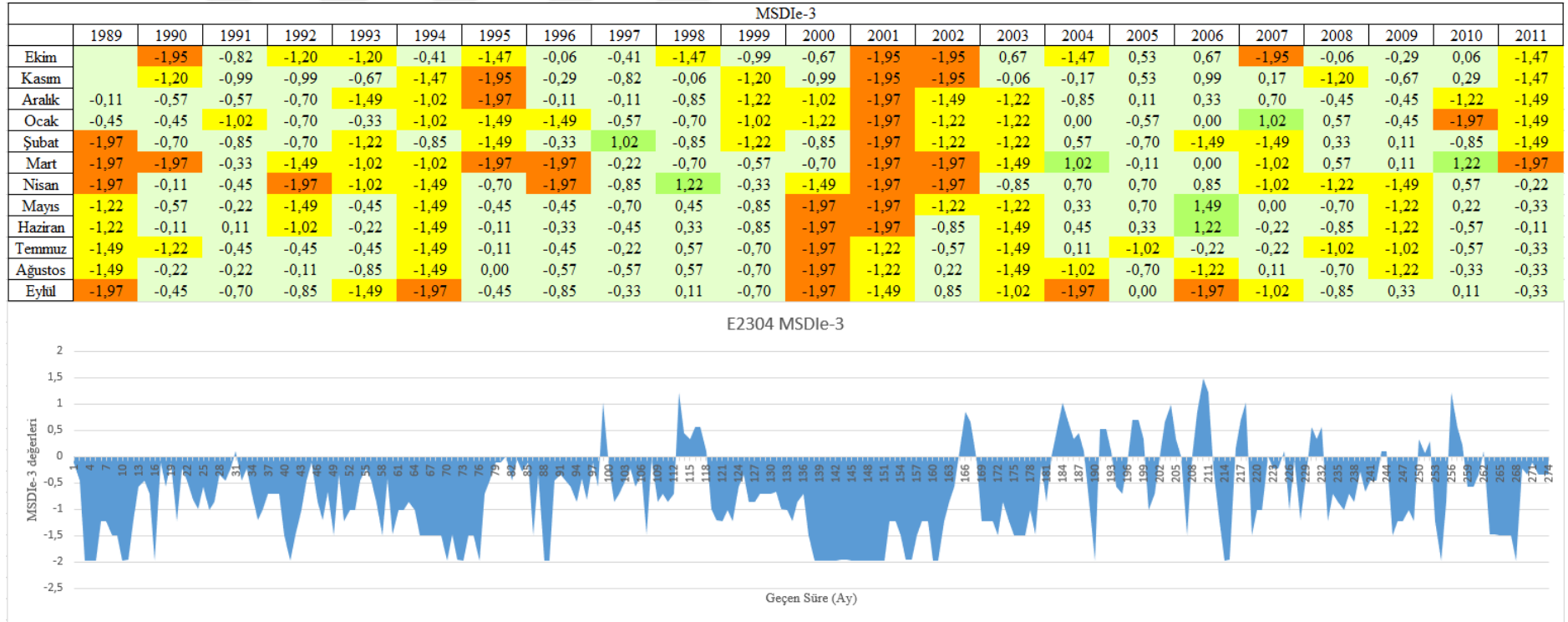
Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi (MSDI), (Hao & AghaKouchak, 2014) kuraklığın karmaşık yapısından ötürü tek değişkenli kuraklık indislerinin kuraklığı tam olarak ifade edemeyeceğini göz önünde bulundurarak, birden fazla değişkenin kullanılabildiği ve parametrik dağılımlardan bağımsız bir kuraklık indisi ile kuraklık analizi yapılabilmesi amacıyla ortaya çıkmıştır. Çalışma kapsamında yağış ve zemin nemi olmak üzere iki değişken kullanılmış olsa da daha sonra Üç Değişkenli Entegre Kuraklık İndisi (Zhang vd., 2019) ile yağış, akım ve zemin neminin değişken olarak birlikte kullanıldığı üç değişkenli bir kuraklık indisi de ortaya sürölmüştür. Bu çalışma kapsamında akım ve yağış olmak üzere iki değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi Çoruh Havzası kapsamındaki 8 farklı akım gözlem istasyonu için 1-aylık, 3-aylık, 6-aylık, 9-aylık ve 12-aylık olmak üzere 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. Bölüm 1.1.2’de akım gözlem istasyonları için hesaplanan yağış değerleri ve Türkiye Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından sağlanan akım verileri ile yapılan indis hesaplamalarının sonuçları sırasıyla Şekil 5.35, Şekil 5.36, Şekil 5.37 ve Şekil 5.38’de gösterilmiştir.

Hesaplanan MSDI değerleri incelendiğinde, SPI için de olduğu gibi zaman ölçeği arttıkça kuraklık sıklığının değiştiği gözökmektedir. Daha kısa zaman ölçeklerinde kuraklık sıklığının daha sık olduğu ama kuraklıkların daha kısa sürdüğü, daha uzun zaman ölçeklerinde ise daha az sıklıkta ama daha uzun süren kuraklıklar görölmüştür.

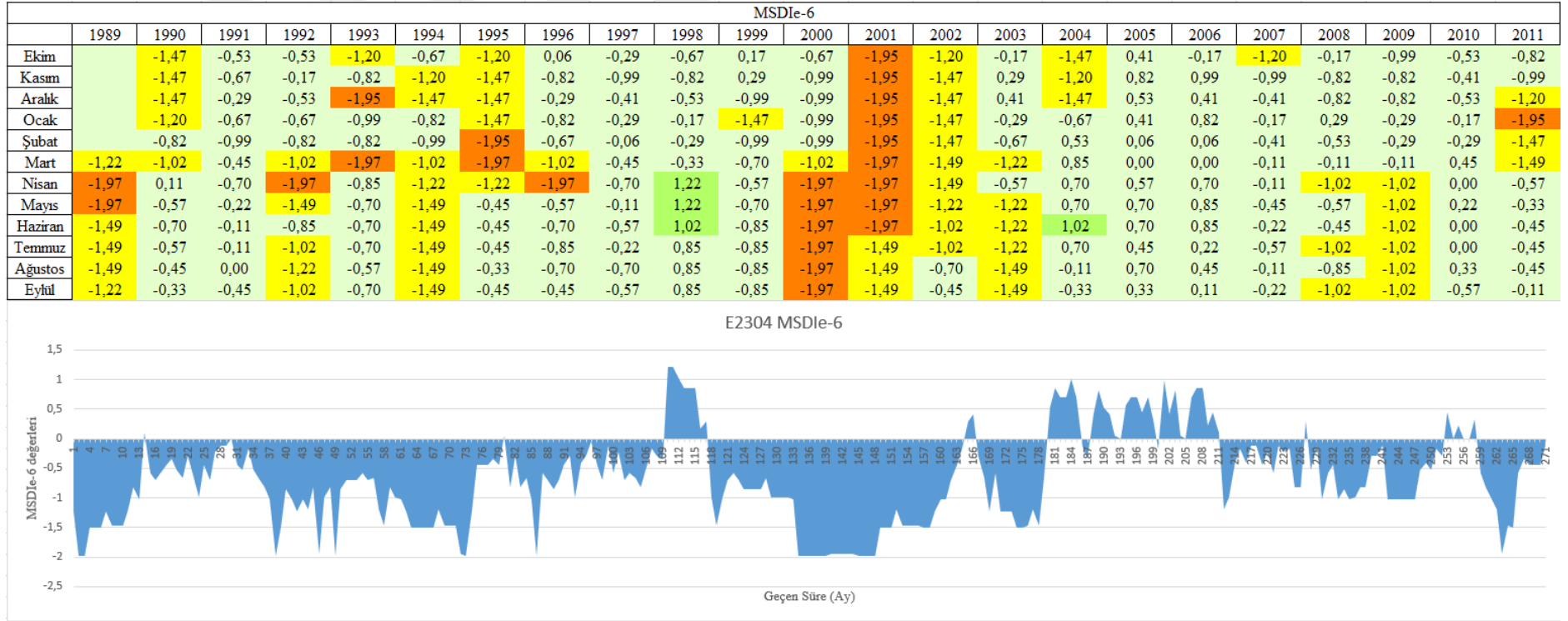
SPI veya SSFI’nin aksine kuraklığı entegre olarak inceleyen MSDI değerlerine bakıldığında tek değişkenli indislerde gözlemlenen kuraklıkları temsil ettiği gözlemlenmektedir. Örnek vermek gerekirse SPI için 1989, 1990, 1992, 1993 ve 1994’de görölen ama SSFI’nde gözlemlenemeyen kuraklıklar MSDI’nde gözlemlenebilmektedir. Aynı şekilde 1995 yılında SSFI’nde görölebilen ama SPI’nde görölemeyen kuraklık olayı da MSDI’nde gözlemlenebilmektedir. Bunun haricinde hem SPI’nde hem SSFI’nde gözlenen 2000, 2001, 2002 ve 2003 yıllarını kapsayan kuraklık da MSDI’da görölebilmektedir. Bu çalışma kapsamında ampirik olarak hesaplanan MSDI, tek değişkenli ampirik indislerde olduğu gibi parametrik indislerle yüksek ve düşük uçlarda farklılık göstermektedir.



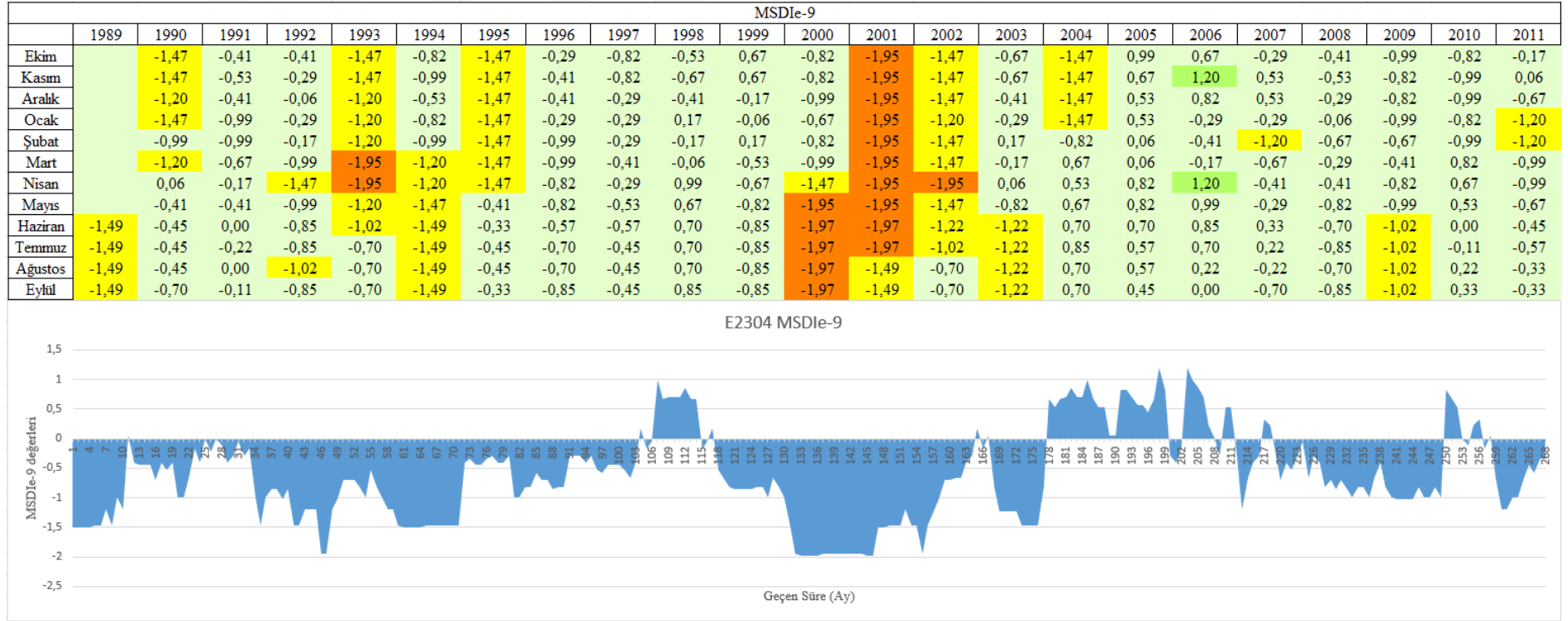
Şekil 5.35: E2304 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.36: E2304 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.37: E2304 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.38: E2304 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.

5.1.9 Hesaplanan indislerin karşılaştırılması

E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için hesaplanan indisler sırasıyla 1-aylık, 3-aylık, 6-aylık ve 9-aylık periyotlarda olmak üzere Şekil 5.39, Şekil 5.40, Şekil 5.41 ve Şekil 5.42’de gösterilmiştir. Hesaplanan indislere bakıldığında, parametrik indislerin ampirik eşdeğerlerine göre kuraklığı daha şiddetli hesapladığı görülmüştür. Bahsi geçen şekiller incelendiğinde tüm periyotlarda Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi’nin diğer indislere göre daha kurak sonuçlar verdiği görülmektedir. Bu durum, MSDI’nin Standartlaştırılmış Yağış İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi’nin etkilerini birleştirerek hidrolojik ve meteorolojik kuraklığı birlikte değerlendirmesi ile ilişkilendirilebilir.

Hesaplanan indislerin her biri için MSDIe ile olan korelasyon katsayısı hesaplanmış ve Çizelge 5.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.6: E2304 istasyonu için MSDI ile tekil indisler arasında farklı periyotlarda korelasyon katsayıları.

İndis	1-ay	3-ay	6-ay	9-ay	12-ay
SPIp	0,67	0,69	0,73	0,77	0,79
SSFIp	0,69	0,71	0,74	0,77	0,76
SPIe	0,69	0,69	0,73	0,77	0,80
SSFIe	0,68	0,68	0,73	0,75	0,74

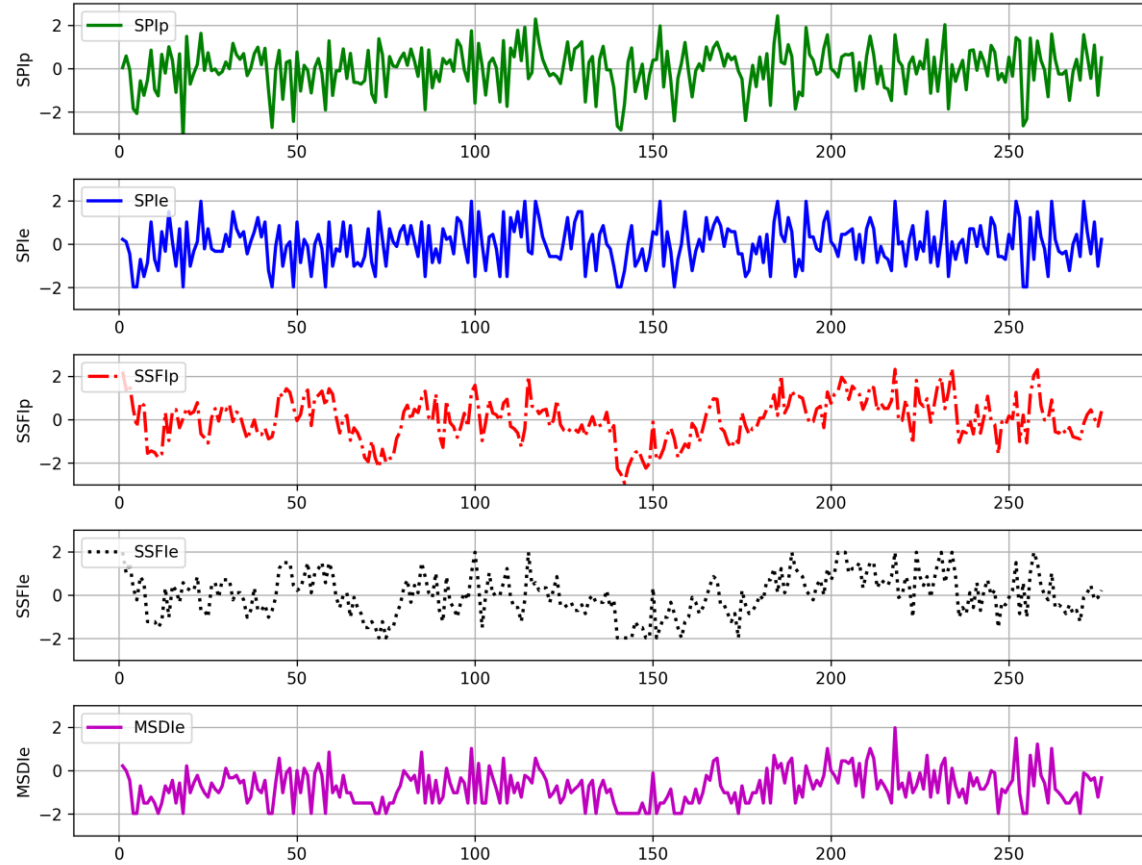
Çizelge 5.6’daki tek değişkenli indisler ile MSDI arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında değerlerin her bir periyotta her bir indis için 0.65’ten büyük olduğu ve aynı zamanda büyük bir çoğunluğu için de 0.70’den büyük olduğu gözükmemektedir. Uzun süredir literatürde kullanılan ve güvenilirliği kanıtlanmış bu indislerle ilişkisi, bu çalışma kapsamında kullanılan ve kuraklığı entegre bir şekilde ifade eden MSDI’nin güvenilirliğini doğrulamaktadır.

Şekil 5.41’deki ilk dikdörtgene bakıldığında, SSFI değerlerinin kuraklık eşiğine ulaşmadığı açıkça görülebiliyor, bu da hidrolojik kuraklığın meydana gelmediğini gösteriyor. Bununla birlikte, SPI değerlerinin kuraklığı eşiğine ulaştığı da gözlemlenebilmekte. Bu dikdörtgen içerisinde MSDI değerlerine bakıldığında, SSFI’ne göre hidrolojik kuraklık gerçekleşmemiş olmasına rağmen entegre anlamda bir kuraklık gerçekleştiği görülebilmektedir. Benzer şekilde ikinci dikdörtgene bakıldığında ise SPI değerlerinin kuraklık eşiğine ulaşmadığı yani meteorolojik

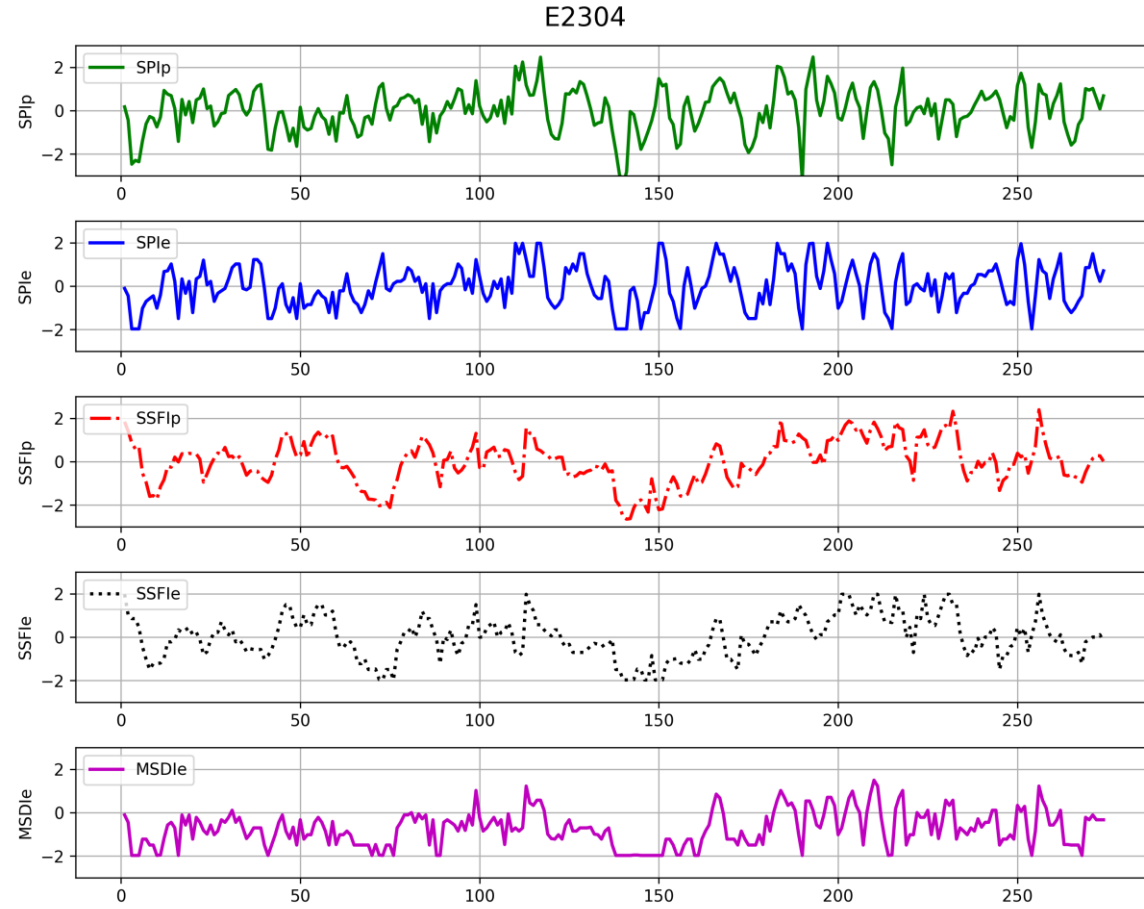
kuraklığın gerçekleşmediği görülebiliyorken MSDI değerlerine bakıldığında entegre anlamda bir kuraklık gözlemlenmektedir. Tek değişkenli indisler kuraklığı entegre anlamda ifade edemeyebilirler. Bu noktada şunu belirtmek gerekir ki, SPI ve SSFI kuraklık eşiğine ulaşmamış olsa dahi entegre anlamda bir kuraklık gözlemlenebilir.



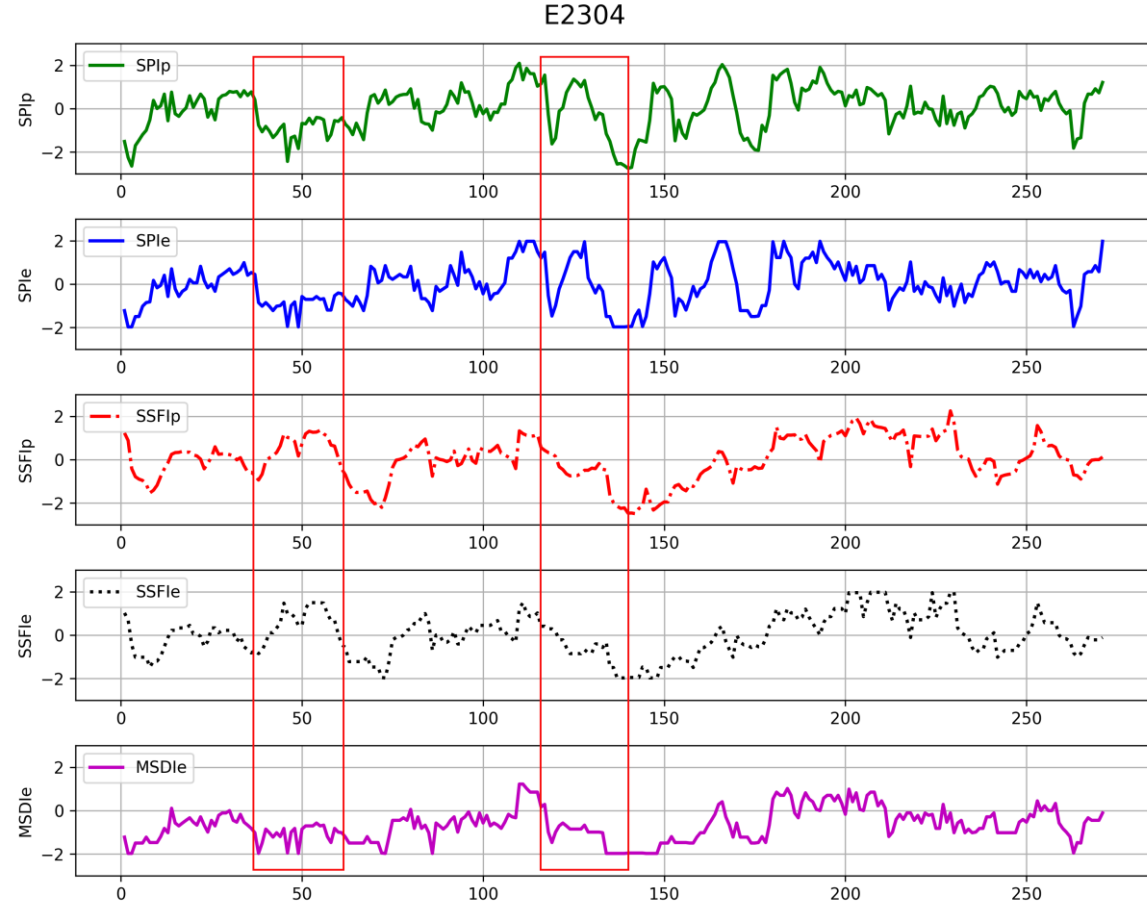
E2304



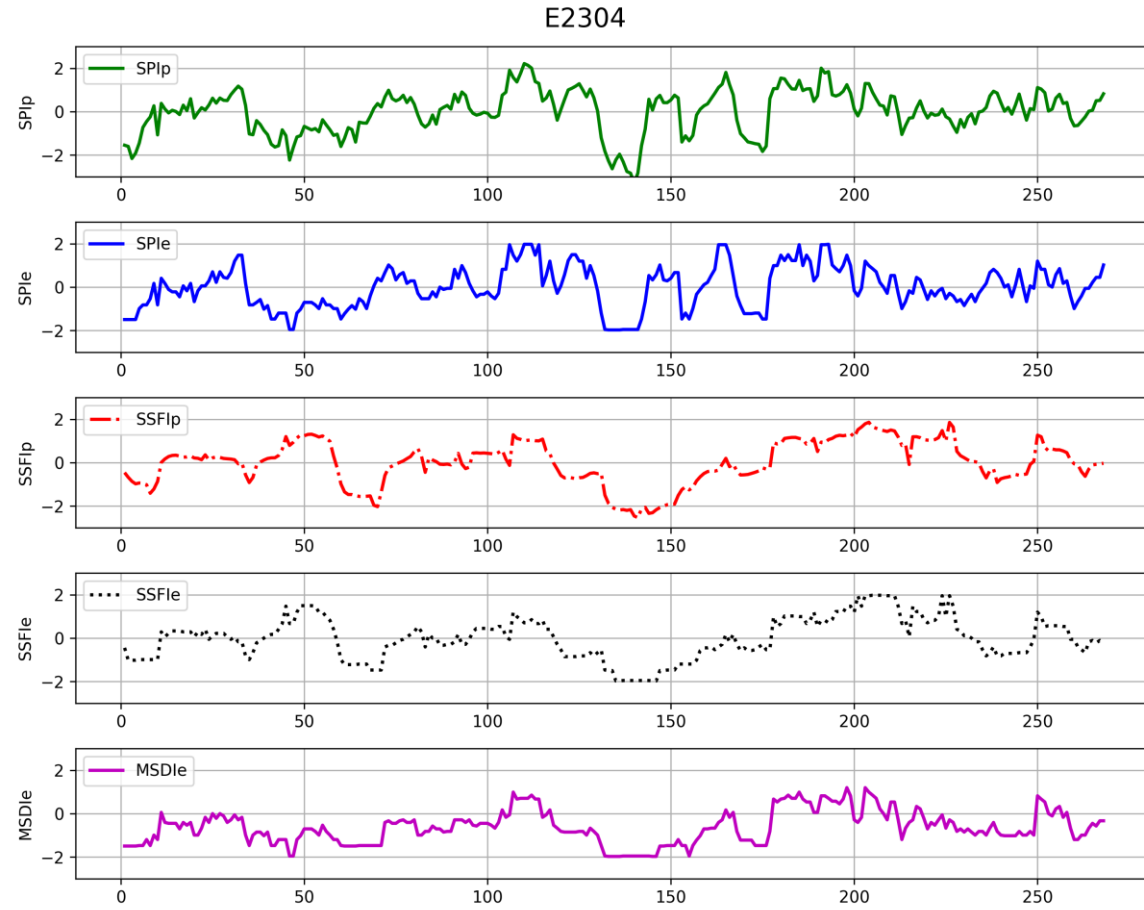
Şekil 5.39: E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için 1 ay periyotta hesaplanan indisler.



Şekil 5.40: E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için 3 ay periyotta hesaplanan indisler.



Şekil 5.41: E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için 6 ay periyotta hesaplanan indisler.



Şekil 5.42: E2304 Çoruh Nehri – Bayburt için 9 ay periyotta hesaplanan indisler.

5.1.10 İndis olasılıkları

Her bir indis için Çoruh Havzası kapsamında seçilen her istasyonun 1-aylık, 3-aylık, 6-aylık, 9-aylık ve 12-aylık periyotlarında indis olasılıkları hesaplanmıştır. Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8’de verilen sınıflandırmalara bağlı olarak her bir aralıkta kalan ay sayısının toplam ay sayısına oranı ile indis olasılıkları hesaplanmış ve gösterilmiştir.

Çizelge 5.7: McKee ve diğerlerine (1993) göre indis sınıflandırması.

SPI Değeri	Sınıf
$SPI \geq 2.0$	Aşırı Derecede Islak
$1.50 < SPI \leq 2.00$	Şiddetli Islak
$1.00 < SPI \leq 1.50$	Orta Derecede Islak
$-1.00 < SPI \leq 1.00$	Normale Yakın
$-1.50 < SPI \leq -1.00$	Orta Derecede Kuraklık
$-2.00 < SPI \leq -1.50$	Şiddetli Kuraklık
$SPI < -2.00$	Aşırı Derecede Kuraklık

Çizelge 5.8: Nalbantis ve Tsakiris’e göre (2008) SDI sınıflandırılması.

SDI Değeri	Sınıf
$SDI \geq 0$	Islak
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	Hafif Kuraklık
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	Orta Derecede Kuraklık
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	Şiddetli Kurak
$SDI < -2.00$	Aşırı Derecede Kurak

5.1.10.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları

Çoruh Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi olasılıkları 1-aylık ve 12-aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.9 ve Çizelge 5.10’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.9: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPI _p -1	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPI_p \geq 2.0$	0,011	0,007	0,011	0,011	0,022	0,007	0,014	0,018
$1.50 < SPI_p \leq 2.00$	0,036	0,033	0,047	0,047	0,047	0,058	0,033	0,029
$1.00 < SPI_p \leq 1.50$	0,094	0,116	0,076	0,101	0,094	0,091	0,094	0,109
$-1.00 < SPI_p \leq 1.00$	0,688	0,685	0,717	0,670	0,685	0,678	0,699	0,674
$-1.50 < SPI_p \leq -1.00$	0,087	0,076	0,065	0,091	0,072	0,094	0,065	0,076
$-2.00 < SPI_p \leq -1.50$	0,047	0,043	0,043	0,058	0,051	0,043	0,058	0,058
$SPI_p < -2.00$	0,036	0,040	0,040	0,022	0,029	0,029	0,036	0,036

Çizelge 5.10: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-12	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIp \geq 2.0$	0,008	0,004	0,008	0,034	0,000	0,030	0,015	0,026
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,042	0,087	0,072	0,057	0,049	0,053	0,091	0,057
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,075	0,072	0,102	0,049	0,106	0,091	0,075	0,087
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,713	0,687	0,672	0,679	0,687	0,668	0,653	0,664
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,083	0,087	0,068	0,113	0,049	0,094	0,109	0,113
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,030	0,030	0,057	0,057	0,064	0,057	0,038	0,042
$SPIp < -2.00$	0,049	0,034	0,023	0,011	0,045	0,008	0,019	0,011

5.1.10.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları

Çoruh Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi olasılıkları 1-aylık ve 12-aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.11 ve Çizelge 5.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.11: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-1	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,134	0,130
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,649	0,652
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,134	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,040	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.12: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-12	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.1.10.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları

Çoruh Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi olasılıkları 1-aylık ve 12-aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.13 ve Çizelge 5.14'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.13: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-1	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
SSFIp ≥ 0	0,493	0,489	0,507	0,533	0,504	0,504	0,420	0,623
$-1.00 \leq \text{SSFIp} < 0.00$	0,351	0,366	0,362	0,312	0,319	0,330	0,464	0,225
$-1.50 \leq \text{SSFIp} < -1.00$	0,069	0,091	0,054	0,076	0,105	0,083	0,072	0,058
$-2.00 \leq \text{SSFIp} < -1.50$	0,062	0,036	0,051	0,040	0,058	0,065	0,033	0,047
SSFIp < -2.00	0,025	0,018	0,025	0,040	0,014	0,018	0,011	0,047

Çizelge 5.14: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-12	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
SSFIp ≥ 0	0,562	0,551	0,551	0,536	0,491	0,558	0,494	0,558
$-1.00 \leq \text{SSFIp} < 0.00$	0,302	0,298	0,294	0,298	0,355	0,275	0,313	0,257
$-1.50 \leq \text{SSFIp} < -1.00$	0,023	0,026	0,023	0,079	0,091	0,087	0,128	0,125
$-2.00 \leq \text{SSFIp} < -1.50$	0,053	0,049	0,057	0,030	0,019	0,034	0,064	0,015
SSFIp < -2.00	0,060	0,075	0,075	0,057	0,045	0,045	0,000	0,045

5.1.10.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları

Çoruh Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi olasılıkları 1-aylık ve 12-aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.15 ve Çizelge 5.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.15: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIe-1	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
SSFIe ≥ 0	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,522	0,529
$-1.00 \leq \text{SSFIe} < 0.00$	0,304	0,308	0,304	0,308	0,304	0,304	0,304	0,297
$-1.50 \leq \text{SSFIe} < -1.00$	0,130	0,130	0,130	0,127	0,130	0,130	0,130	0,130
$-2.00 \leq \text{SSFIe} < -1.50$	0,043	0,040	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
SSFIe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.16: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIe-12	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
SSFIe ≥ 0	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502
$-1.00 \leq \text{SSFIe} < 0.00$	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358
$-1.50 \leq \text{SSFIe} < -1.00$	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
$-2.00 \leq \text{SSFIe} < -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
SSFIe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.1.10.5 MSDIe olasılıkları

Çoruh Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi olasılıkları 1-aylık ve 12-aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.17 ve Çizelge 5.18’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.17: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-1	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$MSDIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSDIe \leq 2.00$	0,004	0,004	0,004	0,011	0,004	0,004	0,000	0,004
$1.00 < MSDIe \leq 1.50$	0,022	0,036	0,022	0,051	0,018	0,054	0,014	0,007
$-1.00 < MSDIe \leq 1.00$	0,522	0,543	0,558	0,471	0,518	0,504	0,576	0,533
$-1.50 < MSDIe \leq -1.00$	0,337	0,264	0,293	0,344	0,319	0,275	0,264	0,301
$-2.00 < MSDIe \leq -1.50$	0,116	0,152	0,123	0,123	0,141	0,163	0,145	0,156
$MSDIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.18: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-12	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$MSDIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSDIe \leq 2.00$	0,000	0,000	0,008	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000
$1.00 < MSDIe \leq 1.50$	0,008	0,053	0,042	0,038	0,030	0,004	0,023	0,000
$-1.00 < MSDIe \leq 1.00$	0,713	0,657	0,668	0,691	0,660	0,702	0,672	0,532
$-1.50 < MSDIe \leq -1.00$	0,208	0,238	0,200	0,196	0,162	0,196	0,208	0,245
$-2.00 < MSDIe \leq -1.50$	0,072	0,053	0,083	0,075	0,147	0,094	0,098	0,223
$MSDIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.1.11 İndislere trend analizi

Çoruh Havzası kapsamında hesaplanan indislere Python programının pymannkendall kütüphanesi kullanılarak Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi olarak $\alpha=0.05$ alınmış ve analiz sonuçları R programının trend kütüphanesi ile kontrol edilmiştir. Çoruh Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için yapılan trend analizinde genellikle trende rastlanmamış, trendin olduğu noktalarda ise trendin çoğunlukla pozitif yönlü olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 5.32’de trend analizi sonuçlarının sınıflandırılması gösterilmiştir.

Çizelge 5.19: Mann-Kendall trend testi sonuçlarının sınıflandırılması.

Z değeri	Trend	Trend Yönü	Renk
$z > 1,96$	Var	Pozitif	
$z < -1,96$	Var	Negatif	
$-1,96 < z < 1,96$	Yok	-	

5.1.11.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi

1-aylık ve 12-aylık periyotlarda hesaplanan Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.20 ve Çizelge 5.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.20: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-1								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Ekim	0,05	0,00	0,05	0,26	0,79	0,37	0,69	0,79
Kasım	-0,45	-1,11	-0,79	-1,00	0,26	-0,48	-1,43	-1,11
Aralık	-1,37	-1,90	-1,90	-1,95	-1,32	-1,90	-2,01	-1,80
Ocak	1,93	-0,71	0,58	-0,53	-1,80	-1,37	0,11	0,69
Şubat	-0,77	0,63	0,21	-1,16	0,00	-1,11	-0,11	-0,85
Mart	2,46	1,95	1,95	0,90	1,69	1,32	1,90	1,43
Nisan	1,69	1,27	1,64	1,27	0,48	1,37	1,43	1,64
Mayıs	0,13	-0,13	0,48	2,96	0,32	2,85	0,63	1,64
Haziran	-1,58	-0,16	-0,37	-0,11	0,48	0,21	1,00	0,58
Temmuz	0,79	2,48	2,22	1,53	1,06	1,69	1,64	1,06
Ağustos	-0,40	1,21	0,95	0,53	1,85	0,95	0,48	0,05
Eylül	0,53	1,21	0,74	0,53	0,26	0,85	0,48	0,00

Çizelge 5.21: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-12								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Eylül	1,27	0,90	2,01	1,16	0,42	1,85	1,16	1,11

5.1.11.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi

1-aylık ve 12-aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.22 ve Çizelge 5.23’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.22: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-1								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Ekim	0,05	0,00	0,05	0,26	0,79	0,37	0,69	0,79
Kasım	-0,45	-1,11	-0,79	-1,00	0,26	-0,48	-1,43	-1,11
Aralık	-1,37	-1,90	-1,90	-1,95	-1,32	-1,90	-2,01	-1,80

Çizelge 5.22 (devamı): Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-1								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Ocak	1,93	-0,71	0,58	-0,55	-1,80	-1,37	0,11	0,69
Şubat	-0,77	0,63	0,21	-1,16	0,00	-1,11	-0,11	-0,85
Mart	2,46	1,95	1,95	0,90	1,69	1,32	1,90	1,43
Nisan	1,69	1,27	1,64	1,24	0,48	1,37	1,40	1,64
Mayıs	0,13	-0,13	0,48	2,96	0,34	2,85	0,63	1,64
Haziran	-1,58	-0,16	-0,37	-0,11	0,48	0,21	1,03	0,58
Temmuz	0,79	2,48	2,22	1,53	1,06	1,69	1,64	1,06
Ağustos	-0,40	1,21	0,95	0,53	1,85	0,95	0,48	0,05
Eylül	0,53	1,21	0,74	0,53	0,26	0,85	0,50	0,00

Çizelge 5.23: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-12								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Eylül	1,27	0,90	2,01	1,16	0,42	1,85	1,16	1,11

5.1.11.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi

1-aylık ve 12-aylık periyotlarda hesaplanan Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.24 ve Çizelge 5.25'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.24: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİp-1								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Ekim	-0,21	0,19	-0,85	1,53	1,00	0,98	0,48	-1,93
Kasım	0,08	-0,16	-0,58	0,26	1,29	1,06	0,13	-2,11
Aralık	-0,58	-1,03	-0,63	-0,69	0,95	-0,21	-0,11	-3,02
Ocak	0,45	-0,58	-1,06	0,37	0,79	0,45	0,40	-1,67
Şubat	0,98	0,55	-0,21	0,24	1,48	0,95	-0,16	-1,51
Mart	0,69	0,26	1,58	-0,37	-0,13	0,29	0,90	-0,63
Nisan	-0,11	0,32	0,32	0,11	-1,69	0,08	-0,48	-1,11
Mayıs	0,74	1,80	0,24	1,69	0,00	1,35	2,01	0,18
Haziran	0,11	0,29	-0,16	1,06	0,05	0,29	0,79	-0,11
Temmuz	0,48	0,29	-1,21	0,85	0,85	1,00	0,16	-1,08
Ağustos	0,95	0,42	-1,32	2,09	1,82	1,21	1,00	-3,02
Eylül	1,14	0,74	-1,35	2,25	1,98	1,74	0,87	-3,25

Çizelge 5.25: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİp-12								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Eylül	0,74	1,27	0,16	1,32	0,42	1,16	1,69	-1,06

5.1.11.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi

1-aylık ve 12-aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.26 ve Çizelge 5.27’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.26: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİe-1								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Ekim	-0,21	0,19	-0,85	1,53	1,00	0,98	0,48	-1,93
Kasım	0,08	-0,16	-0,58	0,26	1,29	1,06	0,13	-2,11
Aralık	-0,58	-1,03	-0,63	-0,69	0,95	-0,21	-0,11	-3,02
Ocak	0,45	-0,58	-1,06	0,37	0,79	0,45	0,40	-1,67
Şubat	0,98	0,55	-0,21	0,24	1,48	0,95	-0,16	-1,51
Mart	0,69	0,26	1,58	-0,37	-0,13	0,29	0,90	-0,63
Nisan	-0,11	0,32	0,32	0,11	-1,69	0,08	-0,48	-1,11
Mayıs	0,74	1,80	0,24	1,69	0,00	1,35	2,01	0,18
Haziran	0,11	0,29	-0,16	1,06	0,05	0,29	0,79	-0,11
Temmuz	0,48	0,29	-1,21	0,85	0,85	1,00	0,16	-1,08
Ağustos	0,95	0,42	-1,32	2,09	1,82	1,21	1,00	-3,02
Eylül	1,14	0,74	-1,35	2,25	1,98	1,74	0,87	-3,25

Çizelge 5.27: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİe-12								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Eylül	0,74	1,27	0,16	1,32	0,42	1,16	1,69	-1,06

5.1.11.5 MSDİe değerlerine trend analizi

1-aylık ve 12-aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.28 ve Çizelge 5.29’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.28: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

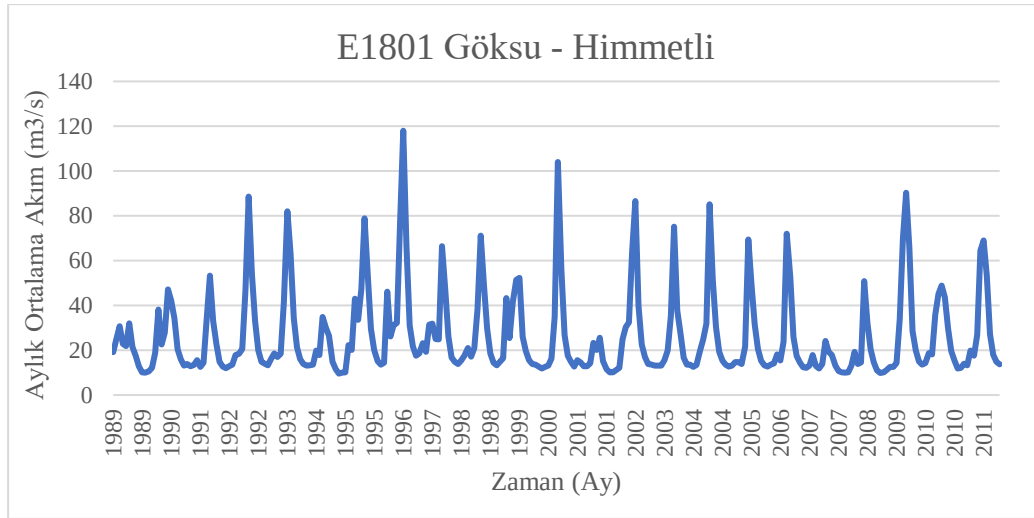
MSDIe-1								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Ekim	0,29	0,64	-0,32	1,14	1,60	0,77	1,25	-0,51
Kasım	-0,61	-0,75	-0,96	-0,29	0,83	-0,13	-0,40	-2,58
Aralık	-1,42	-2,58	-2,37	-2,22	-1,20	-1,50	-0,77	-3,51
Ocak	2,15	-1,92	-0,85	-0,08	-0,37	-0,48	0,00	-1,01
Şubat	-0,21	1,30	0,32	-0,69	1,46	0,11	-0,08	-1,80
Mart	2,53	1,85	2,18	1,23	1,28	1,97	1,92	0,43
Nisan	0,80	0,56	0,72	0,69	-1,12	0,43	-0,32	-0,53
Mayıs	0,40	1,17	0,53	2,31	0,32	2,12	2,30	1,62
Haziran	-0,72	0,32	0,05	0,50	0,35	0,64	1,44	0,19
Temmuz	1,07	1,54	0,80	1,35	1,25	1,33	1,17	-0,99
Ağustos	0,58	1,15	0,03	1,15	1,79	1,01	0,75	-1,88
Eylül	1,20	1,28	-0,21	1,65	1,41	1,62	0,64	-1,92

Çizelge 5.29: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDIe-12								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Eylül	1,17	1,11	0,98	1,60	-0,03	1,99	1,70	-0,27

5.2 Seyhan Havzası Uygulamalar

Çalışmanın bu bölümünde Seyhan Havzası kapsamında seçilmiş olan 8 adet akım gözlem istasyonu noktasında akım ve yağış verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. 1989-2011 yılları arasında bölgede bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarından alınan yağış verileri ile ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak seçilen akım gözlem istasyonu noktalarında yağış verileri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında akım ve yağış verilerinin kullanıldığı üçü ampirik ikisi parametrik olmak üzere beş farklı indis hesaplanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Şekil 5.43'te E1801 Göksu - Himmetli akım gözlem istasyonu için 1989 ile 2011 yılları arasındaki aylık ortalama akım değerleri görülmektedir.



Şekil 5.43: E1801 istasyonunda aylık ortalama akım değerlerinin 1989-2011 yılları arasındaki değişimi.

5.2.1 Eksik verilerin tamamlanması

5.2.1.1 Eksik akım verilerinin tamamlanması

Seyhan Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonlarında bulunan veri eksikliklerini tamamlamak için doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Seçilen istasyonlardan; E1805, D18A008, D18A012, D18A027 istasyonlarında seçilen zaman aralığı için eksik verilerin olduğu tespit edilmiştir. Regresyon analizi yapılmadan önce her istasyon için en yakın ve en büyük korelasyon katsayısına sahip istasyonlara bakılmıştır. Her istasyon için en büyük korelasyon katsayısına sahip ve en yakın istasyonlar Çizelge 5.30’da gösterilmiştir. İstasyonlarda eksik verilerin yılları ve hangi istasyonla regresyon analizi yapıldığı Çizelge 5.31’de gösterilmiştir. Yapılan regresyon analizine örnek olarak, E1805 istasyonunda eksik verilerin tamamlanması için yapılmış olan regresyon analizi Şekil 5.44’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.30: Seyhan Havzası akım gözlem istasyonları için en yakın ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.

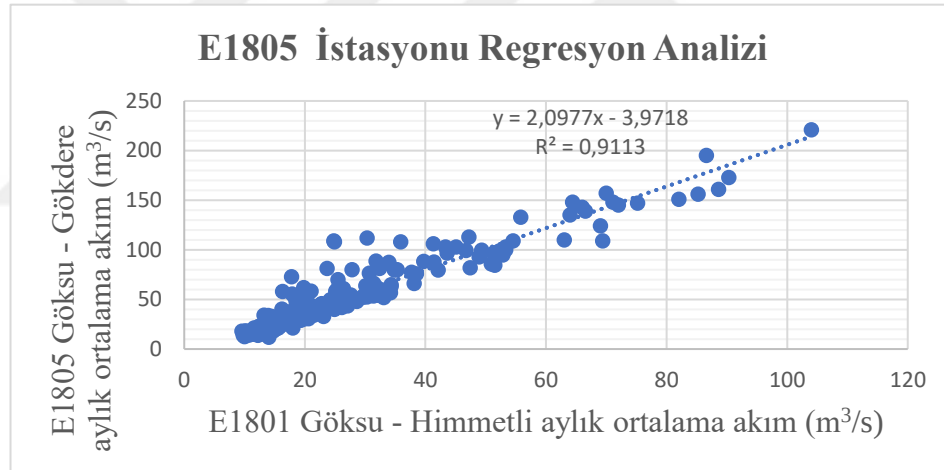
İstasyon No	En Yakın İstasyon		Uzaklık (km)		Korelasyon Katsayısı En Yüksek Olan		Korelasyon Katsayısı (r)	
	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon
E1801	E1805	D18A023	47,87	79,79	E1805	E1820	0,955	0,805
E1805	D18A023	E1825	32,96	46,78	E1801	E1825	0,955	0,875
E1820	E1825	D18A023	8,31	27,95	D18A012	E1825	0,905	0,856
E1825	E1820	D18A023	8,31	19,69	D18A023	E1805	0,905	0,875
D18A008	E1801	E1805	107,1	140,57	D18A027	D18A012	0,752	0,705

Çizelge 5.30 (devamı): Seyhan Havzası akım gözlem istasyonları için en yakın ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.

İstasyon No	En Yakın İstasyon		Uzaklık (km)		Korelasyon Katsayısı En Yüksek Olan		Korelasyon Katsayısı (r)	
	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon
D18A012	D18A027	D18A023	24,54	26,69	E1820	D18A027	0,905	0,836
D18A023	E1825	D18A012	19,69	26,69	E1825	E1805	0,905	0,742
D18A027	D18A012	D18A023	24,54	33,97	D18A012	D18A008	0,836	0,752

Çizelge 5.31: Seyhan Havzası akım verileri için regresyon analizi.

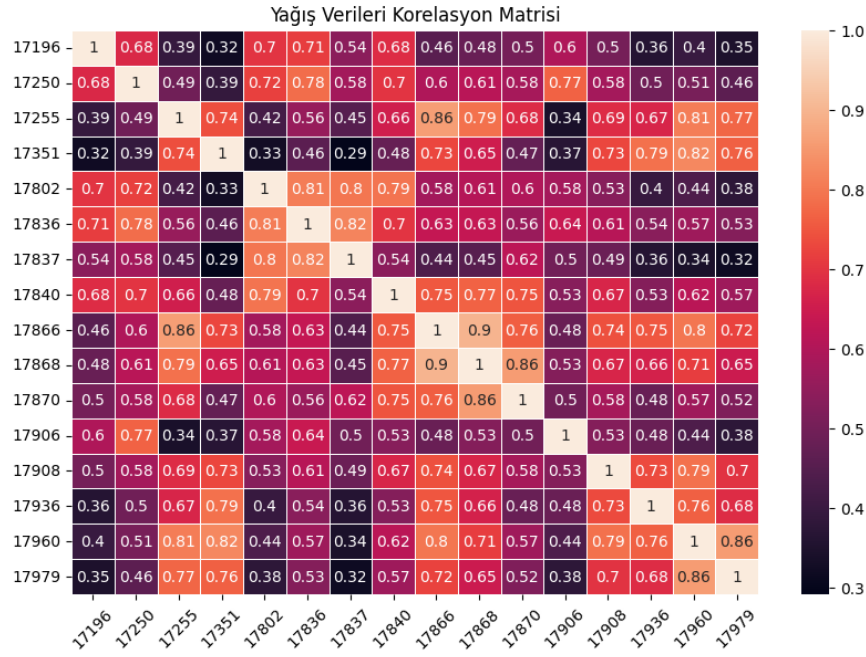
İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Eksik Yıllar	Regresyon Yapılan İstasyon	R ²	Korelasyon Katsayısı
E1805	Göksu - Gökdere	1995, 1996 (2 yıl)	E1801	0,9113	0,955
D18A008	Tacin Suyu Tacin	1995, 2001 (2 yıl)	D18A012/D18A027	0,4967/0,5614	0705/0,75
D18A012	Körkün S. Kamışlı	2001 (1 yıl)	E1820	0,819	0,905
D18A027	Ecemiş Ç. Elekgölü	1995 (1 yıl)	D18A012	0,6995	0,836



Şekil 5.44: E1805 Göksu – Gökdere istasyonu regresyon analizi.

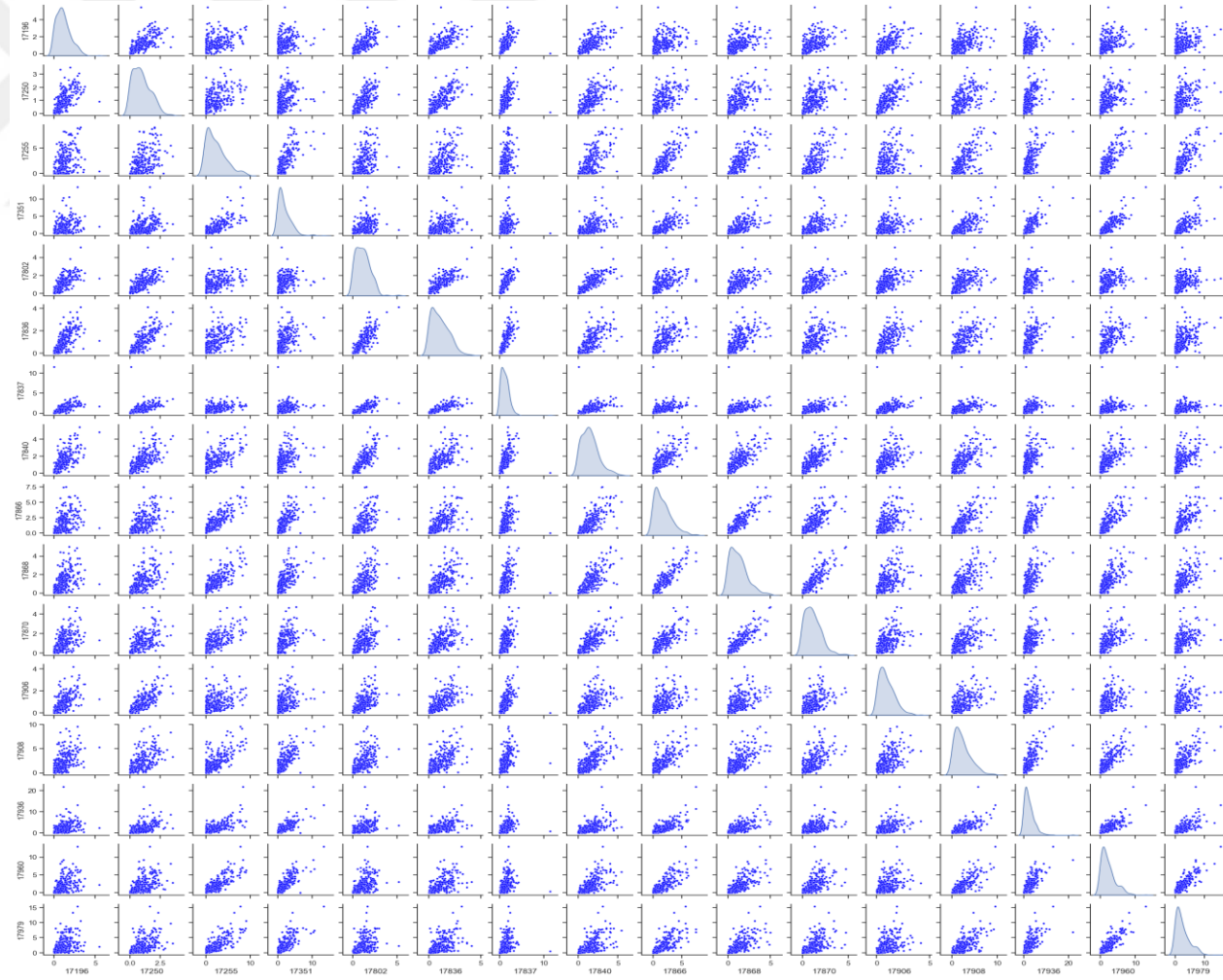
5.2.1.2 Eksik yağış verilerinin tamamlanması

Seyhan Havzası kapsamında seçilen meteoroloji gözlem istasyonlarında bulunan veri eksikliklerini tamamlamak amacıyla çeşitli makine öğrenmesi yöntemlerine başvurulmuş olup, kurulan modellerden sonuçları en iyi olanlar kullanılarak eksik veriler tamamlanmıştır. Seyhan ve Ceyhan Havzaları kapsamında bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarının korelasyon matrisi Şekil 5.45'te verilmiştir.



Şekil 5.45: Meteoroloji gözlem istasyonlarının korelasyon matrisi.

Şekil 5.46’da meteoroloji gözlem istasyonlarının dağılım grafiği matrisi verilmiştir. Çizelge 5.32’de makine öğrenmesi modelleri ile elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Çizelge 5.32’de gözüktüğü üzere, farklı meteoroloji gözlem istasyonları için en iyi sonuçlar farklı modellerde elde edilmiş olup, bahsi geçen veri eksiklikleri her bir istasyon için en iyi sonucu veren model kullanılarak giderilmiştir.



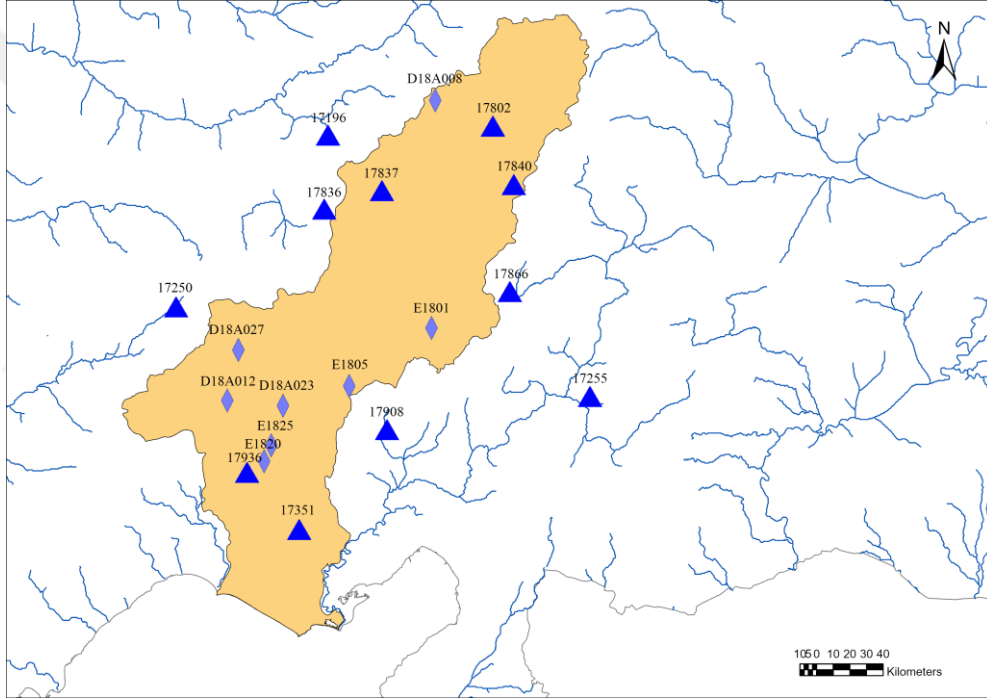
Şekil 5.46: Meteoroloji gözlem istasyonlarının dağılım grafiği matrisi.

Çizelge 5.32: Uygulanan farklı makine öğrenmesi yöntemlerinin değerlendirilmesi.

İstasyon	Yöntem																				
	KNN			FNN			RF			RNN			SVM			LSTM			BRR		
	RMSE	MAE	R ²	RMSE	MAE	R ²	RMSE	MAE	R ²	RMS E	MAE	R ²	RMS E	MAE	R ²	RMS E	MAE	R ²	RMS E	MAE	R ²
17196	0,462	0,373	0,656	0,468	0,351	0,648	0,434	0,345	0,697	0,445	0,350	0,682	0,460	0,348	0,660	0,454	0,359	0,669	0,466	0,379	0,651
17250	0,418	0,322	0,717	0,380	0,276	0,765	0,451	0,333	0,669	0,379	0,298	0,766	0,377	0,284	0,769	0,402	0,305	0,737	0,406	0,301	0,732
17255	1,096	0,773	0,764	0,973	0,660	0,814	1,132	0,804	0,748	0,968	0,691	0,816	0,971	0,696	0,814	0,933	0,679	0,829	0,986	0,726	0,809
17351	0,925	0,625	0,765	0,898	0,569	0,779	0,926	0,579	0,764	0,882	0,595	0,786	0,987	0,593	0,733	0,907	0,598	0,774	0,963	0,595	0,745
17802	0,363	0,288	0,780	0,328	0,258	0,821	0,374	0,311	0,767	0,356	0,282	0,789	0,321	0,252	0,828	0,337	0,275	0,811	0,329	0,261	0,820
17836	0,369	0,280	0,790	0,335	0,249	0,827	0,387	0,290	0,768	0,342	0,263	0,820	0,354	0,271	0,806	0,328	0,252	0,834	0,347	0,267	0,815
17837	0,380	0,261	0,746	0,387	0,284	0,737	0,379	0,272	0,748	0,346	0,263	0,790	0,358	0,254	0,775	0,362	0,266	0,770	0,359	0,260	0,773
17840	0,433	0,328	0,741	0,483	0,365	0,678	0,484	0,364	0,676	0,499	0,413	0,655	0,479	0,351	0,683	0,533	0,388	0,608	0,478	0,355	0,684
17866	0,632	0,470	0,815	0,555	0,364	0,857	0,555	0,424	0,858	0,567	0,394	0,851	0,531	0,388	0,870	0,550	0,390	0,860	0,525	0,377	0,872
17868	0,483	0,374	0,799	0,444	0,333	0,830	0,494	0,359	0,790	0,428	0,330	0,842	0,415	0,310	0,851	0,436	0,320	0,836	0,429	0,320	0,841
17870	0,474	0,378	0,653	0,504	0,376	0,608	0,570	0,424	0,498	0,477	0,335	0,649	0,480	0,328	0,644	0,498	0,336	0,617	0,475	0,334	0,651
17906	0,360	0,284	0,667	0,351	0,259	0,684	0,384	0,308	0,621	0,360	0,261	0,667	0,341	0,244	0,702	0,359	0,261	0,669	0,356	0,252	0,675
17908	1,127	0,780	0,648	1,008	0,693	0,719	1,152	0,827	0,633	1,028	0,753	0,707	1,066	0,738	0,685	1,031	0,760	0,706	1,051	0,751	0,694
17936	1,127	0,925	0,769	0,871	0,699	0,862	1,161	0,847	0,755	0,928	0,761	0,843	0,977	0,759	0,826	0,949	0,781	0,836	0,926	0,702	0,844
17960	0,710	0,552	0,828	0,678	0,550	0,843	0,744	0,583	0,811	0,716	0,593	0,825	0,658	0,505	0,852	0,708	0,587	0,829	0,625	0,483	0,866
17979	1,089	0,785	0,733	1,191	0,881	0,681	1,182	0,892	0,686	1,199	0,949	0,677	1,184	0,878	0,685	1,160	0,856	0,697	1,184	0,888	0,685

5.2.2 Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)

Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisinin hesaplanabilmesi için, akım gözlem istasyonlarının bulundukları noktalardaki yağış verileri, meteoroloji gözlem istasyonlarının yağış verileri kullanılarak ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi ile tahmin edilmiştir. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi için her bir akım gözlem istasyonu, bulunduğu konuma bağlı olarak üç veya dört adet meteoroloji gözlem istasyonu ile eşleştirilmiştir. Şekil 5.47’de Seyhan Havzası kapsamında kullanılan akım ve meteoroloji gözlem istasyonları gösterilmiştir. Çizelge 5.33’te ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yönteminde kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları, istasyonlar arasındaki mesafe ve buna bağlı olarak hesaplanan ağırlıklar gösterilmiştir.



Şekil 5.47: Seyhan Havzası akım ve meteoroloji gözlem istasyonları.

Çizelge 5.33: Seyhan Havzası ters mesafe ağırlıklı enterpolasyonda kullanılan istasyonlar ve ağırlıkları.

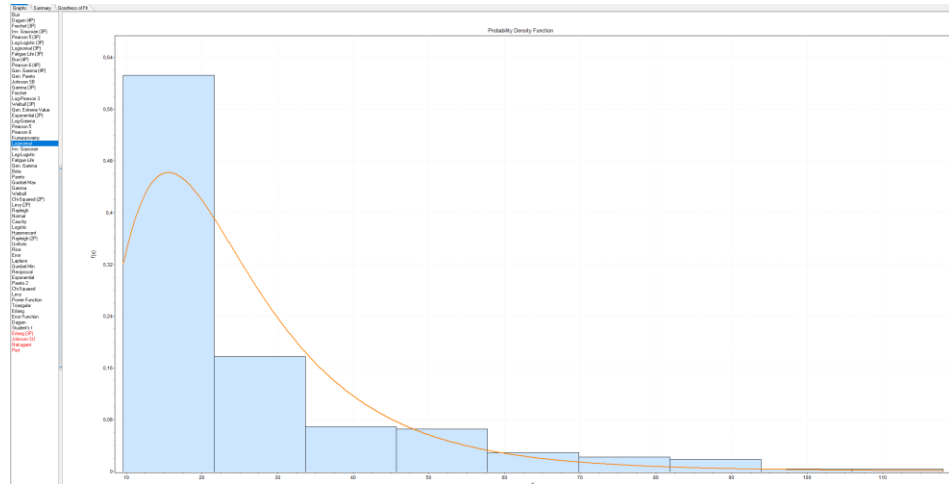
İstasyon	Enterpolasyon için kullanılan istasyonlar	Uzunluklar (km)	Ağırlıklar
E1801	17255	82,75	0,11
	17837	68,48	0,16
	17866	40,82	0,46
	17908	53,93	0,26
	17250	90,54	0,07
E1805	17866	88,18	0,07
	17908	28,07	0,72
	17936	64,19	0,14

Çizelge 5.33 (devamı): Seyhan Havzası ters mesafe ağırlıklı enterpolasyonda kullanılan istasyonlar ve ağırlıkları.

İstasyon	Enterpolasyon için kullanılan istasyonlar	Uzunluklar (km)	Ağırlıklar
E1820	17250	83,73	0,01
	17351	37,8	0,06
	17908	60,72	0,03
	17936	10,17	0,90
E1825	17250	79,3	0,04
	17351	43,16	0,13
	17908	55,52	0,08
	17936	17,67	0,76
D18A008	17802	29,68	0,50
	17196	52,78	0,16
	17837	49,18	0,18
	17840	54,11	0,15
D18A012	17250	50,18	0,27
	17836	101,3	0,07
	17908	77,53	0,11
	17936	35,59	0,54
D18A023	17250	68,8	0,14
	17836	94,24	0,08
	17908	51,04	0,26
	17936	36,23	0,52
D18A027	17250	35,42	0,57
	17836	77,3	0,12
	17908	80,67	0,11
	17936	58,81	0,21

5.2.3 Akım ve yağış verilerine uygun dağılımlar

Akım ve yağış verileri için uygun dağılımların belirlenmesinde Easyfit programı kullanılmıştır. Parametrik indislerin hesaplanmasında kullanılan DrinC programındaki kısıtlamalar göz önüne alındığında akım verileri için en uygun dağılım olarak Log-normal dağılıma karar verilirken, yağış verileri için ise en uygun dağılım olarak Gamma dağılımına karar verilmiştir. Şekil 5.48’de E1801 akım gözlem istasyonu verileri için Log-normal dağılım gözükmektedir.

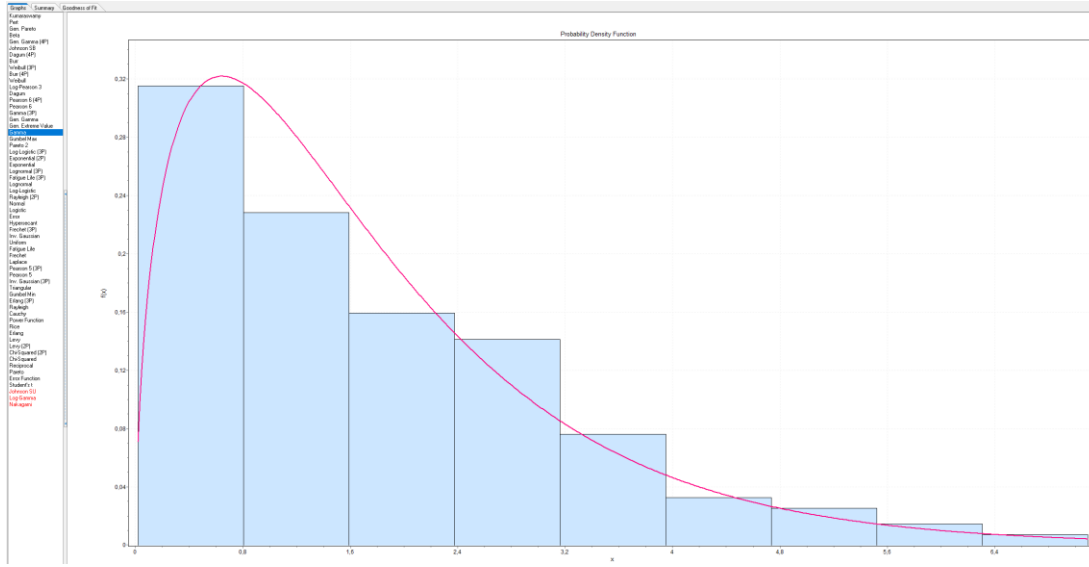


Şekil 5.48: E1801 akım gözlem istasyonu akım verileri için Lognormal dağılım.

Dağılımların uygunluğuna karar verirken Easyfit programında çıktı olarak verilen Anderson-Darling ve Kolmogorov Smirnov test sonuçlarına bakılmıştır. Şekil 5.49’da E1801 akım gözlem istasyonu akım verileri için Anderson-Darling, Kolmogorov Smirnov ve Ki-Kare testi sonuçları gözükmemektedir. Şekil 5.50’de ise E1801 akım gözlem istasyonu için yağış verileri için Gamma dağılımı gözükmemektedir.

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
2	Burr	0,05789	1	1,289	1	14,653	1
8	Dagum (4P)	0,05904	2	1,5102	7	20,548	3
17	Frechet (3P)	0,05927	3	1,4944	5	19,854	2
28	Inv. Gaussian (3P)	0,06085	4	1,3237	2	24,197	7
45	Pearson 5 (3P)	0,06122	5	1,5031	6	21,601	4
36	Log-Logistic (3P)	0,06395	6	1,5597	8	24,87	8
40	Lognormal (3P)	0,06472	7	1,4815	4	26,425	10
15	Fatigue Life (3P)	0,06854	8	1,7088	10	23,658	6
3	Burr (4P)	0,06861	9	1,4356	3	22,826	5
47	Pearson 6 (4P)	0,06972	10	1,6916	9	25,076	9
22	Gen. Gamma (4P)	0,07326	11	1,9274	11	30,24	11
23	Gen. Pareto	0,07863	12	17,872	31	N/A	
29	Johnson SB	0,08662	13	46,72	46	N/A	
19	Gamma (3P)	0,08844	14	7,7459	22	N/A	
16	Frechet	0,08891	15	2,9036	12	53,193	13
37	Log-Pearson 3	0,09297	16	3,2805	13	54,148	14
57	Weibull (3P)	0,09339	17	7,3364	19	N/A	
20	Gen. Extreme Value	0,10012	18	3,7969	14	57,508	15
13	Exponential (2P)	0,10403	19	4,5931	15	42,556	12
34	Log-Gamma	0,11209	20	5,7946	18	97,198	33
44	Pearson 5	0,11942	21	5,5305	16	72,342	23
46	Pearson 6	0,11962	22	5,6009	17	74,62	24
30	Kumaraswamy	0,12497	23	7,3451	20	96,737	32
39	Lognormal	0,12676	24	8,2673	24	93,502	31

Şekil 5.49: E1801 akım gözlem istasyonu akım verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.



Şekil 5.50: E1801 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Gamma dağılımı.

Şekil 5.51’de E1801 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Anderson-Darling, Kolmogorov Smirnov ve Ki-Kare testi sonuçları görülmektedir.

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
31	Kumaraswamy	0,02598	1	0,25263	3	3,638	3
48	Pert	0,02679	2	0,25106	1	3,6329	1
24	Gen. Pareto	0,0269	3	4,1676	27	N/A	
1	Beta	0,02693	4	0,25164	2	3,6342	2
23	Gen. Gamma (4P)	0,02966	5	4,2651	28	N/A	
30	Johnson SB	0,03391	6	0,65308	11	4,2669	5
8	Dagum (4P)	0,03486	7	0,63747	10	8,546	15
2	Burr	0,03908	8	0,53994	8	5,3065	6
58	Weibull (3P)	0,04129	9	0,52175	7	7,0111	11
3	Burr (4P)	0,04135	10	0,51519	6	6,4366	8
57	Weibull	0,04264	11	0,4849	5	5,4342	7
37	Log-Pearson 3	0,04452	12	0,46128	4	4,2097	4
7	Dagum	0,0478	13	0,8802	15	6,9719	10
47	Pearson 6 (4P)	0,04837	14	0,576	9	6,4785	9
46	Pearson 6	0,05017	15	0,69859	13	7,7764	14
20	Gamma (3P)	0,0519	16	0,67554	12	7,4873	12
22	Gen. Gamma	0,05405	17	0,82703	14	7,5612	13
21	Gen. Extreme Value	0,06067	18	1,7952	18	13,033	18
19	Gamma	0,06185	19	1,5914	17	12,582	17

Şekil 5.51: E1801 akım gözlem istasyonu yağış verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.

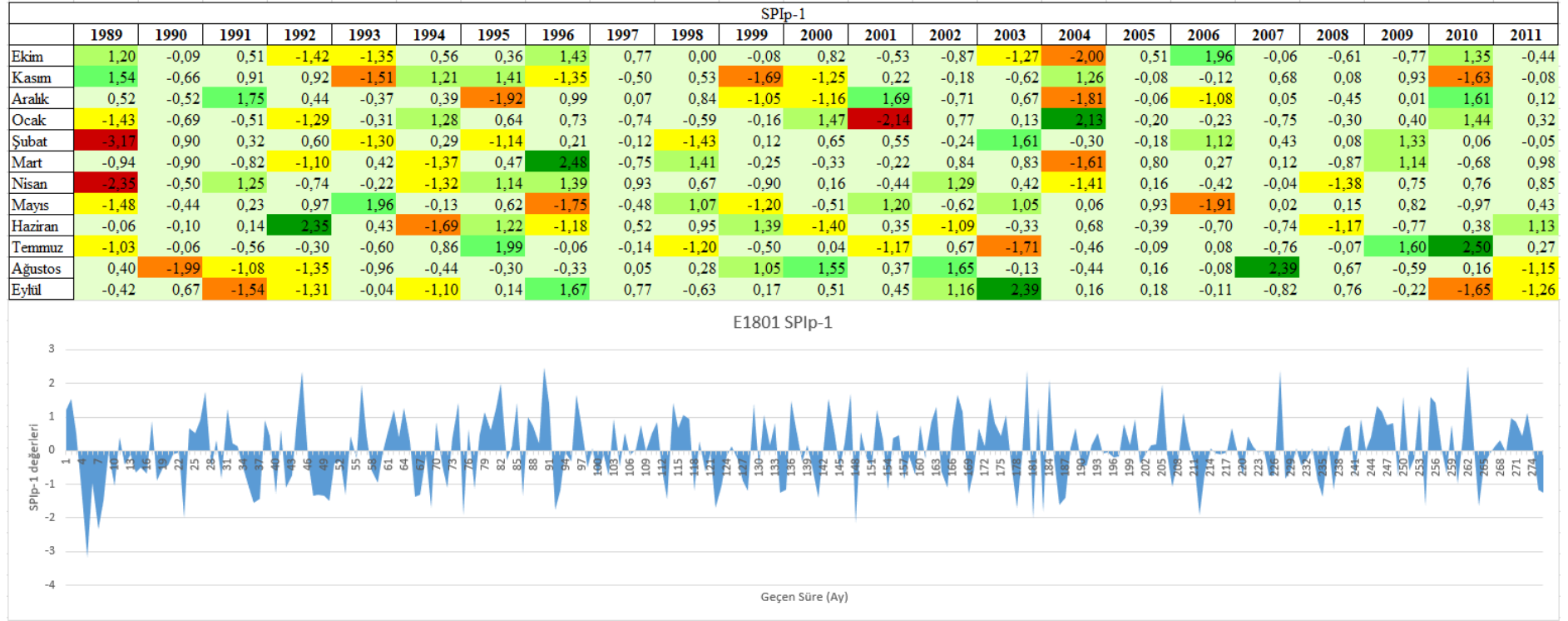
5.2.4 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi (SPI)

Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisinin hesaplanmasında DrinC (Tigkas vd., 2014) programı kullanılmıştır. Program girdi ve çıktı olarak Microsoft Excel dosya formatı olan.xlsx dosyalarını ve .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program; seçilen zaman aralığı, olasılık dağılımı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. Şekil 5.52, Şekil 5.53, Şekil 5.54 ve Şekil 5.55'te E1801 Göksu – Himmetli akım gözlem istasyonu noktasında sırasıyla 1,3,6 ve 9 aylık periyotlarla hesaplanan parametrik standartlaştırılmış yağış indisi sonuçları görülmektedir. Yağış verilerine en uygun dağılımın Gamma dağılımı olduğuna karar verilmiş ve parametrik standartlaştırılmış yağış indisi DrinC programı aracılığı ile Gamma dağılımına bağlı olarak hesaplanmıştır.

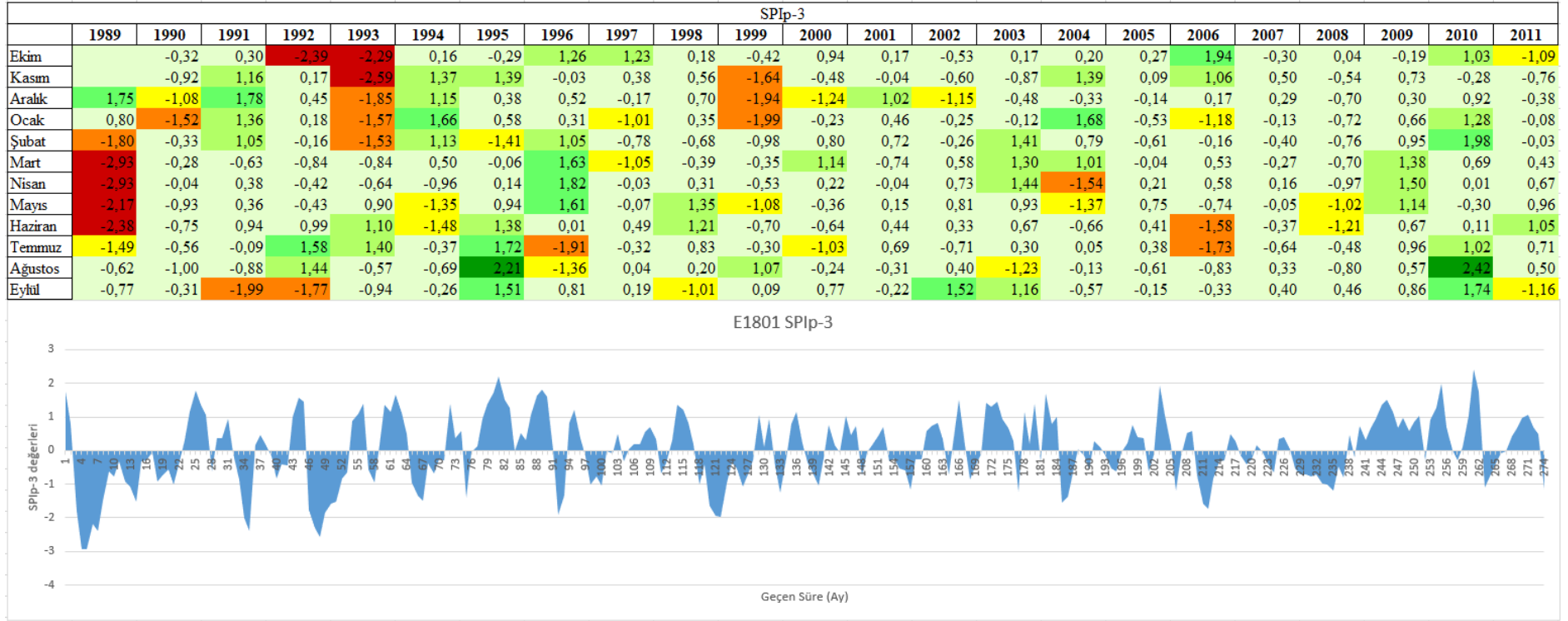
E1801 Göksu – Himmetli istasyonu için 1 aylık periyottaki SPI değerlerine bakıldığında; istasyonda gerçekleşen en uzun kuraklığın 7 ay süren ve 1989 yılının Ocak ayında başlayıp Temmuz ayında orta derecede şiddetli olarak biten bir kuraklık olayı olduğu görülmektedir. 1990 yılının Mart ayında hafif kuraklık olarak başlayan kuraklık olayının da 6 ay sürerek Ağustos ayında şiddetli kuraklık olarak sona erdiği gözlemlenmiştir. Bu iki kuraklık olayı dışında 1989 ile 2011 yılları arasında birçok kez 3 ile 4 aylık hafif ve orta kuraklık olayları gözükse de dikkat çeken başka bir kuraklık olayına rastlanmamıştır. İstasyon, 3 aylık periyotta incelendiğinde en dikkat çeken kuraklık olayının 1989 yılının Şubat ayında şiddetli olarak başlayan sonraki 4 ay boyunca aşırı şiddetli devam eden ve toplamda 20 ay sürerek 1990 yılının Eylül ayında sona eren kuraklık olayı olduğu görülmüştür. Ayrıca 1992 yılının Eylül ayından başlayıp 8 ay sürerek 1993 yılının Nisan ayında sona eren ve 1993 yılının Kasım ayında en şiddetli değerlerine ulaşan kuraklık olayı da bu periyotta dikkat çekmektedir. İstasyon 6 aylık periyotta incelendiğinde, 1989 yılının Mart ayında başlayan kuraklığın 20 ay ile en uzun kuraklık olduğu ve 1989 yılının Temmuz ayında en yüksek değerine ulaştığı görülmüştür. 1993 yılında da 8 aylık şiddetli ve aşırı şiddetli bir kuraklık olayı gözlemlenmiştir. Bir diğer dikkat çeken kuraklık olayı ise 1999 yılının Kasım ayında şiddetli olarak başlayan ve Aralık ayında en yüksek değerine ulaşip 11 ay süren kuraklık olayıdır. 9 aylık periyotta da 1989 yılının Haziran ayından başlayıp 18 ay sürerek 1991 yılının Kasım ayına kadar uzanan kuraklık olayı dikkat çekmiştir. Bahsi geçen kuraklık olayı 1989 yılının Eylül ayında -3,33 gibi aşırı şiddetli bir kuraklık

değeriyle maksimum değerine ulaşmıştır. Diğer periyotlarda da gözlemlenen 1993 ve 1999 kuraklıklarında şiddet ve süre artışları görülmüş olup 2006 yılının Mayıs ayından başlayan ve 32 ay sürerek 2009 yılının Aralık ayında sona eren kuraklık dikkat çekmiştir. 12 aylık periyotta da 9 aylık periyot için bahsedilen kuraklık olayları daha şiddetli olarak gözlemlenmektedir. 1989 yılının Eylül ayından başlayan kuraklık olayı, 1990 yılının Aralık ayında maksimum değerine ulaşmış ve 15 ay sürerek 1991 yılının Kasım ayında sona ermiştir. 1992 yılının Ocak ayından başlayan bir diğer kuraklık olayının ise 22 ay sürerek 1994 yılının Ekim ayında sona erdiği gözükmemektedir. 1999 yılının Kasım ayından başlayan kuraklık olayı ise 1999 yılının Mayıs ayında maksimum değerine ulaşmış ve 18 ay sürerek 2000 yılının Nisan ayında sona ermiştir. İstasyonun 9 aylık periyottaki sonuçlarına göre gerçekleşen en uzun kuraklık olayı 2006 yılının Mayıs ayında başlamış olup 33 ay sürerek 2009 yılının Ocak ayında sona ermiştir.

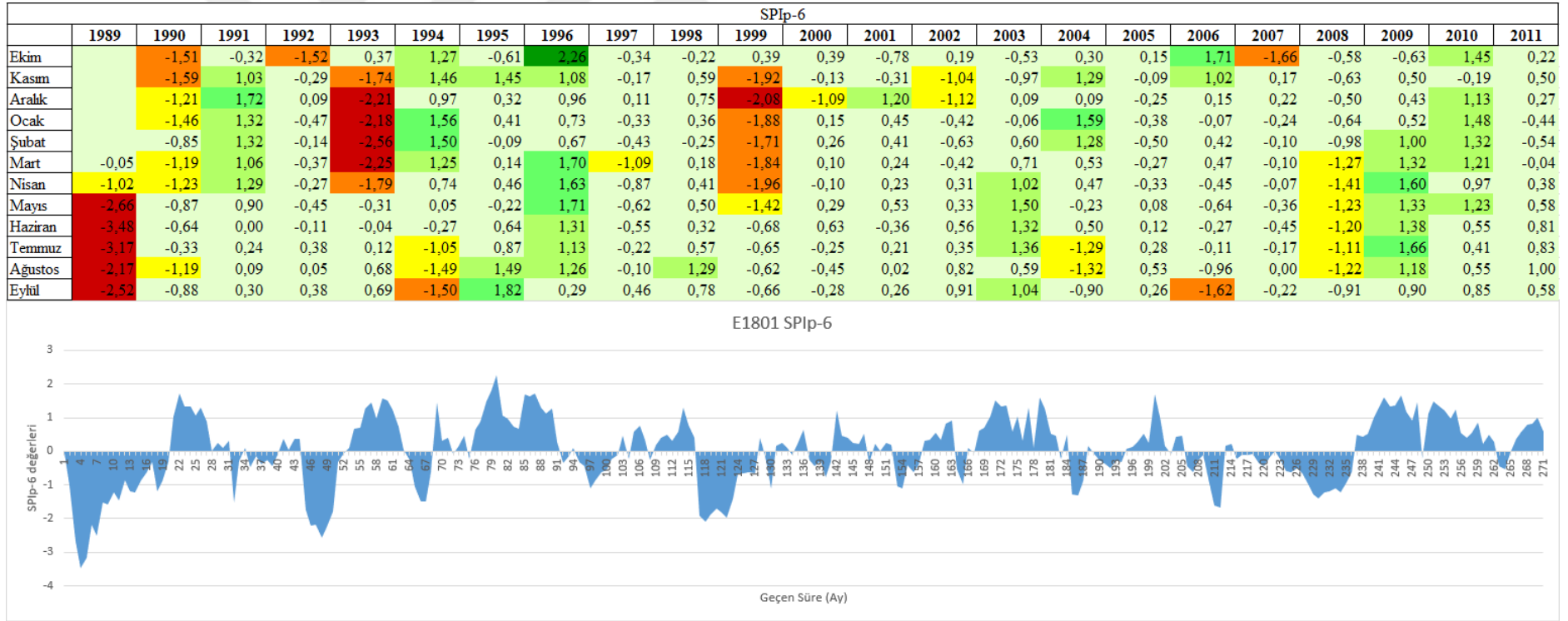
Hesaplanan SPI değerleri incelendiğinde, zaman ölçeği arttıkça kuraklık sıklığının değiştiği gözükmemektedir. Daha kısa zaman ölçeklerinde kuraklık sıklığının daha sık olduğu ama kuraklıkların daha kısa sürdüğü, daha uzun zaman ölçeklerinde ise daha az sıklıkta ama daha uzun süren kuraklıklar görülmüştür.



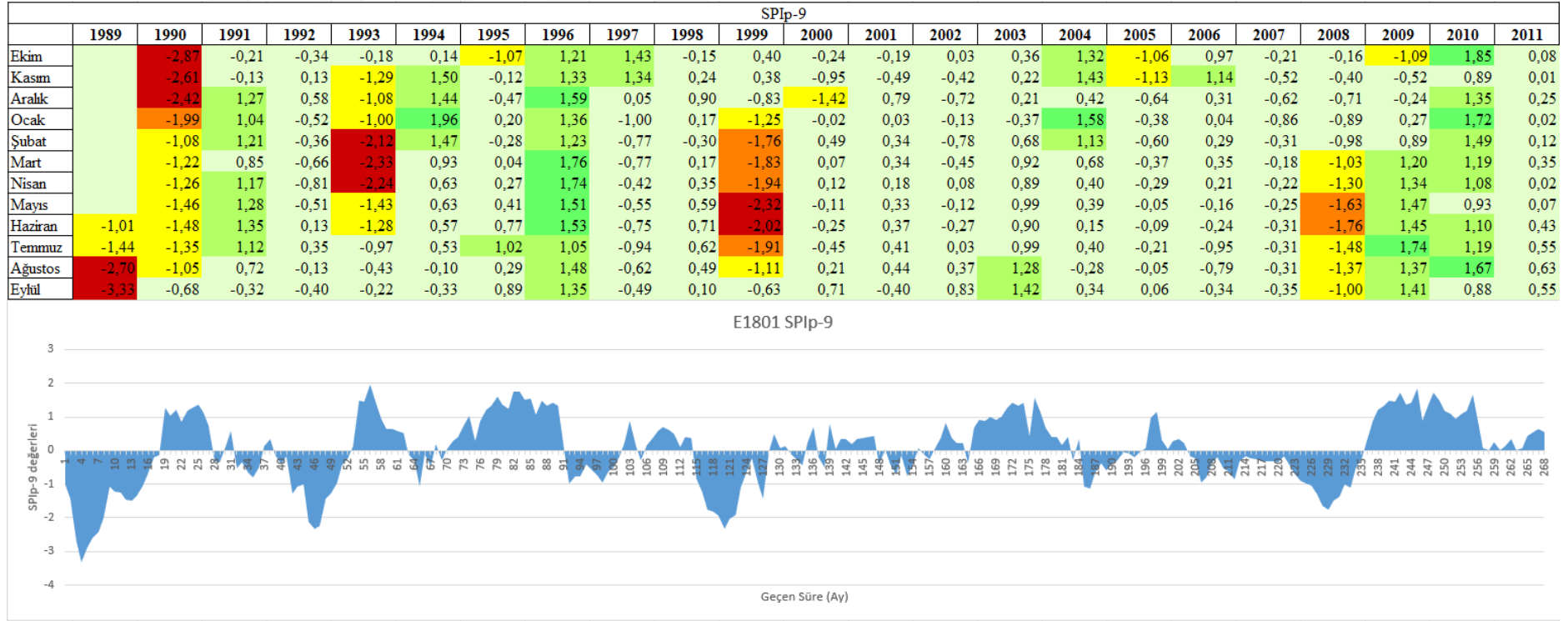
Şekil 5.52: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.53: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.54: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.



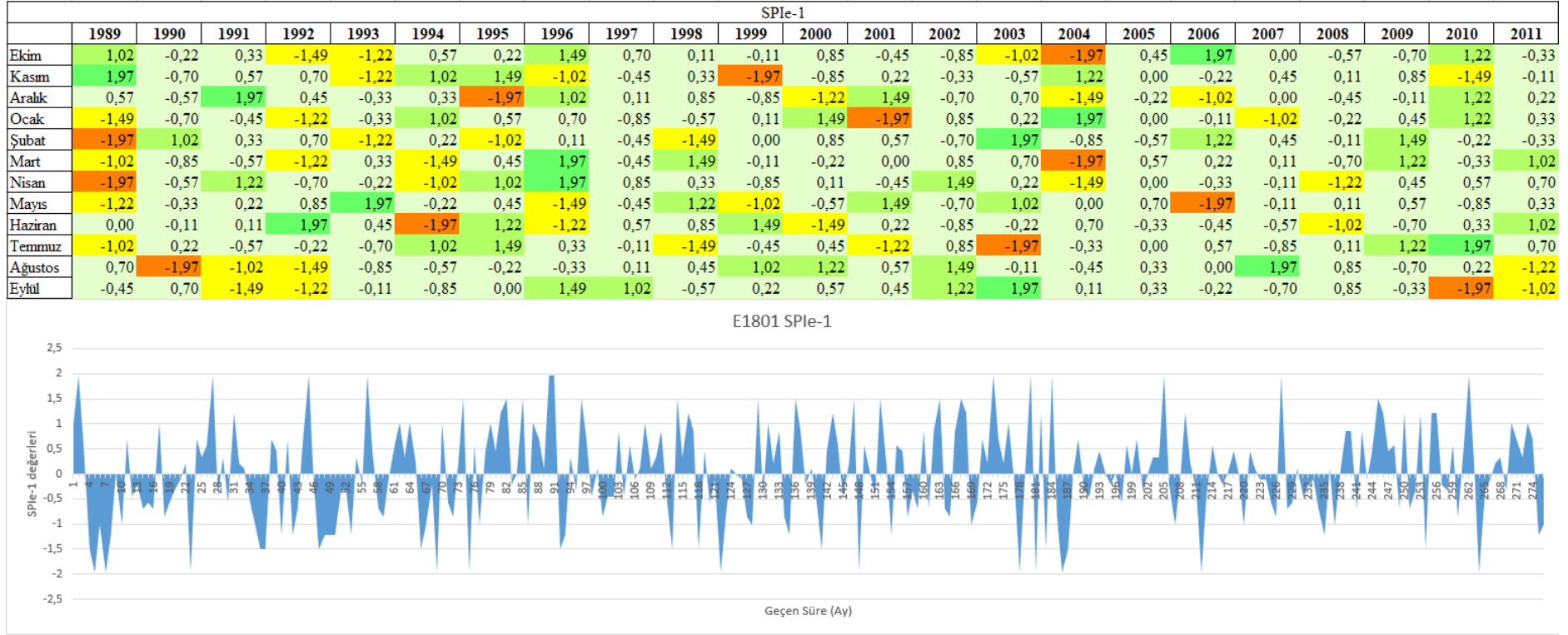
Şekil 5.55: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.

5.2.5 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIe)

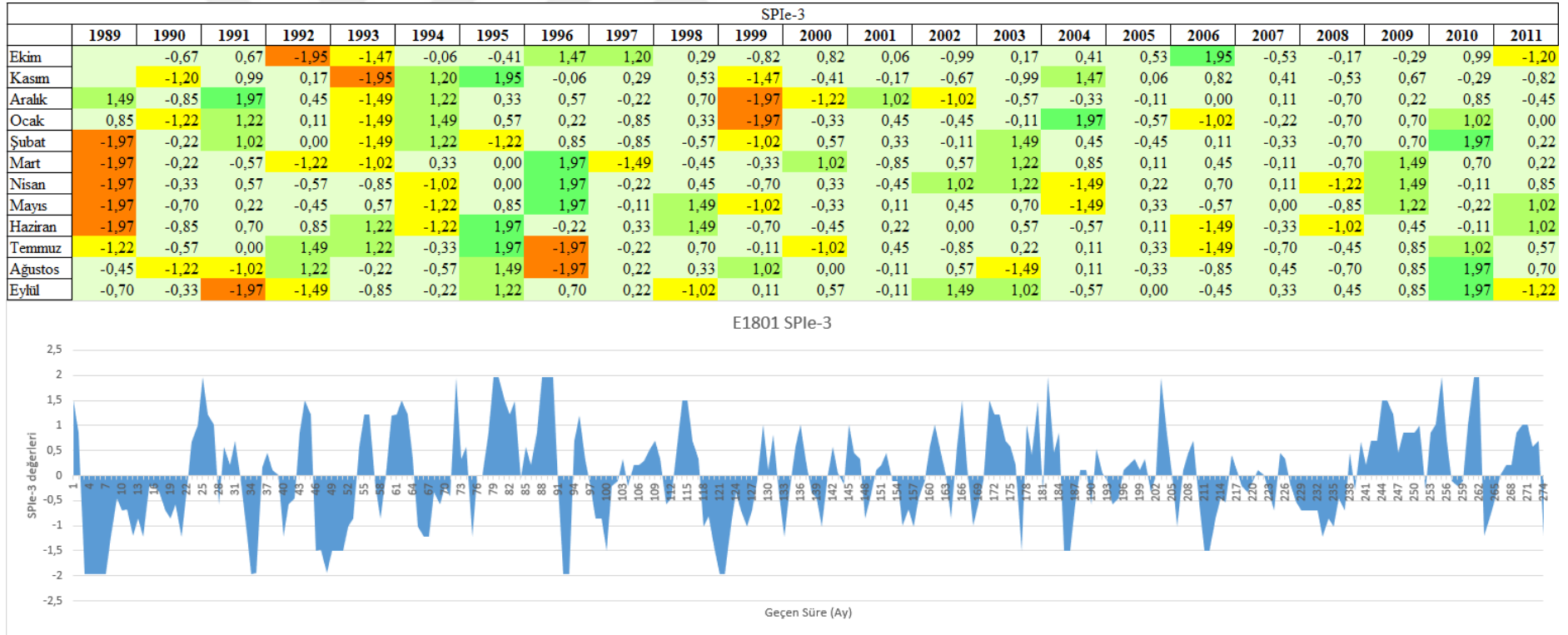
Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisinin hesaplanmasında SDAT (Farahmand & AghaKouchak, 2015) kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Kuraklık Analizi Araç Kutusu, parametrik olmayan standartlaştırılmış kuraklık indislerinin hesaplanması için genel bir yapı sunar. Akım, yağış, zemin nemi ve bağıl nem gibi değişkenlerin kullanımına olanak sağlayan program, parametrik dağılım varsayımlarına ihtiyaç duymadan kuraklık analizi yapılmasına olanak sağlar. Program, MATLAB kapsamında çalışmakta olup girdi ve çıktı olarak .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program kapsamında birçok farklı indisin hesaplanması mümkündür. Program, seçilen zaman aralığı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. E1801 Göksu – Himmetli için hesaplanan indisler sırası ile Şekil 5.56, Şekil 5.57, Şekil 5.58 ve Şekil 5.59’da gösterilmiştir.

Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi E1801 Göksu – Himmetli istasyonu için incelendiğinde, Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi sonuçları ile incelenmiş olan 1989 yılından başlayıp 1991 yılına kadar süren, 1992 yılı ile 1993 yıllarında etkisi gösteren, 1999 ile 2001 yılları arasında gözlemlenen ve 2006 yılından başlayıp 2009 yılına kadar etkisi gösteren kuraklık olaylarının ampirik indis ile de temsil edilebildiği görülmüştür. Ampirik ve parametrik indisler arasındaki bariz farklardan biri olay yüksek ve düşük uçlardaki farklarda bu iki indis karşılaştırıldığında rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Örneğin, SPIp-12 için 1989 yılının Eylül ayından başlayan ve 1991 yılının Kasım ayına kadar süren kuraklık incelendiğinde, SPIp’de indis değerleri 1990 yılının Kasım, Aralık, Ocak ve Mart ayları için aşırı şiddetli kuraklık seviyelerine ulaşırken, kuraklığın başlama ve bitiş noktalarının aynı olduğu SPIe’de 1990 yılının Kasım, Aralık, Ocak, Şubat, Mart ve Nisan ayları için şiddetli kuraklık gözükmemektedir.

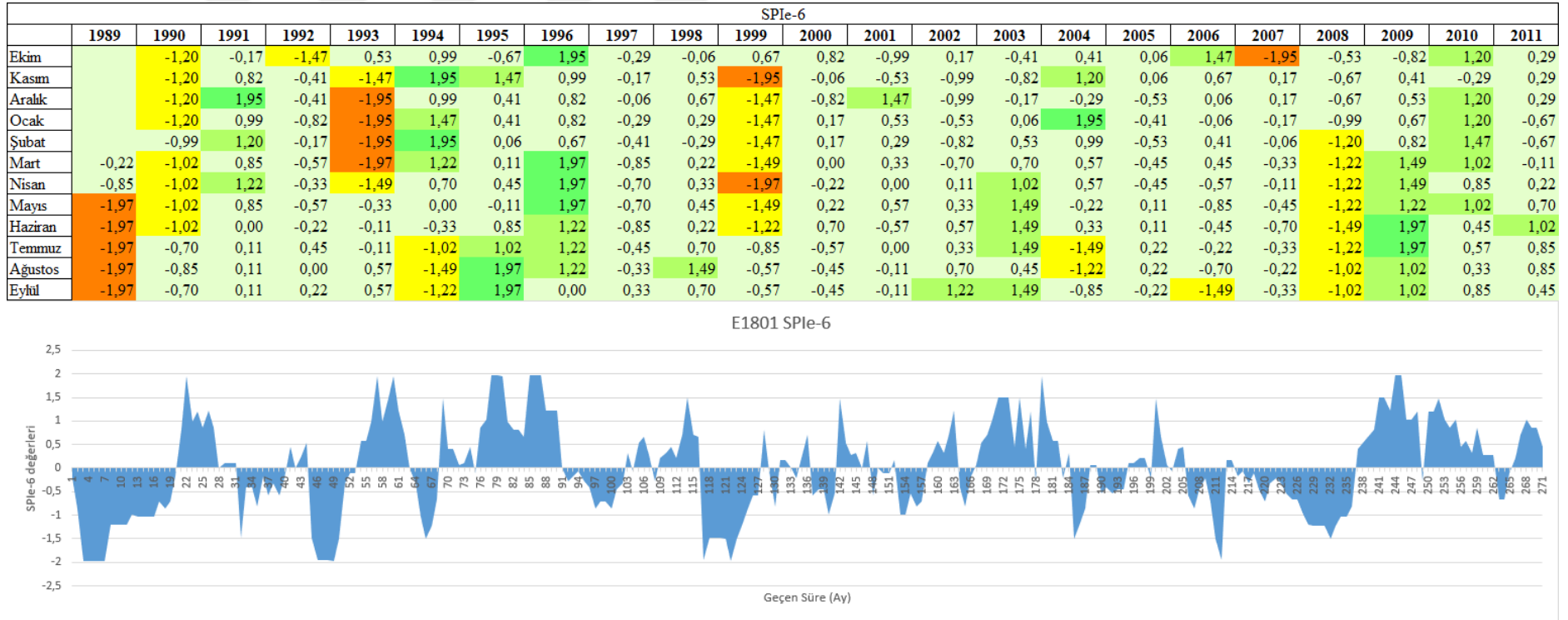
Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi için daha önce yapılan zaman ölçeği arttıkça kuraklık sıklığının azaldığı ama kuraklık uzunluğunun arttığı yorumu Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi için de geçerlidir.



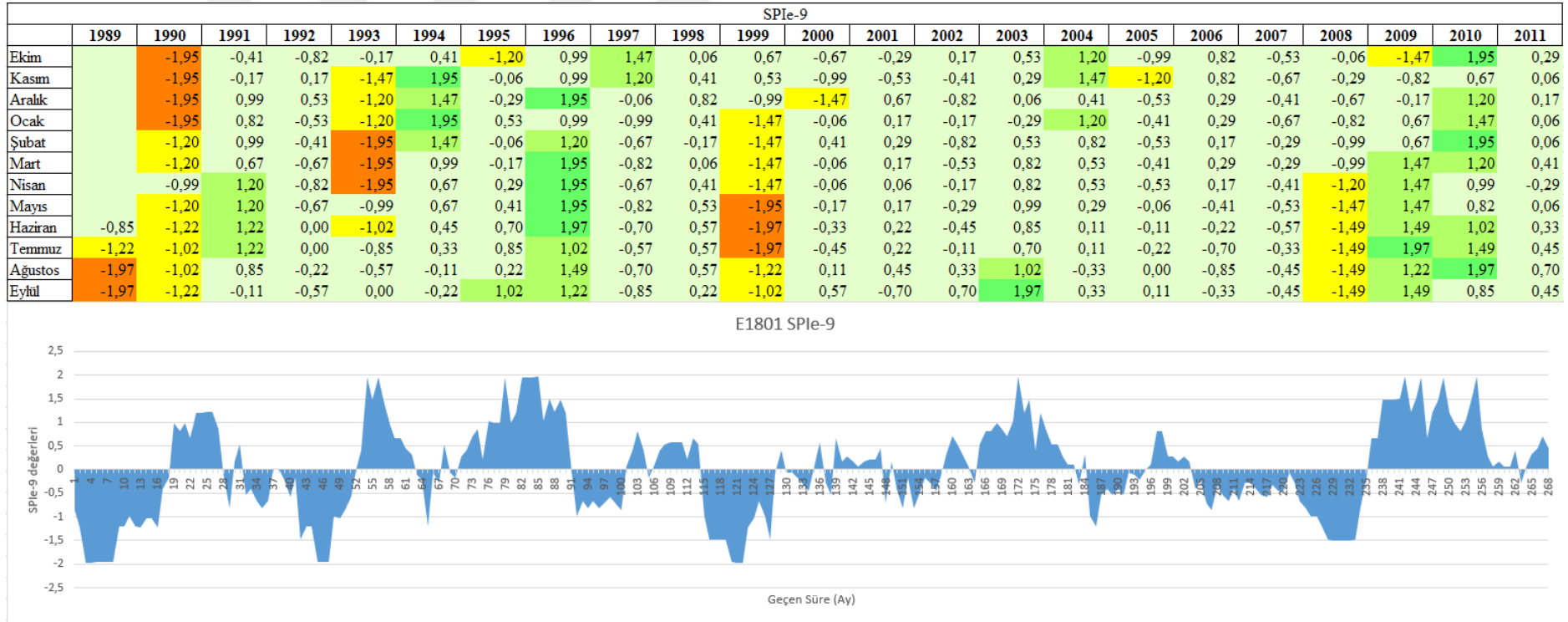
Şekil 5.56: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.57: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.58: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.



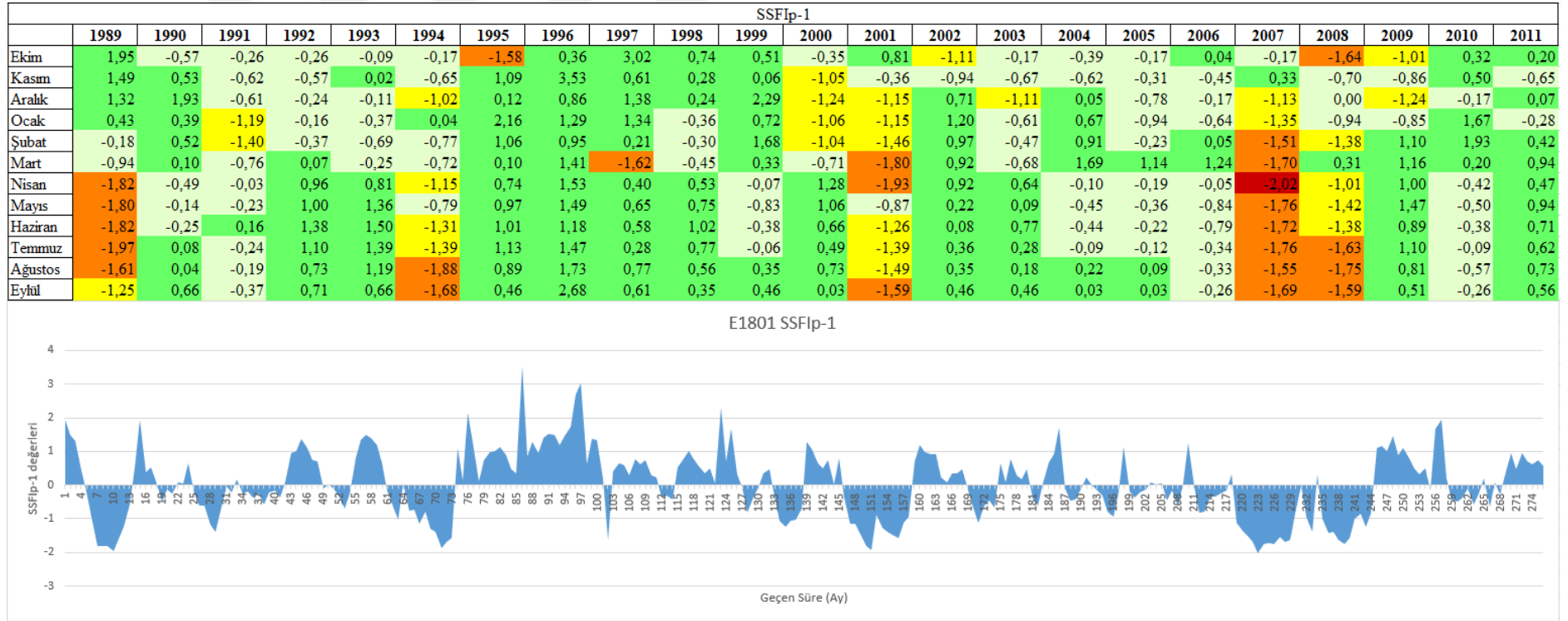
Şekil 5.59: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.

5.2.6 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi (SSFİp)

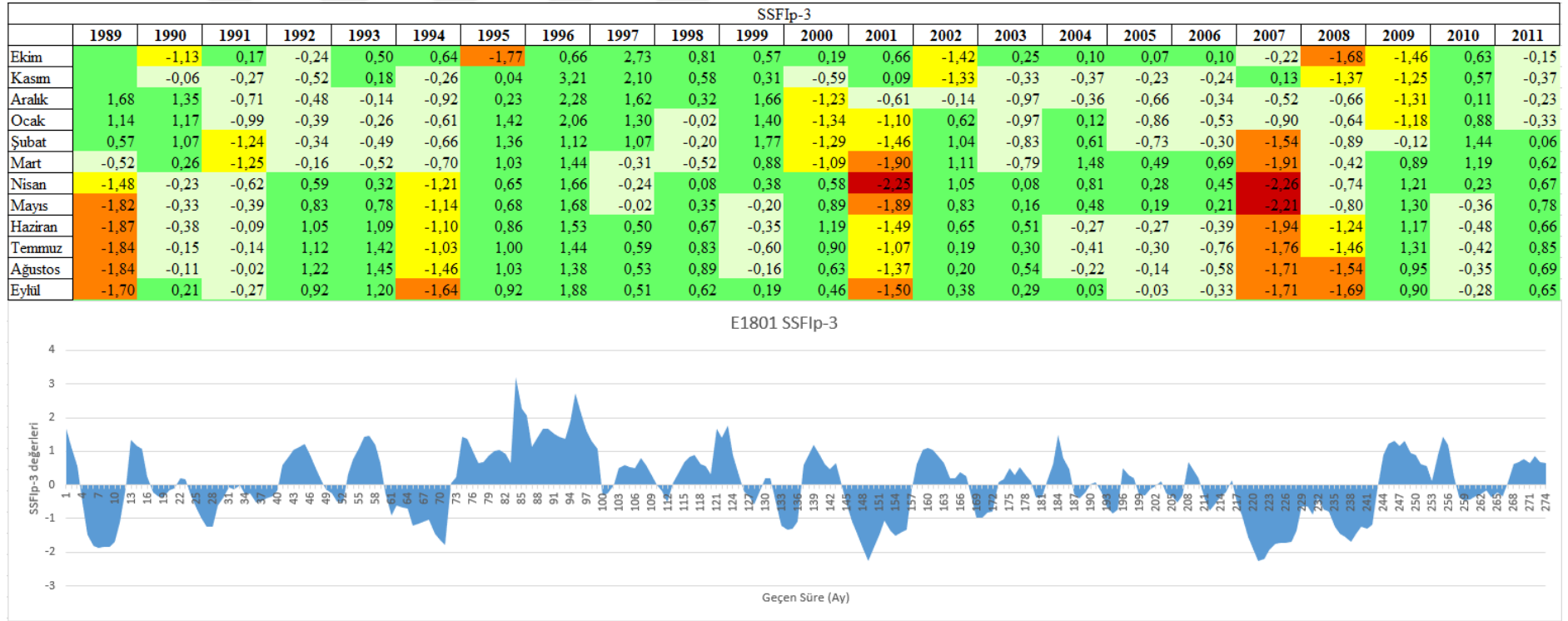
Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisinin hesaplanmasında DrinC (Tigkas vd., 2014) kullanılmıştır. Atina Ulusal Teknik Üniversitesi tarafından geliştirilen programda birçok farklı indis hesaplanabilmektedir. Program girdi ve çıktı olarak Microsoft Excel dosya formatı olan .xlsx dosyalarını ve .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program seçilen zaman aralığı, olasılık dağılımı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanmıştır. E1801 Göksu – Himmetli için hesaplanan bu indisler sırasıyla Şekil 5.60, Şekil 5.61, Şekil 5.62 ve Şekil 5.63'te gösterilmiştir.

E1801 Göksu – Himmetli istasyonu için Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi değerleri 1 aylık periyotta incelendiğinde, 1989 yılının Şubat ayından başlayan ve 9 ay sürerek 1990 yılının Ekim ayında sona eren kuraklık olayı göze çarpmaktadır. 1994 yılının Şubat ayından başlayan ve 9 ay sürerek 1995 yılının Ekim ayında sona eren başka bir kuraklık olayı da gözlemlenmektedir. 1 aylık periyotta en dikkat çeken kuraklık olayları ise; 2007 yılının Aralık ayından başlayan ve Nisan ayında en yüksek değerine ulaşmış, 15 ay sürerek 2008 yılının Şubat ayında sona eren kuraklık olayı ile, 2001 yılının Kasım ayından başlayıp Nisan ayında en yüksek değerine ulaşmış ve 2002 yılının Kasım ayına kadar süren kuraklık olayıdır. 1 aylık periyotta en uzun kuraklık olayı olan 15 aylık 2007 kuraklığının bitiminden hemen sonra 2008 yılının Nisan ayından 2009 yılının Ocak ayına kadar süren bir diğer kuraklık olayı da dikkat çekmektedir. İstasyon 3 aylık periyotta incelendiğinde, 1989 yılının Mart ayından başlayan ve Mayıs ayından itibaren 5 aylık süre boyunca sürekli olarak şiddetli kuraklık olarak devam eden kuraklık olayının toplamda 9 ay sürerek 1990 yılının Kasım ayında sona erdiği gözlemlenmiştir. 1994 yılında ise Kasım ayından başlayıp 12 ay süren kuraklığın genel olarak hafif orta seviyelerde olduğu gözükmemektedir. 2001 yılının Aralık ayından başlayan ve 13 ay sürerek 2002 yılının Aralık ayında sona eren kuraklık olayının 2001 yılının Nisan ayında en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. İstasyonun en dikkat çekici kuraklığı olarak nitelendirilebilecek olan kuraklık olayı ise 2007 yılının Aralık ayında başlayan, Şubat ayında ise şiddetli değerlere ulaşmış Mart ayında en yüksek değerini gören ve 27 ay sürerek 2009 yılının Şubat ayında sona eren kuraklık olayıdır. 6 aylık periyotta indis değerleri incelendiğinde, istasyon için en dikkat çeken kuraklık olayının 2006 yılının Eylül ayından başladığı ve 30 ay sürerek 2009 yılının Şubat ayında sona erdiği görülmektedir. Bahsi geçen kuraklık olayında,

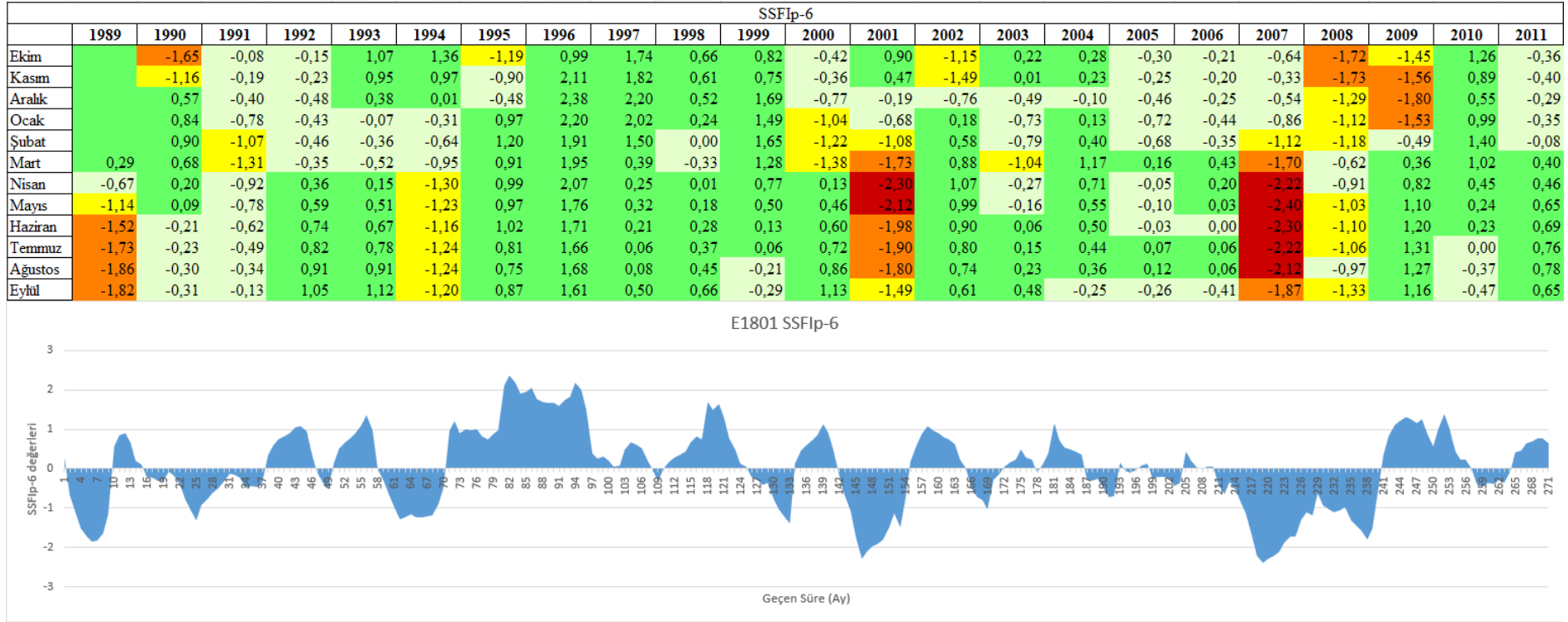
aşırı şiddetli kuraklık değerleri ilk olarak 2007 yılının Nisan ayında görülmüş ve 5 ay boyunca 2007 yılının Eylül ayına kadar aşırı şiddetli kuraklık değerleri devam etmiştir. 2001 yılının Aralık ayından başlayan kuraklık olayı ise Nisan ayında maksimum değerine ulaşmış ve 13 ay sürerek 2002 yılının Aralık ayında sona ermiştir. 9 aylık periyotta da 2007 kuraklığının Aralık ayında başlayıp 2009 yılının Şubat ayına kadar sürdüğü gözlemlenmiştir. Kuraklık 2007 Nisan ayından başlayarak 8 ay boyunca aşırı şiddetli değerler almıştır. 2001 kuraklığı ise Şubat ayında başlamış olup 12 ay sürerek 2002 yılının Ocak ayında son bulmuştur. 12 aylık periyotta ise kuraklıkların sıklığının azaldığı ve kuraklık süresinin uzadığı gözlemlenmiştir. 2005 yılının Mart ayından başlayan kuraklık olayının 39 ay sürerek 2009 yılının Mart ayında sona erdiği gözlemlenmiştir. Bahsi geçen kuraklık olayı 2007 yılının Nisan ayından başlayarak 11 ay boyunca aşırı şiddetli değerler göstermiş ve daha sonrasında 3 aylık bir süreçte şiddetli değerler göstererek orta şiddetli hale dönüşmüştür. 2008 yılının Haziran ayından 2009 yılının Şubat ayına kadar 9 ay boyunca orta şiddetli değerlerini korumuş ve son olarak 2009 yılının Mart ayında hafif şiddetli kuraklık değeri ile son bulmuştur. 2001 yılında ise Nisan ayında başlayan kuraklık olayı Ağustos ayında en yüksek değerine ulaşmış ve 12 ay sürerek 2002 yılının Mart ayında son bulmuştur.



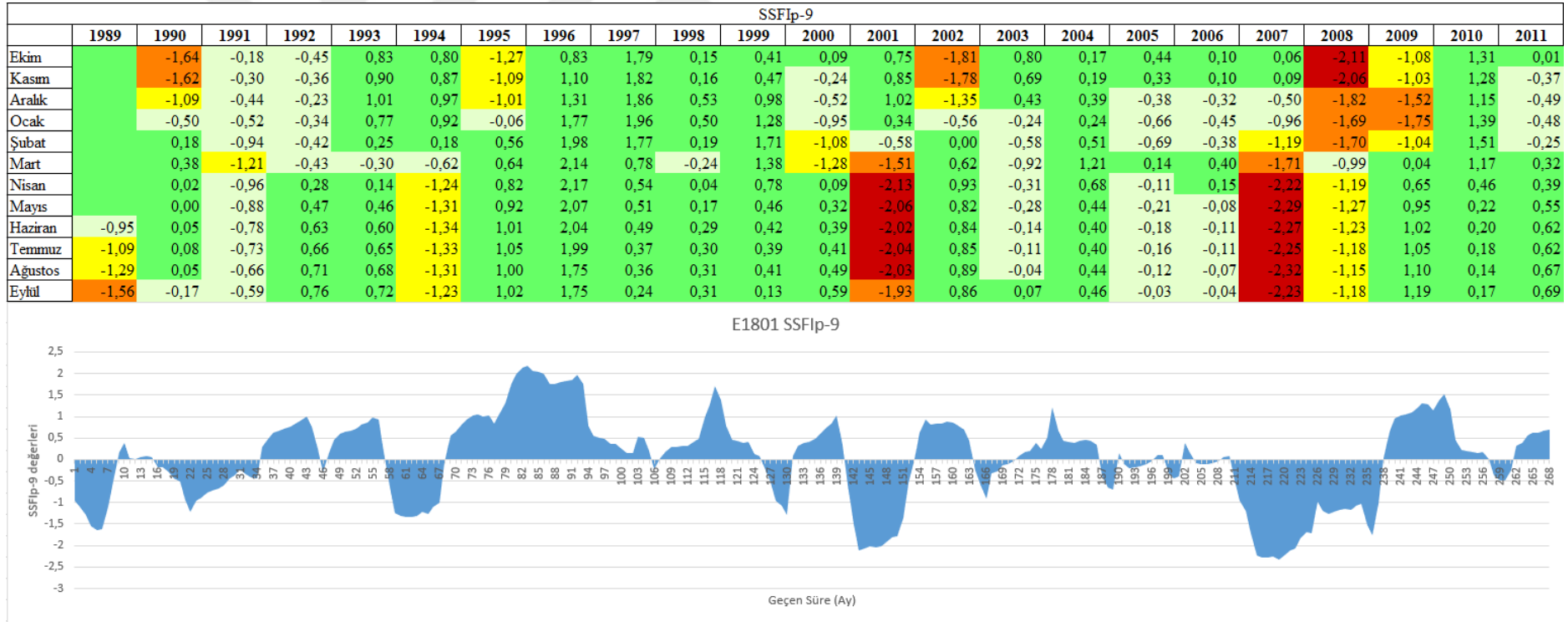
Şekil 5.60: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.61: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.62: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.

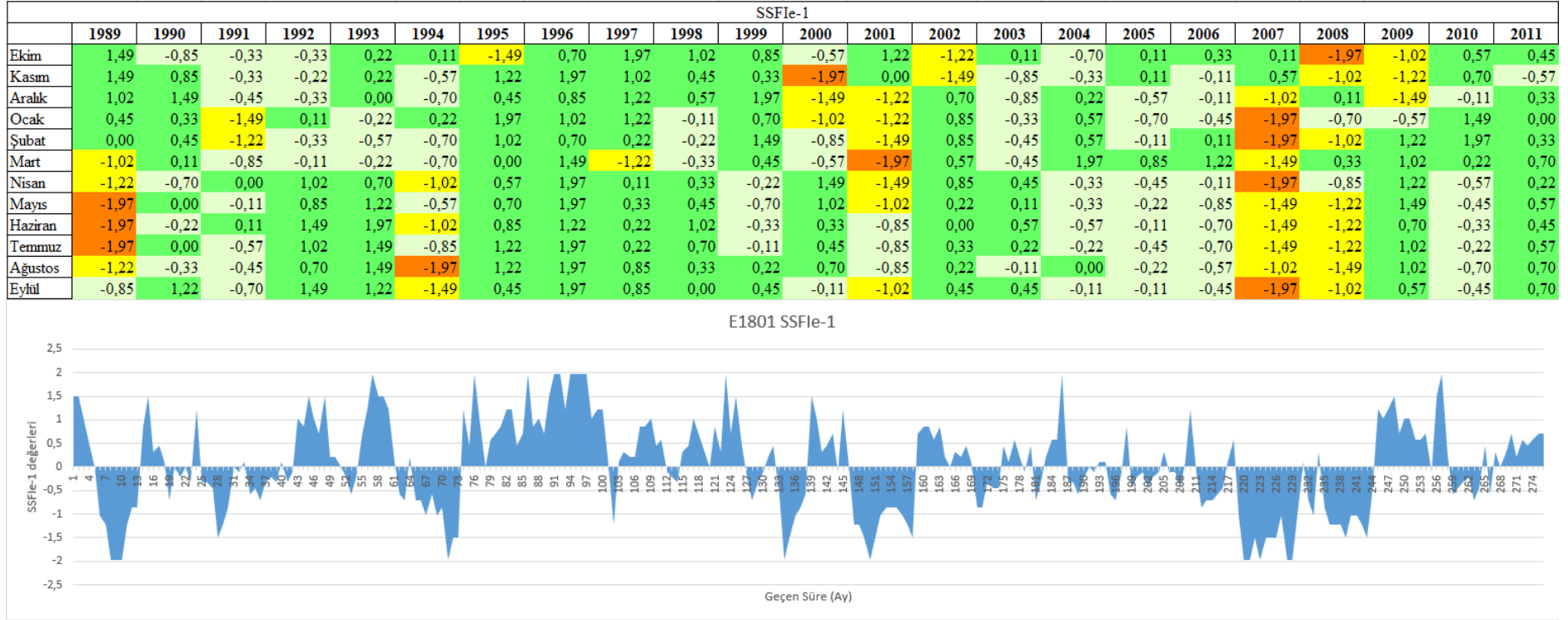


Şekil 5.63: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.

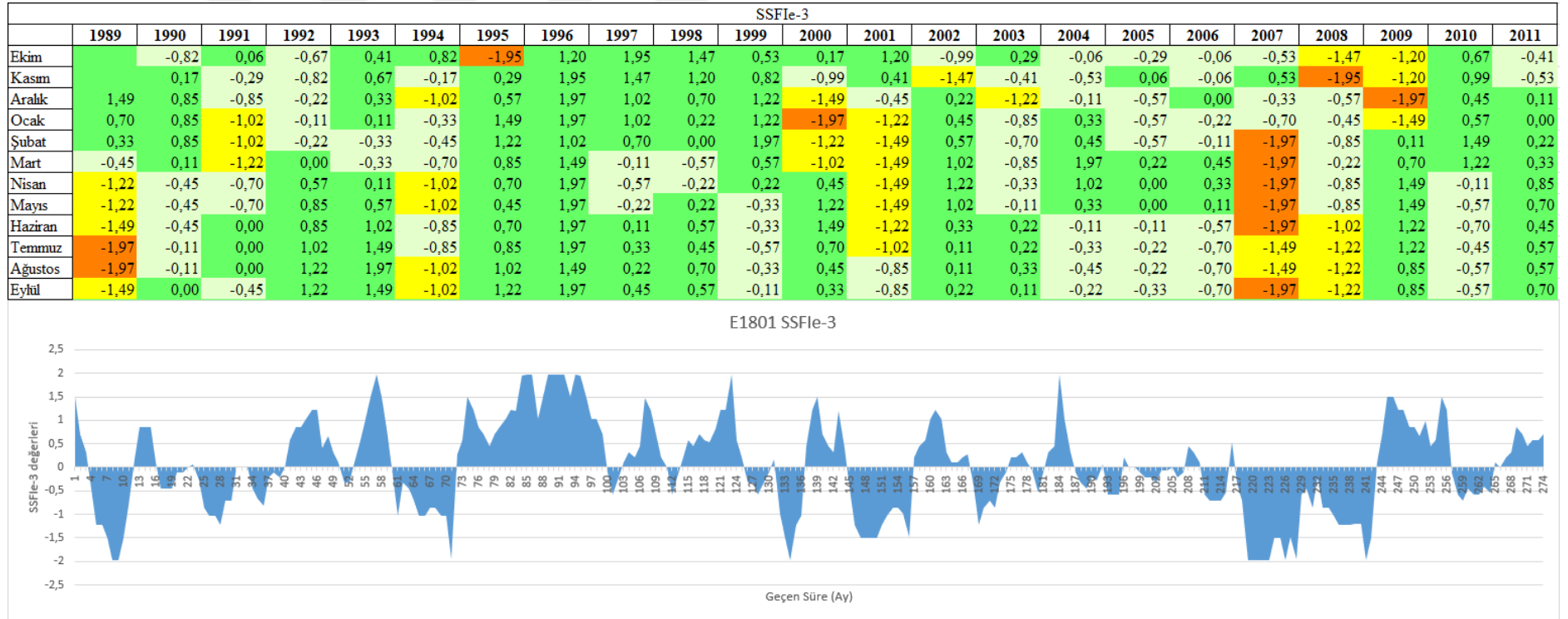
5.2.7 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi (SSFİe)

Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisinin hesaplanmasında SDAT (Farahmand & AghaKouchak, 2015) kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Kuraklık Analizi Araç Kutusu, parametrik olmayan standartlaştırılmış kuraklık indislerinin hesaplanması için genel bir yapı sunar. Akım, yağış, zemin nemi ve bağıl nem gibi değişkenlerin kullanımına olanak sağlayan program, parametrik dağılım varsayımlarına ihtiyaç duymadan kuraklık analizi yapılmasına olanak sağlar. Program, MATLAB kapsamında çalışmakta olup girdi ve çıktı olarak .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program kapsamında birçok farklı indisin hesaplanması mümkündür. Program, seçilen zaman aralığı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. E1801 Göksu – Himmetli için hesaplanan indisler sırası ile Şekil 5.64, Şekil 5.65, Şekil 5.66 ve Şekil 5.67’de gösterilmiştir.

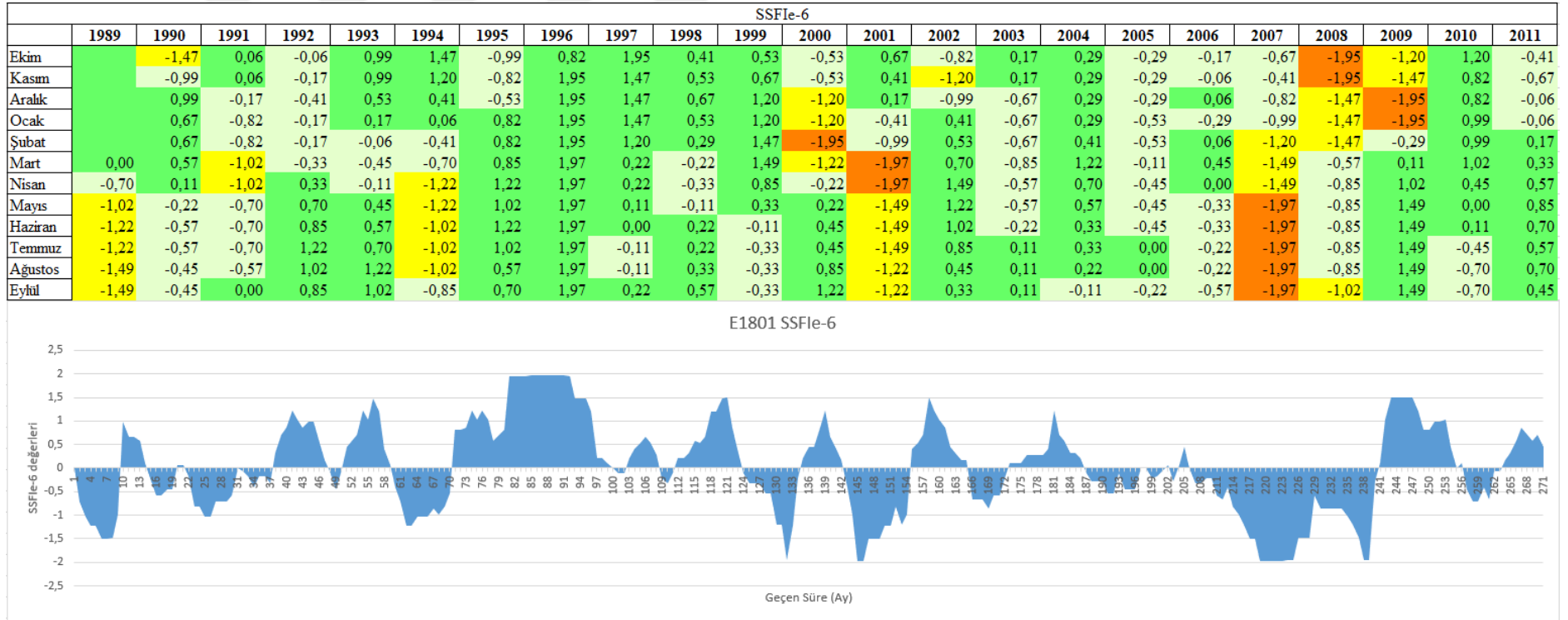
Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi incelendiğinde, parametrik olarak hesaplanan indis sonuçları ile gözlemlenen 1989, 1994, 2000, 2001 ve en önemlisi 2007 kuraklıklarının aynı periyotlarda benzer şekillerde temsil edildiği görülmüştür. Örnek vermek gerekirse SSFİp-9 için 2007 yılının Aralık ayından başlayan ve Nisan ayı sonrasında aşırı şiddetli kuraklık değerleri gösterip 2009 yılının Şubat ayında sona eren kuraklık olayı, SSFİe-9 sonuçlarına göre 2006 yılının Mayıs ayında hafif kuraklık olarak başlamış ve 2007 yılının Mart ayından başlayarak şiddetli kuraklık değerleri gösterip 2009 yılının Mart ayında sona ermiştir. Hesaplanan iki indis arasındaki en büyük fark ise yüksek ve düşük uçlarda gözlemlenen farklılıklardır. SSFİp-9 2007 yılının Mart ayından 2008 yılının Kasım ayına kadar aşırı şiddetli değerler gösterirken SSFİe-9 bu aralıkta şiddetli kuraklık değerleri göstermiş ve aşırı şiddetli sınıflandırmasına girmemiştir.



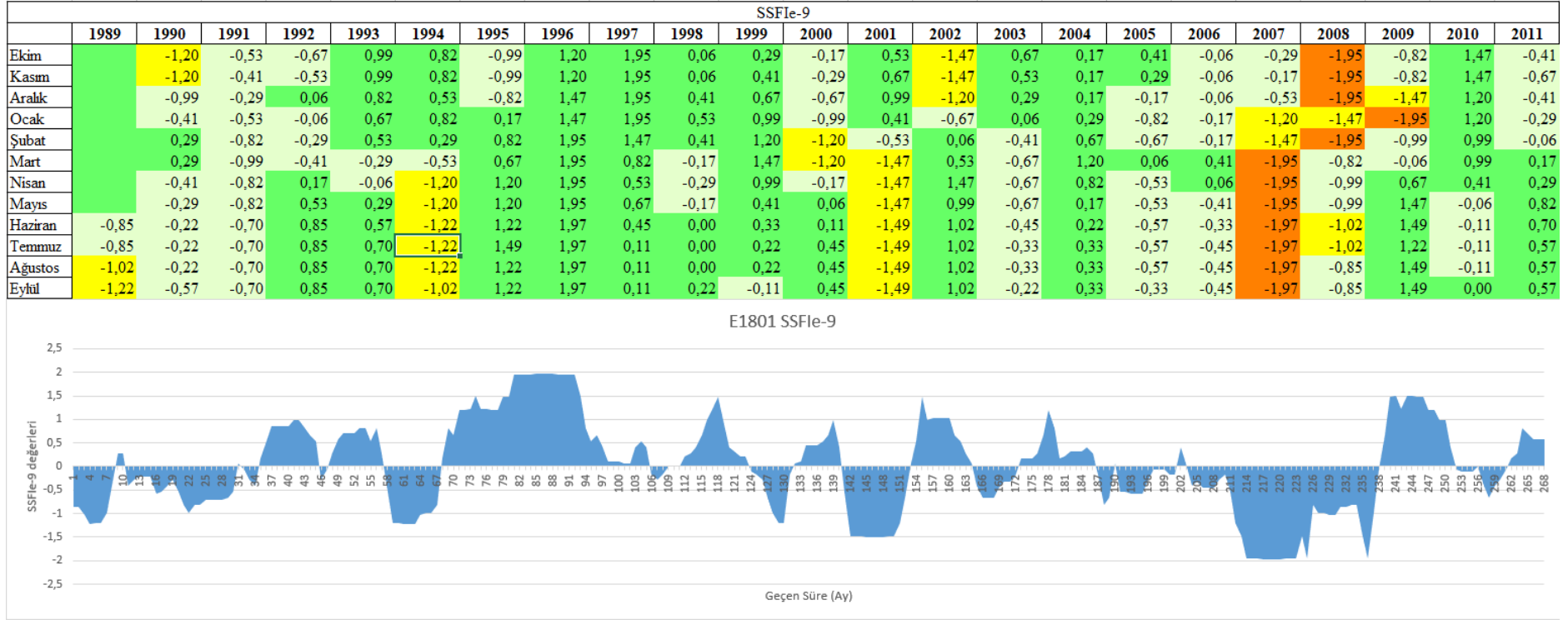
Şekil 5.64: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.65: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.66: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.



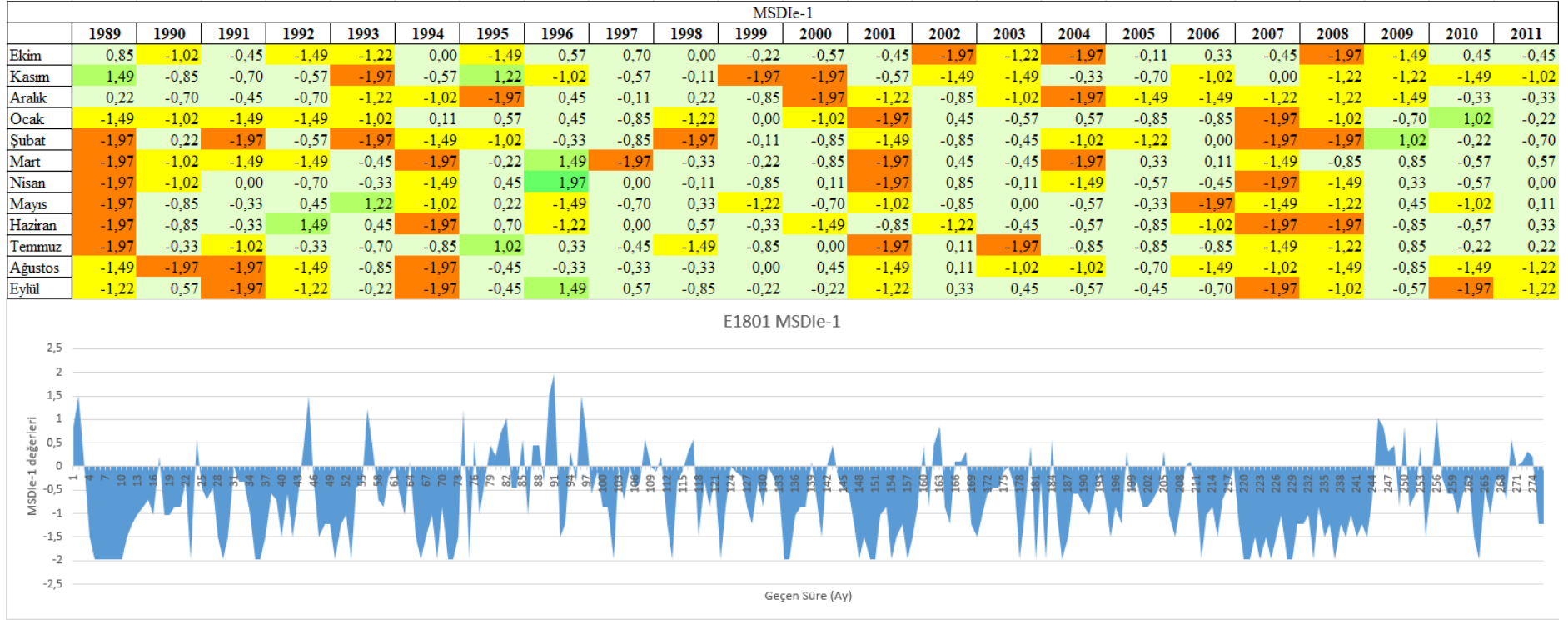
Şekil 5.67: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.

5.2.8 Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi (MSDIe)

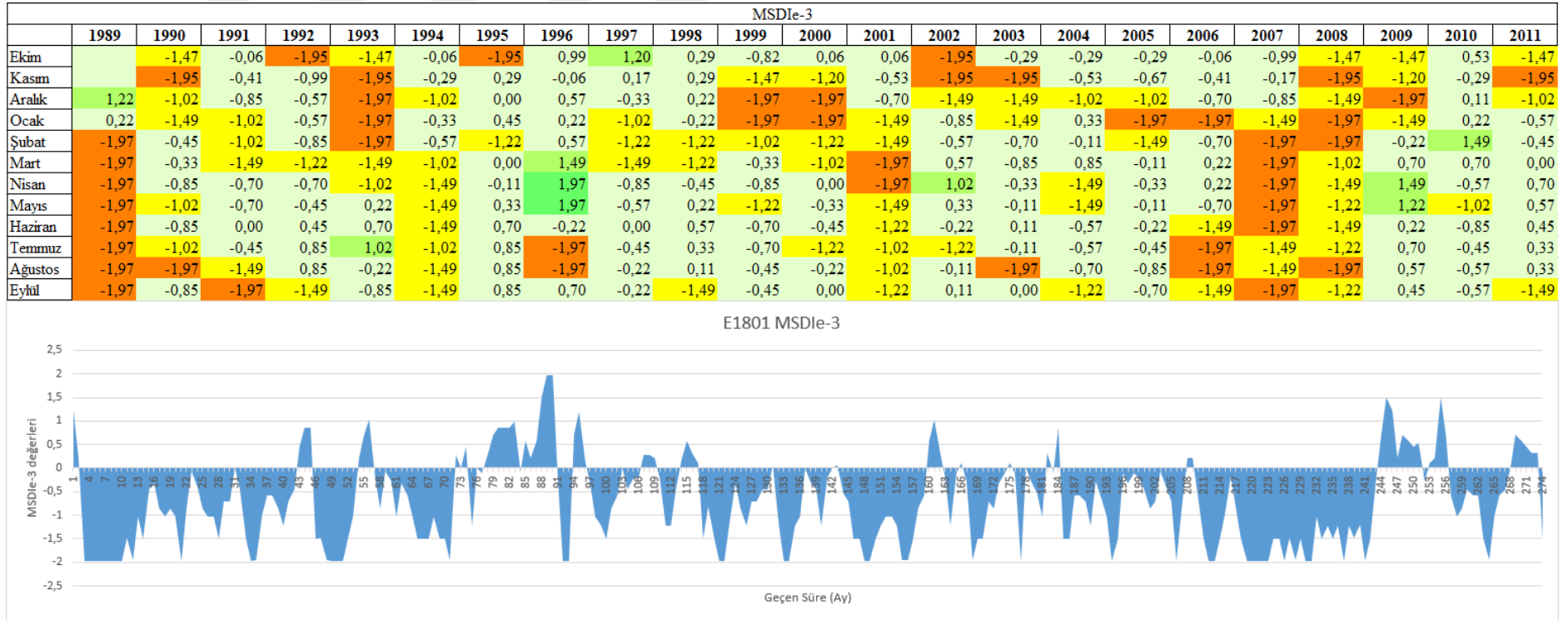
Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi, (Hao & AghaKouchak, 2014) kuraklığın karmaşık yapısından ötürü tek değişkenli kuraklık indislerinin kuraklığı tam olarak ifade edemeyeceğini göz önünde bulundurarak birden fazla değişkenin kullanılabildiği ve parametrik dağılımlardan bağımsız bir indis aracılığı ile kuraklık analizi yapılabilmesi amacıyla ortaya çıkmıştır. Çalışma kapsamında yağış ve zemin nemi olmak üzere iki değişken kullanılmış olsa dahi daha sonra Üç Değişkenli Entegre Kuraklık İndisi (Zhang vd., 2019) ile yağış, akım ve zemin neminin birlikte kullanıldığı bir kuraklık indisi de ortaya çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında, akım ve yağış olmak üzere iki değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi Seyhan Havzası kapsamındaki 8 farklı akım gözlem istasyonu için 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. Hesaplanan indisler; Şekil 5.68, Şekil 5.69, Şekil 5.70 ve Şekil 5.71’de gösterilmiştir.

Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi, kuraklığı hem hidrolojik hem de meteorolojik olarak değerlendirmektedir. İndis sonuçlarına bakıldığında, SPI için gözlemlenen 1989-1990, 1992-1993, 1999-2000 ve 2007-2009 kuraklıklarının MSDI’nde temsil edildiği görülebilmektedir. Aynı şekilde SSFI için gözlemlenen 1989-1990, 1994-1995, 2001-2002 ve 2007-2009 kuraklıklarının da MSDI’nde temsil edildiği gözükmemektedir. MSDI, SPI ve SSFI’nin avantajlarını entegre ederek, her kurak dönemin başlangıcı ve sonunu doğru şekilde yakalayabilmektedir. Burada, MSDI değerlerinin SPI veya SSFI gibi tek değişkenli kuraklık indisleri ile aynı kuraklık şiddetini göstermeyebileceğini belirtmek gerekir.

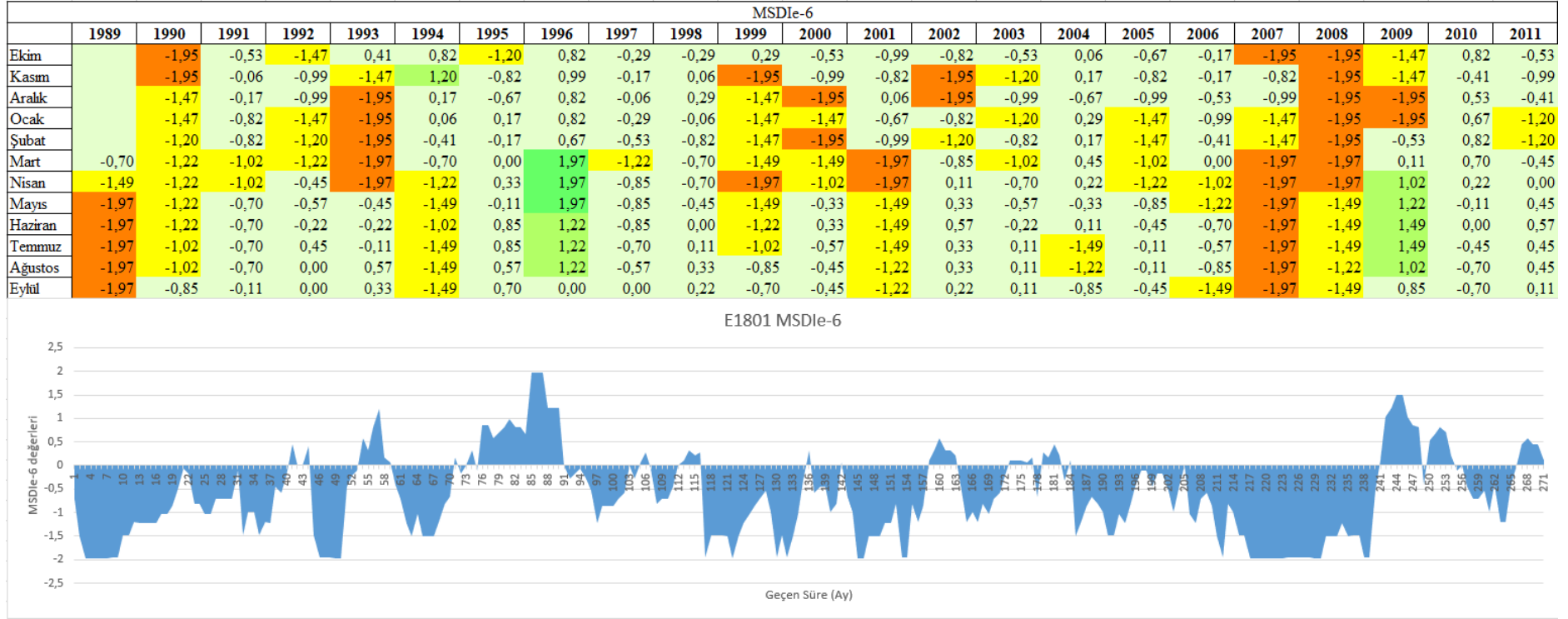
Hesaplanan MSDI değerleri incelendiğinde, SPI için de olduğu gibi zaman ölçeği arttıka kuraklık sıklığının değiştiği gözükmemektedir. Daha kısa zaman ölçeklerinde kuraklık sıklığının daha sık olduğu ama kuraklıkların daha kısa sürdüğü, daha uzun zaman ölçeklerinde ise daha az sıklıkta ama daha uzun süren kuraklıklar görülmüştür.



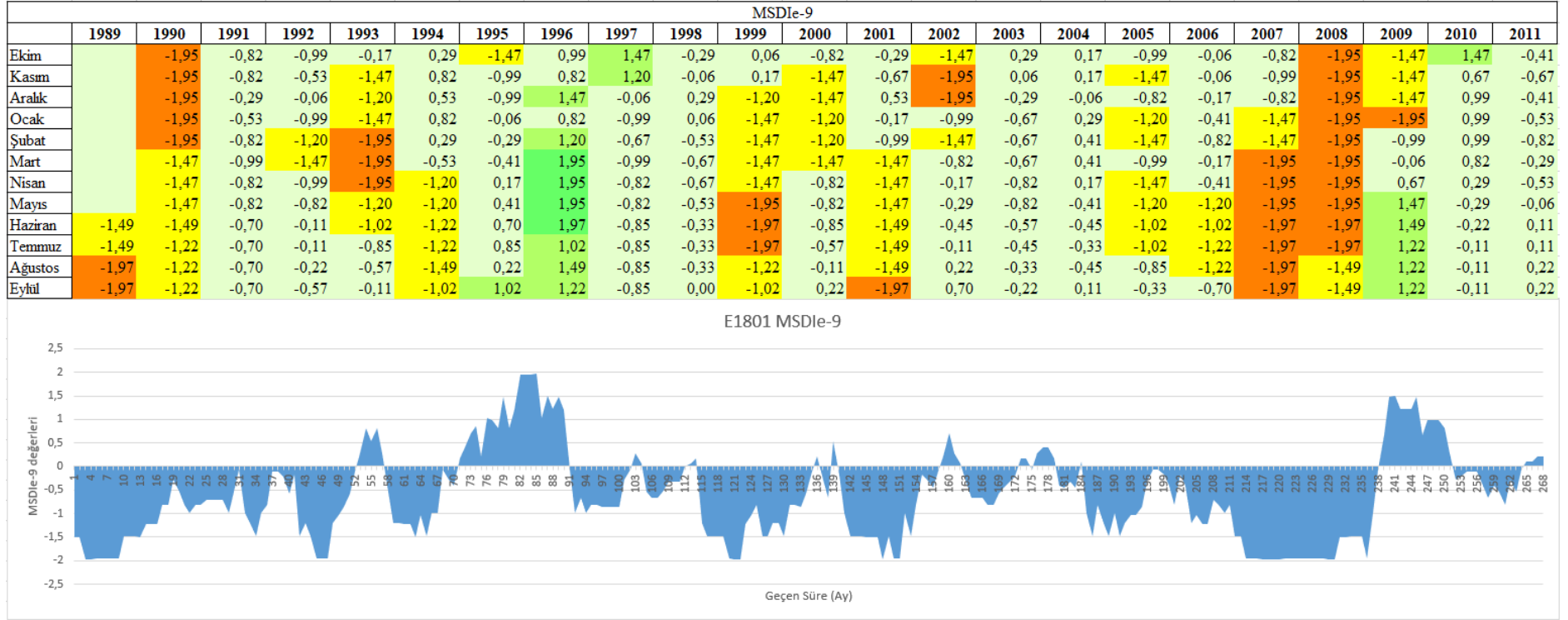
Şekil 5.68: E1801 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.69: E1801 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.70: E1801 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.71: E1801 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.

5.2.9 Hesaplanan indislerin karşılaştırılması

E1801 Göksu – Himmetli için hesaplanan indisler sırasıyla 1, 3, 6 ve 9 aylık periyotlarda olmak üzere Şekil 5.72, Şekil 5.73, Şekil 5.74 ve Şekil 5.75'te gösterilmiştir.

Hesaplanan indislerin her biri için MSDIe ile olan korelasyon katsayısı hesaplanmış ve Çizelge 5.34'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.34: E1801 istasyonu için MSDI ile tekil indisler arasında farklı periyotlarda korelasyon katsayıları.

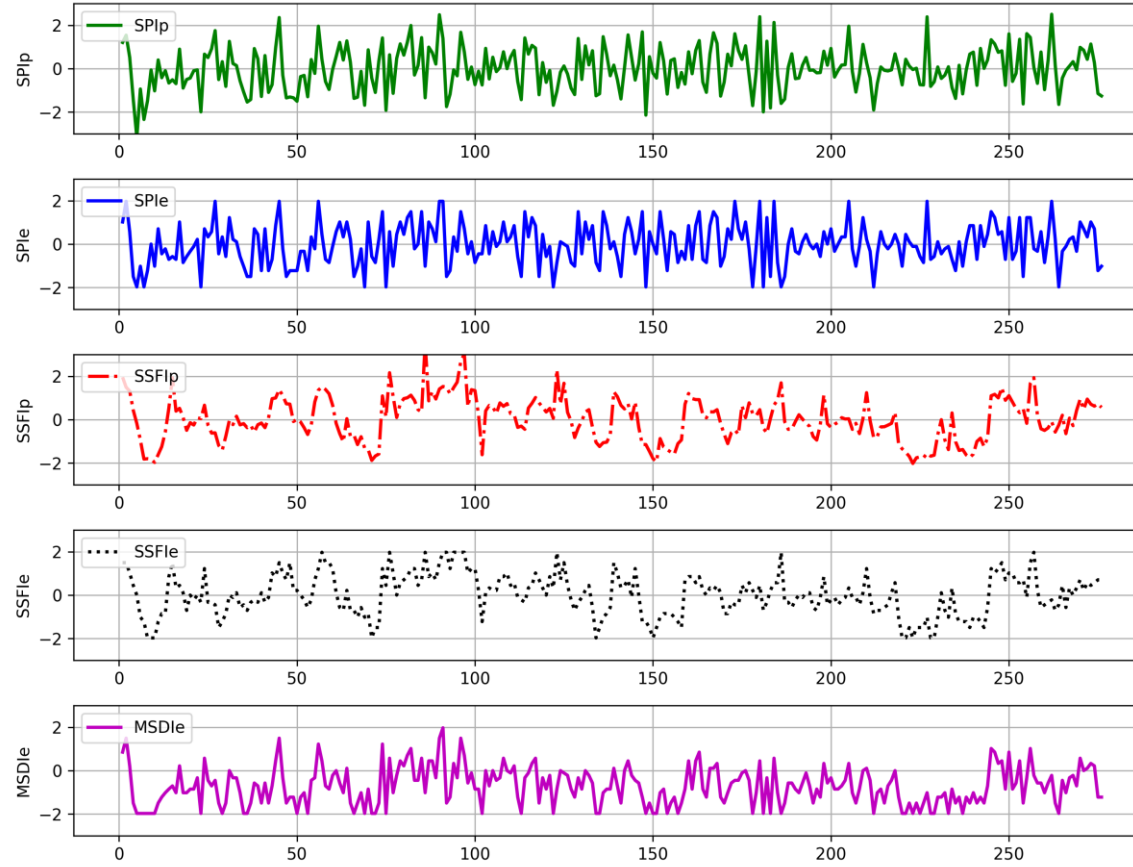
İndis	1-ay	3-ay	6-ay	9-ay	12-ay
SPIp	0,75	0,75	0,75	0,78	0,80
SSFIp	0,67	0,68	0,73	0,74	0,76
SPIe	0,76	0,77	0,78	0,80	0,83
SSFIe	0,68	0,68	0,76	0,77	0,77

Çizelge 5.34'deki tek değişkenli indisler ile MSDI arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında değerlerin her bir periyotta her bir indis için 0.65'ten büyük olduğu ve aynı zamanda büyük bir çoğunluğu için de 0.75'den büyük olduğu gözükmemektedir. Uzun süredir literatürde kullanılan ve güvenilirliği kanıtlanmış bu indislerle ilişkisi, bu çalışma kapsamında kullanılan ve kuraklığı entegre bir şekilde ifade eden MSDI'nin güvenilirliğini doğrulamaktadır.

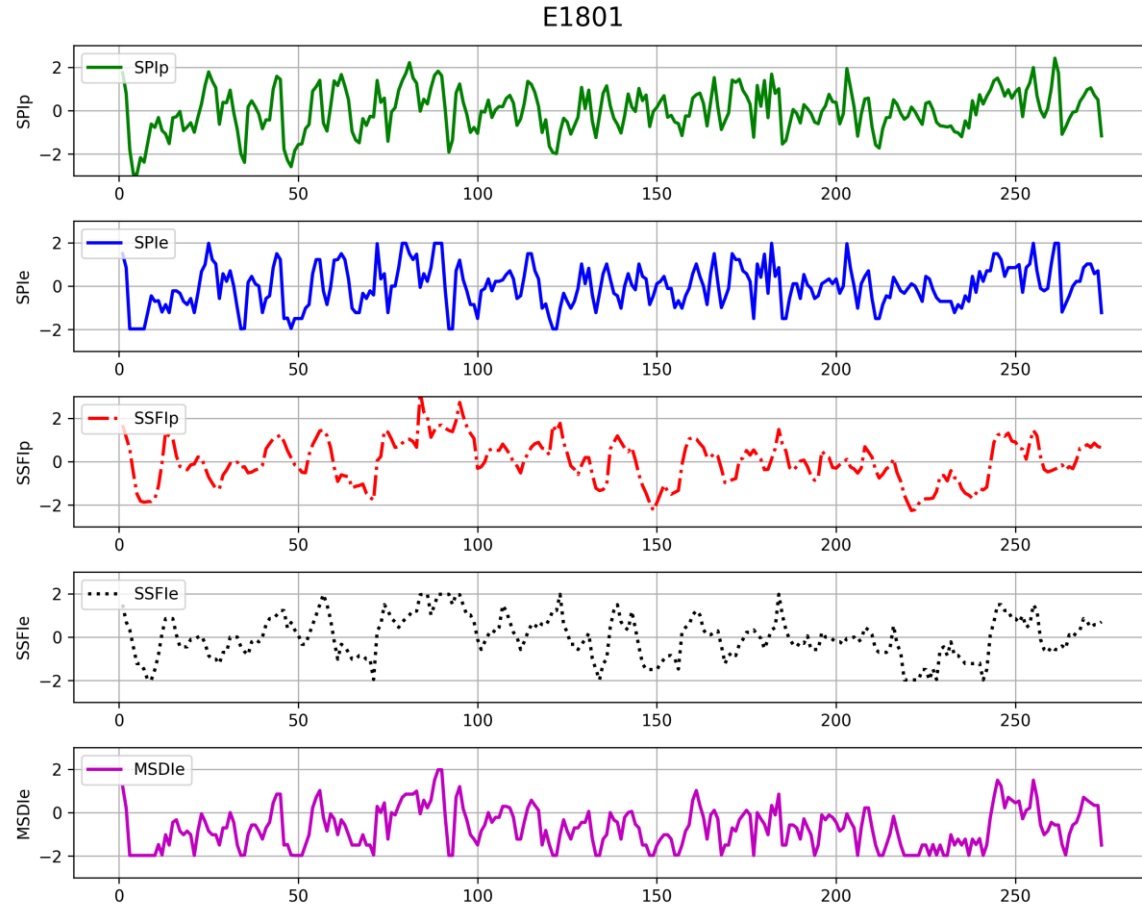
Şekil 5.74'deki ilk dikkörtgene bakıldığında, SPI değerleri için şiddetli kuraklık gözlemlenebilirken SSFI değerlerinin kuraklık eşiğine ulaşmadığı görülmektedir. Tek değişkenli indis kullanımında burada meteorolojik olarak kuraklık gözlemlenirken hidrolojik olarak kuraklık gözlemlenmediği söylenebilirdi. MSDI, meteorolojik ve hidrolojik kuraklığı entegre olarak incelediğinden, SSFI kuraklık eşiğine ulaşmamış olsa dahi MSDI değerlerinin bu aralıkta şiddetli kuraklık gösterdiği gözlemlenebilmektedir. Yani, hidrolojik kuraklık gerçekleşmemiş olsa dahi entegre anlamda bir kuraklık gerçekleşmiştir.

Şekil 5.74'deki ikinci dikkörtgene baktığımızda SPI ve SSFI değerleri için kuraklık eşiğinin aşıldığı yani meteorolojik ve hidrolojik anlamda kuraklığın gerçekleştiği söylenebilir. MSDI değerlerine bakıldığında gerçekleşen kuraklığı entegre anlamda yansıtabildiği görülmektedir.

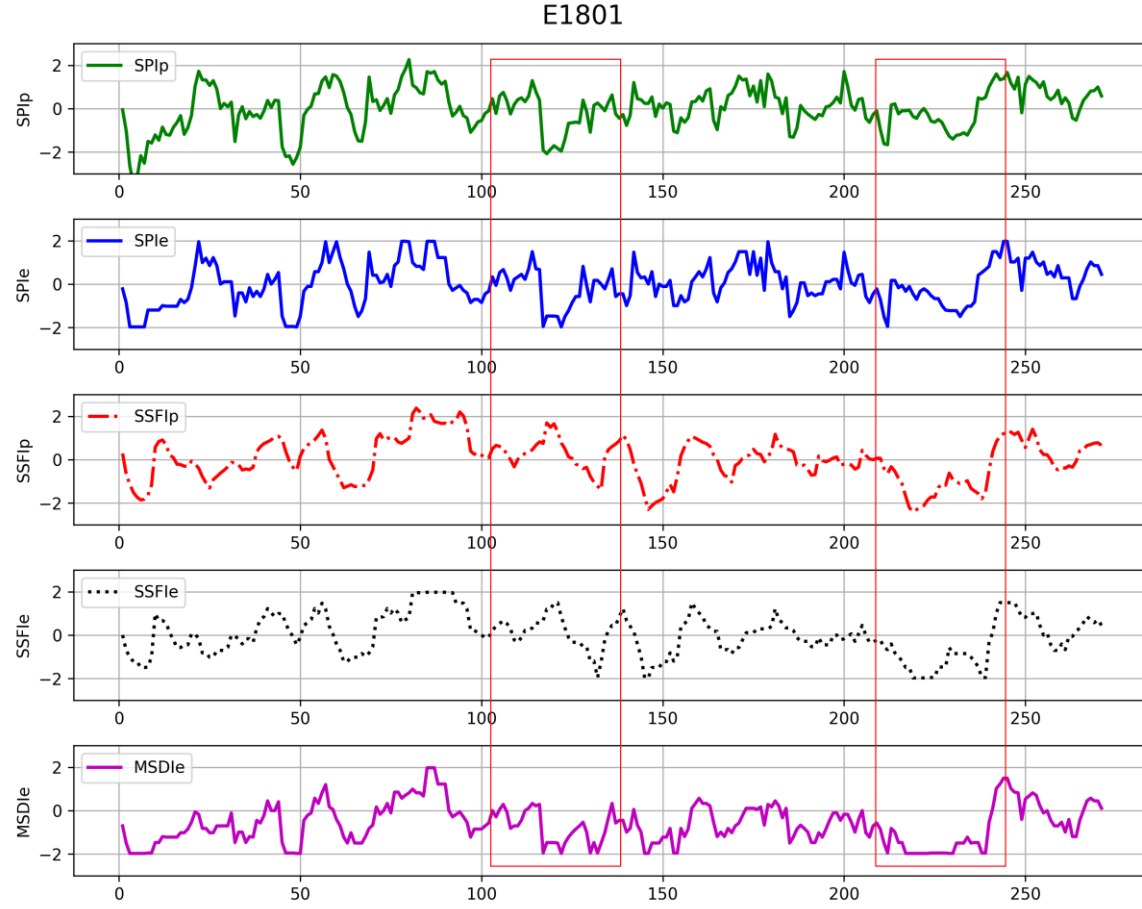
E1801



Şekil 5.72: E1801 Göksu – Himmetli için 1 aylık periyotta hesaplanan indisler.

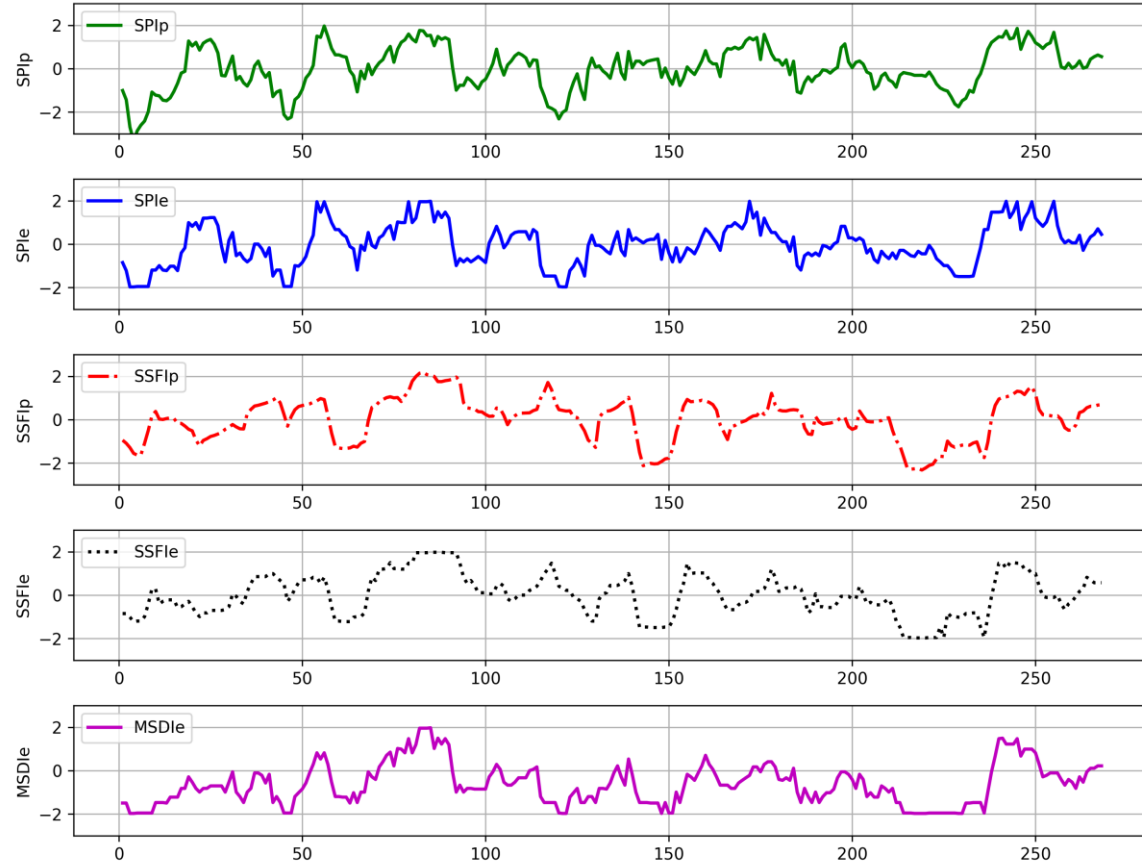


Şekil 5.73: E1801 Göksu – Himmetli için 3 aylık periyotta hesaplanan indisler.



Şekil 5.74: E1801 Göksu – Himmetli için 6 aylık periyotta hesaplanan indisler.

E1801



Şekil 5.75: E1801 Göksu – Himmetli için 9 aylık periyotta hesaplanan indisler.

5.2.10 İndis olasılıkları

Her bir indis için Seyhan Havzası kapsamında seçilen her istasyonun 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlarında indis olasılıkları hesaplanmıştır. İndis olasılıkları, Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8’de gösterilen sınıflandırmalara göre yapılmıştır.

5.2.10.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları

Seyhan Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.35 ve Çizelge 5.36’da gösterilmiştir.

Çizelge 5.35: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-1	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SPIp \geq 2.0$	0,022	0,025	0,018	0,018	0,014	0,029	0,029	0,033
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,043	0,036	0,043	0,047	0,054	0,029	0,025	0,047
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,091	0,091	0,098	0,094	0,072	0,101	0,101	0,094
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,663	0,688	0,678	0,685	0,692	0,703	0,707	0,678
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,120	0,091	0,101	0,091	0,105	0,072	0,072	0,083
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,051	0,047	0,033	0,036	0,025	0,040	0,033	0,043
$SPIp < -2.00$	0,011	0,022	0,029	0,029	0,036	0,025	0,033	0,022

Çizelge 5.36: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-12	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SPIp \geq 2.0$	0,008	0,000	0,034	0,026	0,030	0,015	0,008	0,008
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,049	0,060	0,023	0,023	0,064	0,030	0,030	0,049
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,132	0,091	0,083	0,102	0,049	0,117	0,128	0,087
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,645	0,679	0,698	0,679	0,709	0,660	0,649	0,683
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,060	0,087	0,109	0,117	0,094	0,109	0,117	0,083
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,079	0,060	0,015	0,015	0,030	0,030	0,030	0,064
$SPIp < -2.00$	0,026	0,023	0,038	0,038	0,023	0,038	0,038	0,026

5.2.10.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları

Seyhan Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.37 ve Çizelge 5.38’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.37: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-1	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130

Çizelge 5.37 (devamı): Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-1	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
-1.00 < SPIe ≤ 1.00	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652
-1.50 < SPIe ≤ -1.00	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
-2.00 < SPIe ≤ -1.50	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
SPIe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.38: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-12	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
SPIe ≥ 2.0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1.50 < SPIe ≤ 2.00	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
1.00 < SPIe ≤ 1.50	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
-1.00 < SPIe ≤ 1.00	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
-1.50 < SPIe ≤ -1.00	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
-2.00 < SPIe ≤ -1.50	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
SPIe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.2.10.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları

Seyhan Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.39 ve Çizelge 5.40'ta gösterilmiştir.

Çizelge 5.39: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-1	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
SSFIp ≥ 0	0,504	0,467	0,554	0,533	0,547	0,511	0,514	0,504
-1.00 ≤ SSFIp < 0.00	0,312	0,355	0,243	0,268	0,279	0,333	0,319	0,348
-1.50 ≤ SSFIp < -1.00	0,098	0,116	0,112	0,116	0,098	0,080	0,105	0,080
-2.00 ≤ SSFIp < -1.50	0,083	0,047	0,062	0,065	0,036	0,051	0,043	0,029
SSFIp < -2.00	0,004	0,014	0,029	0,018	0,040	0,025	0,018	0,040

Çizelge 5.40: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-12	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
SSFIp ≥ 0	0,558	0,562	0,570	0,608	0,547	0,547	0,615	0,513
-1.00 ≤ SSFIp < 0.00	0,253	0,268	0,223	0,177	0,260	0,245	0,200	0,332
-1.50 ≤ SSFIp < -1.00	0,102	0,064	0,075	0,087	0,113	0,091	0,083	0,075
-2.00 ≤ SSFIp < -1.50	0,042	0,060	0,121	0,109	0,053	0,109	0,034	0,042
SSFIp < -2.00	0,045	0,045	0,011	0,019	0,026	0,008	0,068	0,038

5.2.10.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları

Seyhan Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.41 ve Çizelge 5.42’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.41: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFle-1	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
SSFle ≥ 0	0,529	0,529	0,522	0,522	0,525	0,522	0,529	0,522
$-1.00 \leq \text{SSFle} < 0.00$	0,301	0,297	0,304	0,304	0,304	0,308	0,355	0,308
$-1.50 \leq \text{SSFle} < -1.00$	0,130	0,134	0,138	0,130	0,127	0,127	0,091	0,127
$-2.00 \leq \text{SSFle} < -1.50$	0,040	0,040	0,036	0,043	0,043	0,043	0,025	0,043
SSFle < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.42: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFle-12	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
SSFle ≥ 0	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502
$-1.00 \leq \text{SSFle} < 0.00$	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358
$-1.50 \leq \text{SSFle} < -1.00$	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
$-2.00 \leq \text{SSFle} < -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
SSFle < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.2.10.5 MSDIe olasılıkları

Seyhan Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonları için Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.43 ve Çizelge 5.44’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.43: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-1	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
MSDIe ≥ 2.0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < \text{MSDIe} \leq 2.00$	0,004	0,000	0,011	0,011	0,004	0,011	0,007	0,000
$1.00 < \text{MSDIe} \leq 1.50$	0,033	0,036	0,029	0,043	0,025	0,011	0,033	0,022
$-1.00 < \text{MSDIe} \leq 1.00$	0,547	0,562	0,522	0,518	0,551	0,525	0,569	0,522
$-1.50 < \text{MSDIe} \leq -1.00$	0,268	0,225	0,286	0,283	0,257	0,301	0,272	0,312
$-2.00 < \text{MSDIe} \leq -1.50$	0,149	0,178	0,152	0,145	0,163	0,152	0,120	0,145
MSDIe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.44: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-12	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
MSDIe ≥ 2.0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < \text{MSDIe} \leq 2.00$	0,019	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
$1.00 < \text{MSDIe} \leq 1.50$	0,060	0,042	0,026	0,011	0,060	0,023	0,011	0,019

Çizelge 5.44 (devamı): Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-12	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
-1.00 < MSDIe ≤ -1.00	0,596	0,630	0,736	0,732	0,581	0,691	0,709	0,615
-1.50 < MSDIe ≤ -1.00	0,200	0,204	0,147	0,162	0,155	0,196	0,177	0,189
-2.00 < MSDIe ≤ -1.50	0,125	0,109	0,091	0,094	0,204	0,091	0,102	0,174
MSDIe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.2.11 İndislere trend analizi

Seyhan Havzası kapsamında hesaplanan indislere Python programının pymannkendall kütüphanesi kullanılarak Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi olarak $\alpha=0.05$ alınmış ve analiz sonuçları R programının trend kütüphanesi ile kontrol edilmiştir.

5.2.11.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.45 ve Çizelge 5.46'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.45: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-1								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Ekim	-0,53	-0,42	-0,37	-0,42	0,16	-0,26	-0,42	0,00
Kasım	-0,42	-0,74	-0,69	-0,69	-0,26	-0,48	-0,63	0,00
Aralık	-0,48	-0,16	0,42	0,16	-0,48	0,16	0,16	-0,21
Ocak	1,64	1,74	0,48	0,63	3,17	0,58	1,00	1,16
Şubat	0,63	1,64	0,79	0,95	1,95	1,16	1,11	1,21
Mart	1,58	0,95	0,05	0,32	3,17	0,85	0,58	1,37
Nisan	0,58	-0,42	-0,32	-0,26	0,16	0,00	-0,16	0,69
Mayıs	0,00	1,16	0,63	0,74	-0,48	0,85	1,11	0,21
Haziran	-0,63	-1,11	-1,16	-1,16	0,11	-1,16	-1,27	-0,69
Temmuz	1,43	1,74	1,06	1,21	0,26	1,21	1,58	1,21
Ağustos	1,69	1,74	0,26	0,53	-0,16	0,53	0,74	0,69
Eylül	0,00	0,26	1,00	0,95	0,32	1,11	1,16	1,80

Çizelge 5.46: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-12								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Eylül	0,69	0,74	-0,16	-0,11	1,69	0,26	0,21	1,21

5.2.11.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.47 ve Çizelge 5.48’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.47: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-1								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Ekim	-0,53	-0,42	-0,37	-0,42	0,16	-0,26	-0,42	0,00
Kasım	-0,42	-0,74	-0,69	-0,69	-0,26	-0,48	-0,63	0,00
Aralık	-0,48	-0,16	0,42	0,16	-0,48	0,16	0,16	-0,21
Ocak	1,64	1,74	0,48	0,63	3,17	0,58	1,00	1,16
Şubat	0,63	1,64	0,79	0,95	1,95	1,16	1,11	1,21
Mart	1,58	0,95	0,05	0,32	3,17	0,85	0,58	1,37
Nisan	0,58	-0,42	-0,32	-0,26	0,16	0,00	-0,16	0,69
Mayıs	0,00	1,16	0,63	0,74	-0,48	0,85	1,11	0,21
Haziran	-0,63	-1,11	-1,16	-1,16	0,11	-1,16	-1,27	-0,69
Temmuz	1,43	1,74	1,06	1,21	0,26	1,21	1,58	1,21
Ağustos	1,69	1,74	0,26	0,53	-0,16	0,53	0,74	0,69
Eylül	0,00	0,26	1,00	0,95	0,32	1,11	1,16	1,80

Çizelge 5.48: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-12								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Eylül	0,69	0,74	-0,16	-0,11	1,69	0,26	0,21	1,21

5.2.11.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.49 ve Çizelge 5.50’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.49: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFIp-1								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Ekim	-0,34	-3,28	-2,56	-1,93	-1,77	-3,20	-2,99	-2,43
Kasım	-1,74	-1,56	-2,72	-1,29	-1,56	-2,43	-2,04	-0,40
Aralık	-1,37	-1,48	-1,93	-0,63	-1,61	-1,80	-0,69	-1,43
Ocak	-1,03	-0,69	-2,14	-0,48	-1,69	-2,27	-0,24	-1,08
Şubat	0,58	0,90	-1,56	0,29	-1,45	-1,64	-0,42	-1,45
Mart	1,74	1,43	-1,56	-0,34	0,42	-1,77	-1,16	-1,27
Nisan	-0,48	-0,37	-1,19	-0,90	-0,66	-1,82	-0,05	-1,32
Mayıs	-0,90	-0,74	-0,61	-0,16	-0,45	-1,40	-0,63	-0,18

Çizelge 5.49 (devamı): Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFip-1								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Haziran	-1,03	-1,27	-1,38	-0,82	-0,79	-1,74	-0,53	-0,53
Temmuz	-0,85	-1,59	-1,22	-0,53	-1,14	-1,61	-0,97	-0,53
Ağustos	-0,95	-1,82	-2,35	-1,00	-1,29	-2,03	-1,75	-2,27
Eylül	-1,27	-2,59	-2,46	-1,56	-0,82	-2,27	-2,65	-2,32

Çizelge 5.50: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFip-12								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Eylül	-0,37	-0,21	-1,88	-0,63	-1,21	-2,43	-0,79	-1,37

5.2.11.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.51 ve Çizelge 5.52’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.51: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFie-1								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Ekim	-0,34	-3,28	-2,56	-1,93	-1,77	-3,20	-3,11	-2,43
Kasım	-1,74	-1,56	-2,72	-1,29	-1,56	-2,43	-2,04	-0,40
Aralık	-1,37	-1,48	-1,93	-0,63	-1,61	-1,80	-0,69	-1,43
Ocak	-1,03	-0,69	-2,14	-0,48	-1,69	-2,27	-0,24	-1,08
Şubat	0,58	0,90	-1,56	0,29	-1,45	-1,64	-0,42	-1,45
Mart	1,74	1,43	-1,56	-0,34	0,42	-1,77	-1,16	-1,27
Nisan	-0,48	-0,37	-1,19	-0,90	-0,66	-1,82	-0,05	-1,32
Mayıs	-0,90	-0,74	-0,61	-0,16	-0,45	-1,40	-0,63	-0,18
Haziran	-1,03	-1,27	-1,38	-0,82	-0,79	-1,74	-0,53	-0,53
Temmuz	-0,85	-1,59	-1,22	-0,53	-1,14	-1,61	-1,01	-0,53
Ağustos	-0,95	-1,82	-2,35	-1,00	-1,29	-2,03	-1,64	-2,27
Eylül	-1,27	-2,59	-2,46	-1,56	-0,82	-2,27	-2,82	-2,32

Çizelge 5.52: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFie-12								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Eylül	-0,37	-0,21	-1,88	-0,63	-1,21	-2,43	-0,79	-1,37

5.2.11.5 MSDİe değerlerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.53 ve Çizelge 5.54’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.53: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

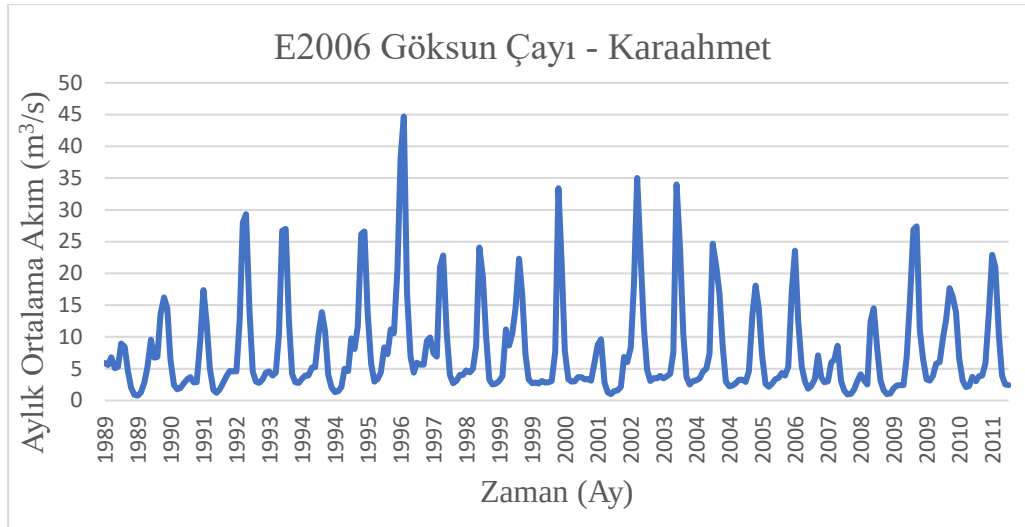
MSDİe-1								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Ekim	-0,74	-1,94	-2,34	-2,15	-1,14	-1,97	-2,21	-0,72
Kasım	-1,14	-1,57	-2,05	-1,28	-2,03	-2,26	-1,49	-0,43
Aralık	-1,52	-1,66	-1,44	-0,45	-0,96	-1,41	-0,43	-1,20
Ocak	1,36	1,06	-0,82	0,27	1,78	-1,04	0,40	-0,08
Şubat	1,07	1,25	-0,19	0,56	1,17	-0,08	0,00	0,16
Mart	1,81	0,98	-1,12	-0,24	1,72	-0,72	-0,51	0,05
Nisan	0,13	-0,32	-0,53	-0,37	0,05	-0,74	-0,16	-0,08
Mayıs	-0,16	0,32	-0,24	0,00	-0,42	-0,21	-0,19	-0,83
Haziran	-0,82	-1,54	-1,19	-1,17	-0,24	-1,89	-1,20	-1,09
Temmuz	0,29	0,13	-0,32	0,00	-0,48	-0,48	0,66	0,13
Ağustos	0,62	-0,22	-0,83	-0,29	-0,80	-0,72	-0,37	-0,77
Eylül	-0,96	-1,46	-0,83	-0,67	-0,19	-0,67	-0,82	-0,75

Çizelge 5.54: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDİe-12								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Eylül	0,56	0,69	-0,61	0,16	0,11	-0,96	0,00	0,29

5.3 Ceyhan Havzası Uygulamalar

Çalışmanın bu bölümünde Ceyhan Havzası kapsamında seçilmiş olan 8 adet akım gözlem istasyonu noktasında akım ve yağış verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. 1989-2011 yılları arasında bölgede bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarından alınan yağış verileri ile ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi kullanılarak seçilen akım gözlem istasyonu noktalarında yağış verileri hesaplanmıştır. Çalışma kapsamında akım ve yağış verilerinin kullanıldığı üçü ampirik ikisi parametrik olmak üzere beş farklı indis hesaplanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Şekil 5.76’da E2006 Göksun Çayı - Karaahmet akım gözlem istasyonu için 1989 ile 2011 yılları arasındaki aylık ortalama akım değerleri görülmektedir.



Şekil 5.76: E2006 istasyonunda aylık ortalama akım değerlerinin 1989-2011 yılları arasındaki değişimi.

5.3.1 Eksik verilerin tamamlanması

5.3.1.1 Eksik akım verilerinin tamamlanması

Ceyhan Havzası kapsamında seçilen akım gözlem istasyonlarında bulunan veri eksikliklerini tamamlamak için doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Seçilen istasyonlardan; D20A005 ve D20A006 istasyonlarında seçilen zaman aralığı için eksik veri olduğu tespit edilmiştir. Regresyon analizi yapılmadan önce her istasyon için en yakın ve en büyük korelasyon katsayısına sahip istasyonlara bakılmıştır. Çizelge 5.55’te her istasyon için en yakın ve en büyük korelasyon katsayısına sahip istasyonlar gösterilmiştir. İstasyonlardaki eksik veriler ve regresyon analizi detayları Çizelge 5.56’da gösterilmiştir. Örnek olarak D20A005 için yapılan regresyon analizi Şekil 5.77’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.55: Akım gözlem istasyonları için en yakın ve en büyük korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.

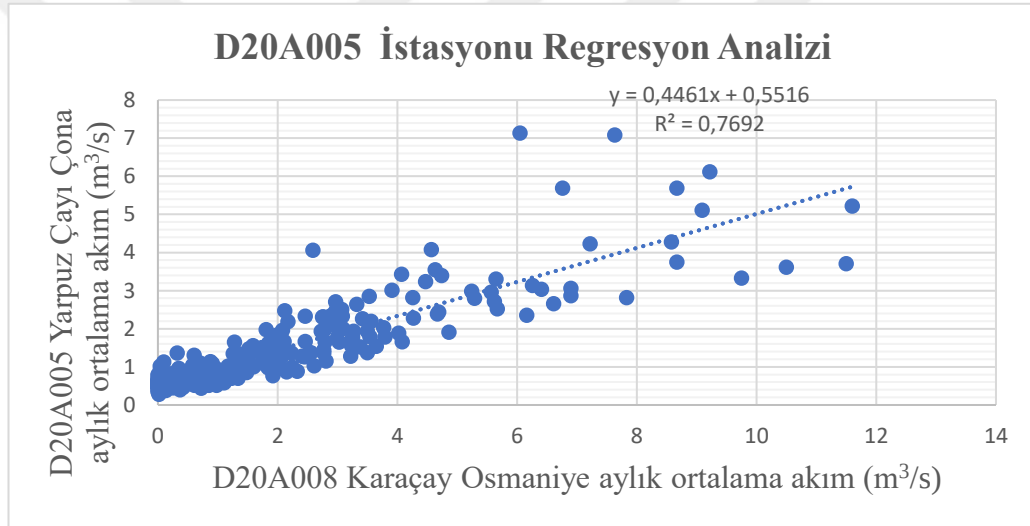
İstasyon No	En Yakındaki		Uzaklık (km)		Korelasyon Katsayısı En Yüksek Olan		Korelasyon Katsayısı (r)	
	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon
E2006	E2009	D20A043	40	72,43	E2009	E2022	0,97335496	0,907
E2008	D20A043	D20A006	22,22	34,76	D20A043	D20A008	0,911604302	0,860
E2009	E2006	E2022	40	48,14	E2006	E2022	0,97335496	0,881
E2022	E2009	E2006	48,14	88,07	E2006	E2009	0,9065706	0,881
D20A005	D20A008	D20A006	7,57	23,33	D20A008	D20A006	0,877017195	0,852

Çizelge 5.55 (devamı): Akım gözlem istasyonları için en yakın ve en büyük korelasyon katsayısına sahip istasyonlar.

İstasyon No	En Yakındaki		Uzaklık (km)		Korelasyon Katsayısı En Yüksek Olan		Korelasyon Katsayısı (r)	
	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon	İlk İstasyon	İkinci İstasyon
D20A006	D20A005	D20A008	23,33	30,79	D20A043	D20A008	0,857726621	0,855
D20A008	D20A005	D20A006	7,57	30,79	D20A043	D20A005	0,87785633	0,877
D20A043	E2008	D20A006	22,22	51,49	E2008	D20A008	0,911604302	0,878

Çizelge 5.56: Ceyhan Havzası akım verileri için regresyon analizi.

İstasyon Numarası	İstasyon Adı	Eksik Yıllar	Regresyon Yapılan İstasyon	R ²	Korelasyon Katsayısı
D20A005	Yarpuz Ç. Çona	2003 (1 yıl)	D20A008	0,7692	0,88
D20A006	Sabun S. Haruniye	2000, 2002 (2 yıl)	D20A043	0,7357	0,858



Şekil 5.77: D20A005 Yarpuz Çayı Çona istasyonu için regresyon analizi.

5.3.1.2 Eksik yağış verilerinin tamamlanması

Seyhan ve Ceyhan Havzaları kapsamında bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarının veri eksiklikleri, Çizelge 5.32’de gösterilmiş olan makine öğrenmesi modelleri ile giderilmiştir. Her istasyon için kurulan modellerden en iyi sonuçları veren model seçilmiş ve bu model kapsamında tahmin yapılarak eksik veriler kapatılmıştır.

5.3.2 Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi (IDW)

Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisinin hesaplanabilmesi için, akım gözlem istasyonlarının bulundukları noktalardaki yağış verileri, meteoroloji gözlem istasyonlarının yağış verileri ve ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi

kullanılarak tahmin edilmiştir. Ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yöntemi kapsamında her bir akım gözlem istasyonu, bulunduğu konuma bağlı olarak üç veya dört adet meteoroloji gözlem istasyonu ile eşleştirilmiştir. Şekil 5.78’de Ceyhan Havzası kapsamında kullanılan akım ve meteoroloji gözlem istasyonları gösterilmiştir. Çizelge 5.57’de ters mesafe ağırlıklı enterpolasyon yönteminde kullanılan meteoroloji gözlem istasyonları, istasyonlar arasındaki mesafe ve buna bağlı olarak hesaplanan ağırlıklar gösterilmiştir.

Şekil 5.78: Ceyhan Havzası akım ve meteoroloji gözlem istasyonları.

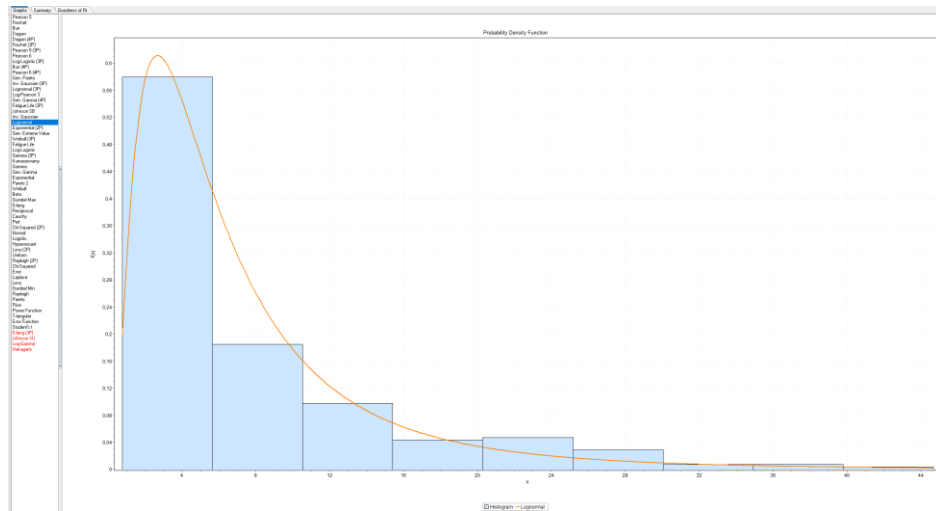
İstasyon	Enterpolasyon için kullanılan istasyonlar	Uzunluklar (km)	Ağırlıklar
E2006	17255	59,59	0,02
	17840	50,04	0,03
	17866	8,39	0,91
	17868	37,85	0,04
E2008	17255	76,2	0,07
	17866	79,44	0,07
	17908	25,27	0,67
	17960	48,34	0,18
E2009	17255	64,35	0,02
	17866	47,88	0,04
	17868	12,62	0,63
	17870	18,23	0,30
E2022	17840	93,41	0,07

Çizelge 5.57 (devamı): Ceyhan Havzası ters mesafe ağırlıklı enterpolasyonda kullanılan istasyonlar ve ağırlıkları.

İstasyon	Enterpolasyon için kullanılan istasyonlar	Uzunluklar (km)	Ağırlıklar
D20A005	17868	53,89	0,22
	17870	30,26	0,70
	17255	73,15	0,16
	17908	58,76	0,25
	17960	49,3	0,36
	17979	61,32	0,23
D20A006	17255	51,36	0,37
	17908	60	0,27
	17960	66,86	0,22
	17979	82,75	0,14
D20A008	17255	80,89	0,12
	17908	59,2	0,22
	17960	43,66	0,40
	17979	54,33	0,26
D20A043	17255	80,69	0,06
	17866	66,74	0,08
	17908	21,85	0,77
	17960	63,62	0,09

5.3.3 Akım ve yağış verilerine uygun dağılımlar

Akım ve yağış verileri için uygun dağılımların belirlenmesinde Easyfit programı kullanılmıştır. Parametrik indislerin hesaplanmasında kullanılan DrinC programındaki kısıtlamalar göz önüne alındığında akım verileri için en uygun dağılım olarak Log-normal dağılıma karar verilirken, yağış verileri için ise en uygun dağılım olarak Gamma dağılımına karar verilmiştir. Şekil 5.79’da E2006 akım gözlem istasyonu verileri için Log-normal dağılım gözükmektedir.



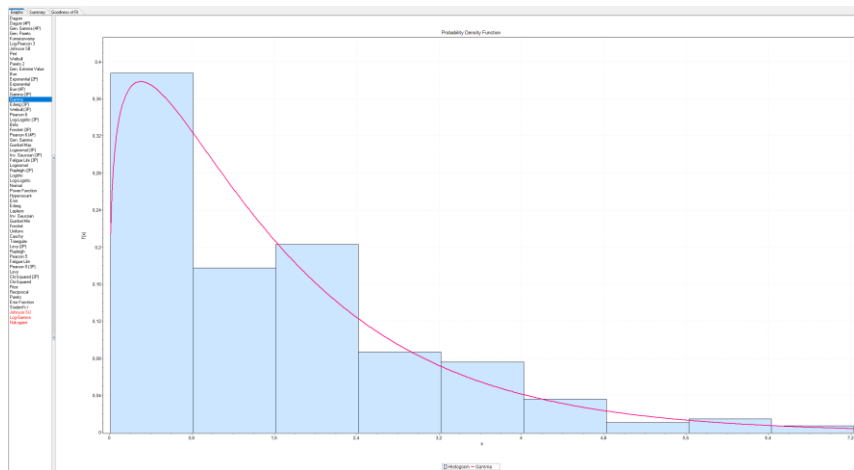
Şekil 5.79: E2006 akım gözlem istasyonu akım verileri için Lognormal dağılım.

Dağılımların uygunluğuna karar verirken Easyfit programında çıktı olarak verilen Anderson-Darling ve Kolmogorov Smirnov test sonuçlarına bakılmıştır. Şekil 5.80’de E2006 akım gözlem istasyonu akım verileri için Anderson-Darling, Kolmogorov Smirnov ve Ki-Kare testi sonuçları görülmektedir.

Goodness of Fit - Summary							
#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
43	Pearson 5	0,05008	1	1,3083	1	26,239	12
16	Frechet	0,05505	2	1,7597	13	19,167	1
2	Burr	0,05812	3	1,4436	5	19,725	2
7	Dagum	0,0618	4	1,3819	2	21,503	5
8	Dagum (4P)	0,06351	5	1,4322	4	22,094	7
17	Frechet (3P)	0,06398	6	1,4255	3	20,708	3
44	Pearson 5 (3P)	0,06682	7	1,4678	6	21,846	6
45	Pearson 6	0,06752	8	1,485	7	21,008	4
35	Log-Logistic (3P)	0,06875	9	1,6752	10	26,962	14
3	Burr (4P)	0,06919	10	1,6921	11	26,487	13
46	Pearson 6 (4P)	0,07061	11	1,5907	8	24,402	9
23	Gen. Pareto	0,07154	12	36,394	45	N/A	
28	Inv. Gaussian (3P)	0,0724	13	1,6373	9	25,031	10
39	Lognormal (3P)	0,07462	14	1,7568	12	25,99	11
36	Log-Pearson 3	0,07723	15	1,7641	14	23,027	8
22	Gen. Gamma (4P)	0,07843	16	2,2612	17	37,095	21
15	Fatigue Life (3P)	0,08522	17	2,1812	15	32,341	18
29	Johnson SB	0,08679	18	41,903	48	N/A	
27	Inv. Gaussian	0,09094	19	2,2334	16	27,041	15
38	Lognormal	0,09579	20	2,8268	18	27,821	17

Şekil 5.80: E2006 akım gözlem istasyonu akım verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.

Şekil 5.81’de E2006 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Gamma dağılımı, Şekil 5.82’de ise E2006 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Anderson-Darling, Kolmogorov Smirnov ve Ki-Kare test sonuçları gösterilmiştir.



Şekil 5.81: E2006 akım gözlem istasyonu yağış verileri için Gamma dağılımı.

Goodness of Fit - Summary

#	Distribution	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-Squared	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank	Statistic	Rank
7	Dagum	0,02861	1	0,31555	1	5,6125	1
8	Dagum (4P)	0,0313	2	4,1348	22	N/A	
23	Gen. Gamma (4P)	0,04206	3	4,3102	24	N/A	
24	Gen. Pareto	0,05983	4	0,91107	2	9,7275	2
31	Kumaraswamy	0,06287	5	4,7228	27	N/A	
37	Log-Pearson 3	0,06627	6	1,3078	3	13,2	5
30	Johnson SB	0,07248	7	1,4665	4	13,217	6
48	Pert	0,075	8	3,4626	20	19,132	14
57	Weibull	0,07697	9	1,8639	6	19,332	15
43	Pareto 2	0,077	10	1,9411	7	17,458	12
21	Gen. Extreme Value	0,07721	11	2,7238	14	19,81	17
2	Burr	0,07781	12	2,0688	10	16,843	9
14	Exponential (2P)	0,07814	13	2,6358	13	17,856	13
13	Exponential	0,07823	14	1,9698	8	17,442	11
3	Burr (4P)	0,08071	15	4,6597	26	20,609	19
20	Gamma (3P)	0,08191	16	1,7933	5	14,165	8
19	Gamma	0,08667	17	4,962	28	24,187	23

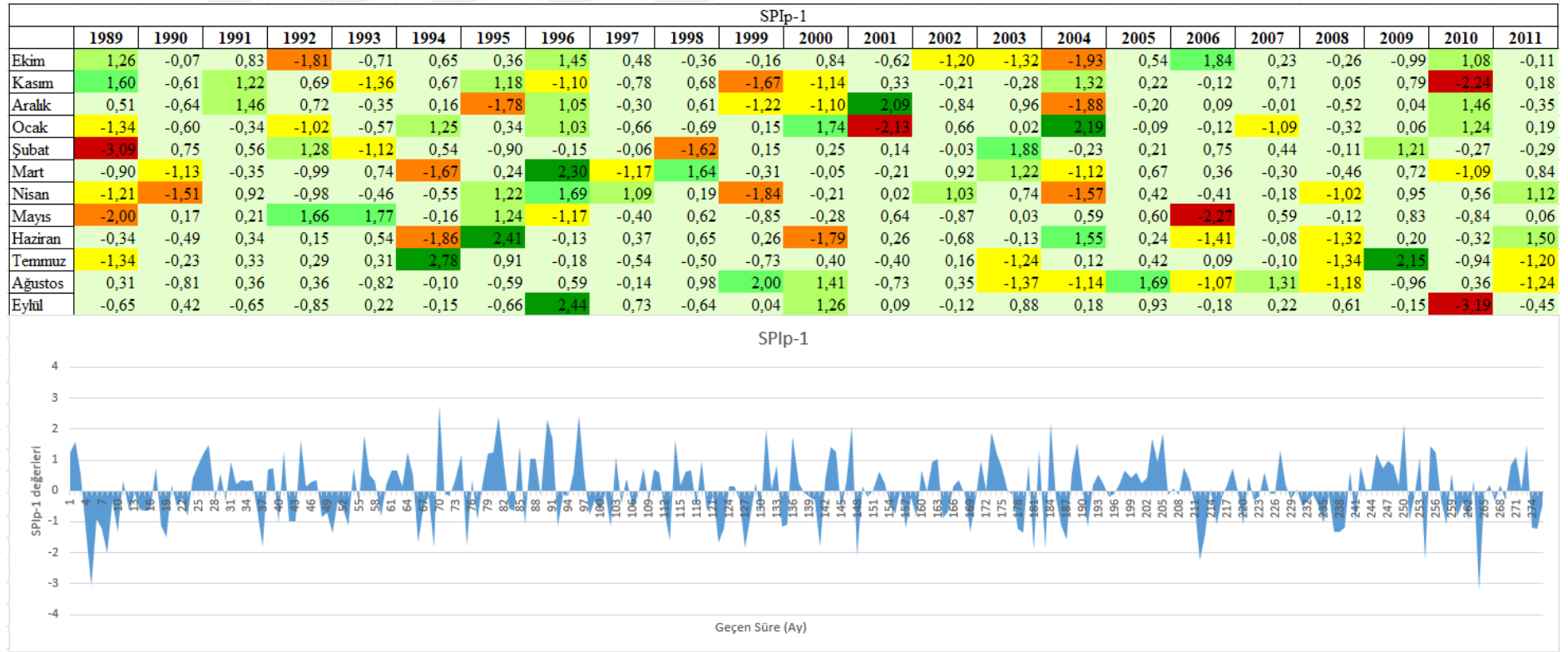
Şekil 5.82: E2006 akım gözlem istasyonu yağış verileri için dağılım uygunluğu test sonuçları.

5.3.4 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIp)

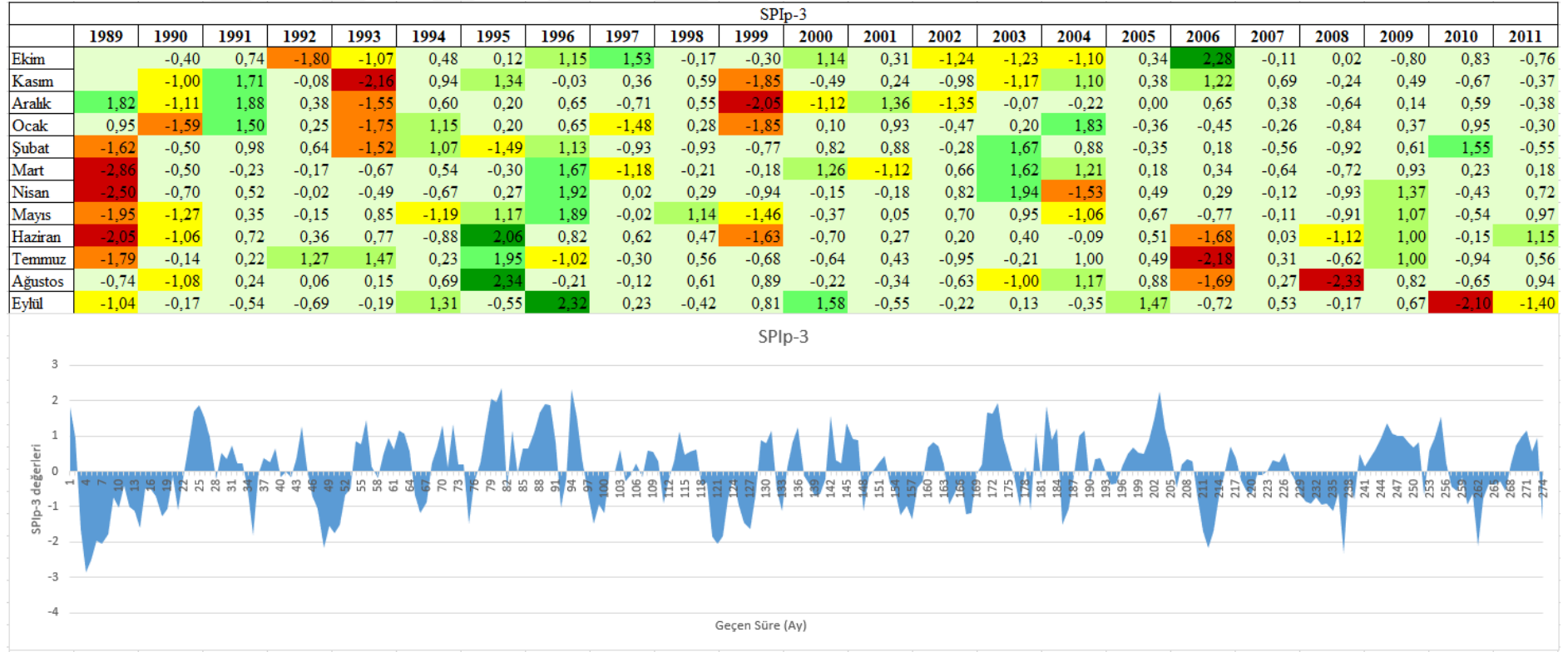
Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisinin hesaplanmasında DrinC (Tigkas vd., 2014) programı kullanılmıştır. Program girdi ve çıktı olarak Microsoft Excel dosya formatı olan.xlsx dosyalarını ve .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program; seçilen zaman aralığı, olasılık dağılımı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. Şekil 5.83, Şekil 5.84, Şekil 5.85 ve Şekil 5.86’te E2006 Göksun Çayı – Karaahmet akım gözlem istasyonu noktasında sırasıyla 1,3,6 ve 9 aylık periyotlarla hesaplanan parametrik standartlaştırılmış yağış indisi sonuçları görülmektedir. Yağış verilerine en uygun dağılımın Gamma dağılımı olduğuna karar verilmiş ve parametrik standartlaştırılmış yağış indisi DrinC programı aracılığı ile Gamma dağılımına bağlı olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi değerleri incelendiğinde; 1 aylık periyotta, 1989 yılının Ocak ayından başlayan ve 7 ay sürerek Ağustos ayında son bulan bir kuraklık olayı gözlemlenmiştir. Dikkat çeken bir başka kuraklık olayı ise 2008 yılının Aralık ayından başlayan ve 9 ay sürerek Ağustos ayında son bulan kuraklık olayıdır. Bu iki kuraklık olayı dışında 3 ile 4 ay süreli birçok hafif kuraklık

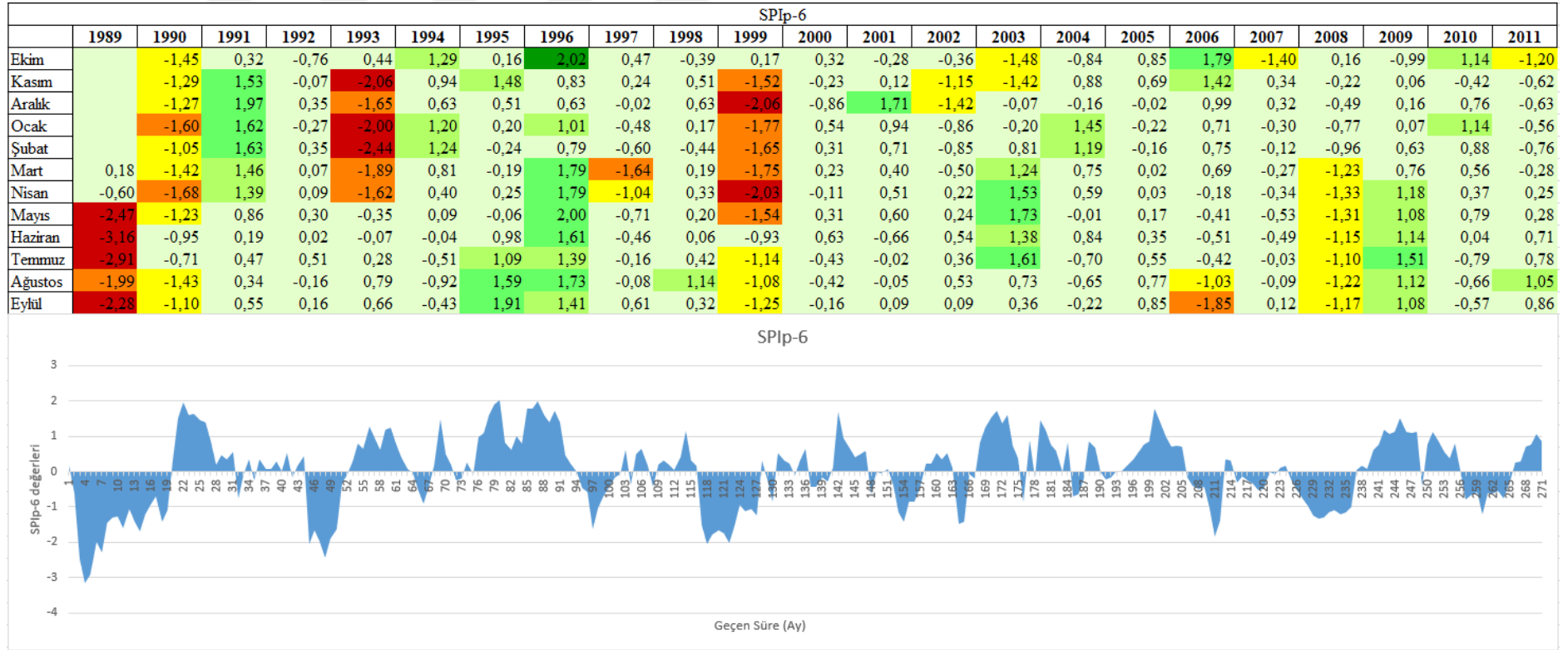
olayı da 1989 ile 2011 yılları arasında gözlemlenmiştir. İndis değerleri 3 aylık periyotta incelendiğinde, 1989 yılının Şubat ayından başlayıp 20 ay sürerek 1990 yılının Eylül ayında son bulan kuraklık olayı istasyon için en dikkat çeken kuraklık olayı olmuştur. Bahsi geçen kuraklık, 1989 yılının Mart ayında en yüksek değerine ulaşmıştır. 1992 yılını Eylül ayından başlayıp 1993 yılının Nisan ayına kadar süren ve 1993 yılının Kasım ayında en yüksek değerini alan başka bir kuraklık olayı da gözlemlenmiştir. Ayrıca 1998 yılının Eylül ayından başlayıp 11 ay sürerek 1999'un Temmuz ayında sona eren başka bir kuraklık olayı da gözlemlenmiştir. 2000 yılının Nisan ayından başlayan ve 5 ay süren hafif bir kuraklık, 2001 yılının Ağustos ayından başlayan ve 7 ay süren hafif bir kuraklık ve 2002'nin Temmuz ayından başlayan ve 6 ay süren hafif bir kuraklık gözlemlenmiştir. 2008 yılının neredeyse tamamına hafif bir kuraklık hakim olmuş olup, 2010 yılının Nisan ayından başlayan ve 11 ay süren başka bir hafif kuraklık da gözlemlenmiştir. 6 aylık periyotta en dikkat çeken kuraklık olayları; 1989 yılının Nisan ayından başlayan, Haziran ayında en yüksek değerine ulaşan ve 18 ay sürerek 1990 yılının Eylül ayında sona eren kuraklık olayı, 1993 yılının Kasım ayından başlayıp 8 ay süren kuraklık olayı, 1999 yılının Kasım ayından başlayıp 11 ay süren kuraklık olayı ve 2008 yılında görülen orta derecede şiddetli 11 aylık kuraklık olayı olmuştur. İstasyon için 9 aylık periyotta indis değerlerine bakıldığında, 1989 yılının Haziran ayından başlayan ve 17 ay sürerek 1991 yılının Ekim ayında sona eren kuraklık olayı gözlemlenmiştir. Bahsi geçen kuraklık olayında, 1989 Ağustos ayında görülen aşırı şiddetli kuraklık değerleri 6 ay boyunca devam ederek 1990 yılının Şubat ayında yerini orta derecede şiddetli kuraklık değerlerine ve daha sonrasında 6 aylık şiddetli kuraklık değerlerine bırakmıştır. 1993 yılının Kasım ayından başlayan ve 11 ay süren kuraklık, Şubat ayında en yüksek değerine ulaşmış ve Eylül ayında son bulmuştur. Dikkat çeken bir başka kuraklık olayı ise 1999 yılının Aralık ayından başlayan, Mayıs ayında en yüksek değerine ulaşan ve 13 ay sürerek 2000 yılının Aralık ayında son bulan kuraklık olayıdır. Genel olarak hafif şiddetli ve 8 ay boyunca orta şiddetli değerlerde gözlemlenen, 2006 yılının Haziran ayında başlayan ve 32 ay sürerek 2009 yılının Ocak ayında son bulan kuraklık da dikkat çekmiştir. 12 aylık periyotta da benzer sonuçlar gözlemlenmiş olup, periyotun artmasıyla gözlemlenen kuraklık sıklığı azalmış fakat kuraklık süresi uzamıştır.



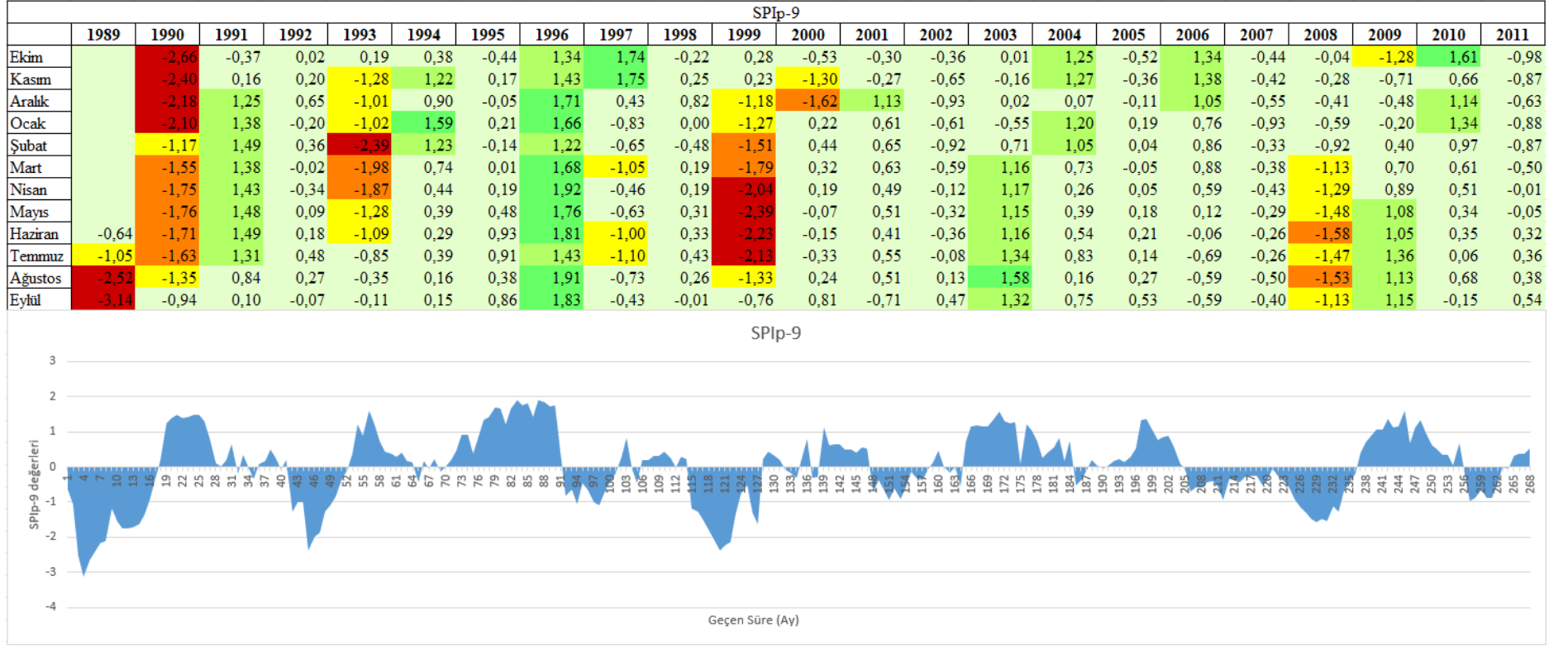
Şekil 5.83: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.84: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.85: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.

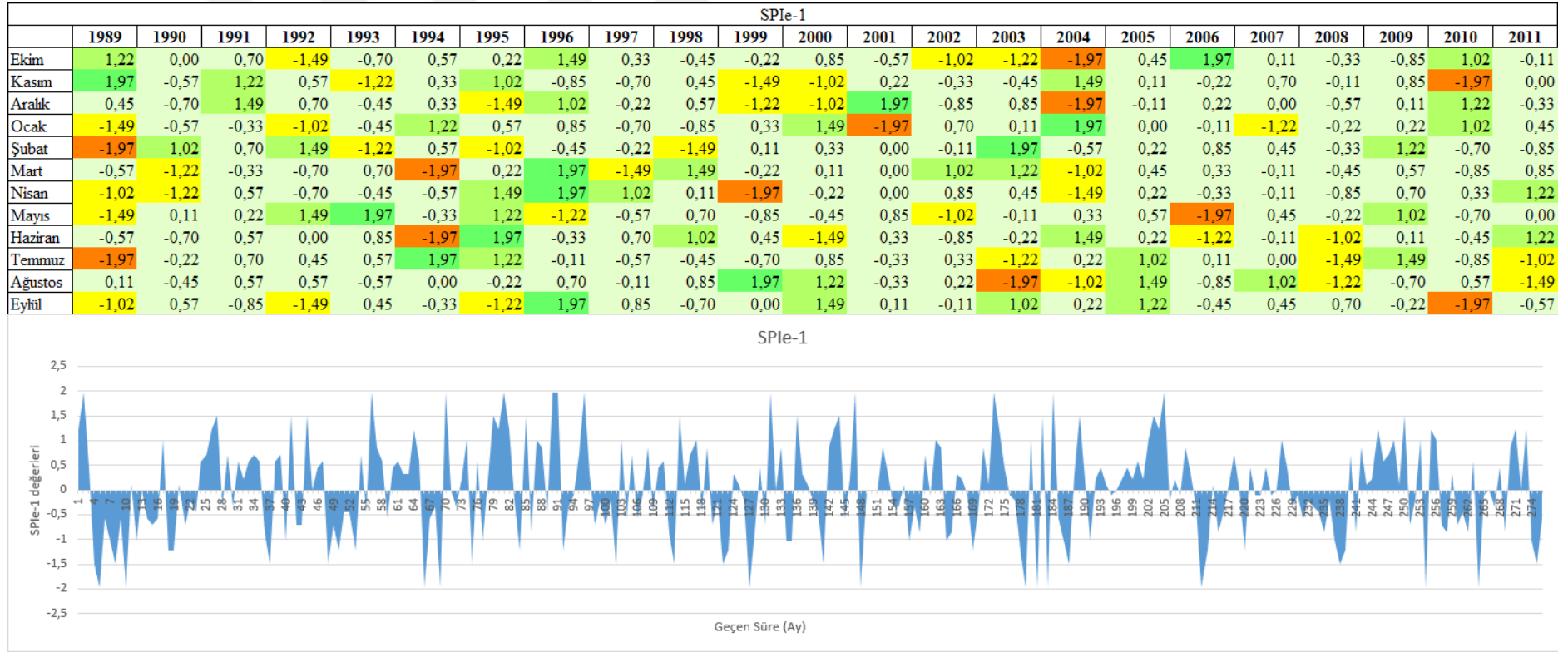


Şekil 5.86: E2006 istasyonu için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi.

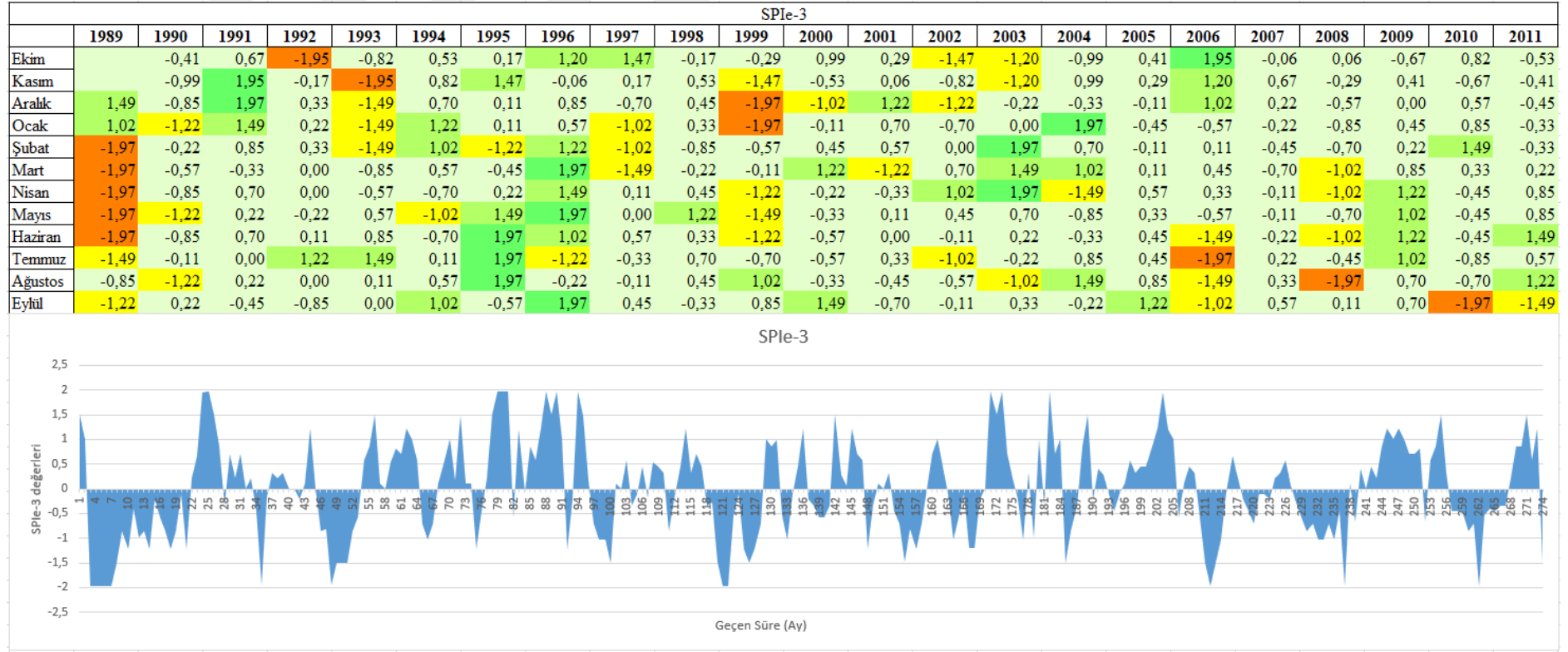
5.3.5 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi (SPIe)

Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisinin hesaplanmasında SDAT (Farahmand & AghaKouchak, 2015) kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Kuraklık Analizi Araç Kutusu, parametrik olmayan standartlaştırılmış kuraklık indislerinin hesaplanması için genel bir yapı sunar. Akım, yağış, zemin nemi ve bağıl nem gibi değişkenlerin kullanımına olanak sağlayan program, parametrik dağılım varsayımlarına ihtiyaç duymadan kuraklık analizi yapılmasına olanak sağlar. Program, MATLAB kapsamında çalışmakta olup girdi ve çıktı olarak .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program kapsamında birçok farklı indisin hesaplanması mümkündür. Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için hesaplanan indisler sırası ile Şekil 5.87, Şekil 5.88, Şekil 5.89 ve Şekil 5.90’da gösterilmiştir.

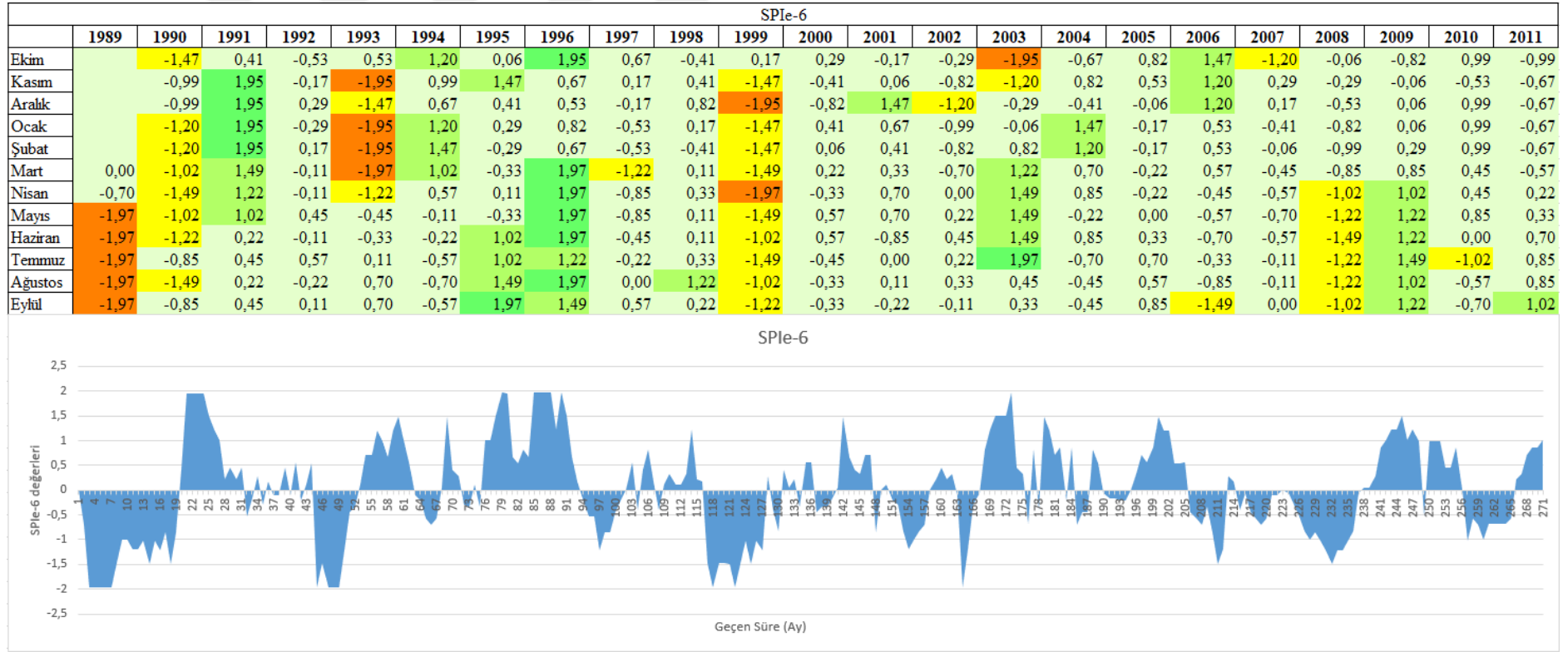
Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisine bakıldığında, parametrik olarak hesaplanan indislerle ve 5.3.4’te incelenen kuraklıkları yansıttığı görülmektedir. Parametrik ve ampirik indisler arasındaki en büyük fark yüksek ve düşük uçlarda gözlemlenmiştir. Ampirik olarak hesaplanan indis değerleri parametrik olarak hesaplanan indis değerlerine göre mutlak değerce küçük olduğundan kuraklık sınıfı olarak ampirik olarak hesaplanan indisler aşırı derecede şiddetli kuraklık değerlerini görmemiştir.



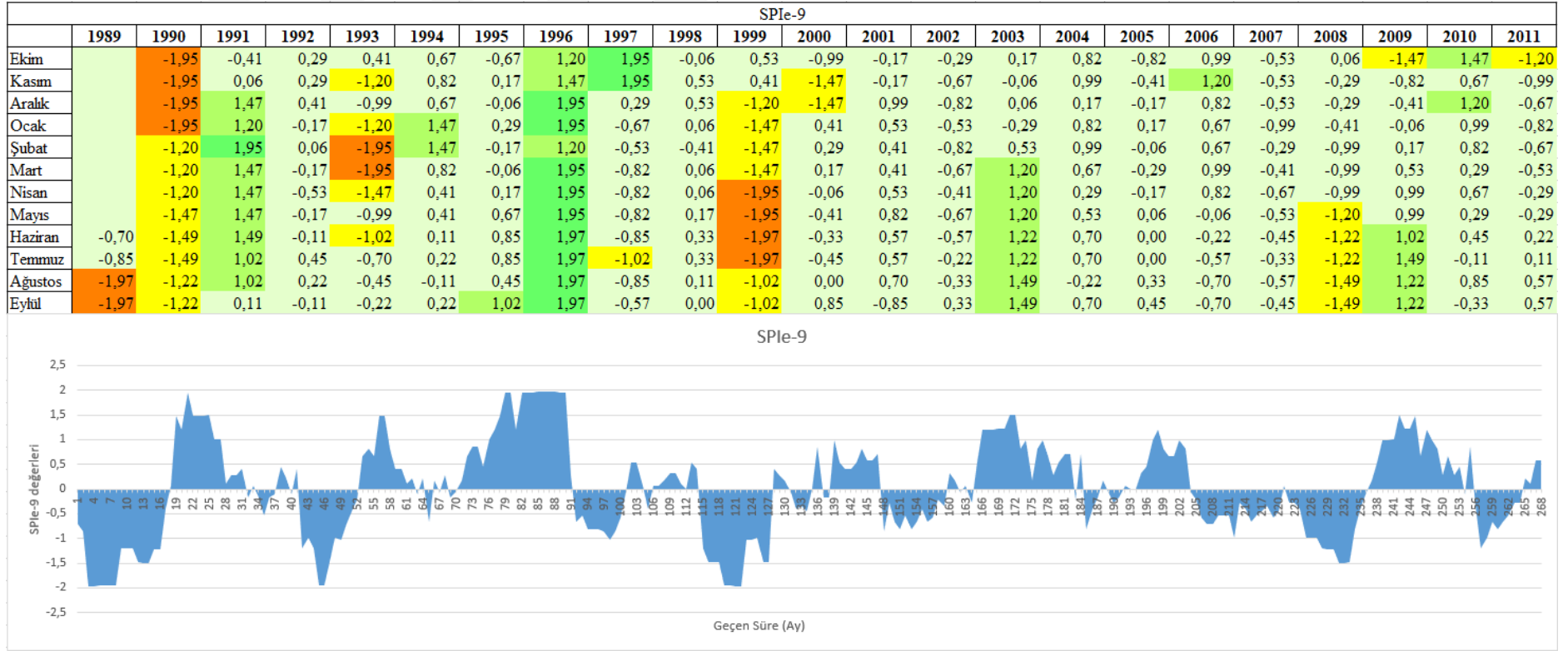
Şekil 5.87: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.88: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.



Şekil 5.89: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.



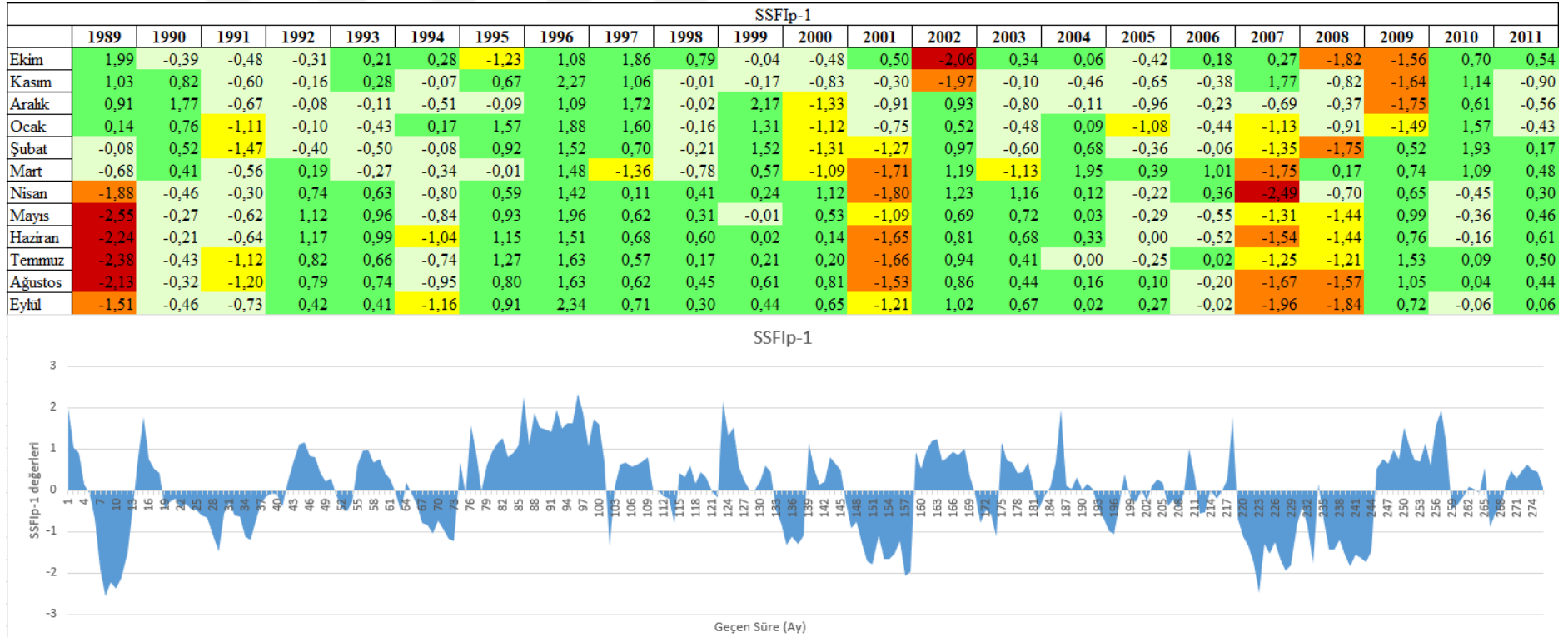
Şekil 5.90: E2006 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi.

5.3.6 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi (SSFİp)

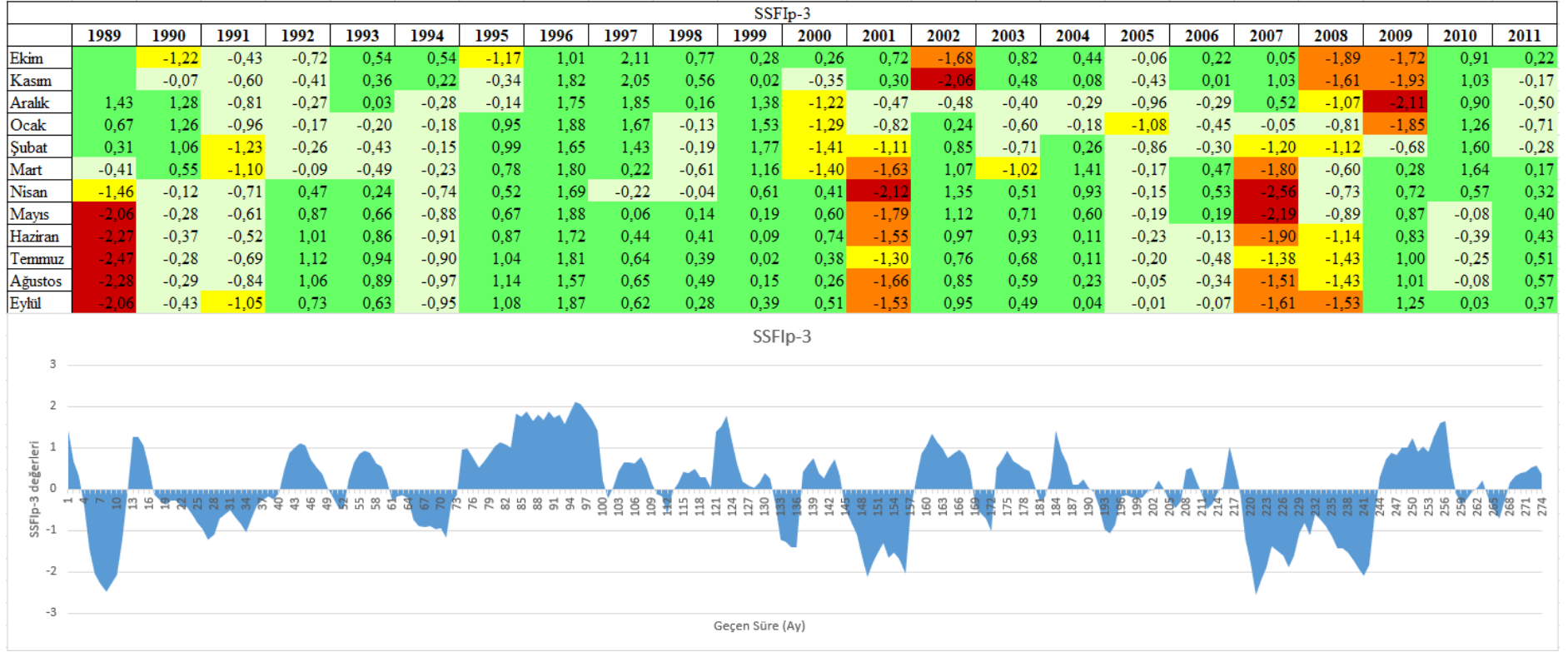
Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisinin hesaplanmasında DrinC (Tigkas vd., 2014) programı kullanılmıştır. Program girdi ve çıktı olarak Microsoft Excel dosya formatı olan.xlsx dosyalarını ve .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program; seçilen zaman aralığı, olasılık dağılımı ve periyoda göre seçilen indisi hesaplamaktadır. Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. Şekil 5.91, Şekil 5.92, Şekil 5.93 ve Şekil 5.94'te E2006 Göksun Çayı – Karaahmet akım gözlem istasyonu noktasında sırasıyla 1,3,6 ve 9 aylık periyotlarla hesaplanan parametrik standartlaştırılmış akım indisi sonuçları görülmektedir. Akım verilerine en uygun dağılımın Log-normal dağılım olduğuna karar verilmiş ve parametrik standartlaştırılmış yağış indisi DrinC programı aracılığı ile Log-normal dağılıma bağlı olarak hesaplanmıştır.

Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi değerleri 1 aylık periyotta incelendiğinde, 1989 yılının Şubat ayında başlayan ve 1990 yılının Ekim ayına kadar süren ve 1989 yılının Mayıs ayında en yüksek değerine ulaşan 9 aylık bir kuraklık gözlemlenmektedir. 1990 yılının Nisan ayından başlayan 23 aylık hafif bir kuraklık, 1994 yılının Şubat ayından başlayan 9 aylık hafif bir kuraklık, 1998 yılının Kasım ayından başlayan ve 5 ay süren hafif bir kuraklık, 2000 yılının Ekim ayından başlayıp 6 ay süren orta dereceli bir kuraklık, 2003 yılının Kasım ayından başlayan ve 5 ay süren hafif bir kuraklık, 2005 yılında 6 ve 4 aylık hafif kuraklıklar, 2006 yılında 4 aylık hafif bir kuraklık görülmektedir. En dikkat çeken kuraklıklardan biri, 2001 yılının Kasım ayından başlayıp 14 ay süren, 2002 yılının Ekim ayında en yüksek değerine ulaşip Kasım ayında ise sona eren kuraklık olayıdır. Bir diğeri ise 2007 yılının Aralık ayından başlayıp Nisan ayında en yüksek değerine ulaşan ve 15 ay sürerek 2008 yılının Şubat ayında biten kuraklık olayıdır. Aradaki bir aylık pozitif SSFİp-1 değerinden sonra 2008 yılının Nisan ayından başlayan ve 10 ay süren başka bir kuraklık olayı da görülmektedir. İndisler 3 aylık periyotta incelendiğinde, dikkat çeken 4 ayrı kuraklık olayına değinilebilir. İlk olarak 1989 yılında başlayan ve 9 ay sürerek 1990 yılında biten, 1989 yılının Mayıs ayından Eylül ayına kadar aşırı derecede şiddetli olan kuraklık olayı göze çarpmaktadır. Hafif dereceli olmasına rağmen 24 ay süren, 1990 yılının Nisan ayından başlayıp 1992 yılının Mart ayında sona eren kuraklık olayı da dikkat çekmektedir. 2001 yılının Aralık ayından başlayan ve 13 ay sürerek 2002 yılının Aralık ayında biten, genel olarak şiddetli kuraklık değerlerine ulaşan kuraklık olayı

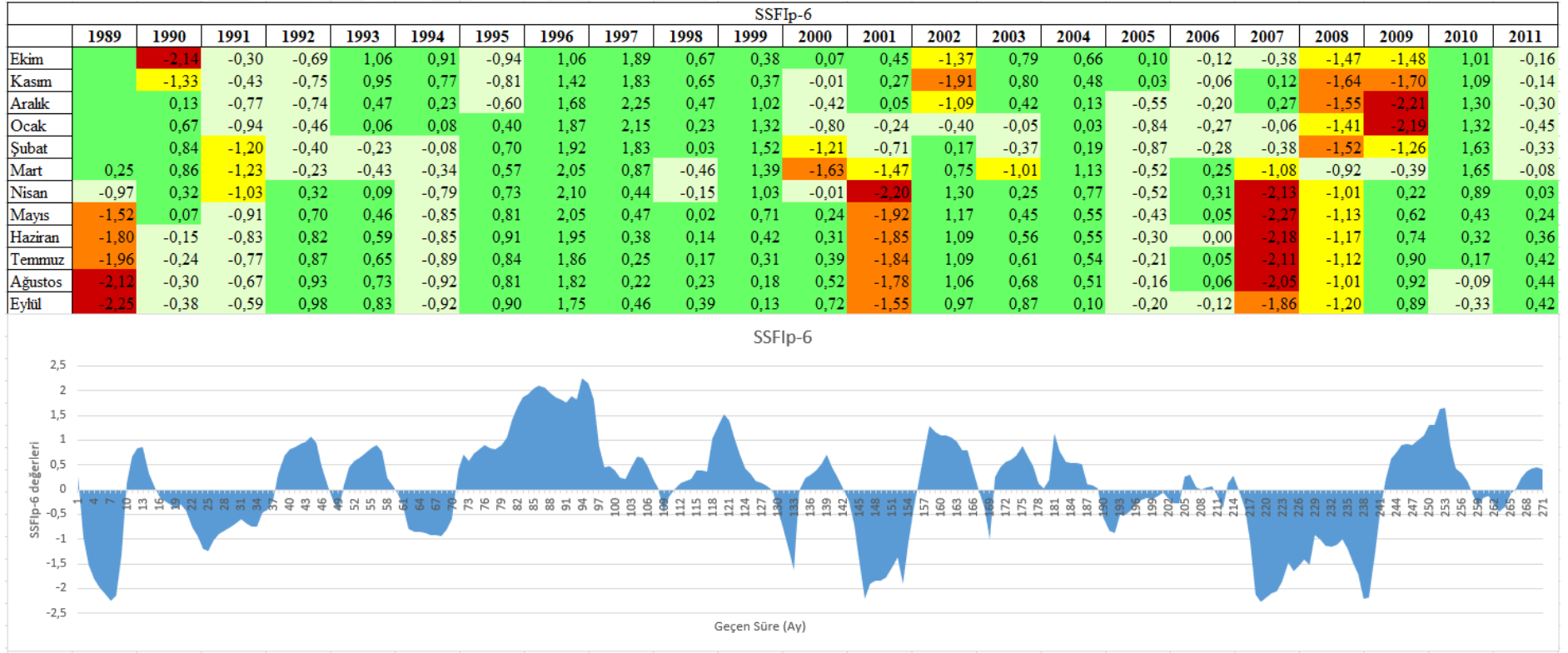
istasyonun en önemli kuraklık olaylarından ikincisi sayılabilir. Birincisi ise, 2007 yılının Ocak ayından başlayıp 26 ay süren, 2009 yılının Şubat ayında sona eren kuraklık olayıdır. 6 aylık periyotta inceleme yapıldığında, 2007 ile 2009 yılları arasında gerçekleşen kuraklığın şiddetini ve süresini arttırdığı görülmektedir. 2001 yılı için gözlemlenen kuraklık değerlerinin de 3 aylık periyota göre daha yüksek değerlere sahip olduğu ortadadır. 1989 yılında gerçekleşen kuraklığın aşırı derecede şiddetli ayları Ağustos, Eylül ve 1990 Ekim olarak gözükmemektedir. 9 aylık periyotta, 1989 kuraklığının 9 aylık bir süreye uzadığı ve şiddetli kuraklık olarak sınıflandırılabilceğı görülmektedir. 2001 yılının Şubat ayından başlayan kuraklık ise 13 ay sürerek 2002 yılının Şubat ayında sona ermekte ve kuraklık değeri şiddetli kuraklık durumunu göstermektedir. İstasyon için çok önemli olan 2007-2009 kuraklığına bakıldığında, kuraklığın 2007 yılının Aralık ayından başlayarak 29 ay sürdüğü gözlemlenebilmektedir. 12 aylık periyotta da benzer sonuçlar gözlemlenmiş olup, periyotun artmasıyla gözlemlenen kuraklık sıklığı azalmış fakat kuraklık süresi uzamıştır.



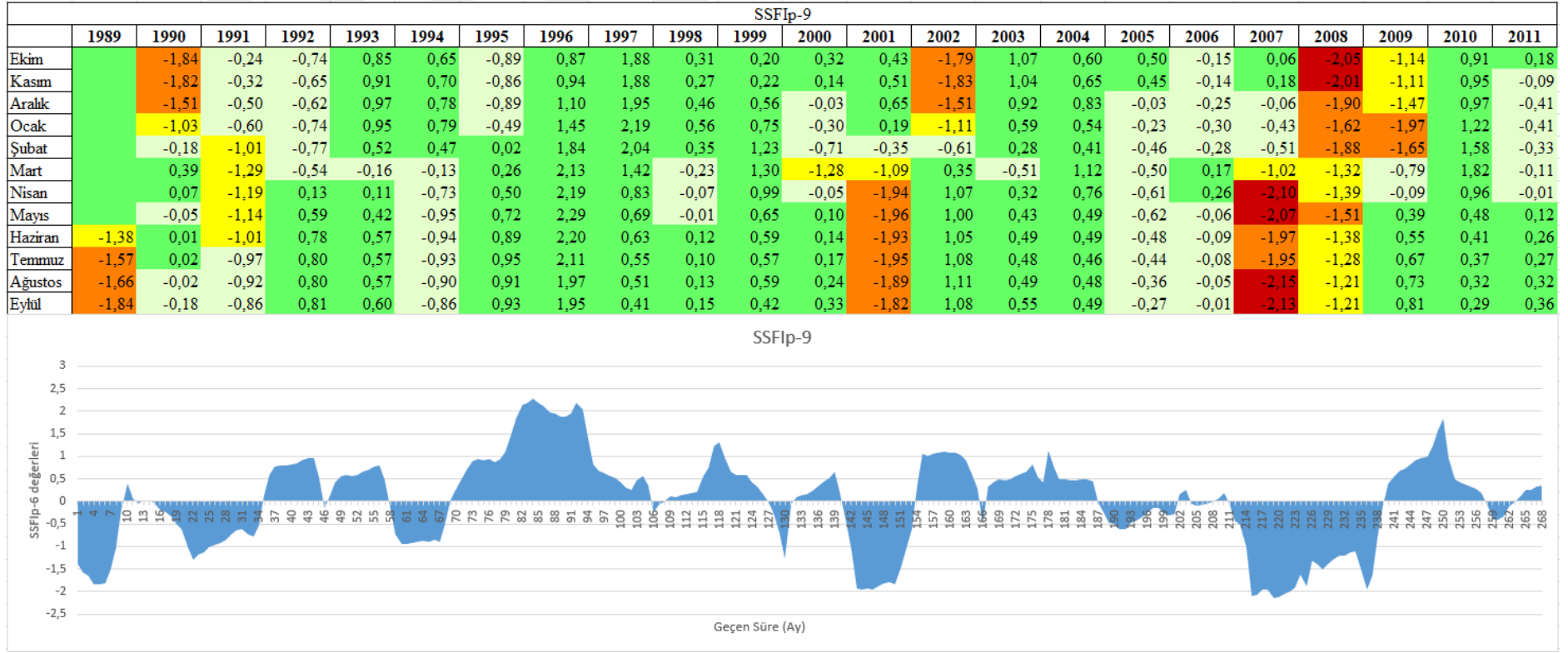
Şekil 5.91: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.92: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.93: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.

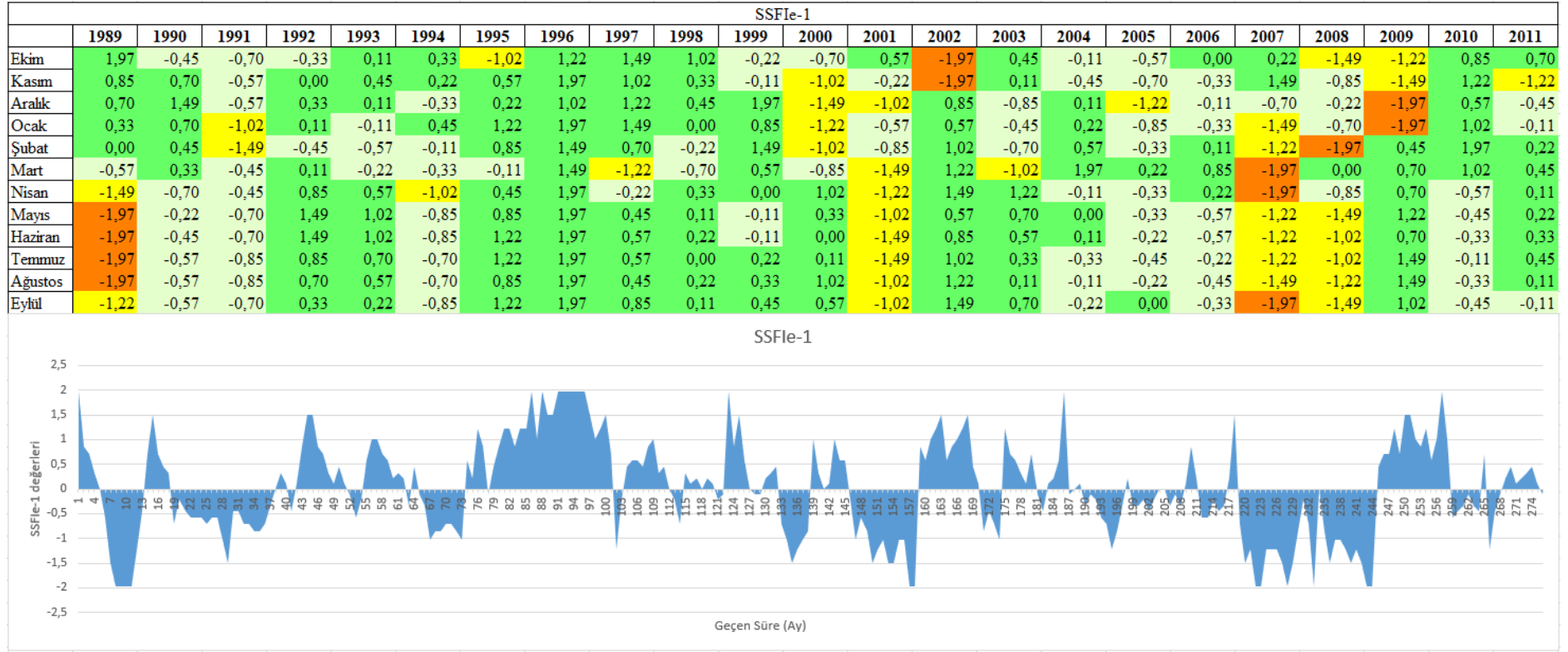


Şekil 5.94: E2006 istasyonu için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi.

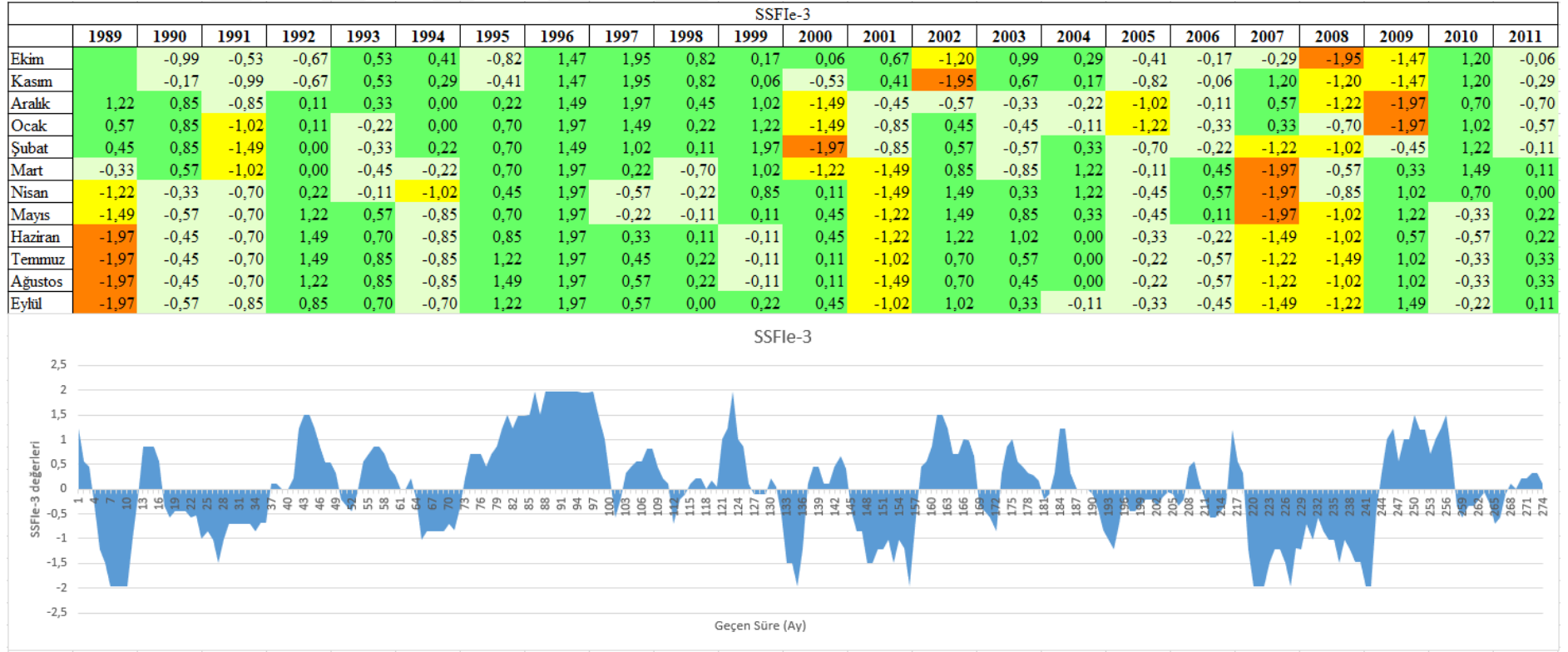
5.3.7 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi (SSFIe)

Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisinin hesaplanmasında SDAT (Farahmand & AghaKouchak, 2015) kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Kuraklık Analizi Araç Kutusu, parametrik olmayan standartlaştırılmış kuraklık indislerinin hesaplanması için genel bir yapı sunar. Akım, yağış, zemin nemi ve bağıl nem gibi değişkenlerin kullanımına olanak sağlayan program, parametrik dağılım varsayımlarına ihtiyaç duymadan kuraklık analizi yapılmasına olanak sağlar. Program, MATLAB kapsamında çalışmakta olup girdi ve çıktı olarak .txt formatındaki dosyaları kullanmaktadır. Program kapsamında birçok farklı indisin hesaplanması mümkündür. Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere toplam 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için hesaplanan indisler sırası ile Şekil 5.95, Şekil 5.96, Şekil 5.97 ve Şekil 5.98’da gösterilmiştir.

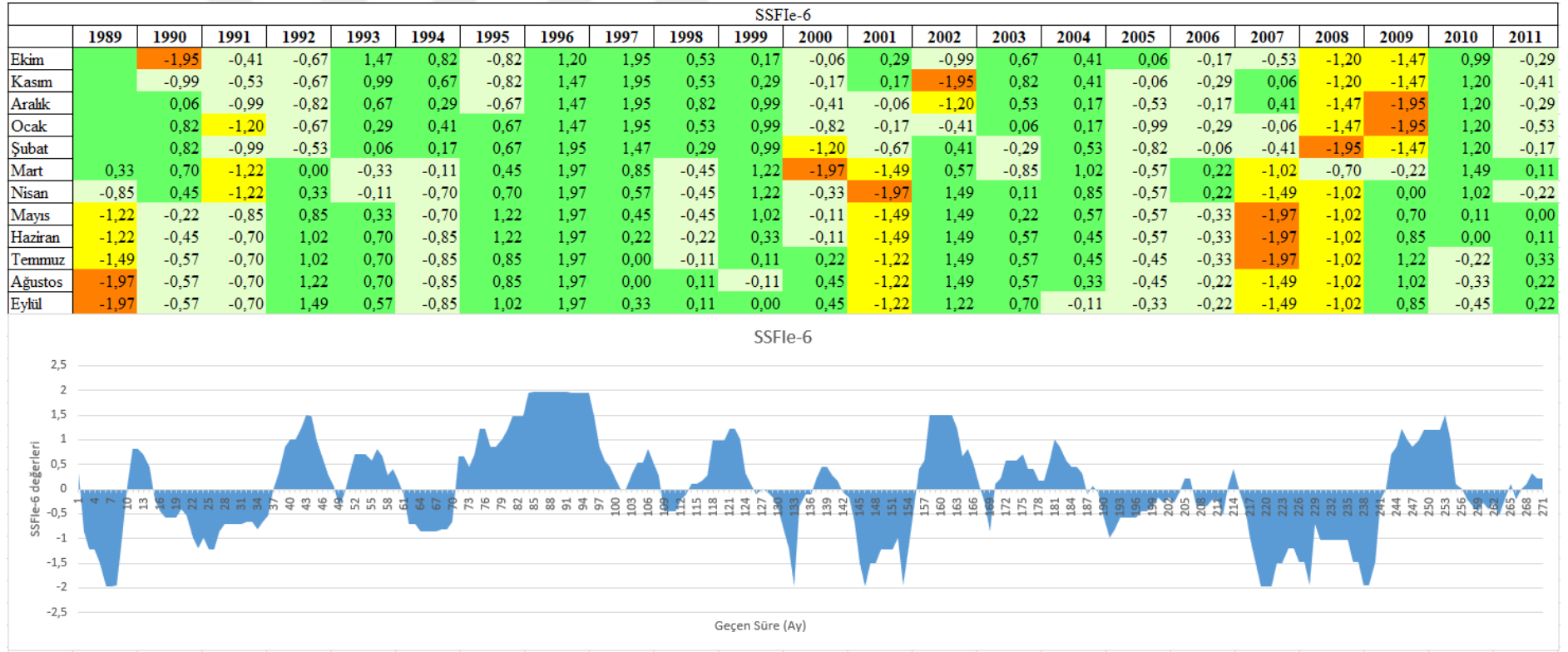
Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi incelendiğinde, Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi ile hesaplanan ve 5.3.6’da tartışılan 1989, 2001 ve 2007 kuraklık olaylarını temsil edebildiği görülmektedir. Ampirik ve parametrik indislerin en büyük farkı olan yüksek ve düşük uçlardaki değişimler de gözlemlenebilmektedir. Örnek vermek gerekirse, SSFIp-9 değerleri için 2001 kuraklığı genel olarak şiddetli kuraklık olarak sınıflandırılırken SSFIe-9 için orta dereceli kuraklık olarak sınıflandırılmaktadır.



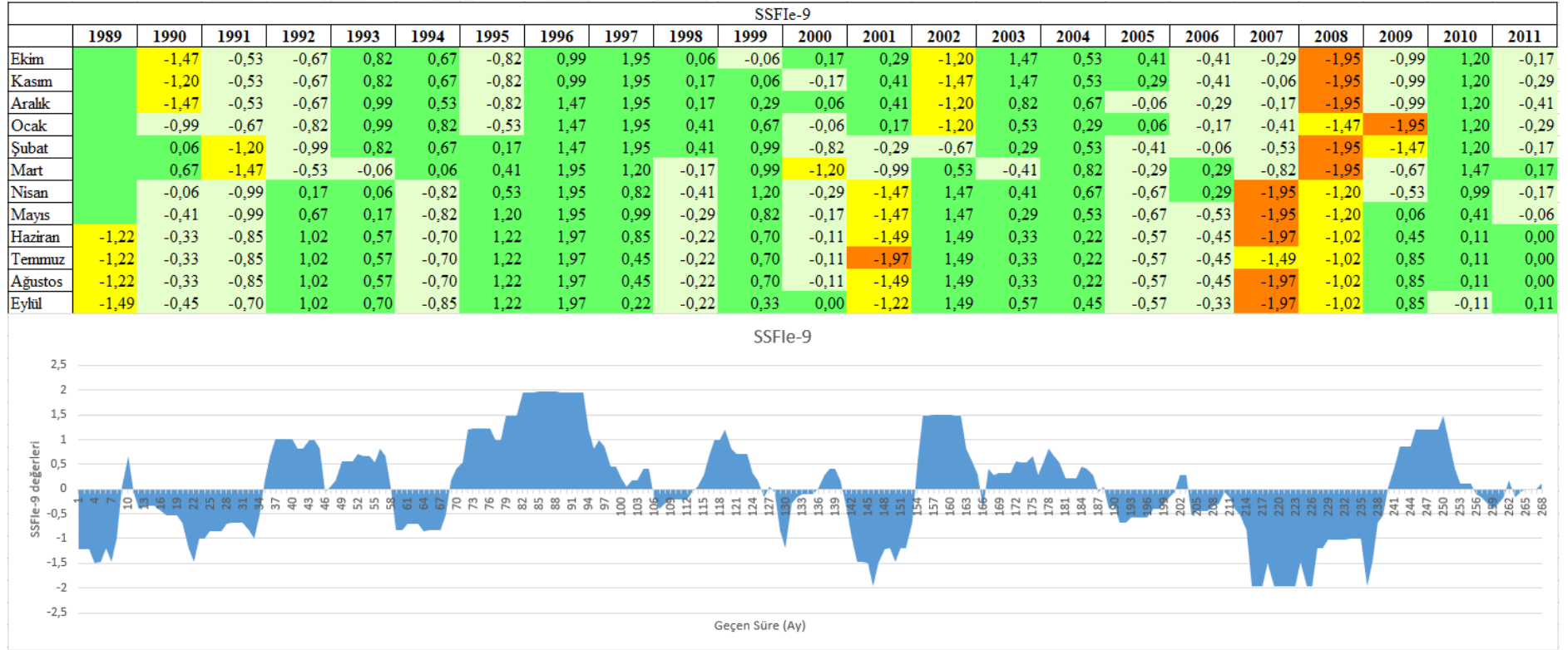
Şekil 5.95: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.96: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.



Şekil 5.97: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.

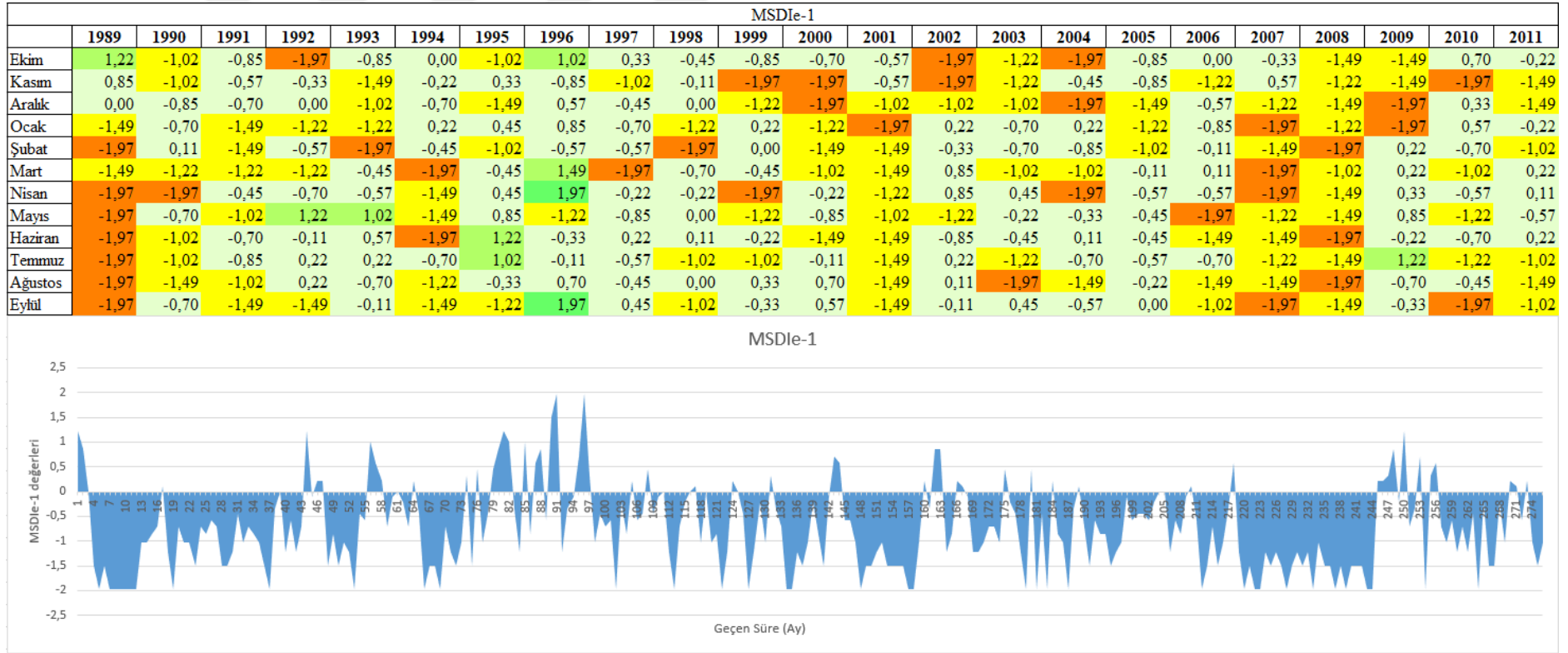


Şekil 5.98: E2006 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi.

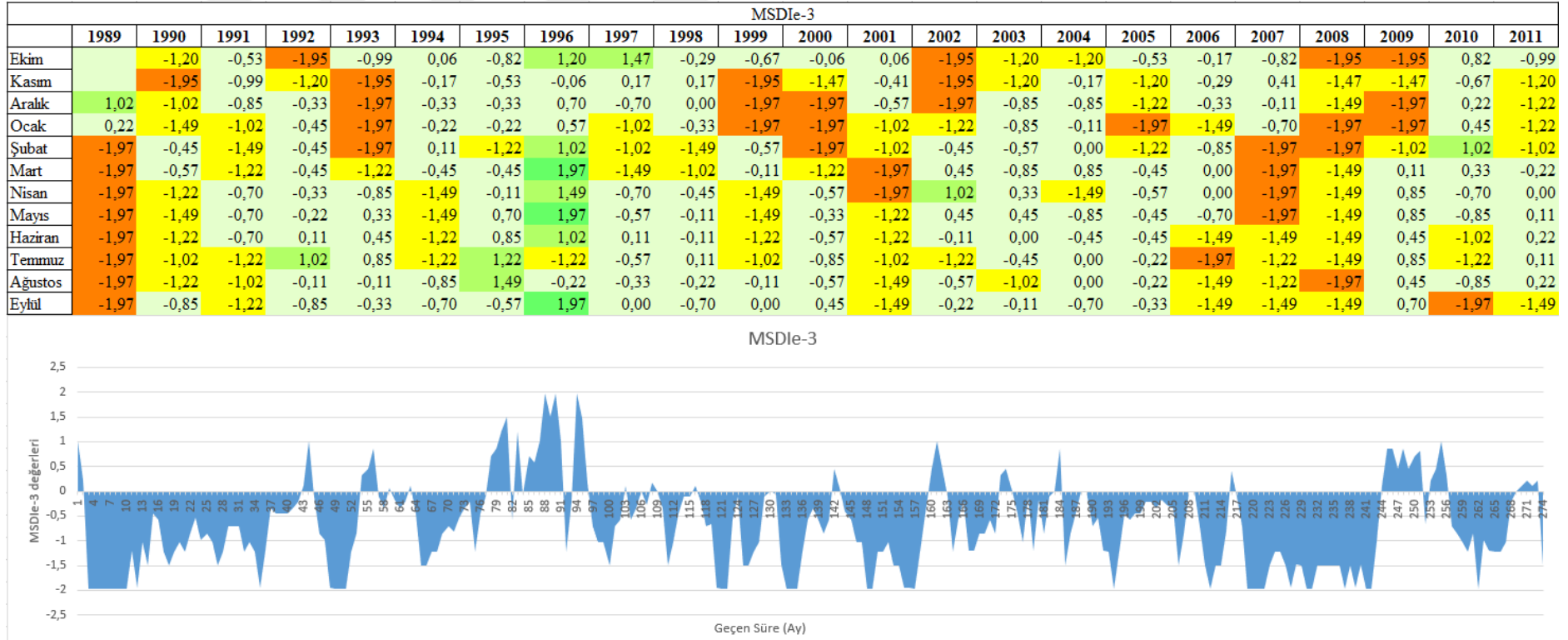
5.3.8 Ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi (MSDIe)

Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi, (Hao & AghaKouchak, 2014) kuraklığın karmaşık yapısından ötürü tek değişkenli kuraklık indislerinin kuraklığı tam olarak ifade edemeyeceğini göz önünde bulundurarak birden fazla değişkenin kullanılabildiğı ve parametrik dağılımlardan bağımsız bir indis aracılığı ile kuraklık analizi yapılabilmesi amacıyla ortaya çıkmıştır. Çalışma kapsamında yağış ve zemin nemi olmak üzere iki değişken kullanılmış olsa da daha sonra Üç Değişkenli Entegre Kuraklık İndisi (Zhang vd., 2019) ile yağış, akım ve zemin neminin birlikte kullanıldığı bir kuraklık indisi de ortaya çıkmıştır. Bu çalışma kapsamında, akım ve yağış olmak üzere iki değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi Ceyhan Havzası kapsamındaki 8 farklı akım gözlem istasyonu için 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere 5 farklı periyotta hesaplanmıştır. Hesaplanan indisler; Şekil 5.99, Şekil 5.100, Şekil 5.101 ve Şekil 5.102’de gösterilmiştir.

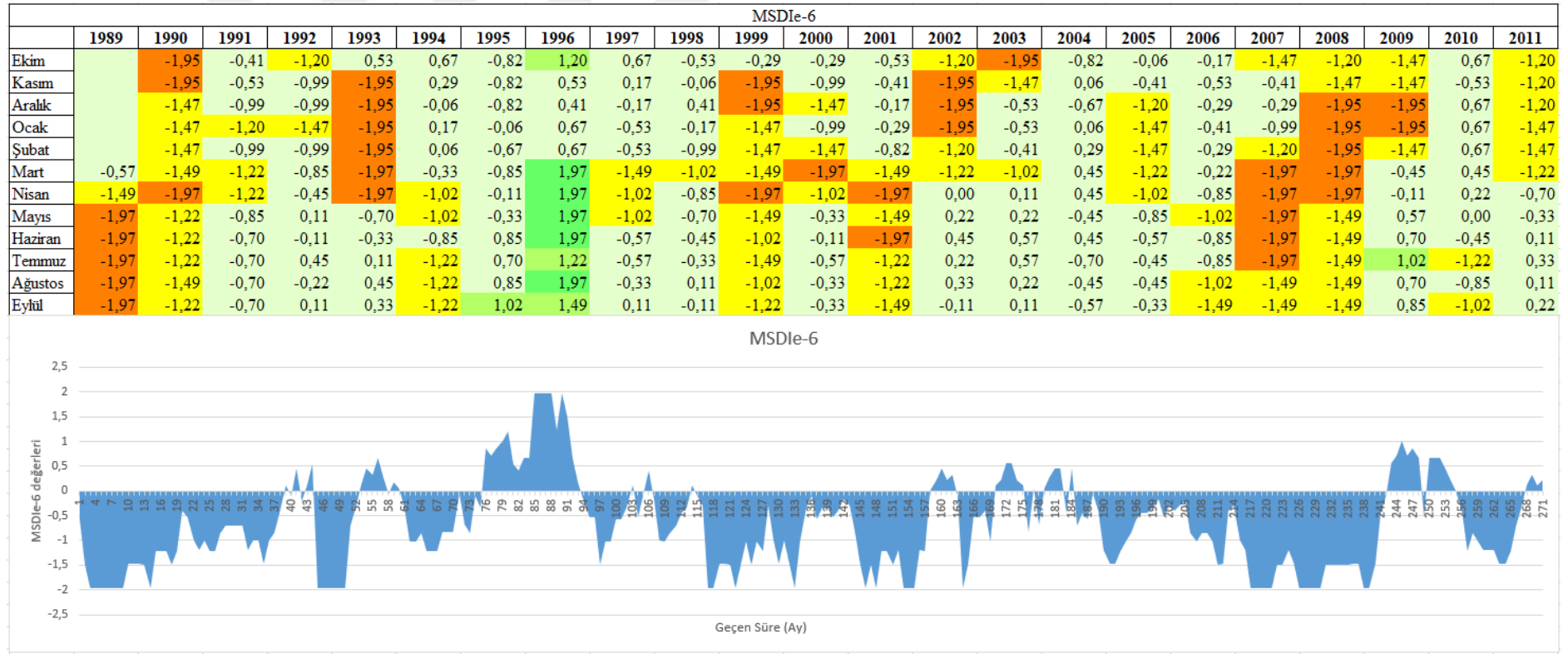
Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi, kuraklığı hem hidrolojik hem de meteorolojik olarak değerlendirmektedir. İndis sonuçlarına bakıldığında SSFI için daha önce 5.3.6 ve 5.3.7’de bahsedilen 1989, 2001 ve 2007 kuraklıklarının MSDI ile temsil edildiğı gözükmemektedir. Aynı şekilde, SPI için bahsedilen ve 5.3.4 ve 5.3.5’te incelenen 1990, 1993, 1997, 1999, 2002 ve 2007 kuraklıklarının da MSDI ile temsil edildiğı gözükmemektedir. MSDI ile gözlemlenen kuraklıklar, tek değişkenli indislere göre kuraklık sınıfı olarak farklılıklar göstermektedir. MSDI, hem tekil indislerin ayrı ayrı temsil ettiğı hem de birlikte temsil ettiğı kuraklıkları gösterebilmiştir.



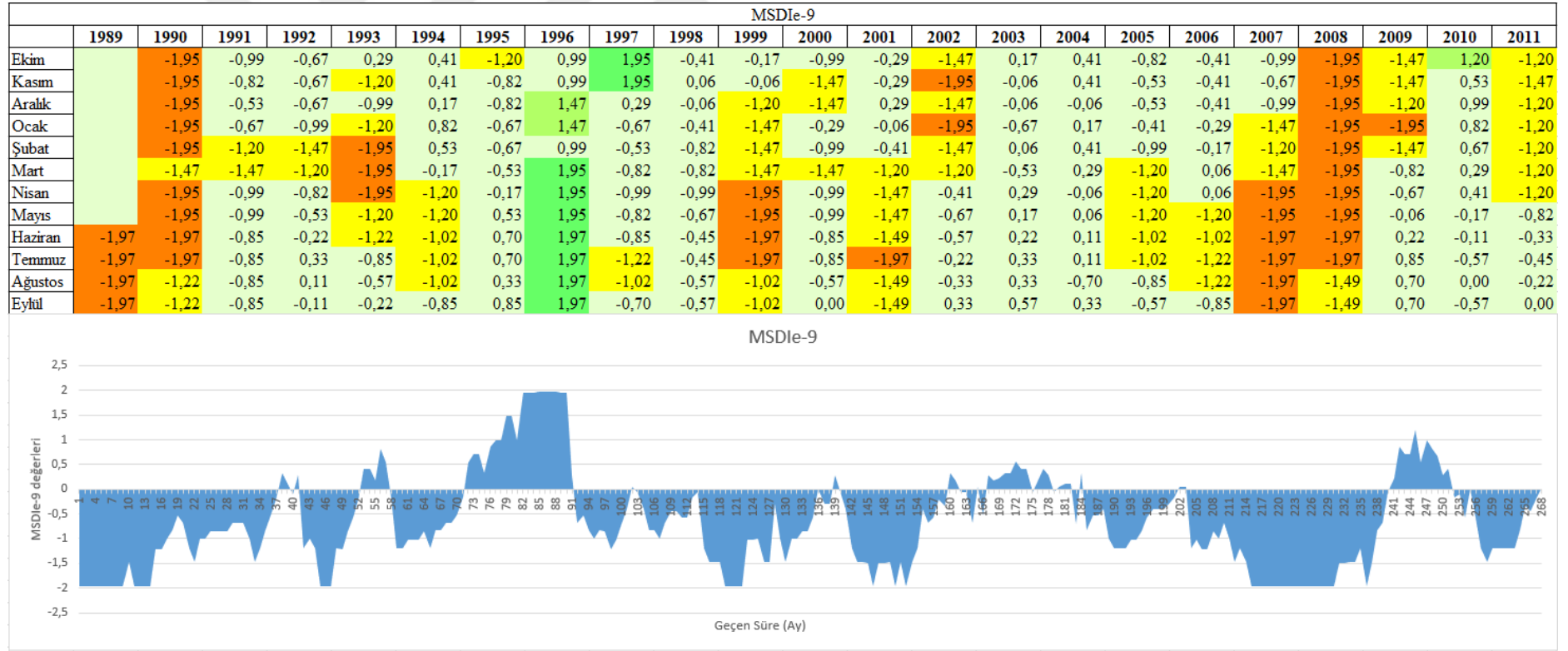
Şekil 5.99: E2006 istasyonu için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.100: E2006 istasyonu için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.101: E2006 istasyonu için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.



Şekil 5.102: E2006 istasyonu için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi.

5.3.9 Hesaplanan indislerin karşılaştırılması

E2006 Göksun Çayı – Karaahmet istasyonu için hesaplanan indisler sırasıyla 1, 3, 6 ve 9 aylık periyotlarda olmak üzere Şekil 5.103, Şekil 5.104, Şekil 5.105 ve Şekil 5.106’da gösterilmiştir.

Hesaplanan indislerin her biri için MSDIe ile olan korelasyon katsayısı hesaplanmış ve Çizelge 5.58’de gösterilmiştir.

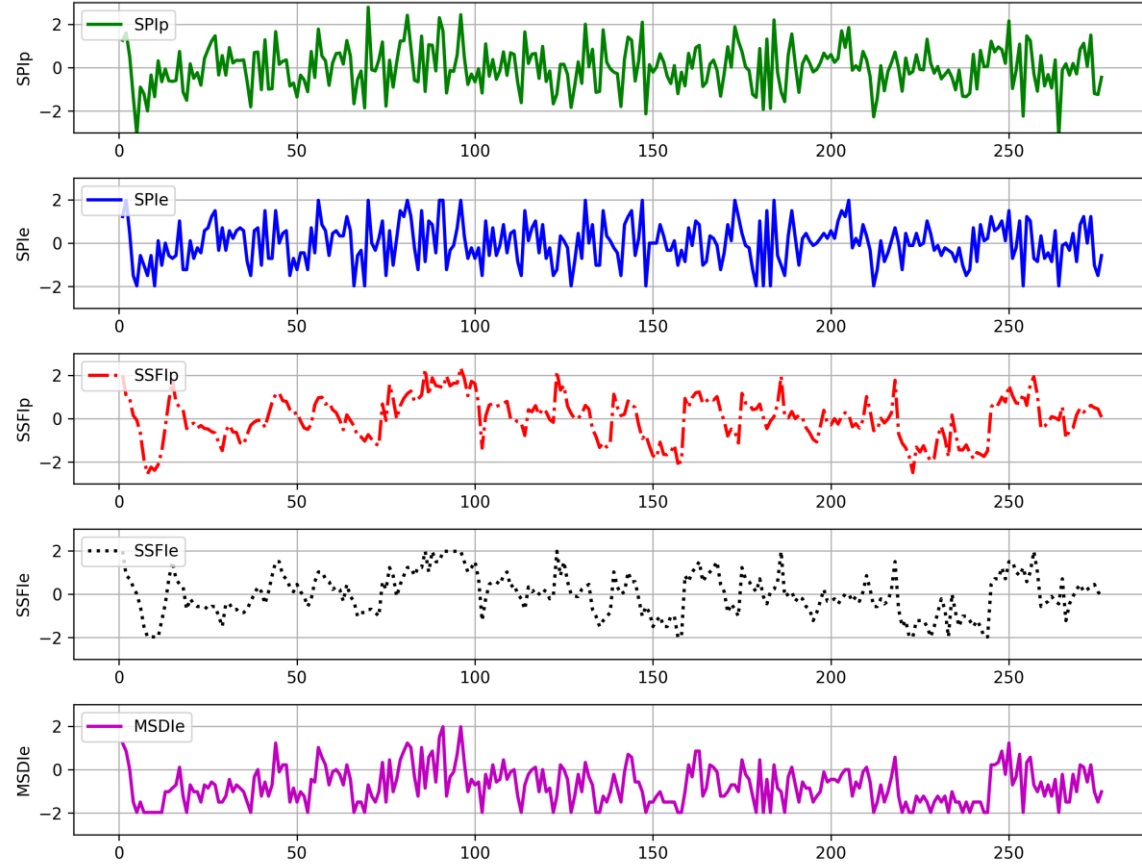
Çizelge 5.58: E2006 istasyonu için MSDI ile tekil indisler arasında farklı periyotlarda korelasyon katsayıları.

İndis	1-ay	3-ay	6-ay	9-ay	12-ay
SPIp	0,73	0,75	0,76	0,77	0,79
SSFIp	0,68	0,71	0,71	0,74	0,75
SPIe	0,74	0,77	0,77	0,79	0,80
SSFIE	0,70	0,73	0,72	0,74	0,75

Çizelge 5.58’deki tek değişkenli indisler ile MSDI arasındaki korelasyon katsayılarına bakıldığında değerlerin her bir periyotta her bir indis için 0.65’ten büyük olduğu ve aynı zamanda büyük bir çoğunluğu için de 0.70’dan büyük olduğu gözükmektedir. Uzun süredir literatürde kullanılan ve güvenilirliği kanıtlanmış bu indislerle ilişkisi, bu çalışma kapsamında kullanılan ve kuraklığı entegre bir şekilde ifade eden MSDI’nin güvenilirliğini doğrulamaktadır.

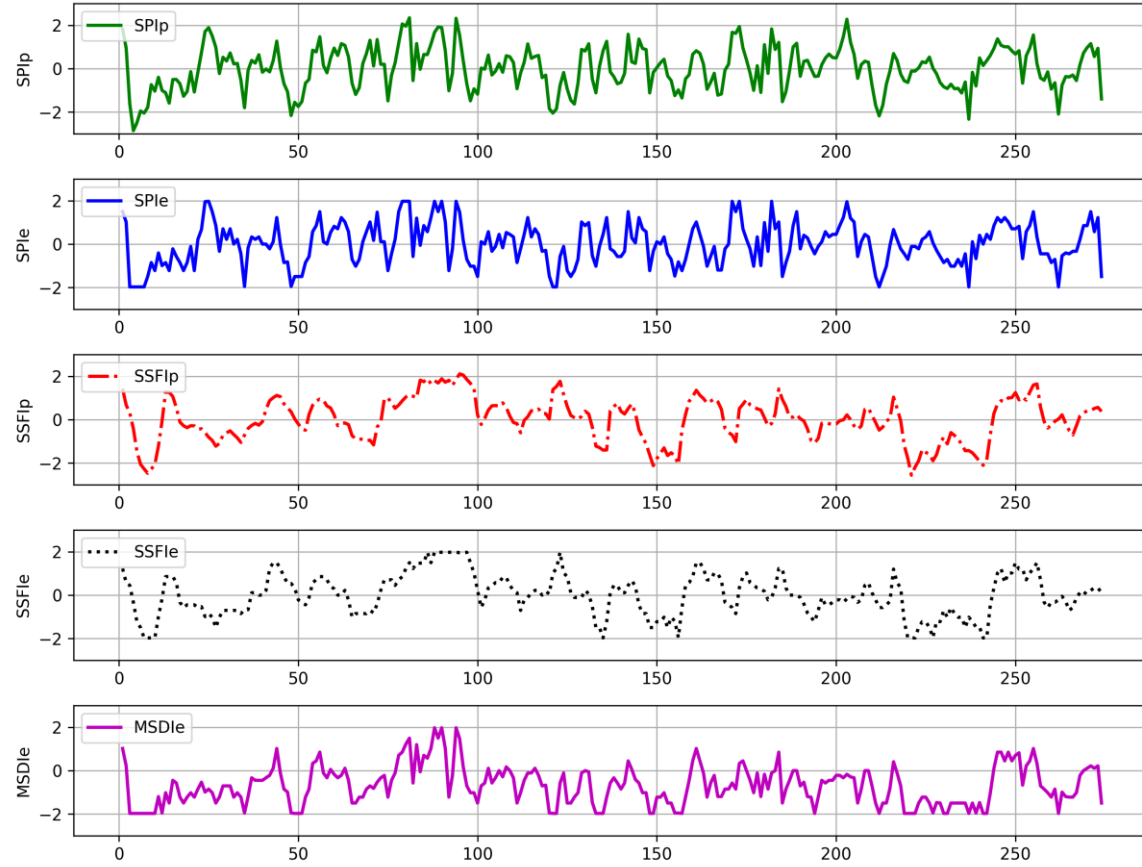
Şekil 5.105’deki ilk dikdörtgene bakıldığında, SPI değerlerinin kuraklık eşiğine ulaşmadığı yani meteorolojik kuraklığın gerçekleşmediği görülmektedir. Halbuki SSFI değerleri kuraklık eşiğini aşmış ve hidrolojik kuraklığın gerçekleştiğini göstermektedir. MSDI değerleri incelendiğinde burada entegre olarak bir kuraklığın gerçekleştiği gözükmektedir. Şekil 5.105’deki ikinci dikdörtgene bakıldığında ise tam tersi bir durum gözlemlenmektedir. Tekil indislere bağlı olarak hidrolojik veya meteorolojik kuraklığın gerçekleşmemiş olması, entegre anlamda kuraklığın gerçekleşmediği anlamına gelmez.

E2006

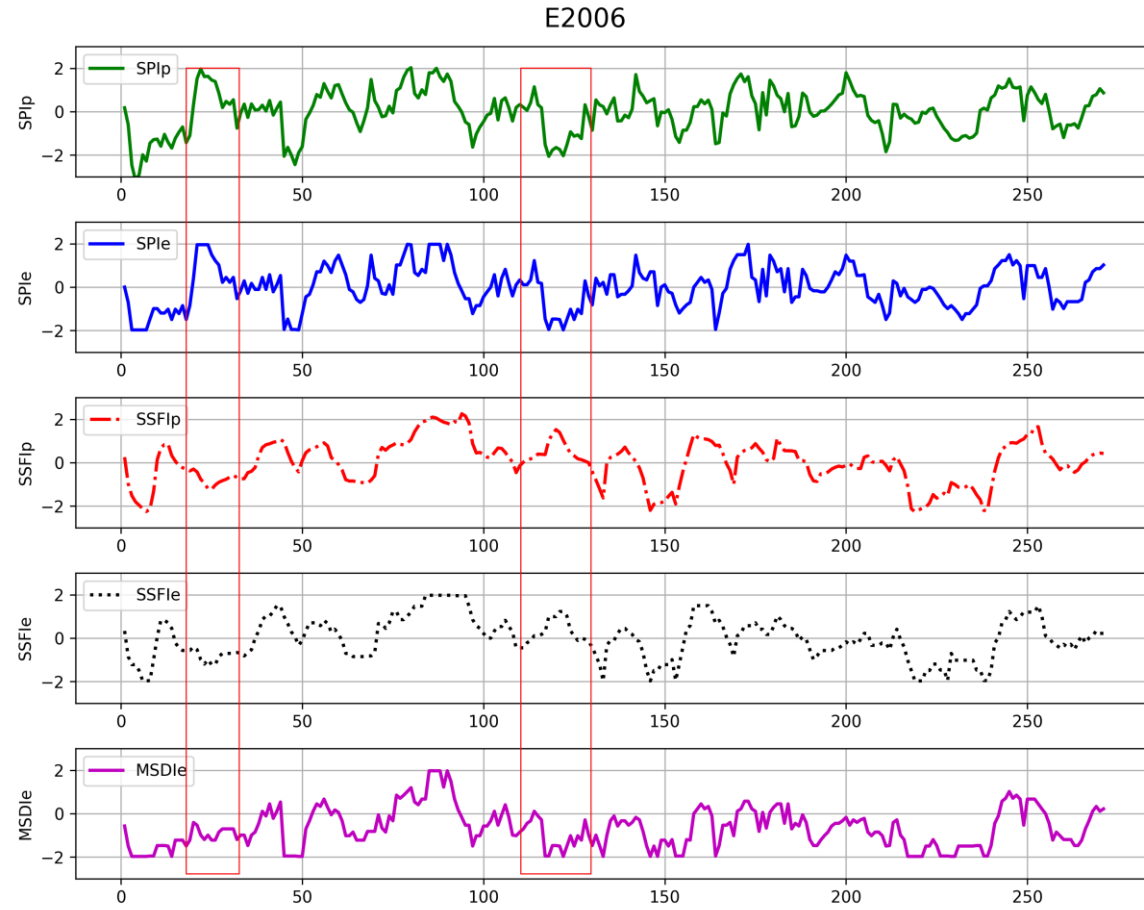


Şekil 5.103: E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için 1 aylık periyotta hesaplanan indisler.

E2006

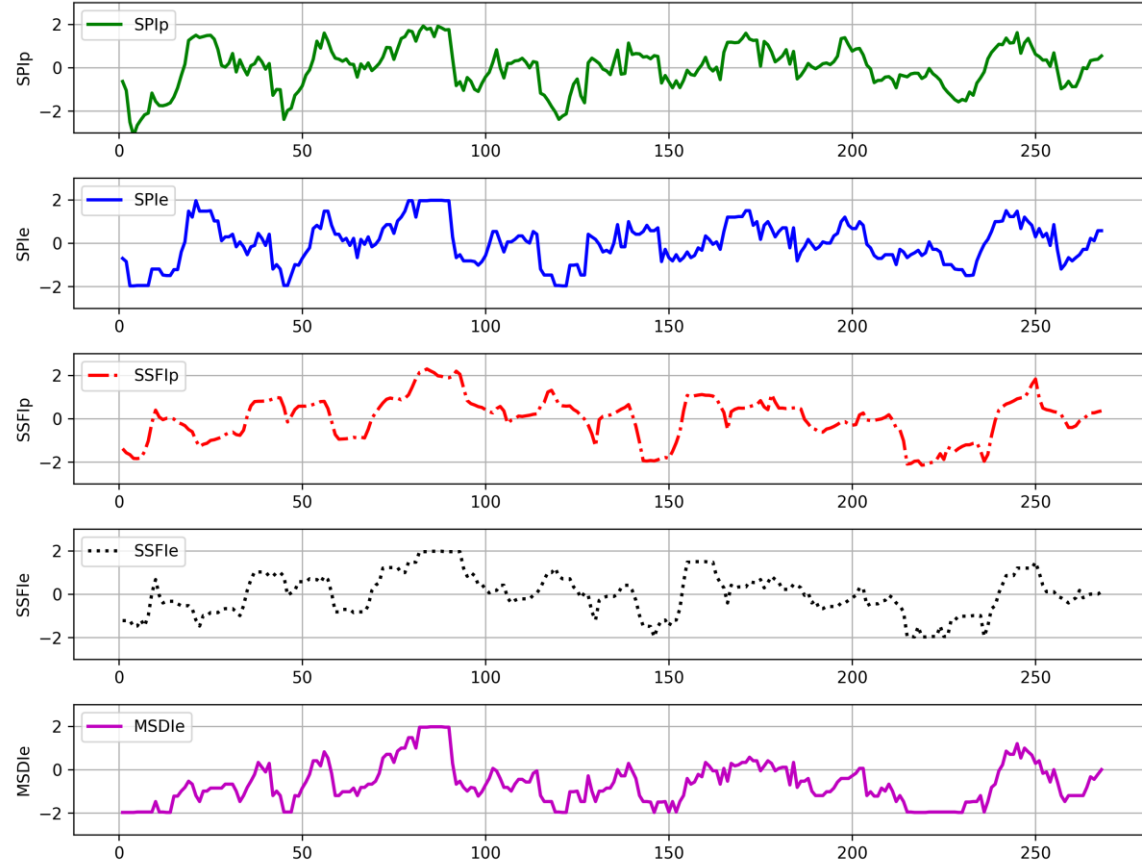


Şekil 5.104: E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için 3 aylık periyotta hesaplanan indisler.



Şekil 5.105: E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için 6 aylık periyotta hesaplanan indisler.

E2006



Şekil 5.106: E2006 Göksun Çayı – Karaahmet için 9 aylık periyotta hesaplanan indisler.

5.3.10 İndis olasılıkları

Her bir indis için Ceyhan Havzası kapsamında seçilen her istasyonun 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık periyotlarında indis olasılıkları hesaplanmıştır. İndis olasılıkları, Çizelge 5.7 ve Çizelge 5.8’de gösterilen sınıflandırmalara göre yapılmıştır.

5.3.10.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları

Ceyhan Havzası kapsamında seçilen gözlem istasyonları için Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.59 ve Çizelge 5.60’ta gösterilmiştir.

Çizelge 5.59: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-1	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIp \geq 2.0$	0,025	0,025	0,018	0,011	0,018	0,025	0,011	0,025
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,040	0,036	0,051	0,033	0,051	0,040	0,058	0,029
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,087	0,094	0,076	0,109	0,091	0,087	0,112	0,101
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,678	0,681	0,710	0,707	0,674	0,685	0,663	0,678
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,105	0,094	0,069	0,062	0,109	0,094	0,101	0,091
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,047	0,047	0,036	0,040	0,033	0,047	0,025	0,062
$SPIp < -2.00$	0,018	0,022	0,040	0,040	0,025	0,022	0,029	0,014

Çizelge 5.60: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-12	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIp \geq 2.0$	0,015	0,008	0,008	0,011	0,008	0,015	0,008	0,004
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,038	0,057	0,049	0,072	0,045	0,053	0,049	0,068
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,098	0,125	0,143	0,102	0,113	0,121	0,109	0,106
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,687	0,642	0,630	0,649	0,657	0,642	0,672	0,657
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,072	0,091	0,094	0,098	0,094	0,094	0,075	0,094
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,053	0,057	0,057	0,045	0,068	0,060	0,072	0,049
$SPIp < -2.00$	0,038	0,023	0,019	0,023	0,015	0,015	0,015	0,023

5.3.10.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları

Ceyhan Havzası kapsamında seçilen gözlem istasyonları için Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.61 ve Çizelge 5.62’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.61: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-1	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130

Çizelge 5.61 (devamı): Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-1	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$-1.00 < \text{SPIe} \leq 1.00$	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652	0,652
$-1.50 < \text{SPIe} \leq -1.00$	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
$-2.00 < \text{SPIe} \leq -1.50$	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043
$\text{SPIe} < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.62: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-12	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$\text{SPIe} \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < \text{SPIe} \leq 2.00$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$1.00 < \text{SPIe} \leq 1.50$	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
$-1.00 < \text{SPIe} \leq 1.00$	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721	0,721
$-1.50 < \text{SPIe} \leq -1.00$	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
$-2.00 < \text{SPIe} \leq -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$\text{SPIe} < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.3.10.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları

Ceyhan Havzası kapsamında seçilen gözlem istasyonları için Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.63 ve Çizelge 5.64'te gösterilmiştir.

Çizelge 5.63: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-1	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$\text{SSFIp} \geq 0$	0,514	0,547	0,587	0,486	0,467	0,486	0,522	0,529
$-1.00 \leq \text{SSFIp} < 0.00$	0,304	0,261	0,290	0,348	0,391	0,355	0,312	0,297
$-1.50 \leq \text{SSFIp} < -1.00$	0,091	0,112	0,043	0,098	0,091	0,105	0,112	0,080
$-2.00 \leq \text{SSFIp} < -1.50$	0,069	0,051	0,022	0,047	0,029	0,025	0,022	0,080
$\text{SSFIp} < -2.00$	0,022	0,029	0,058	0,022	0,022	0,029	0,033	0,014

Çizelge 5.64: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-12	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$\text{SSFIp} \geq 0$	0,589	0,487	0,608	0,555	0,498	0,562	0,540	0,540
$-1.00 \leq \text{SSFIp} < 0.00$	0,230	0,332	0,264	0,215	0,358	0,253	0,279	0,268
$-1.50 \leq \text{SSFIp} < -1.00$	0,079	0,079	0,038	0,185	0,034	0,094	0,091	0,094
$-2.00 \leq \text{SSFIp} < -1.50$	0,068	0,064	0,034	0,008	0,098	0,045	0,057	0,087
$\text{SSFIp} < -2.00$	0,034	0,038	0,057	0,038	0,011	0,045	0,034	0,011

5.3.10.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları

Ceyhan Havzası kapsamında seçilen gözlem istasyonları için Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.65 ve Çizelge 5.66'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.65: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-1	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
SSFİe ≥ 0	0,522	0,522	0,522	0,522	0,533	0,522	0,522	0,525
$-1.00 \leq \text{SSFİe} < 0.00$	0,304	0,308	0,304	0,304	0,301	0,304	0,333	0,301
$-1.50 \leq \text{SSFİe} < -1.00$	0,130	0,127	0,130	0,130	0,123	0,130	0,112	0,130
$-2.00 \leq \text{SSFİe} < -1.50$	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,033	0,043
SSFİe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.66: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-12	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
SSFİe ≥ 0	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502
$-1.00 \leq \text{SSFİe} < 0.00$	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358	0,358
$-1.50 \leq \text{SSFİe} < -1.00$	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
$-2.00 \leq \text{SSFİe} < -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
SSFİe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.3.10.5 MSDİe olasılıkları

Ceyhan Havzası kapsamında seçilen gözlem istasyonları için Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi olasılıkları 1 ve 12 aylık olmak üzere sırasıyla Çizelge 5.67 ve Çizelge 5.68'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.67: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDİe-1	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
MSDİe ≥ 2.0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < \text{MSDİe} \leq 2.00$	0,007	0,007	0,004	0,004	0,004	0,004	0,000	0,000
$1.00 < \text{MSDİe} \leq 1.50$	0,029	0,029	0,036	0,014	0,036	0,040	0,029	0,033
$-1.00 < \text{MSDİe} \leq 1.00$	0,500	0,525	0,504	0,547	0,543	0,551	0,547	0,536
$-1.50 < \text{MSDİe} \leq -1.00$	0,330	0,301	0,304	0,322	0,290	0,257	0,301	0,275
$-2.00 < \text{MSDİe} \leq -1.50$	0,134	0,138	0,152	0,112	0,127	0,149	0,123	0,156
MSDİe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.68: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDİe-12	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
MSDİe ≥ 2.0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < \text{MSDİe} \leq 2.00$	0,026	0,008	0,004	0,000	0,000	0,015	0,026	0,030
$1.00 < \text{MSDİe} \leq 1.50$	0,015	0,057	0,019	0,034	0,023	0,049	0,008	0,034

Çizelge 5.68 (devamı): Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-12	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
-1.00 < MSDIe ≤ -1.00	0,657	0,645	0,570	0,581	0,558	0,528	0,525	0,600
-1.50 < MSDIe ≤ -1.00	0,155	0,162	0,264	0,272	0,279	0,253	0,245	0,223
-2.00 < MSDIe ≤ -1.50	0,147	0,128	0,143	0,113	0,140	0,155	0,196	0,113
MSDIe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

5.3.11 İndislere trend analizi

Ceyhan Havzası kapsamında hesaplanan indislere Python programının pymannkendall kütüphanesi kullanılarak Mann-Kendall trend analizi uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi olarak $\alpha=0.05$ alınmış ve analiz sonuçları R programının trend kütüphanesi ile kontrol edilmiştir.

5.3.11.1 Parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Parametrik Standartlaştırılmış Yağış İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.69 ve Çizelge 5.70’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.69: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-1								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Ekim	-0,69	-0,58	-0,21	0,05	-1,11	-1,16	-0,95	-0,85
Kasım	-0,53	-0,79	0,32	0,00	-0,37	-0,32	-0,53	-0,85
Aralık	-0,26	0,00	-1,11	-1,53	0,16	-0,21	0,37	-0,21
Ocak	1,27	1,69	0,85	0,26	1,85	1,80	1,85	1,64
Şubat	0,11	1,80	1,21	1,43	1,74	1,58	1,69	1,74
Mart	1,06	1,21	0,05	0,37	0,95	1,27	0,95	1,21
Nisan	1,06	-0,42	1,00	1,00	0,21	0,26	0,42	-0,42
Mayıs	-0,21	0,74	-0,69	-0,69	0,26	0,16	0,11	0,90
Haziran	-0,11	-0,79	0,95	0,32	-0,69	-0,95	-0,79	-1,21
Temmuz	-0,90	1,69	1,74	1,40	1,29	1,24	1,29	1,74
Ağustos	-0,87	1,95	1,14	0,45	1,56	1,77	1,35	1,95
Eylül	0,40	0,03	0,77	1,14	1,00	0,58	1,21	0,00

Çizelge 5.70: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-12								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Eylül	0,32	0,74	0,58	1,00	0,85	0,74	0,85	0,74

5.3.11.2 Ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Standartlaştırılmış Yağış İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.71 ve Çizelge 5.72’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.71: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

Ay	SPIe-1							
	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Ekim	-0,69	-0,58	-0,21	0,05	-1,11	-1,16	-0,95	-0,85
Kasım	-0,53	-0,79	0,32	0,00	-0,37	-0,32	-0,53	-0,85
Aralık	-0,26	0,00	-1,11	-1,53	0,16	-0,21	0,37	-0,21
Ocak	1,27	1,69	0,85	0,26	1,85	1,80	1,85	1,64
Şubat	0,11	1,80	1,21	1,43	1,74	1,58	1,69	1,74
Mart	1,06	1,21	0,05	0,37	0,95	1,27	0,95	1,21
Nisan	1,06	-0,42	1,00	1,00	0,21	0,26	0,42	-0,42
Mayıs	-0,21	0,74	-0,69	-0,69	0,26	0,16	0,11	0,90
Haziran	-0,11	-0,79	0,95	0,32	-0,69	-0,95	-0,79	-1,21
Temmuz	-0,90	1,69	1,74	1,40	1,29	1,24	1,29	1,74
Ağustos	-0,87	1,95	1,14	0,45	1,56	1,77	1,35	1,95
Eylül	0,40	0,03	0,77	1,14	1,00	0,58	1,21	0,00

Çizelge 5.72: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

Ay	SPIe-12							
	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Eylül	0,32	0,74	0,58	1,00	0,85	0,74	0,85	0,74

5.3.11.3 Parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Parametrik Standartlaştırılmış Akım İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.73 ve Çizelge 5.74’te gösterilmiştir.

Çizelge 5.73: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

Ay	SSFip-1							
	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Ekim	-0,40	-2,35	-1,77	-0,42	-1,11	0,45	-1,27	-1,88
Kasım	-2,11	-1,56	-1,43	-0,42	-1,37	-0,29	-0,90	-0,90
Aralık	-1,77	-0,79	-1,85	-0,48	-0,85	-0,92	-0,95	-0,79
Ocak	-1,66	-1,19	-1,95	-1,03	-0,50	-0,42	-0,90	-0,50
Şubat	0,11	0,95	-0,29	1,53	-0,11	0,53	0,66	1,64
Mart	0,90	3,15	0,29	1,11	2,32	2,14	1,88	3,20
Nisan	0,00	0,08	-0,74	0,11	0,03	0,74	0,85	0,11
Mayıs	-0,74	-0,03	-0,87	-0,26	0,58	0,08	-0,32	-0,05

Çizelge 5.73 (devamı): Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİp-1								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Haziran	-0,61	-1,51	-0,71	-0,58	1,53	1,53	-0,79	-0,13
Temmuz	0,00	-2,48	-0,21	-0,69	1,16	3,17	0,00	-0,34
Ağustos	-0,29	-3,14	-0,05	-1,11	0,00	2,59	-0,48	-1,21
Eylül	-0,26	-3,01	-0,42	-0,05	-0,03	1,32	-0,86	-2,46

Çizelge 5.74: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİp-12								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Eylül	-0,42	-0,24	-1,21	0,32	0,58	1,74	0,74	0,58

5.3.11.4 Ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Standartlaştırılmış Akım İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.75 ve Çizelge 5.76'da gösterilmiştir.

Çizelge 5.75: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİe-1								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Ekim	-0,40	-2,35	-1,77	-0,42	-1,11	0,45	-1,27	-1,88
Kasım	-2,11	-1,56	-1,43	-0,42	-1,37	-0,29	-0,90	-0,90
Aralık	-1,77	-0,79	-1,85	-0,48	-0,85	-0,92	-0,95	-0,79
Ocak	-1,66	-1,19	-1,95	-1,03	-0,50	-0,42	-0,90	-0,50
Şubat	0,11	0,95	-0,29	1,53	-0,11	0,53	0,66	1,64
Mart	0,90	3,15	0,29	1,11	2,32	2,14	1,88	3,20
Nisan	0,00	0,08	-0,74	0,11	0,03	0,74	0,85	0,11
Mayıs	-0,74	-0,03	-0,87	-0,26	0,58	0,08	-0,32	-0,05
Haziran	-0,61	-1,51	-0,71	-0,58	1,53	1,53	-0,79	-0,13
Temmuz	0,00	-2,48	-0,21	-0,69	1,16	3,17	0,00	-0,34
Ağustos	-0,29	-3,14	-0,05	-1,11	0,00	2,59	-0,48	-1,21
Eylül	-0,26	-3,01	-0,42	-0,05	-0,03	1,32	-0,86	-2,46

Çizelge 5.76: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİe-12								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Eylül	-0,42	-0,24	-1,21	0,32	0,58	1,74	0,74	0,58

5.3.11.5 MSDİe değerlerine trend analizi

1 ve 12 aylık periyotlarda hesaplanan Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndislerine uygulanan trend analizi sonuçları sırasıyla Çizelge 5.77 ve Çizelge 5.78’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.77: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 1 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDİe-1								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Ekim	-0,21	-2,37	-1,30	-0,08	-1,33	0,00	-1,20	-1,81
Kasım	-1,99	-1,36	-0,88	-0,11	-0,88	-0,56	-0,75	-1,04
Aralık	-2,13	-1,13	-2,40	-1,76	-0,69	-0,64	-0,67	-0,94
Ocak	0,05	0,74	-0,24	0,32	1,04	1,09	0,80	1,17
Şubat	0,24	1,33	0,16	1,70	0,58	0,27	1,09	1,94
Mart	1,68	1,94	0,48	1,17	1,25	1,93	1,36	2,24
Nisan	0,67	-0,03	0,24	0,72	0,37	0,80	0,74	-0,34
Mayıs	-0,56	0,08	-1,28	-0,45	0,43	0,00	-0,03	0,29
Haziran	-0,16	-1,81	0,40	0,59	0,40	0,32	-1,33	-0,77
Temmuz	-0,75	-0,05	0,56	0,64	1,54	3,23	0,29	1,15
Ağustos	-0,56	-0,70	0,40	-0,11	0,82	2,07	0,37	0,88
Eylül	0,03	-1,49	0,00	0,32	0,03	0,61	0,58	-1,32

Çizelge 5.78: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 12 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDİe-12								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Eylül	0,77	0,93	0,05	1,51	0,78	1,87	1,41	0,96



6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında; Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzaları için akım ve yağış verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Kuraklığı incelemek için Standartlaştırılmış Yağış İndisi, Standartlaştırılmış Akım İndisi ve Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi'nden yararlanılmıştır. Her bir indisin geçerli kuraklık sınıflandırmalarındaki kuraklık olasılıkları hesaplanmıştır. Havzalarda indis sonuçlarına trend analizi yapılarak trendin varlığı incelenmiştir. Çoruh Havzası'nda 8 akım gözlem istasyonu ve 8 meteoroloji gözlem istasyonu ile, Seyhan ve Çoruh Havzalarında ise 8 akım gözlem istasyonu ve toplamda 15 meteoroloji gözlem istasyonu ile çalışılmıştır. Bu çalışma sonucunda şu sonuçlar çıkarılmıştır:

- 1) Çoruh Havzası'nda Standartlaştırılmış Akım İndisi, aylık ortalama akım değerleri kullanılarak 1989 ile 2011 yılları arasındaki dönemde hem parametrik hem de ampirik olarak hesaplanmıştır. İndisler incelendiğinde, 1989 ile 1990 yılları arasında havzadaki bütün istasyonlarda ortak olarak hafif ve orta derecede şiddetli kuraklıklar gözlemlenirken, 1994 ile 1995 yılları arasında ise orta derecede şiddetli ve şiddetli kuraklık gözlemlenmiştir. 2000, 2001 ve 2002 yılları için istasyonların çoğunda şiddetli ve aşırı derecede şiddetli kuraklık gözlemlenirken; D23A026 istasyonu için orta derecede şiddetli ve şiddetli, D23A032 istasyonu için ise hafif ve orta derecede şiddetli kuraklıklar gözlemlenmiştir.
- 2) Seyhan Havzası'nda Standartlaştırılmış Akım İndisi, aylık ortalama akım değerleri kullanılarak 1989 ile 2011 yılları arasındaki dönemde hem parametrik hem de ampirik olarak hesaplanmıştır. İndisler incelendiğinde, 2007 ile 2008 yılları arasında bütün istasyonlarda şiddetli ve aşırı şiddetli kuraklıklar gözlemlenmiştir. Daha uzun zaman ölçeklerinde ise bu kuraklığın 2005 ile 2009 yılları arasına genişlediği görülmektedir. Buna ek olarak 2001 ile 2002 yılları arasında da D18A023 istasyonu için hafif şiddetli, D18A027 istasyonu için aşırı derecede şiddetli ve diğer tüm istasyonlar için orta derecede şiddetli ve şiddetli bir kuraklık gözlemlenmiştir.
- 3) Ceyhan Havzası'nda Standartlaştırılmış Akım İndisi, aylık ortalama akım değerleri kullanılarak 1989 ile 2011 yılları arasındaki dönemde hem parametrik

hem de ampirik olarak hesaplanmıştır. İndisler incelendiğinde, 1989 ile 1990 yılları arasında bütün istasyonlarda ortak olarak şiddetli ve aşırı derecede şiddetli kuraklık gözlemlenmiştir. 1994 ile 1995 yılları arasında ise hafif derecede şiddetli ve orta derece şiddetli kuraklık olayı bütün istasyonlarda gözlemlenmiştir. 2001 ile 2002 yılları arasında gerçekleşen kuraklık olayı D23A043, E2008, E2009 istasyonları için orta derecede şiddetli ve şiddetli olarak kendini gösterirken diğer bütün istasyonlarda şiddetli ve aşırı derecede şiddetli olarak kendini göstermiştir. 2007 ile 2009 yılları arasında gerçekleşen kuraklık olayı ise 2007 yılı için genelde orta derecede şiddetli iken 2008 ve 2009 yılları için şiddetli ve aşırı derecede şiddetli olarak gözlemlenmiştir.

- 4) Çoruh Havzası'nda Standartlaştırılmış Yağış İndisi, aylık ortalama yağış değerleri kullanılarak 1989 ile 2011 yılları arasındaki dönemde hem parametrik hem de ampirik olarak hesaplanmıştır. İndisler incelendiğinde, 1989 ile 1990 arasında E2328 istasyonu hariç bütün istasyonlarda orta derecede şiddetli ve şiddetli kuraklık görülmüştür. 1993 ile 1994 yılları arasında ise hafif ve orta derecede şiddetli kuraklıklar gözlemlenmiştir. 1996 ile 1997 yılları arasında E2328 istasyonunda şiddetli ve aşırı derecede şiddetli kuraklık görülürken; E2304 istasyonunda kayda değer bir kuraklık gözlemlenmemiş, diğer istasyonlarda ise hafif ve orta derecede şiddetli kuraklıklar gözlemlenmiştir. İstasyonların hepsinde 2000 ile 2001 yılları arasındaki dönemde şiddetli ve aşırı derecede şiddetli kuraklık görülmüştür.
- 5) Seyhan Havzası'nda Standartlaştırılmış Yağış İndisi, aylık ortalama yağış değerleri kullanılarak 1989 ile 2011 yılları arasındaki dönemde hem parametrik hem de ampirik olarak hesaplanmıştır. İndisler incelendiğinde, 1989 ile 1990 yılları arasında E1805, E1820 ve 1825 istasyonları için orta derecede şiddetli ve şiddetli, diğer istasyonlar için ise şiddetli ve aşırı derecede şiddetli kuraklık gözlemlenmiştir. 1993 yılında bütün istasyonlarda orta şiddetli ve şiddetli kuraklık görülmüştür. 2008 ile 2009 yılları arasında D18A008, istasyonu için hafif derecede şiddetli, diğer istasyonlar içinse şiddetli ve aşırı derecede şiddetli kuraklık gözlemlenmiştir.
- 6) Ceyhan Havzası'nda Standartlaştırılmış Yağış İndisi, aylık ortalama yağış değerleri kullanılarak 1989 ile 2011 yılları arasındaki dönemde hem parametrik hem de ampirik olarak hesaplanmıştır. İndisler incelendiğinde, 1989 ile 1990

yılları arasında, 1993 yılında ve 1999 ile 2000 yılları arasında bütün istasyonlarda şiddetli bir kuraklık gözlemlenmiştir.

- 7) SPI ve SSFI değerleri hem parametrik hem de ampirik olarak hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Parametrik ve ampirik indisler aynı kuraklıkları temsil edebilmeyi başarırken, yüksek ve düşük uç noktalarda farklılıklar görülmüştür. Parametrik indisler, belirli bir olasılık dağılımını varsayarak verilere uygun parametrelerle modellemeye çalıştığından, yüksek ve düşük uç noktalarda belirgin farklılıklar gözükabilir. Bu tarz farklılıklar, verinin dağılıma uyumsuzluğu arttıkça daha da belirginleşir. Ampirik indisler ise verilerin ampirik dağılım fonksiyonlarını kullandıklarından parametrik indislere göre daha esnek ve dağılım varsayımlarına bağlı olmayan indislerdir. Özellikle veri setinin dağılımı konusunda belirsizlik olduğu durumlarda ampirik indislerin kullanımı daha tutarlı sonuçlar üretebilir. SPI ve SSFI değerlerinin parametrik dağılım fonksiyonu değerlerine karşı hassasiyeti sebebiyle uç noktalarda oluşan bu farklılıklar kuraklık sınıflarında da değişiklikler olmasına neden olmuştur.
- 8) Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzaları'nda Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi, aylık ortalama yağış ve aylık ortalama akım değerleri kullanılarak 1989 ile 2011 yılları arasındaki dönemde hesaplanmıştır. Ampirik Çok Değişkenli Standartlaştırılmış Kuraklık İndisi, daha önceki bölümlerde hesaplanan ve incelenen tekil indislerin aksine meteorolojik ve hidrolojik kuraklığı entegre olarak incelemektedir. Ampirik olarak hesaplanabiliyor olması, parametre tahminleri ve uygun Kopula fonksiyonunun seçilmesi gibi karmaşık hesaplamalardan kaçınılmasını sağlamaktadır. İndis sonuçları incelendiğinde, tekil indisler tarafından gözlemlenen kuraklıkları yansıttığı, SPI ve SSFI'nin avantajları olan kuraklığın başlangıcını ve bitişini yakalama özelliklerini gösterdiği görülmüştür. Tek değişkenli indisler, karmaşık bir yapıya sahip olan kuraklığın izlenmesinde zayıf kalabilir. Tek değişkenli indisler değişkenin temsil ettiği kuraklık türü haricindeki kuraklıkları yansıtamazken MSDI farklı değişkenleri entegre olarak inceleyerek kuraklığı bir bütün olarak değerlendirmektedir. Çalışma kapsamında hesaplanan tek değişkenli indisler SPI ve SSFI kuraklık analizinde dünya çapında yaygın olarak kabul görmüş ve literatürde sıkça

kullanılan ölçütlerdir. Bu indisler ile MSDI arasındaki korelasyon katsayıları incelendiğinde, tüm zaman dilimlerinde korelasyon değerlerinin 0.65'in üstünde olduğu ve büyük bir çoğunluğunun da 0.70'in üstünde olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum, çalışma kapsamında kullanılan MSDI'nin, diğer kuraklık indisleriyle karşılaştırıldığında, kuraklığın izlenmesinde etkili olduğunu göstermektedir.

- 9) Havzalarda, kuraklık görülme olasılıkları indislerin sınıflandırılmalarına göre hesaplanmıştır. Meteorolojik, hidrolojik ve bileşik kuraklık olasılıkları, sırasıyla SPI, SSFI ve MSDI değerlerine göre hesaplanmıştır. Çoruh Havzası için hidrolojik kuraklığın görülmeme olasılığı yaklaşık olarak %50 ile %60 arasında olup, meteorolojik kuraklığın görülmeme olasılığı ise %48 ile %56 arasındadır. Meteorolojik ve hidrolojik kuraklığı entegre olarak inceleyen MSDI için küresel olarak kabul edilen bir kuraklık sınıflandırılması olmadığından SPI için kullanılan kuraklık sınıflandırılması kullanılmıştır, kuraklığın görülmeme olasılığı yaklaşık olarak %20 ile %25 arasındadır. Seyhan Havzası için hidrolojik kuraklığın görülmeme olasılığı yaklaşık olarak %48 ile %56 arasında olup, meteorolojik kuraklığın görülmeme olasılığı ise %48 ile %54 arasındadır. MSDI için kuraklığın görülmeme olasılığı %18 ile %24 arasındadır. Ceyhan Havzası için hidrolojik kuraklığın görülmeme olasılığı, %48 ile %56 arasında olup meteorolojik kuraklığın görülmeme olasılığı ise %49 ile %53 arasındadır. MSDI için kuraklığın görülmeme olasılığı %22 ile %25 arasındadır. MSDI değerleri ile elde edilen bileşik kuraklık görülmeme olasılığına bakıldığında, tek değişkenli indislere göre bütün havzalarda daha düşük değerlere sahip olduğu görülmektedir. Bu durum, kuraklığı bileşik olarak değerlendiren MSDI'nin, kuraklık durumunu tek değişkenli indislere göre daha belirgin bir biçimde yansıttığını ve kuraklık şiddeti ile olası etkilerini daha net bir şekilde ortaya koyduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, MSDI'nin, kuraklık kavramını daha detaylı ve bütünsel bir bakış açısıyla değerlendirmede önemli bir role sahip olduğu görülmektedir.
- 10) Çoruh Havzası kapsamında hesaplanan bütün indislere Mann-Kendall trend testi uygulanmış, trendin varlığı sorgulanmıştır. Mann-Kendall trend testinde anlamlılık düzeyi 0.05 alınmış, z değerine bağlı olarak trendin varlığı ve yönü

sorgulanmıştır. Çoruh Havzası'nda SPI ve SSFI için genel olarak trende rastlanmamış, rastlanan nadir aylarda da trendin genellikle pozitif yönde olduğu görülmüştür. MSDI için E2329 ve D23A026 istasyonlarında farklı periyotlarda pozitif trend görülmüş, D23A032 için ise 1 aylık ve 3 aylık periyotlarda iki aylık negatif trend görülmüştür. MSDI için sadece 1 aylık periyotta negatif trend gözlemlenmiştir.

11) Seyhan Havzası kapsamında hesaplanan bütün indislere Mann-Kendall trend testi uygulanmış, trendin varlığı sorgulanmıştır. Havzada SPI için genel bir trendin varlığı görülememişken sadece D18A008 istasyonu için pozitif trendin görüldüğü durumlar nadir de olsa olmuştur. SSFI için trend analizine bakıldığında, E1805, E1820, D18A012, D18A023 ve D18A027 istasyonları için 1 aylık periyotta negatif trend görülmüştür. D18A012 istasyonu için tüm periyotlarda negatif trend gözlemlenmiş olup, 3 aylık periyotta E1820 istasyonu için Aralık ve Ocak aylarında, E1805 ve D18A023 istasyonları için ise sadece Eylül ayında negatif trend gözlemlenmiştir. MSDI değerlerine uygulanan trend analizi incelendiğinde; sadece 1 aylık periyotta E1820 ve D18A012 için iki aylık, E1825, D18A008 ve D18A023 için ise 1 aylık negatif trend gözlemlenmiştir.

12) Ceyhan Havzası kapsamında hesaplanan bütün indislere Mann-Kendall trend testi uygulanmış, trendin varlığı sorgulanmıştır. SPI için 3, 6 ve 9 aylık periyotlarda Mart ayında E2006 ve E2009 harici istasyonlarda pozitif trend görülmüştür. 1 aylık periyotta SSFI için Mart ayında E2008, D20A005, D20A006 ve D20A043 için pozitif trend görülürken E2008 için Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında negatif trend gözlemlenmiştir. E2006 ve D20A043'de de bir aylık negatif trend gözlemlenmiştir. 3 aylık periyotta D20A006 için 3 aylık, D20A008 ve D20A43 için ise 1 aylık pozitif trend gözlemlenirken, E2008 için 2 aylık ve E2009 için 1 aylık negatif trend gözlemlenmiştir. MSDI değerlerine yapılan trend analizinde, 1 aylık periyotta E2006, E2008 ve E2009 istasyonları için bazı aylarda negatif trend gözlemlenirken, D20A006 ve D20A43 için pozitif trendin görüldüğü aylar olmuştur. D20A006 ve D20A008 istasyonları için birçok periyotta pozitif trendin olduğu aylar görülmüştür. 3 aylık periyotta E2008, E2022, D20A006,

D20A008 ve D20A043 istasyonlarında Mart ayı için pozitif trend gözlemlenmiştir.

Bu çalışma kapsamında, aylık ortalama akım ve aylık ortalama yağış değerleri kullanılarak Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzaları için meteorolojik ve hidrolojik kuraklık hem tek değişkenli indisler kullanılarak ayrı ayrı hem de bileşik indis kullanılarak bileşik bir şekilde incelenmiştir. Ülkemizde, MSDI ile yapılmış çok çalışma bulunmamakta olup bu tarz bileşik indislerin kullanıldığı ve kuraklığın bir bütün olarak incelendiği çalışmaların artırılması, kuraklık kavramının daha iyi anlaşılmasına katkıda bulunacak, kuraklığın izlenmesi ve etkilerinin azaltılması için yapılan çalışmaların gelişmesini sağlayacaktır. Bu tür araştırmalar, hem ülkemizin kuraklıkla mücadele stratejilerini geliştirmesine hem de uluslararası literatüre katkı sağlayarak kuraklık konusundaki küresel bilgi birikiminin zenginleştirilmesine yardımcı olacaktır. Ayrıca, günümüzde literatürde sıkça kullanılan SPI ve SSFI gibi indislerin ampirik olarak hesaplanması, indisler arasında daha doğru ve tutarlı karşılaştırmalar yapılmasına olanak sağlayabilir. Yapılan kuraklık analizi sonucunda her havza için uzun kurak dönemler gözlemlenmiştir. Çoruh, Seyhan ve Ceyhan nehirlerinin enerji, tarım ve bölge halkı için büyük önem taşıdığı gözükmektedir. Söz konusu havzalarda kuraklığın izlenmesi ve kuraklığın etkilerinin önlenmesi amacıyla yapılan çalışmaların artırılması, bu bölgelerin yanı sıra ülke genelinde de son derece kritik bir öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Abdelkader, M., & Yerdelen, C.** (2022). Hydrological drought variability and its teleconnections with climate indices. *Journal of Hydrology*, 605, 127290. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127290>.
- AghaKouchak, A., Bárdossy, A., & Habib, E.** (2010). Copula-based uncertainty modelling: Application to multisensor precipitation estimates. *Hydrological Processes*. <https://doi.org/10.1002/hyp.7632>
- Ahmadi, B., Ahmadalipour, A., & Moradkhani, H.** (2019). Hydrological drought persistence and recovery over the CONUS: A multi-stage framework considering water quantity and quality. *Water Research*, 150, 97–110. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.11.052>
- Aksoy, H. (2000).** Use of gamma distribution in hydrological analysis. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 24(6), 419-428.
- Aksoy, H., Çetin, M., Önöz, B., Yüce, M. İ., Eriş, E., Selek, B., Aksu, H., Burgan H. İ., Eşit, M., Orta, S., & Çavuş, Y.** (2018a). *Hidrolojik Havzalarda Düşük Akımlar ve Kuraklık Analizi*. TUJJB-TUMEHAP-2015-01, Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) Araştırma Projesi, Eylül 2018.
- Aksoy, H., Eriş, E. Çetin, M., Yüce, M.İ., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H. İ., Eşit, M.** (2018b). Gediz havzasında kuraklık analizi. *Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) Bilimsel Kongresi Bildiri Kitabı* (pp. 28-31). ISBN 978-605-82558-8-3.
- Aksoy, H., Onoz, B., Cetin, M., Yuce, M. I., Eris, E., Selek, B., Aksu, H., Burgan, H. İ., Eşit, M., Orta, S., & Cavus, Y.** (2018c). SPI-based drought severity-duration-frequency analysis. *In Proceedings of the 13th International Congress on Advances in Civil Engineering*, Izmir, Turkey (pp. 12-14).
- American Meteorological Society.** (2004). Statement on meteorological drought. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, 771-773.
- Anderson, T. W., & Darling, D. A.** (1952). Asymptotic theory of certain “goodness of fit” criteria based on Stochastic Processes. *The Annals of Mathematical Statistics*, 23(2), 193–212. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177729437>
- Apurv, T., Sivapalan, M., & Cai, X.** (2017). Understanding the role of climate characteristics in drought propagation. *Water Resources Research*, 53(11), 9304–9329. <https://doi.org/10.1002/2017wr021445>
- Bayazıt, M.** (1996). *İnşaat Mühendisliğinde Olasılık yöntemleri*. İTÜ.
- Bayazıt, M., & Oğuz, E. B. Y.** (2005). *Mühendisler için istatistik*. Birsen Yayınevi.

- Bayazit, M. ve Önöz, B.** (2008). Taskin ve Kuraklik Hidrolojisi, Nobel Yayin Dagitim, Istanbul.
- Bayazit, M., & Önöz, B.** (2005). Probabilities and return periods of multisite droughts/probabilités et périodes de retour de sécheresses multi-sites. *Hydrological Sciences Journal*, 50(4).
<https://doi.org/10.1623/hysj.2005.50.4.605>
- Bergman, K.H., Sabol, P., & Miskus, D.** (1988). Experimental Indices for Monitoring Global Drought Conditions. In *Proceedings of the 13th Annual Climate Diagnostics Workshop*. United States Department of Commerce, Cambridge, MA.
- Byun, H.-R., & Wilhite, D. A.** (1999). Objective quantification of drought severity and duration. *Journal of Climate*, 12(9), 2747–2756.
[https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1999\)012<2747:qodsa>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1999)012<2747:qodsa>2.0.co;2)
- Cavus, Y., & Aksoy, H.** (2020). Critical drought severity/intensity-duration-frequency curves based on precipitation deficit. *Journal of Hydrology*, 584, 124312. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124312>.
- Correia, F. N., Santos, M. A., & Rodrigues, R. R.** (1991). Reliability in regional drought studies. *Water Resources Engineering Risk Assessment*, 43–62.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-76971-9_3
- Crausbay, S. D., Ramirez, A. R., Carter, S. L., Cross, M. S., Hall, K. R., Bathke, D. J., Betancourt, J. L., Colt, S., Cravens, A. E., Dalton, M. S., Dunham, J. B., Hay, L. E., Hayes, M. J., McEvoy, J., McNutt, C. A., Moritz, M. A., Nislow, K. H., Raheem, N., & Sanford, T.** (2017). Defining ecological drought for the twenty-first century. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98(12), 2543–2550. <https://doi.org/10.1175/bams-d-16-0292.1>
- Cuartas, L. A., Cunha, A. P., Alves, J. A., Parra, L. M., Deusdará-Leal, K., Costa, L. C., Molina, R. D., Amore, D., Broedel, E., Seluchi, M. E., Cunningham, C., Alvalá, R. C., & Marengo, J. A.** (2022). Recent hydrological droughts in Brazil and their impact on hydropower generation. *Water*, 14(4), 601. <https://doi.org/10.3390/w14040601>.
- Dabanlı, İ., Mishra, A. K., & Şen, Z.** (2017). Long-term spatio-temporal drought variability in Turkey. *Journal of Hydrology*, 552, 779–792.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.07.038>
- Danandeh Mehr, A., Sorman, A. U., Kahya, E., & Hesami Afshar, M.** (2019). Climate change impacts on meteorological drought using SPI and Spei: Case Study of Ankara, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 65(2), 254–268.
<https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1691218>
- Diffenbaugh, N. S., & Giorgi, F.** (2012). Climate change hotspots in the CMIP5 Global Climate Model Ensemble. *Climatic Change*, 114(3–4), 813–822.
<https://doi.org/10.1007/s10584-012-0570-x>

- Dikici, M.** (2020). Drought analysis with different indices for the ASI Basin (Turkey). *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77827-z>
- Dinar, A., & Mendelsohn, R. O.** (2013). *Handbook on climate change and agriculture*. Edward Elgar.
- Ding, Y., Hayes, M. J., & Widhalm, M.** (2011). Measuring economic impacts of drought: A review and discussion. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 20(4), 434–446. <https://doi.org/10.1108/09653561111161752>
- Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S. A., Karl, T. R., & Mearns, L. O.** (2000). Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science*, 289(5487), 2068–2074. <https://doi.org/10.1126/science.289.5487.2068>
- Evans, S. E., & Burke, I. C.** (2013). Carbon and nitrogen decoupling under an 11-year drought in the Shortgrass Steppe. *Ecosystems*, 16(1), 20–33. <https://doi.org/10.1007/s10021-012-9593-4>
- Fakıoğlu, S., & Kağmıçoğlu, N.** (2009). Doğu Karadeniz ve Çoruh havzalarının hidroelektrik enerji üretimi açısından değerlendirilmesi. In *Doğu Karadeniz Bölgesi Hidroelektrik Enerji Potansiyeli ve Bunun Ülke Enerji Politikalarındaki Yeri (FORUM 2009)*, Trabzon, Türkiye.
- Farahmand, A., & AghaKouchak, A.** (2015). A generalized framework for deriving nonparametric standardized drought indicators. *Advances in Water Resources*, 76, 140–145. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.11.012>
- Favre, A. C., El Adlouni, S., Perreault, L., Thiémondge, N., & Bobée, B.** (2004). Multivariate hydrological frequency analysis using copulas. *Water resources research*, 40(1).
- Genest, C., & Favre, A.-C.** (2007). Everything you always wanted to know about copula modeling but were afraid to ask. *Journal of Hydrologic Engineering*, 12(4), 347–368. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)1084-0699\(2007\)12:4\(347\)](https://doi.org/10.1061/(asce)1084-0699(2007)12:4(347))
- Genest, C., Favre, A.-C., Béliveau, J., & Jacques, C.** (2007). Metaelliptical copulas and their use in frequency analysis of multivariate hydrological data. *Water Resources Research*, 43(9). <https://doi.org/10.1029/2006wr005275>
- Gibbs, W. J., Maher, J.V.** (1967). *Rainfall deciles as drought indicators*. Bureau of Meteorology. Commonwealth of Australia, Melbourne, Australia.
- Giorgi, F.** (2006). Climate change hot-spots. *Geophysical Research Letters*, 33(8). <https://doi.org/10.1029/2006gl025734>
- Glantz, M. H., & Katz, R. W.** (1977). When is a drought a drought? *Nature*, 267(5608), 192–193. <https://doi.org/10.1038/267192a0>

- Gringorten, I. I.** (1963). A plotting rule for extreme probability paper. *Journal of Geophysical Research*, 68(3), 813–814.
<https://doi.org/10.1029/jz068i003p00813>
- Gumbel, E. J.** (1963). Statistical forecast of droughts. *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*, 8(1), 5–23.
<https://doi.org/10.1080/02626666309493293>
- Güner Bacanlı, Ü.** (2017). Trend analysis of precipitation and drought in the Aegean Region, Turkey. *Meteorological Applications*, 24(2), 239–249.
<https://doi.org/10.1002/met.1622>
- Hao, Z., & AghaKouchak, A.** (2013). Multivariate standardized drought index: A parametric multi-index model. *Advances in Water Resources*, 57, 12–18.
<https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2013.03.009>
- Hao, Z., & AghaKouchak, A.** (2014). A nonparametric multivariate Multi-index drought monitoring framework. *Journal of Hydrometeorology*, 15(1), 89–101.
<https://doi.org/10.1175/jhm-d-12-0160.1>
- Hayes, M. J.** (2006). Drought indices. *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia*.
<https://doi.org/10.1002/0471743984.vse8593>
- Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., & Widhalm, M.** (2011). The Lincoln declaration on drought indices: Universal meteorological drought index recommended. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(4), 485–488. <https://doi.org/10.1175/2010bams3103.1>
- Heudorfer, B., & Stahl, K.** (2016). Comparison of different threshold level methods for drought propagation analysis in Germany. *Hydrology Research*, 48(5), 1311–1326. <https://doi.org/10.2166/nh.2016.258>
- Hewitt, K.** (2016). *Regions of risk: A geographical introduction to disasters*. Routledge.
- Hisdal, H., Tallaksen, L. M., Clausen, B., Peters, E., & Gustard, A.** (2004). Hydrological drought characteristics. In *Developments in Water Science* (Vol. 48, pp. 139-198). Elsevier Science B.V.
- Holsten, A., Vetter, T., Vohland, K., & Krysanova, V.** (2009). Impact of climate change on soil moisture dynamics in Brandenburg with a focus on nature conservation areas. *Ecological Modelling*, 220(17), 2076–2087.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.04.038>
- Hussain, Md., & Mahmud, I.** (2019). Pymannkendall: A python package for non parametric Mann Kendall family of trend tests. *Journal of Open Source Software*, 4(39), 1556. <https://doi.org/10.21105/joss.01556>

- Ionita, M., Scholz, P., & Chelcea, S.** (2016). Assessment of droughts in Romania using the standardized precipitation index. *Natural Hazards*, 81(3), 1483–1498. <https://doi.org/10.1007/s11069-015-2141-8>.
- IPCC.** (2023). *Summary for Policymakers*. In *Climate Change 2023: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>
- Jones, P. D., Hulme, M., Briffa, K. R., Jones, C. G., Mitchell, J. F., & Murphy, J. M.** (1996). Summer moisture availability over Europe in the Hadley Centre General Circulation Model based on the Palmer Drought severity index. *International Journal of Climatology*, 16(2), 155–172. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0088\(199602\)16:2<155::aid-joc35>3.0.co;2-k](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0088(199602)16:2<155::aid-joc35>3.0.co;2-k)
- Kao, S.-C., & Govindaraju, R. S.** (2010). A copula-based joint deficit index for droughts. *Journal of Hydrology*, 380(1–2), 121–134. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.10.029>
- Keetch, J. J., & Byram, G.** (1968). *A drought index for forest fire control (Research Paper SE-38)*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southeastern Forest Experiment Station. (Revised 1988).
- Kogan, F. N.** (1995a). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Advances in Space Research*, 15(11), 91–100. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00079-t](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-t)
- Kogan, F. N.** (1995b). Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA Polar-orbiting Satellite Data. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 76(5), 655–668. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1995\)076<0655:dotlit>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1995)076<0655:dotlit>2.0.co;2)
- Kömüscü, A. U.** (1999). *Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey*. *Drought Network News (1994-2001)*, 49. <https://digitalcommons.unl.edu/droughtnetnews/49>
- Kömüscü, A. U.** (2001). An Analysis of Recent Drought Conditions in Turkey in Relation to Circulation Patterns. *Drought Network News (1994-2001)*, 22. <https://digitalcommons.unl.edu/droughtnetnews/22>
- Lal, R.** (2003). Soil Erosion and the global carbon budget. *Environment International*, 29(4), 437–450. [https://doi.org/10.1016/s0160-4120\(02\)00192-7](https://doi.org/10.1016/s0160-4120(02)00192-7)
- Lindroth, A., Grelle, A., & Morén, A.** (1998). Long-term measurements of boreal forest carbon balance reveal large temperature sensitivity. *Global Change Biology*, 4(4), 443–450. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00165.x>

- Liu, W. T., & Kogan, F. N.** (1996). Monitoring regional drought using the Vegetation Condition Index. *International Journal of Remote Sensing*, 17(14), 2761–2782. <https://doi.org/10.1080/01431169608949106>
- Liu, X., Zhu, X., Pan, Y., Li, S., Liu, Y., & Ma, Y.** (2016). Agricultural Drought Monitoring: Progress, challenges, and prospects. *Journal of Geographical Sciences*, 26(6), 750–767. <https://doi.org/10.1007/s11442-016-1297-9>
- Luo, Y., Liu, Y., Dong, Z., Li, Q., Zhang, X., & Dong, X.** (2023). Development of multivariate standardized drought index for Large Lake basins based on the copula function: A case study of Hongze Lake Basin, China. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 50, 101586. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101586>
- McKee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J.** (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Eighth Conference on Applied Climatology*, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA.
- Mehran, A., Mazdiasni, O., & AghaKouchak, A.** (2015). A hybrid framework for assessing socioeconomic drought: Linking climate variability, local resilience, and demand. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 120(15), 7520–7533. <https://doi.org/10.1002/2015jd023147>
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)** (t.y.). 20 Ağustos 2023. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx>.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P.** (2010). A review of drought concepts. *Journal of Hydrology*, 391(1–2), 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>
- Modarres, R.** (2006). Streamflow drought time series forecasting. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 21(3), 223–233. <https://doi.org/10.1007/s00477-006-0058-1>
- Musonda, B., Jing, Y., Iyakaremye, V., & Ojara, M.** (2020). Analysis of long-term variations of drought characteristics using standardized precipitation index over Zambia. *Atmosphere*, 11(12), 1268. <https://doi.org/10.3390/atmos11121268>.
- Nalbantis, I., & Tsakiris, G.** (2008). Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management*, 23(5), 881–897. <https://doi.org/10.1007/s11269-008-9305-1>
- Narasimhan, B., & Srinivasan, R.** (2005). Development and evaluation of soil moisture deficit index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit index (ETDI) for Agricultural Drought Monitoring. *Agricultural and Forest Meteorology*, 133(1–4), 69–88. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2005.07.012>
- Obasi, G. O. P.** (1994). WMO's role in the international decade for natural disaster reduction. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 75(9), 1655–1661.

- Oyounalsoud, M. S., Abdallah, M., Gokhan Yilmaz, A., Siddique, M., & Atabay, S.** (2023). A new meteorological drought index based on Fuzzy Logic: Development and comparative assessment with conventional drought indices. *Journal of Hydrology*, 619, 129306. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129306>
- Özfidaner, M., Şapolyo, D., & Topaloğlu, F.** (2018). Seyhan Havzası Akım Verilerinin Hidrolojik Kuraklık Analizi. *Toprak Su Dergisi*, 57–64. <https://doi.org/10.21657/topraksu.410140>
- Palmer, W. C.** (1968). Keeping track of crop moisture conditions, nationwide: The New Crop Moisture Index. *Weatherwise*, 21(4), 156–161. <https://doi.org/10.1080/00431672.1968.9932814>
- Palmer, W.C.** (1965). Meteorological drought. *US Department of Commerce. Weather Bureau, Research Paper No. 45*, p. 58.
- Panu, U. S., & Sharma, T. C.** (2002). Challenges in drought research: Some perspectives and Future Directions. *Hydrological Sciences Journal*, 47(sup1). <https://doi.org/10.1080/02626660209493019>
- Rossi, G., Benedini, M., Tsakiris, G., & Giakoumakis, S.** (1992). On regional drought estimation and analysis. *Water Resources Management*, 6(4), 249–277. <https://doi.org/10.1007/bf00872280>
- Sardans, J., & Peñuelas, J.** (2013). Plant-soil interactions in Mediterranean forest and shrublands: Impacts of climatic change. *Plant and Soil*, 365(1–2), 1–33. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1591-6>
- Sepulcre-Canto, G., Horion, S., Singleton, A., Carrao, H., & Vogt, J.** (2012). Development of a combined drought indicator to detect agricultural drought in Europe. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(11), 3519–3531. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-3519-2012>
- Shafer, B.A., Dezman, L.E.** (1982). Development of a surface water supply index (SWSI) to assess the severity of drought conditions in snowpack runoff areas. In: Preprints, Western Snow Conference, Reno, NV, Colorado State University, pp 164-175.
- Sönmez, F. K., Kömüscü, A. Ü., Erkan, A., & Turgu, E.** (2005). An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. *Natural Hazards*, 35(2), 243–264. <https://doi.org/10.1007/s11069-004-5704-7>
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM)** (2016). Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı. Ankara.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM)** (2019a). Ceyhan Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Ankara.

- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM)** (2019b). Seyhan Havzası Kuraklık Yönetim Planı. Ankara.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM)** (2020). Çoruh Havzası Taşkın Yönetim Planı. Ankara.
- Svoboda, M. D., & Fuchs, B. A.** (2016). *Handbook of Drought Indicators and indices*. Integrated Drought Management Programme (IDMP), *Integrated Drought Management Tools and Guidelines Series 2*. Geneva.
- Svoboda, M. D., LeComte, D., Hayes, M., Heim, R., Gleason, K., Angel, J., ... Stephens, S.** (2002). *The Drought Monitor*. Drought Mitigation Center Faculty Publications, 166. Şuradan alındı
<https://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/166>
- Şen, Z.** (2012). Innovative Trend Analysis Methodology. *Journal of Hydrologic Engineering*, 17(9), 1042–1046. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)he.1943-5584.0000556](https://doi.org/10.1061/(asce)he.1943-5584.0000556)
- Tallaksen, L., & van Lanen, H. A. J.** (2004). *Hydrological drought. Processes and estimation methods for streamflow and groundwater*. (Developments in water science; No. 48). Elsevier.
- Tigkas, D., Vangelis, H., & Tsakiris, G.** (2014). DrinC: A software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics*, 8(3), 697–709. <https://doi.org/10.1007/s12145-014-0178-y>
- Tijdeman, E., Stahl, K., & Tallaksen, L. M.** (2020). Drought characteristics derived based on the standardized streamflow index: A large sample comparison for parametric and nonparametric methods. *Water Resources Research*, 56(10). <https://doi.org/10.1029/2019wr026315>.
- Tsakiris, G. and Vangelis, H.** (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, Vol. 9/10: pp.3-11.
- Türkeş, M.** (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16(9), 1057–1076. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0088\(199609\)16:9<1057::aid-joc75>3.0.co;2-d](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0088(199609)16:9<1057::aid-joc75>3.0.co;2-d)
- Türkeş, M., & Tatlı, H.** (2009). Use of the standardized precipitation index (SPI) and a modified SPI for shaping the drought probabilities over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29(15), 2270–2282. <https://doi.org/10.1002/joc.1862>
- Türkeş, M., Sümer, U. M., & Kılıç, G.** (1996). Observed changes in maximum and minimum temperatures in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16(4), 463–477. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0088\(199604\)16:4<463::aid-joc13>3.0.co;2-g](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0088(199604)16:4<463::aid-joc13>3.0.co;2-g)

- United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD).** (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa*. Retrieved August 18, 2023 from <https://www.unccd.int>.
- Van Loon, A. F., & Laaha, G.** (2015). Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of Hydrology*, 526, 3–14. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.10.059>
- Varol, T., Atesoglu, A., Ozel, H. B., & Cetin, M.** (2023). Copula-based multivariate standardized drought index (MSDI) and length, severity, and frequency of hydrological drought in the upper Sakarya Basin, Turkey. *Natural Hazards*, 116(3), 3669–3683. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-05830-4>
- Vicente-Serrano, S. M., Beguería, S., & López-Moreno, J. I.** (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation Evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718. <https://doi.org/10.1175/2009jcli2909.1>
- Vicente-Serrano, S. M., Quiring, S. M., Peña-Gallardo, M., Yuan, S., & Domínguez-Castro, F.** (2020). A review of environmental droughts: Increased risk under global warming? *Earth-Science Reviews*, 201, 102953. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.102953>
- Waseem, M., Ajmal, M., & Kim, T.-W.** (2015). Development of a new composite drought index for Multivariate Drought Assessment. *Journal of Hydrology*, 527, 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.04.044>
- Wells, N., Goddard, S., & Hayes, M. J.** (2004). A self-calibrating palmer drought severity index. *Journal of Climate*, 17(12), 2335–2351. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<2335:aspsdi>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<2335:aspsdi>2.0.co;2)
- Wilhite, D. A.** (1992). Drought. Şuradan erişildi <http://digitalcommons.unl.edu/droughtfacpub/64>
- Wilhite, D. A., & Glantz, M. H.** (1985). Understanding: The drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*, 10(3), 111–120. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>
- Wilhite, D. A., Svoboda, M. D., & Hayes, M. J.** (2007). Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water Resources Management*, 21(5), 763–774. <https://doi.org/10.1007/s11269-006-9076-5>
- Wilhite, D.A.** (2000). Chapter 1 drought as a natural hazard: concepts and definitions. University of Nebraska - Lincoln DigitalCommons@University of Nebraska – Lincoln.
- World Meteorological Organization** (2006). Drought monitoring and early warning: concepts, progress and future challenges. Weather-Climate-Water.

127 Weather and climate information for sustainable agricultural development. WMO No. 1006.

- Wu, J., Chen, X., Yao, H., Gao, L., Chen, Y., & Liu, M.** (2017). Non-linear relationship of hydrological drought responding to meteorological drought and impact of a large reservoir. *Journal of Hydrology*, 551, 495–507. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.06.029>.
- Wu, J., Miao, C., Tang, X., Duan, Q., & He, X.** (2018). A nonparametric standardized runoff index for characterizing hydrological drought on the Loess Plateau, China. *Global and Planetary Change*, 161, 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.12.006>
- Yevjevich, V.** (1967). An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts. *Hydrology Papers* 23, Colorado State University Fort Collins.
- Yüce, M. I., Aksoy, H., Önöz, B., Çetin, M., Eriş, E., Eşit, M., Burgan, H. İ., Oğuz, A., Kalaçi, O.** (2019). İklim Değişikliğinin Yağışlar Üzerine Etkisi: Kahramanmaraş ve Osmaniye Örneği. In Ceyhan Özçelik (Ed.), *10. Ulusal Hidroloji Kongresi Bildiriler Kitabı* (pp. 375-388). URL: [www.hidrolojix.mu.edu.tr/]
- Yüce, M. I., Deger, I. H., & Esit, M.** (2023). Hydrological drought analysis of Yeşilırmak Basin of Turkey by Streamflow Drought Index (SDI) and Innovative Trend Analysis (ITA). *Theoretical and Applied Climatology*, 153(3–4), 1439–1462. <https://doi.org/10.1007/s00704-023-04545-7>
- Zargar, A., Sadiq, R., Naser, B., & Khan, F. I.** (2011). A review of drought indices. *Environmental Reviews*, 19(NA), 333–349. <https://doi.org/10.1139/a11-013>
- Zhang, Y., Huang, S., Huang, Q., Leng, G., Wang, H., & Wang, L.** (2019). Assessment of drought evolution characteristics based on a nonparametric and Trivariate Integrated Drought index. *Journal of Hydrology*, 579, 124230. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.124230>.
- Url-1** <<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/projected-change-inmaximum-100>>, erişim tarihi: 10.08.2023.
- Url-2** <<https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik-analizi.aspx>>, erişim tarihi: 20.06.2023.

EKLER

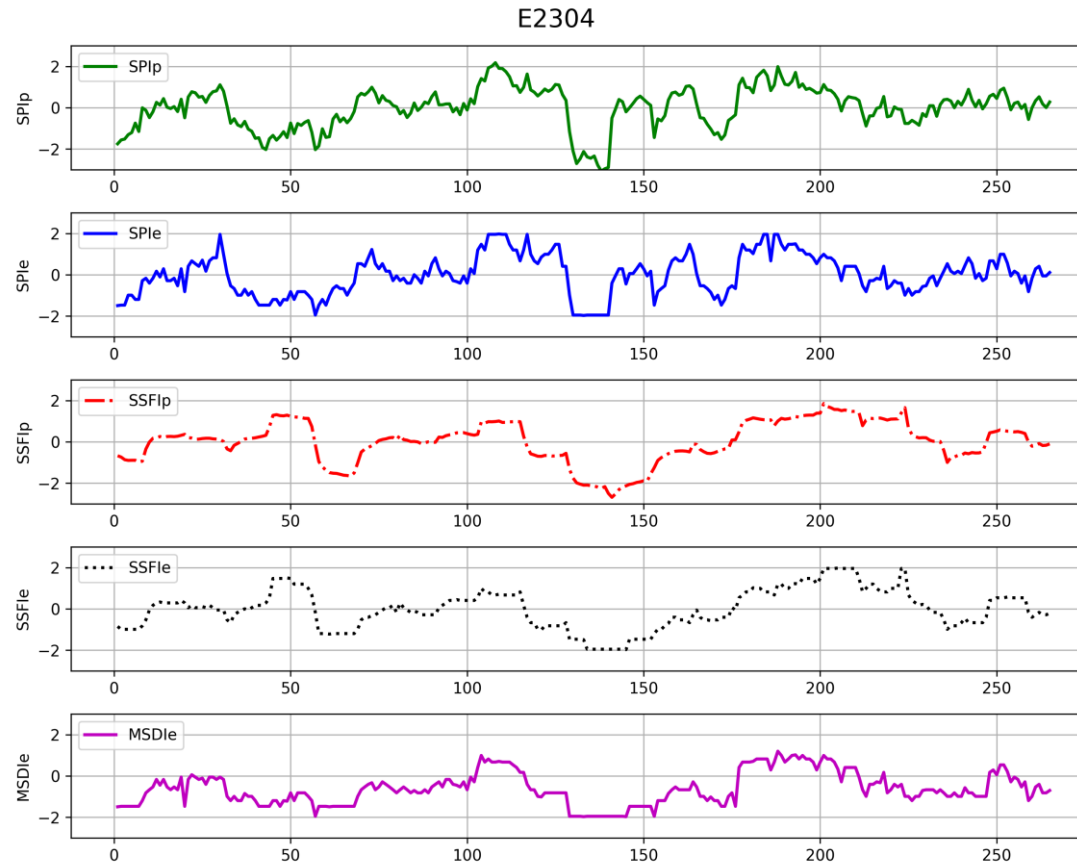
EK A: Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzalarında hesaplanan kuraklık indisleri.

EK B: Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzalarında hesaplanan indis olasılıkları.

EK C: Çoruh, Seyhan ve Ceyhan Havzalarında trend analizi sonuçları.

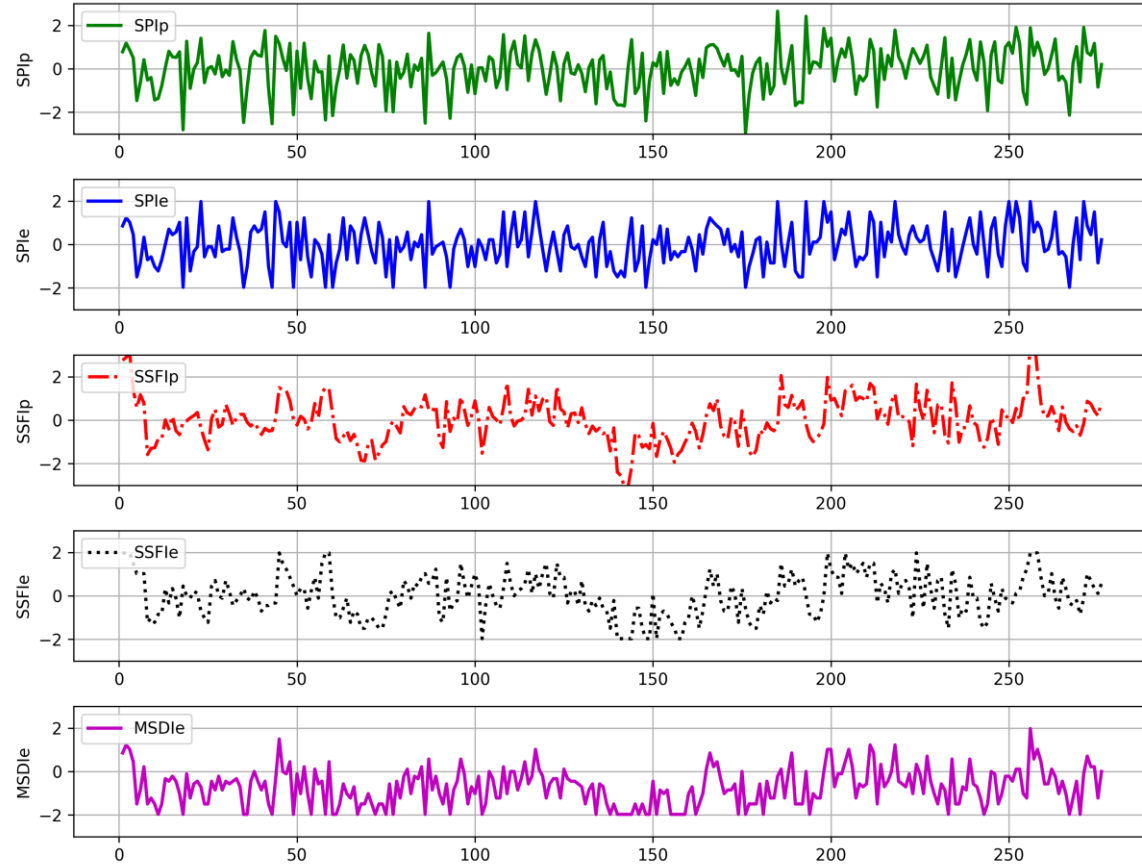


EK A:



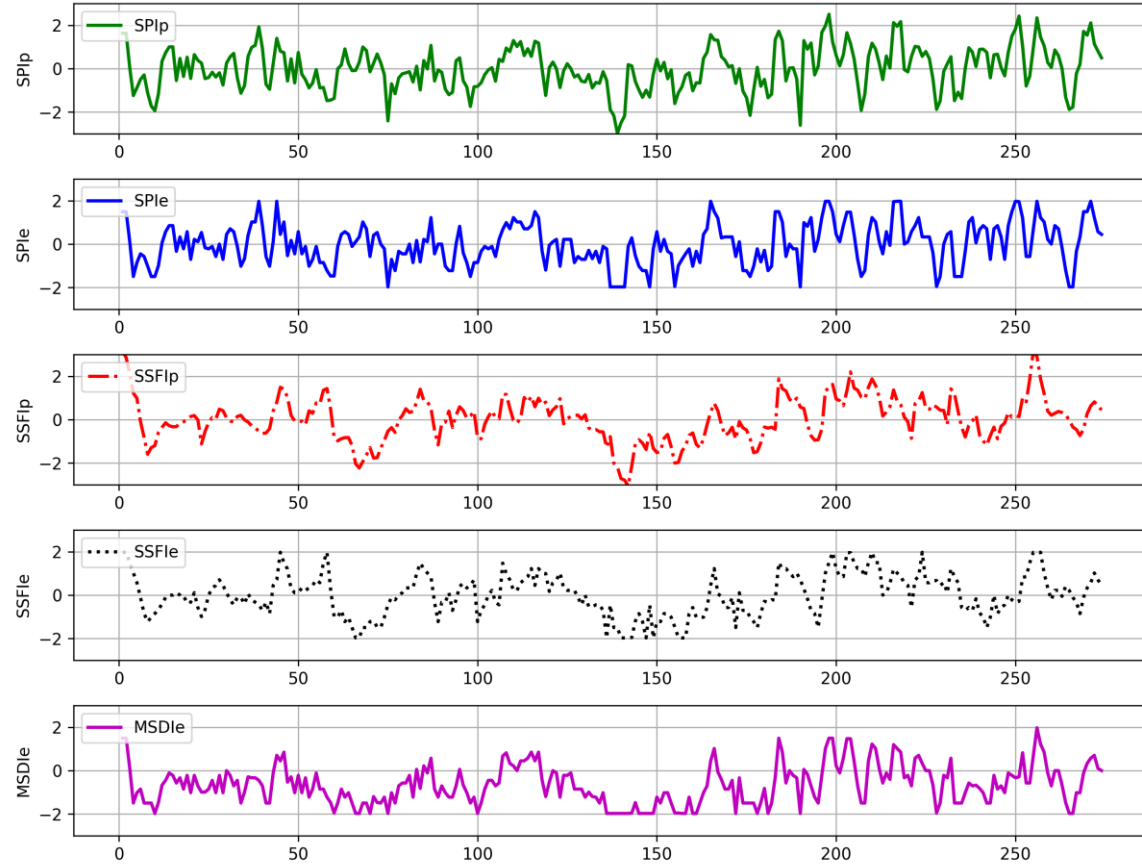
Şekil A. 1: E2304 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2316



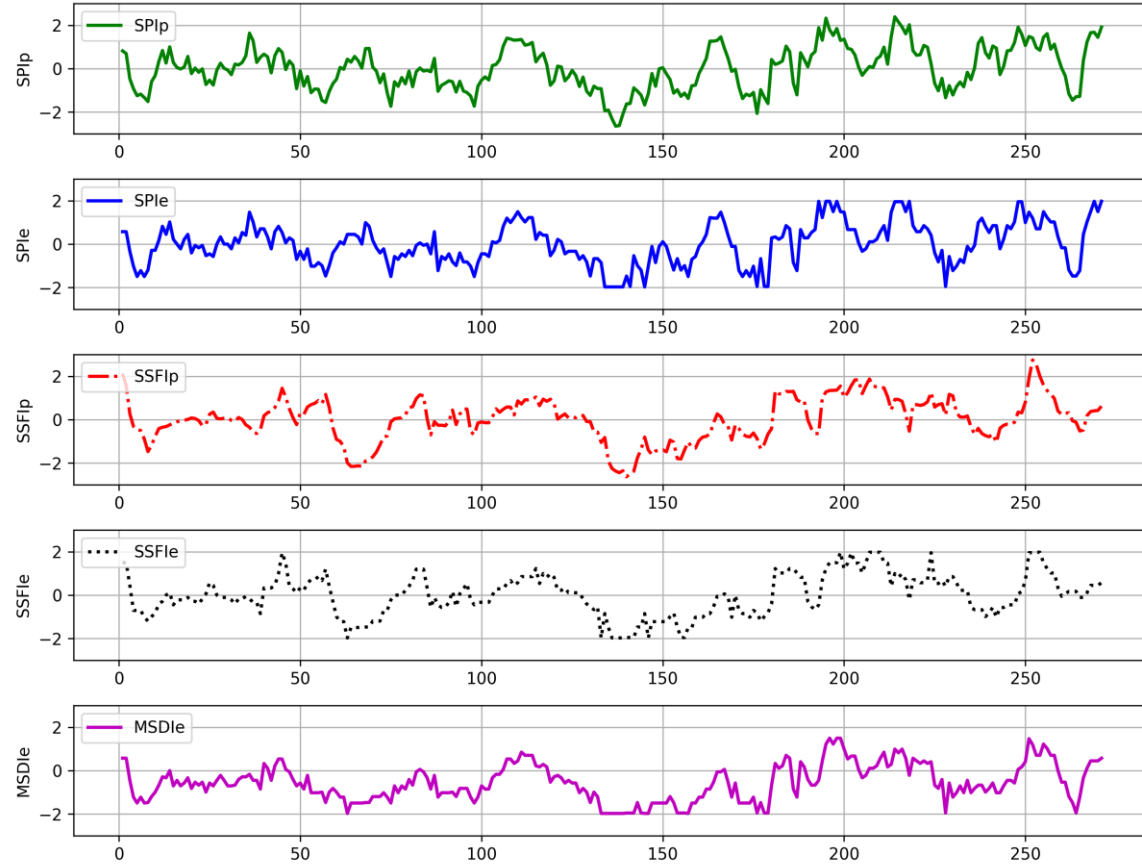
Şekil A. 2: E2316 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2316



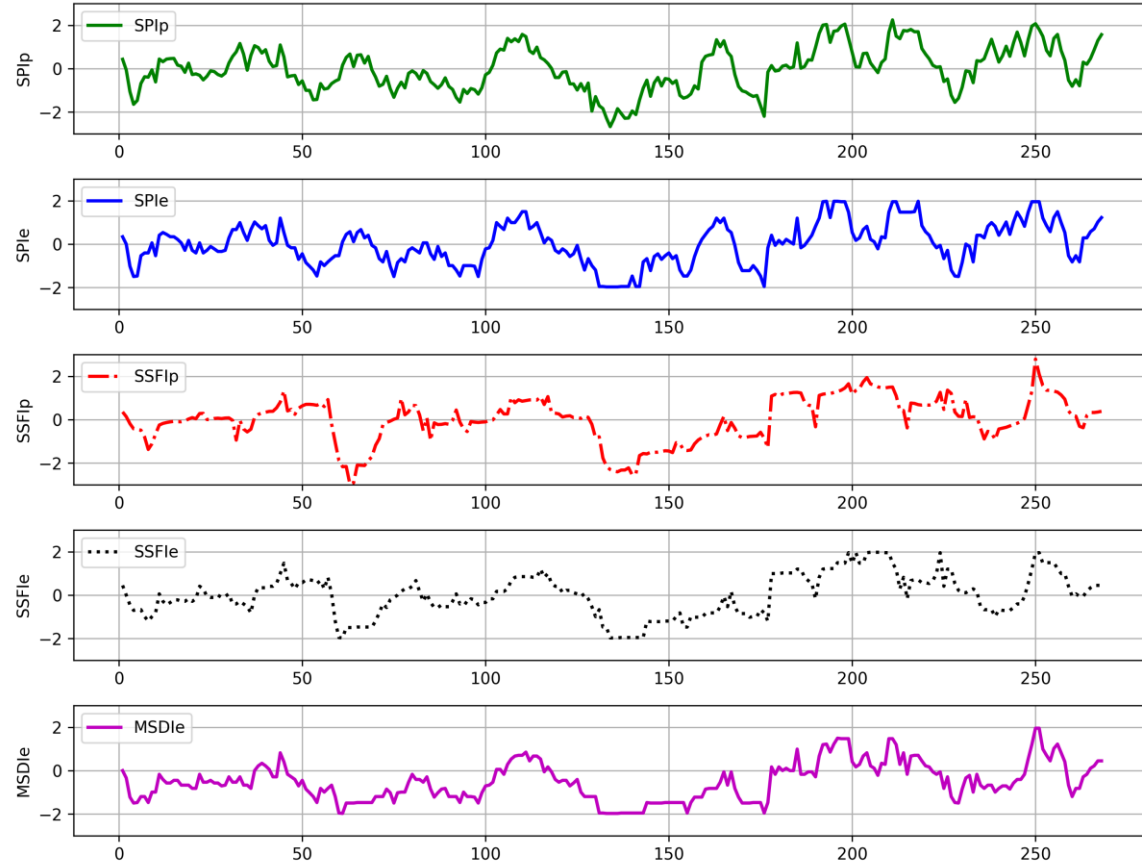
Şekil A. 3: E2316 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2316



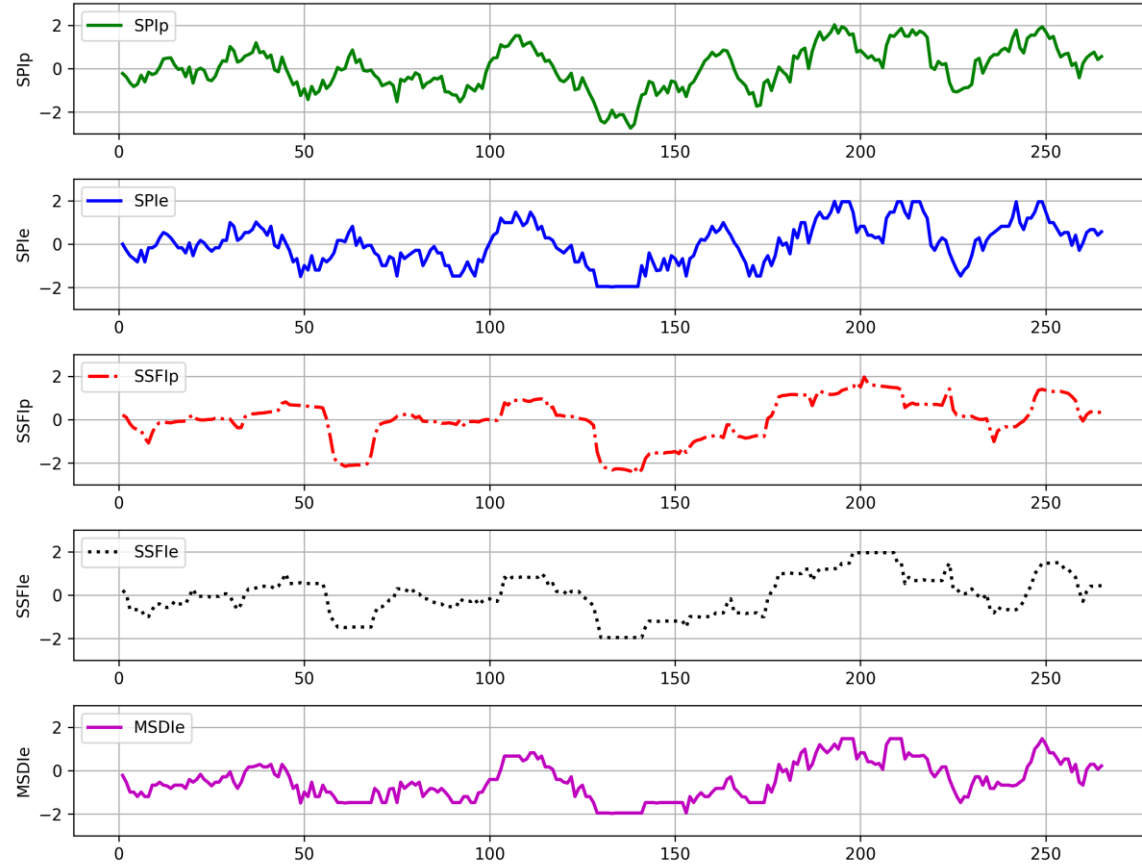
Şekil A. 4: E2316 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2316



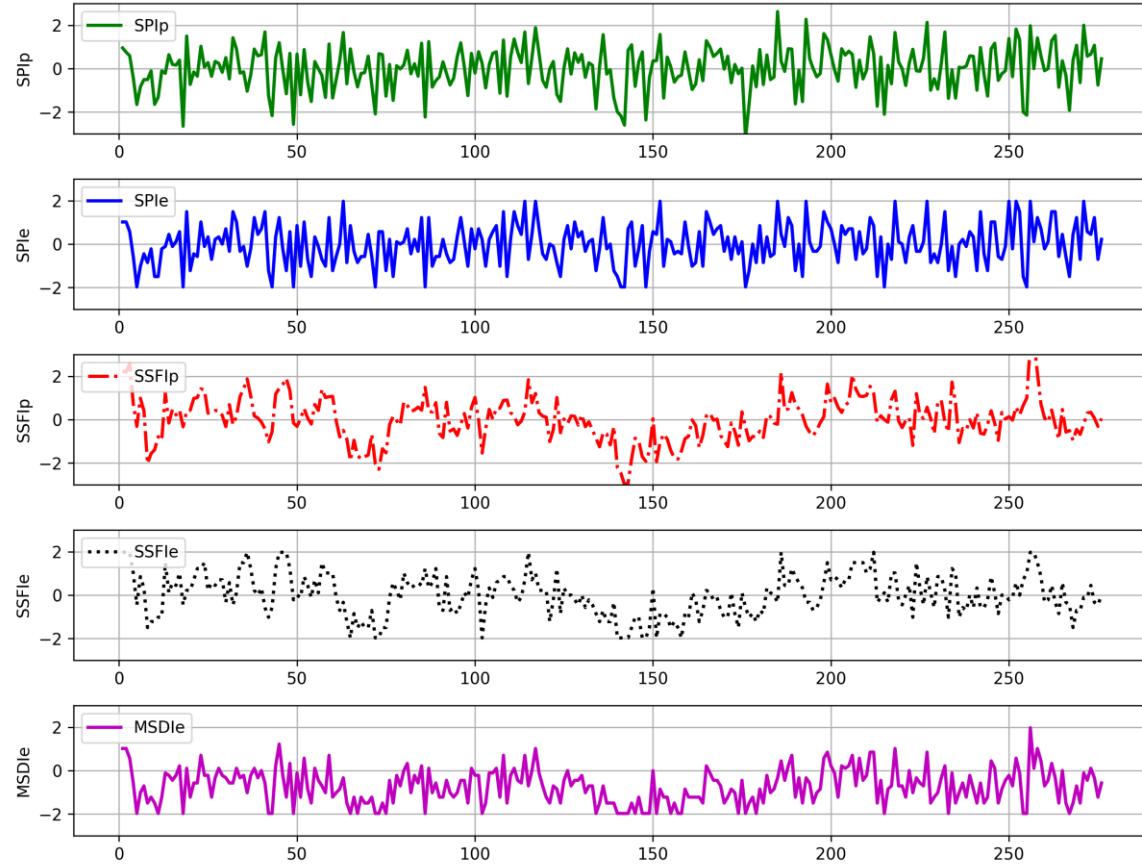
Şekil A. 5: E2316 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2316



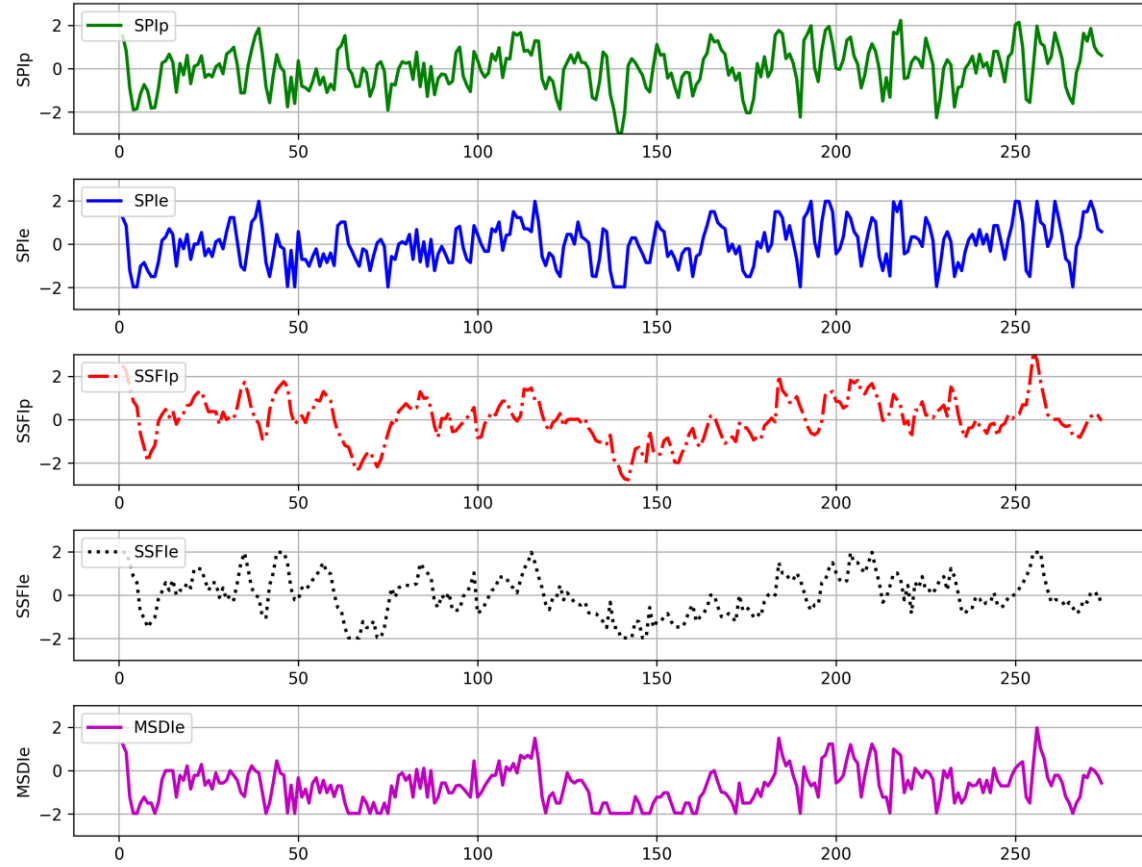
Şekil A. 6: E2316 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2320

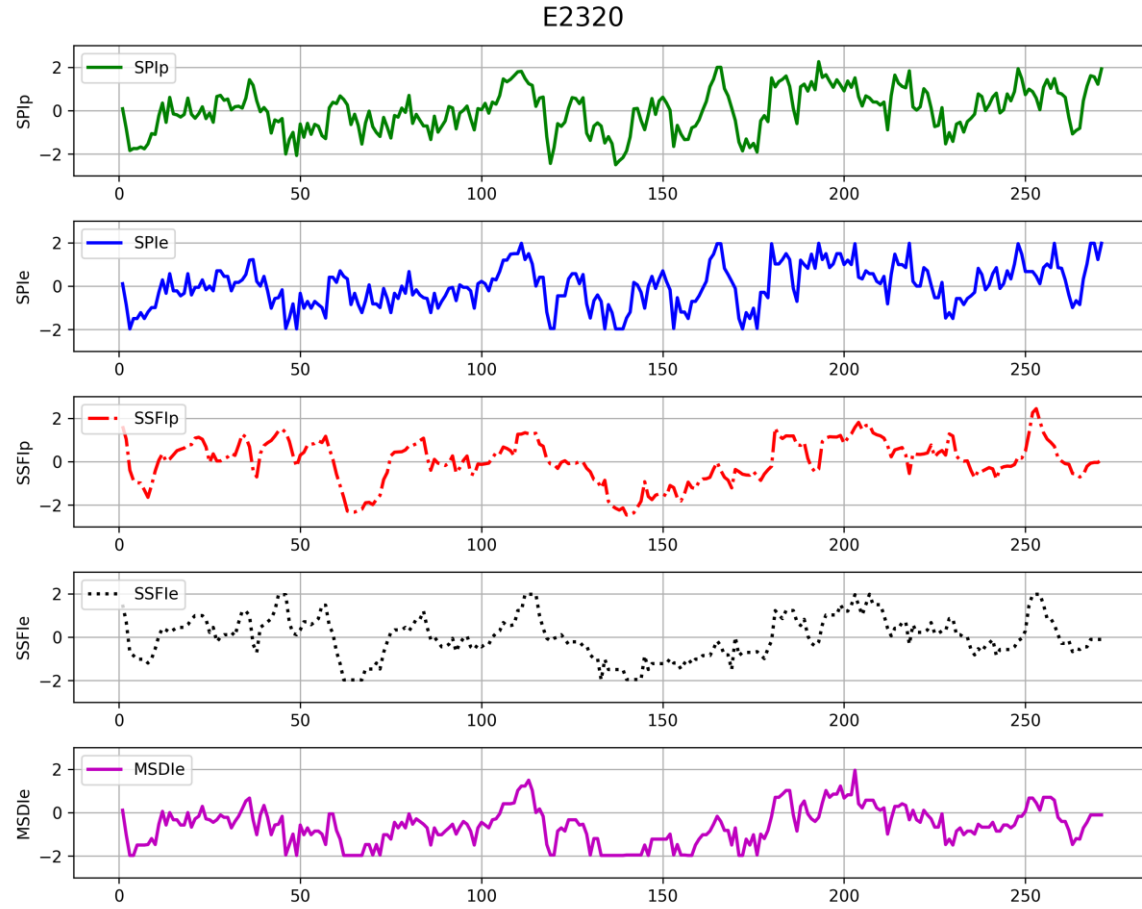


Şekil A. 7: E2320 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2320

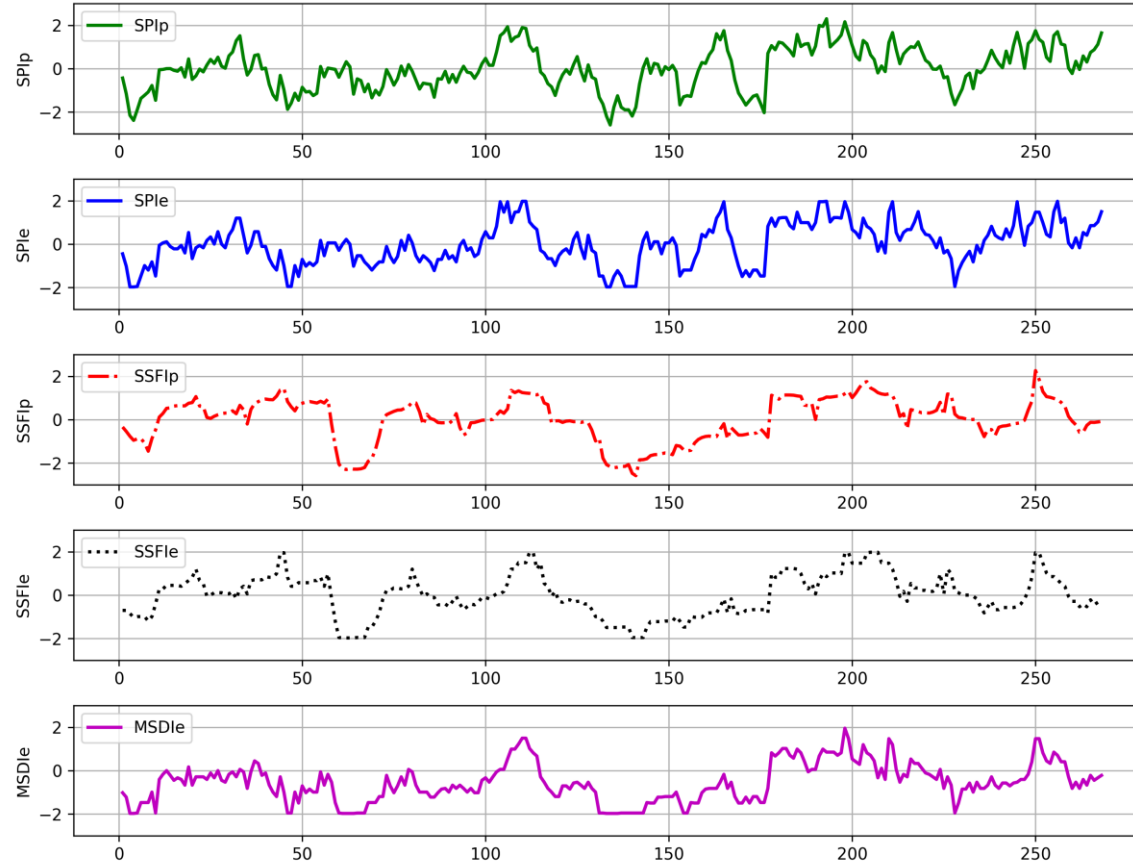


Şekil A. 8: E2320 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



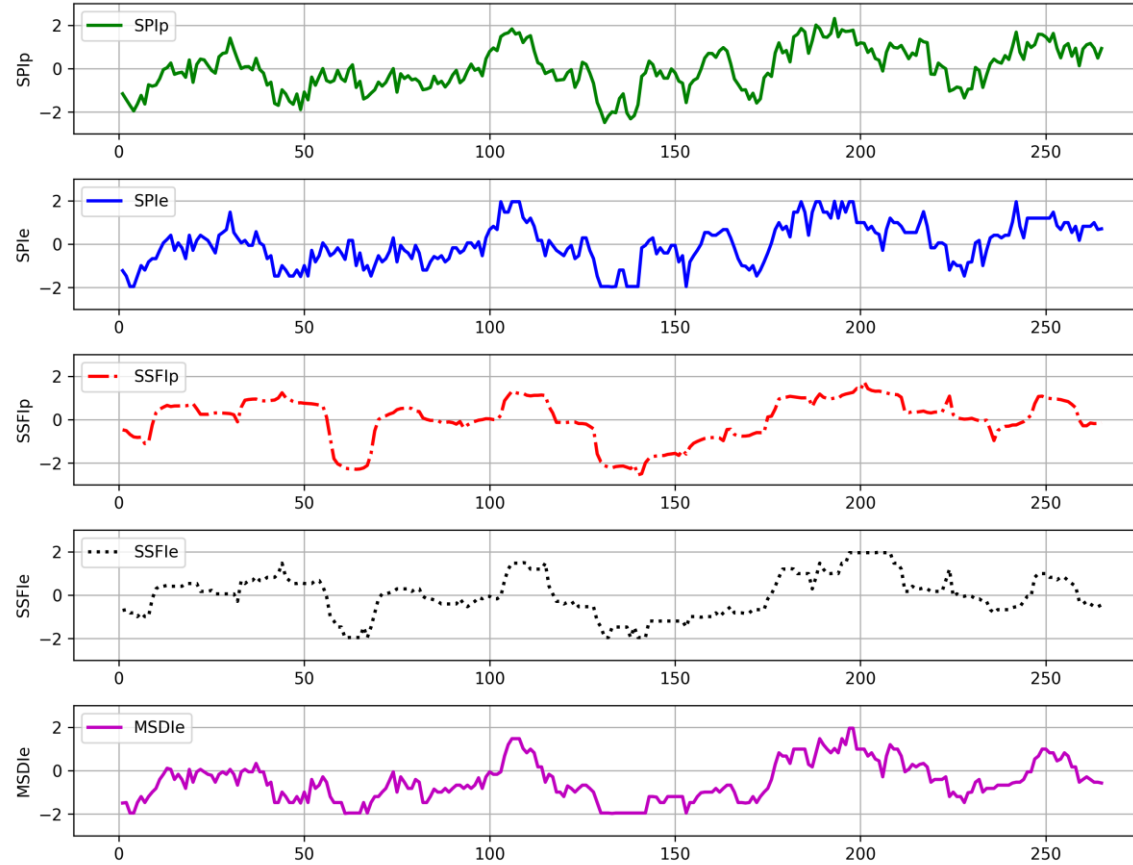
Şekil A. 9: E2320 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2320

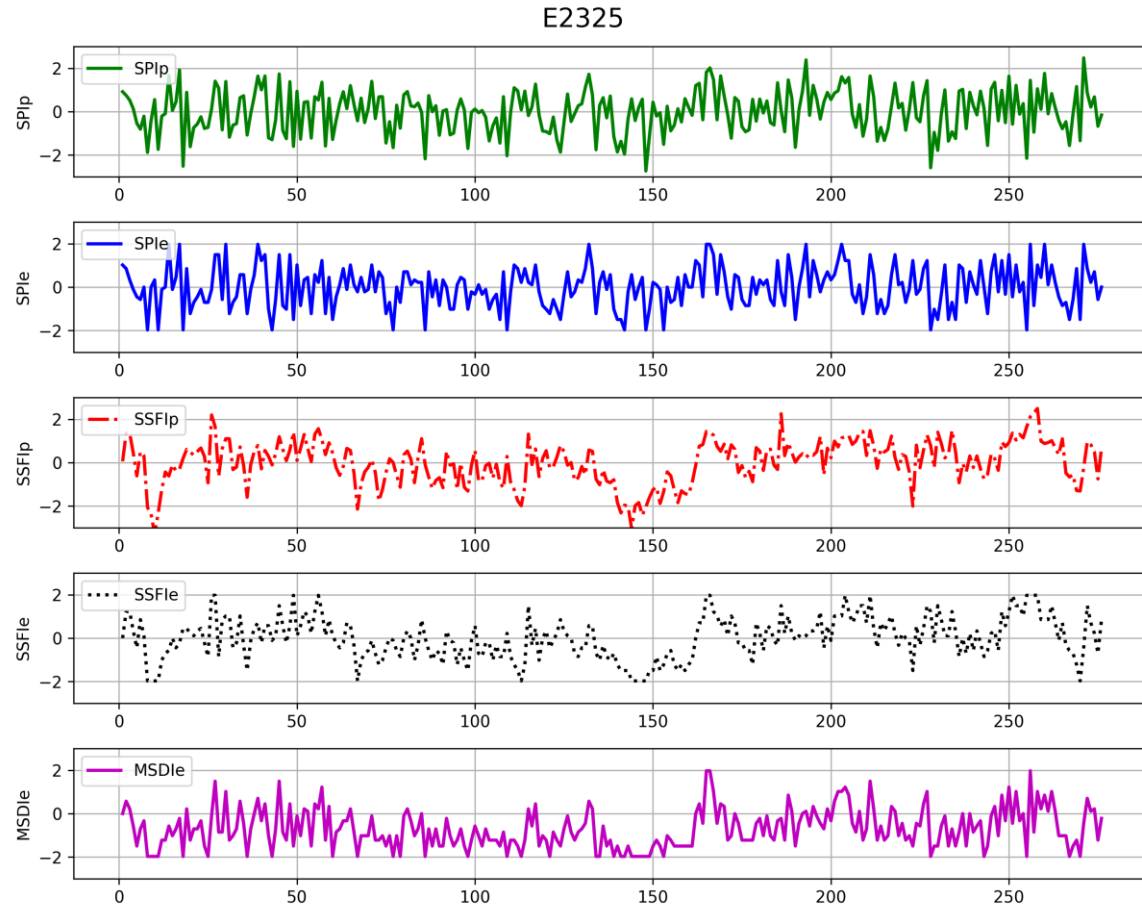


Şekil A. 10: E2320 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

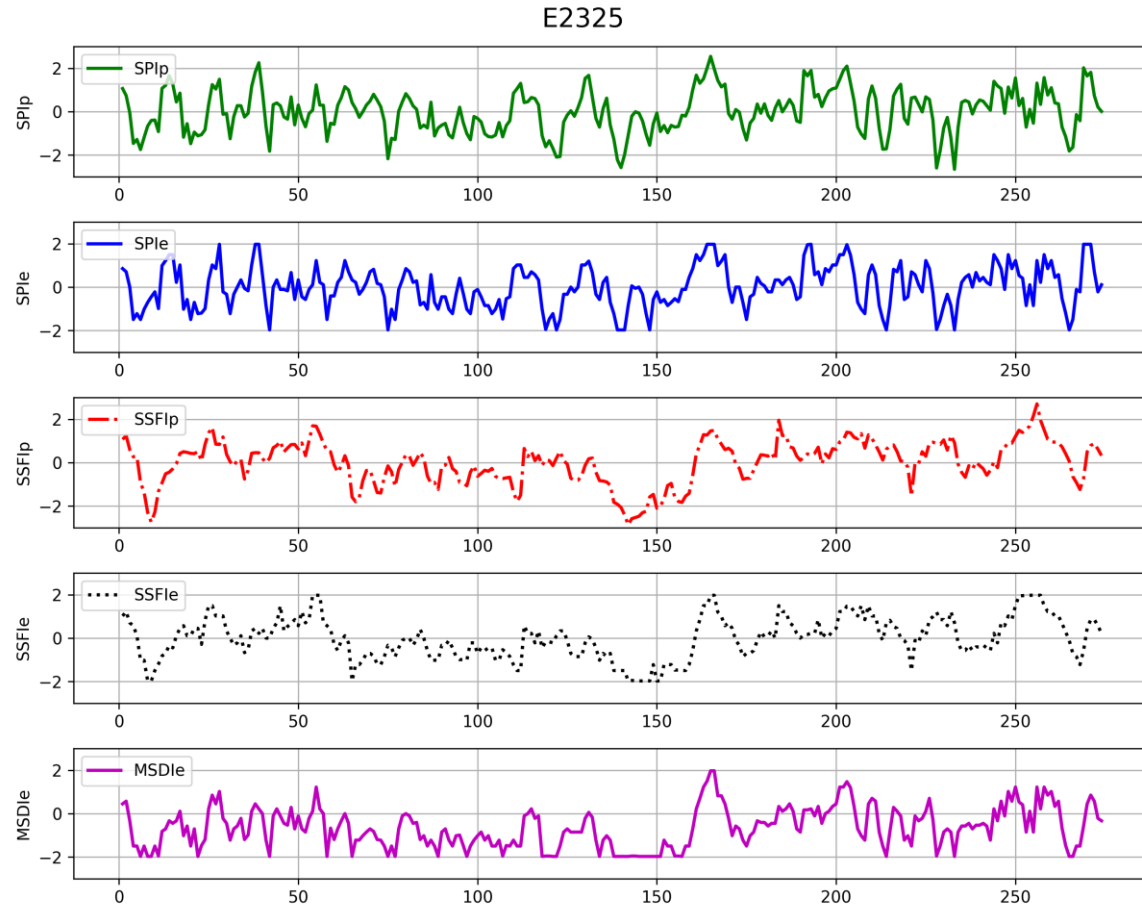
E2320



Şekil A. 11: E2320 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

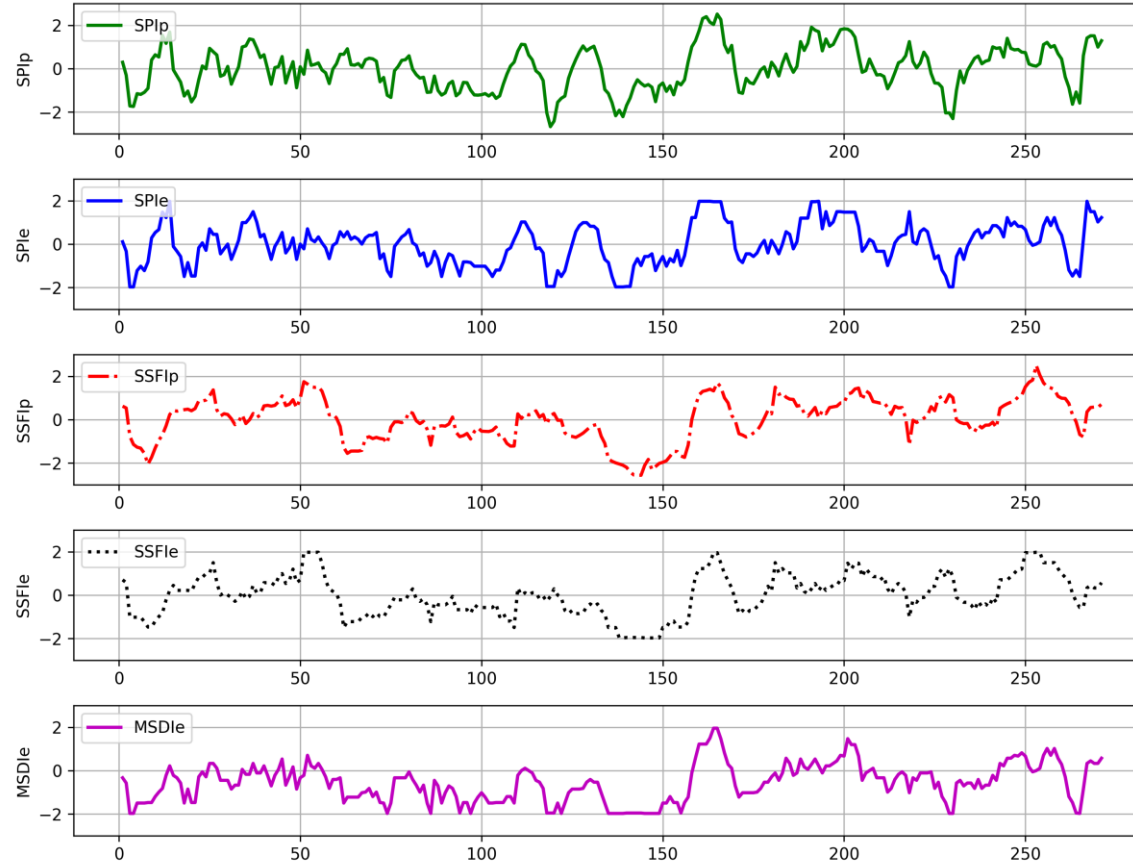


Şekil A. 12: E2325 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



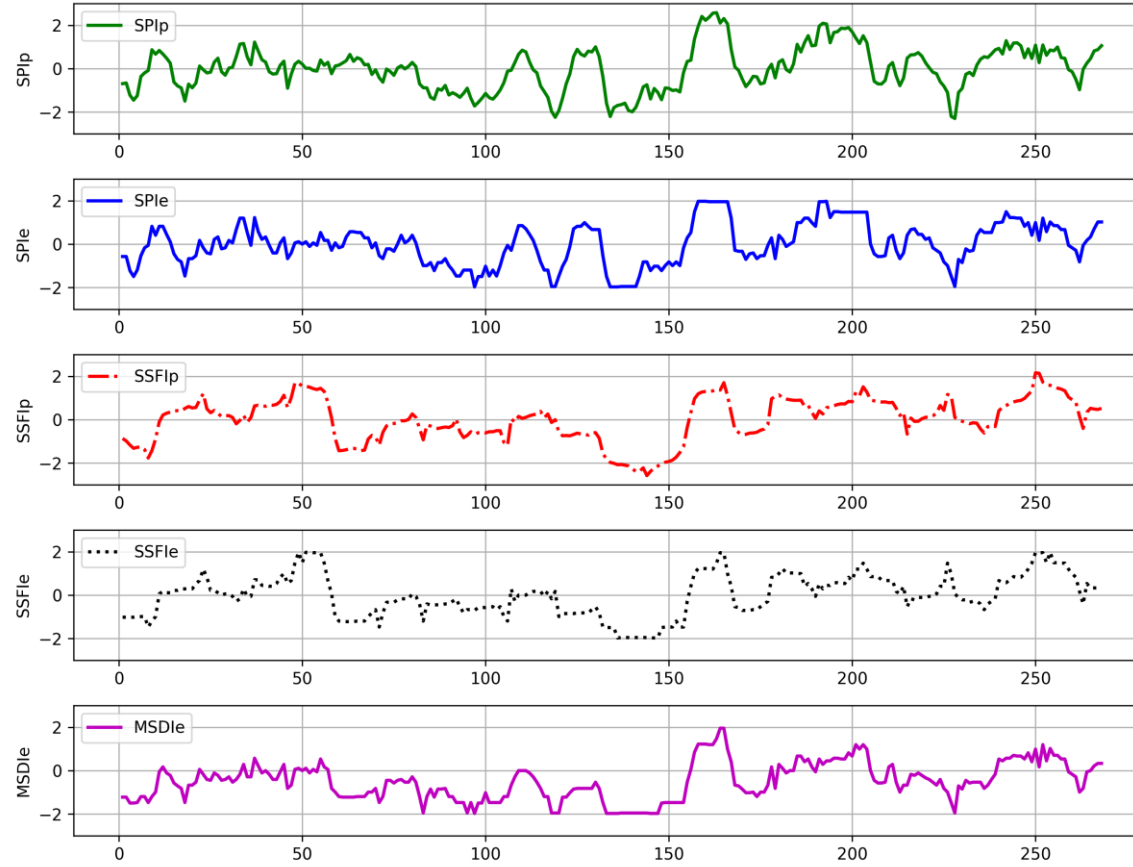
Şekil A. 13: E2320 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2325



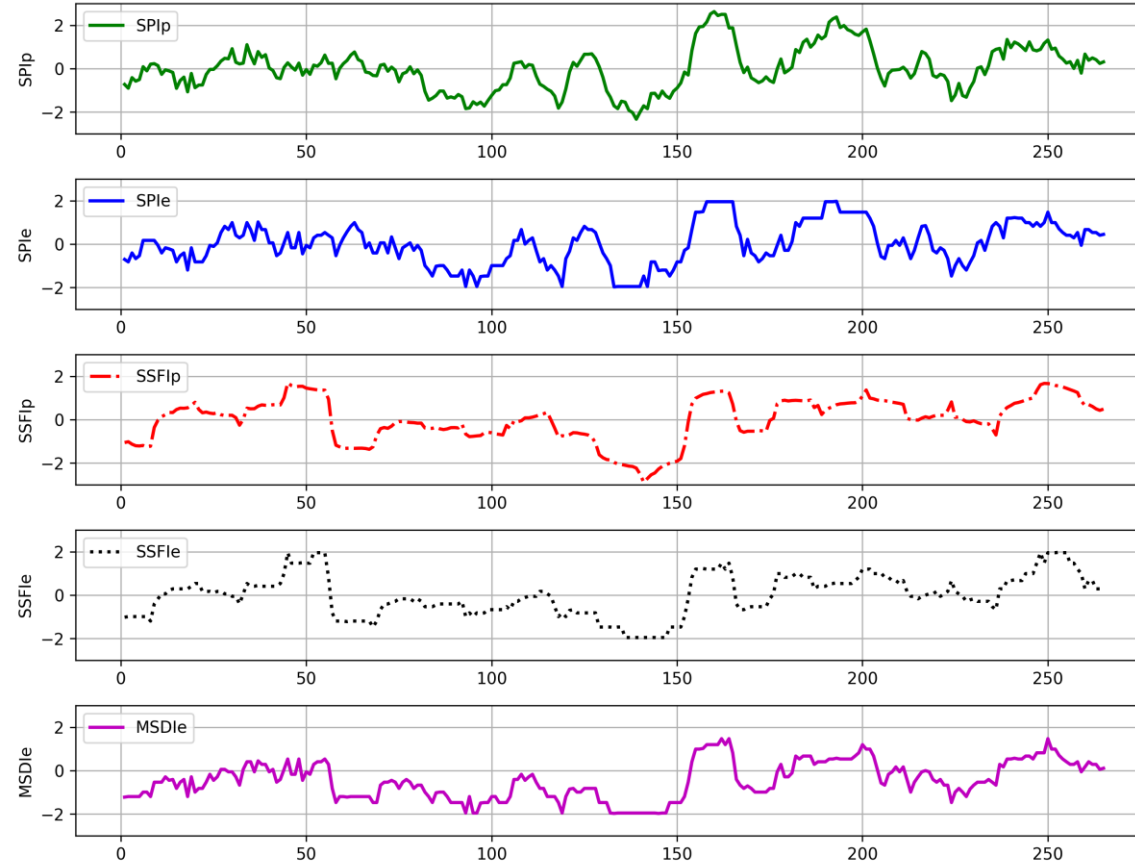
Şekil A. 14: E2320 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2325



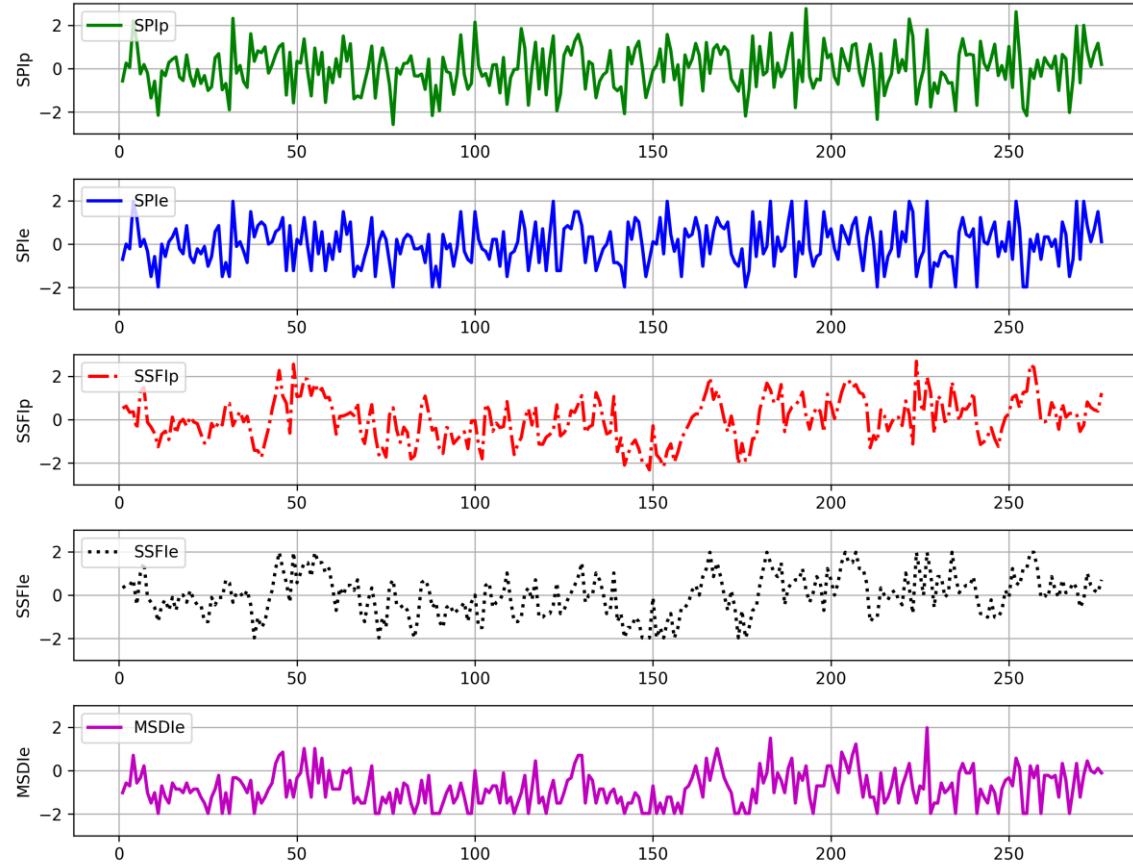
Şekil A. 15: E2320 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2325



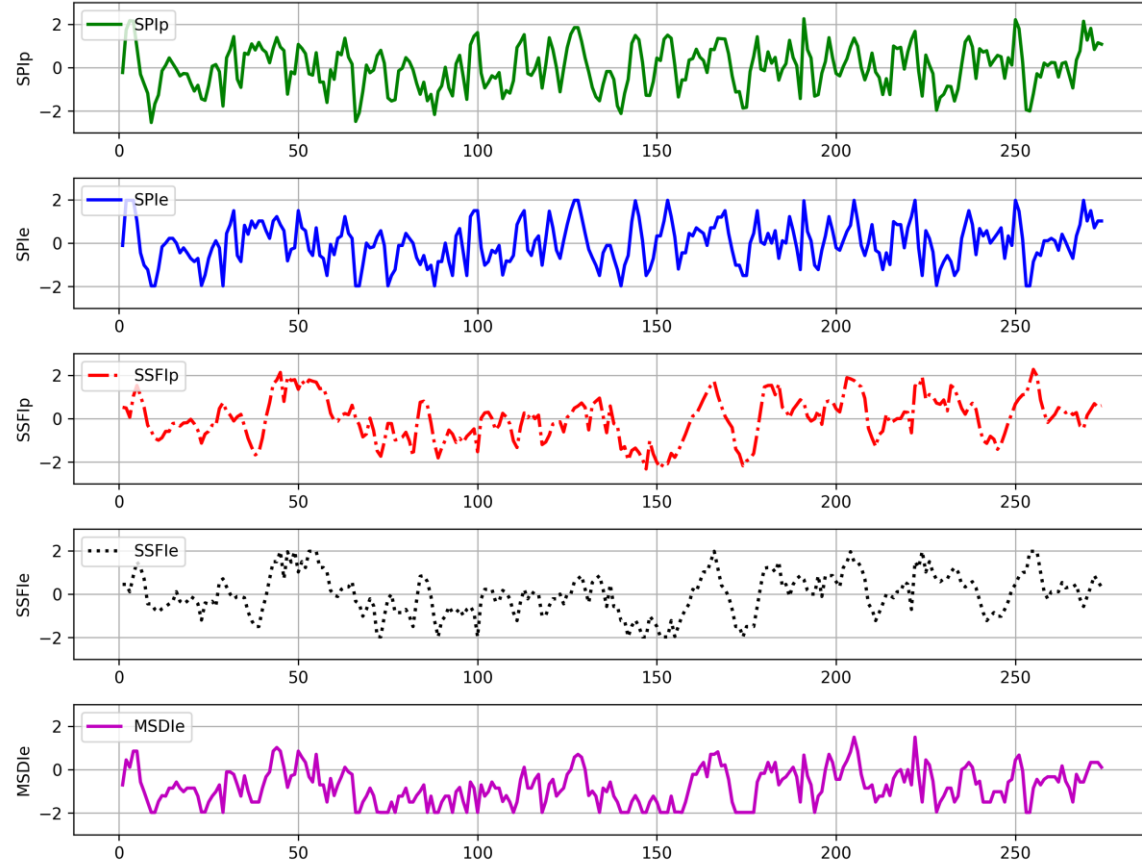
Şekil A. 16: E2320 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2328



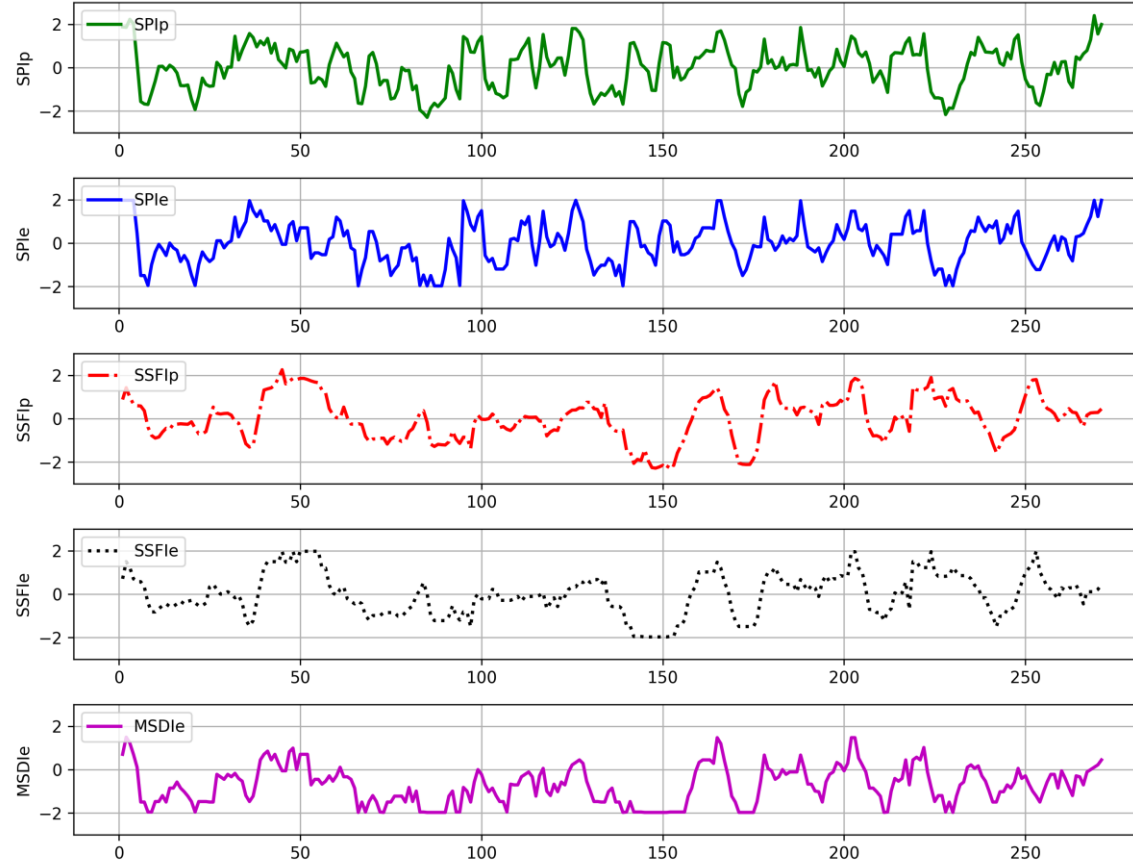
Şekil A. 17: E2328 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2328



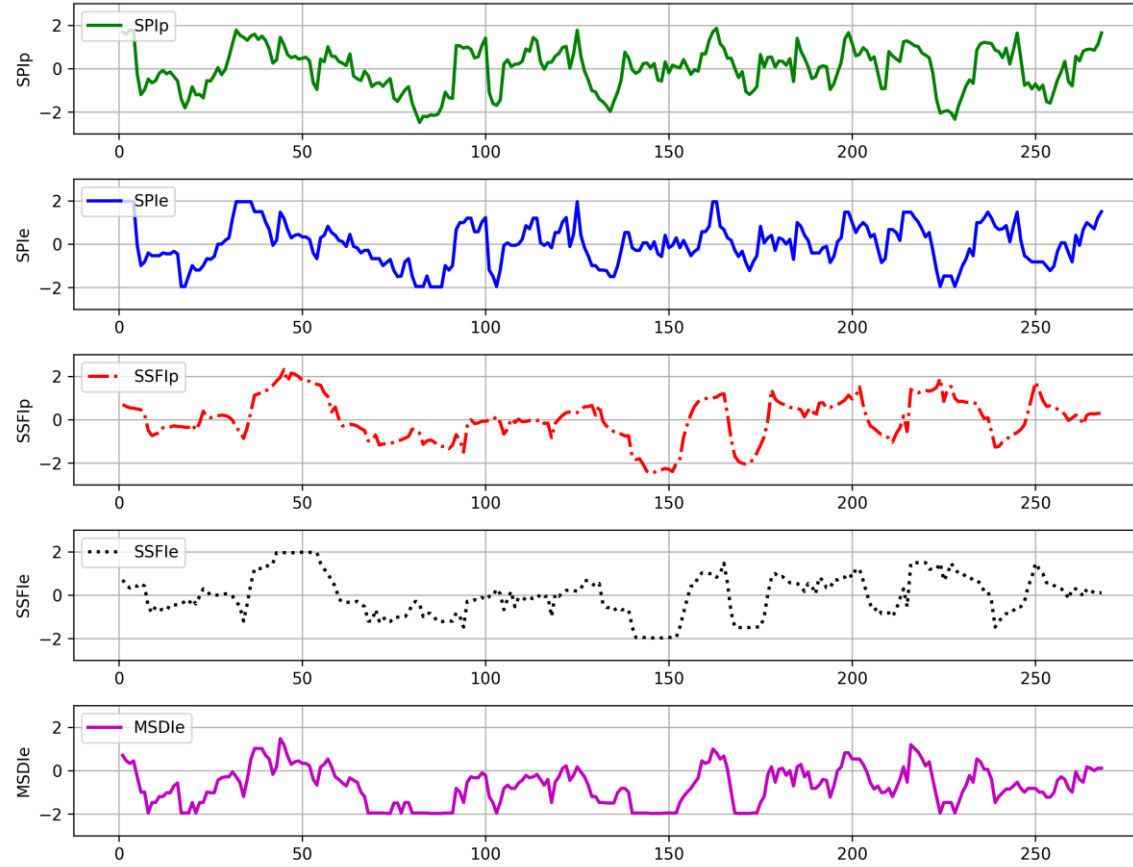
Şekil A. 18: E2328 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2328



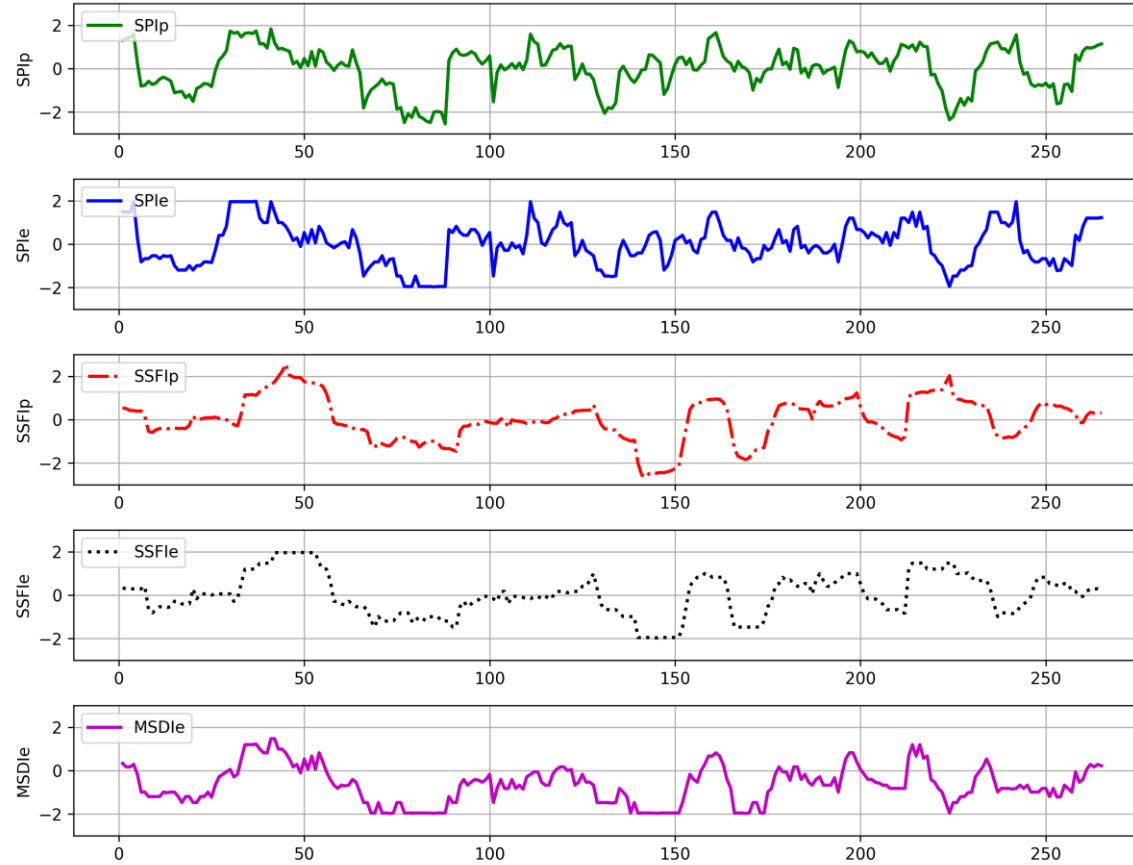
Şekil A. 19: E2328 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2328



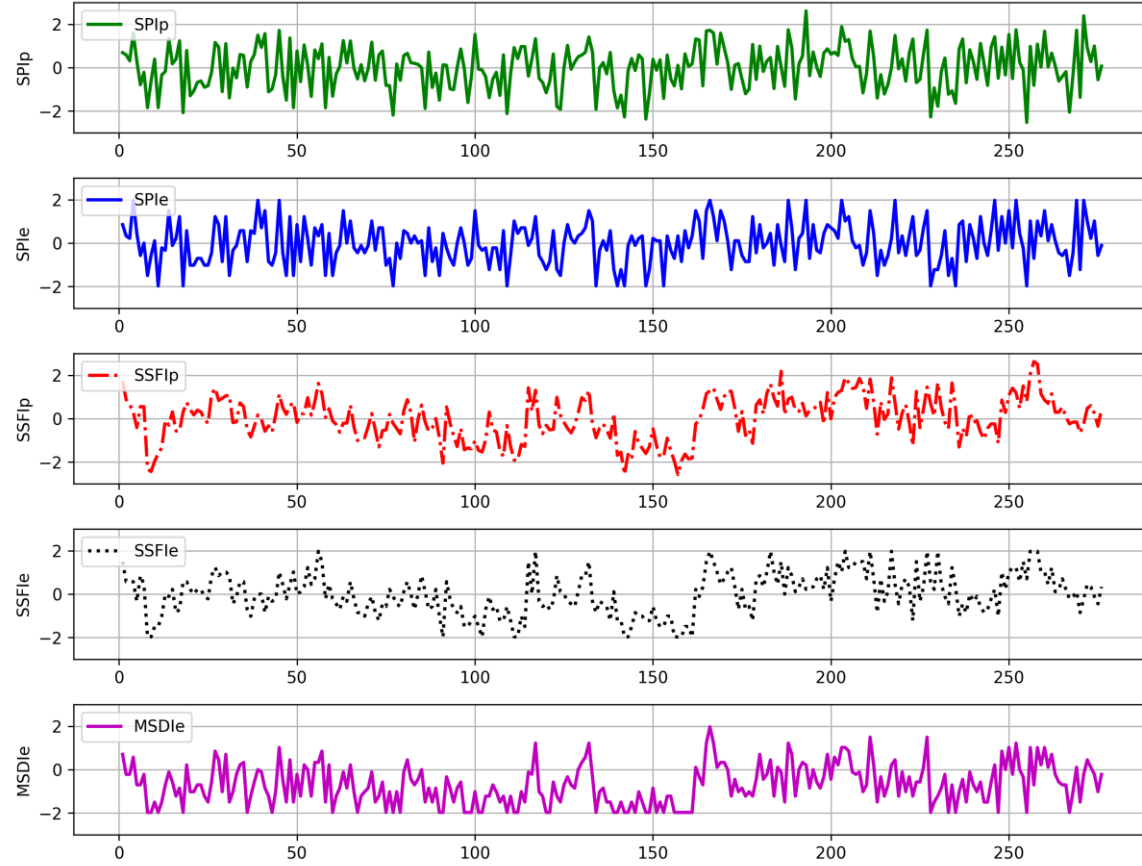
Şekil A. 20: E2328 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2328

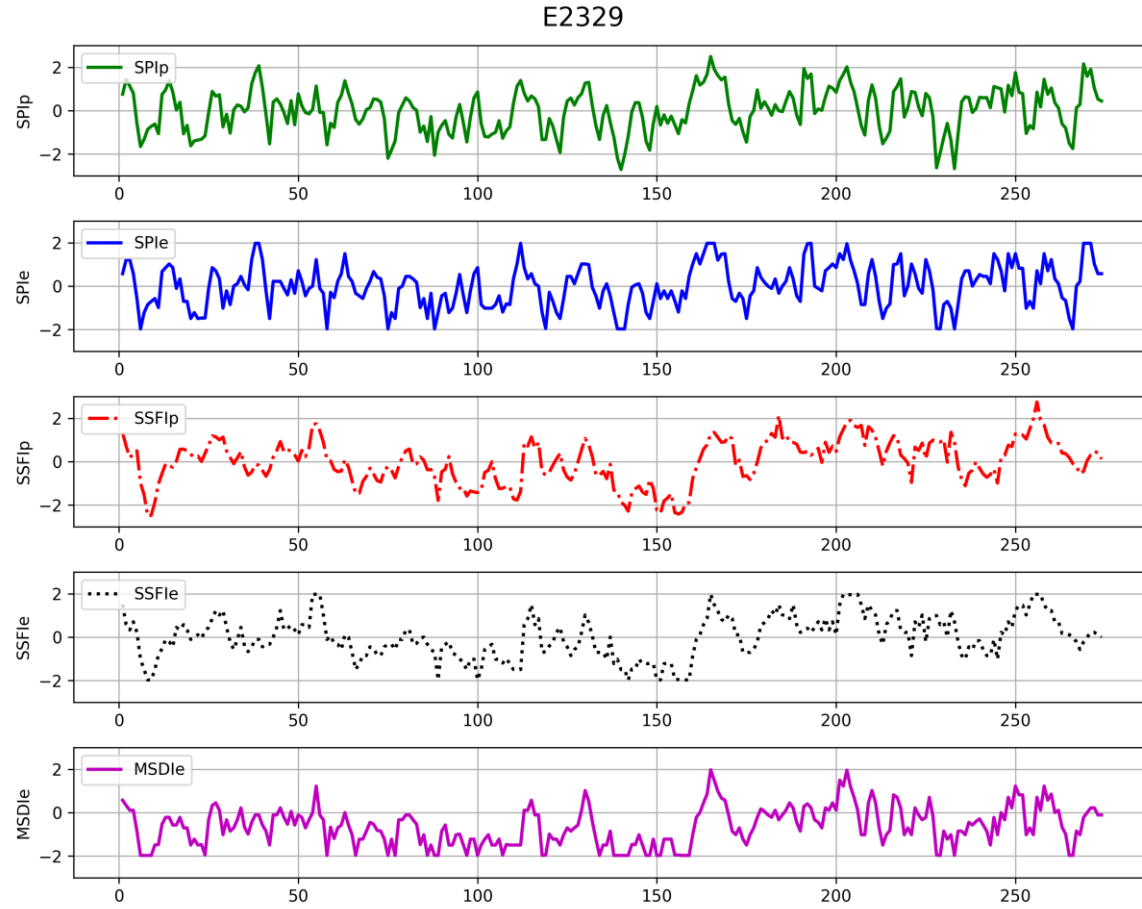


Şekil A. 21: E2328 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2329

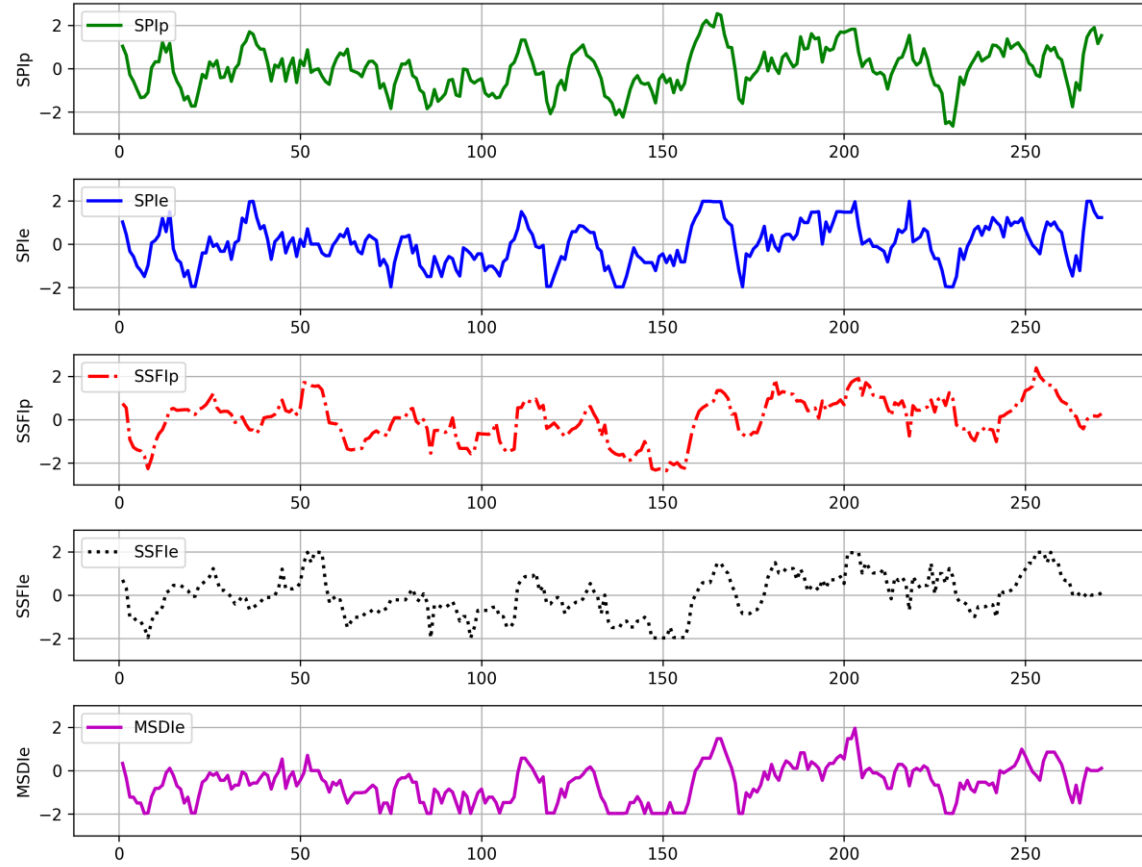


Şekil A. 22: E2329 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



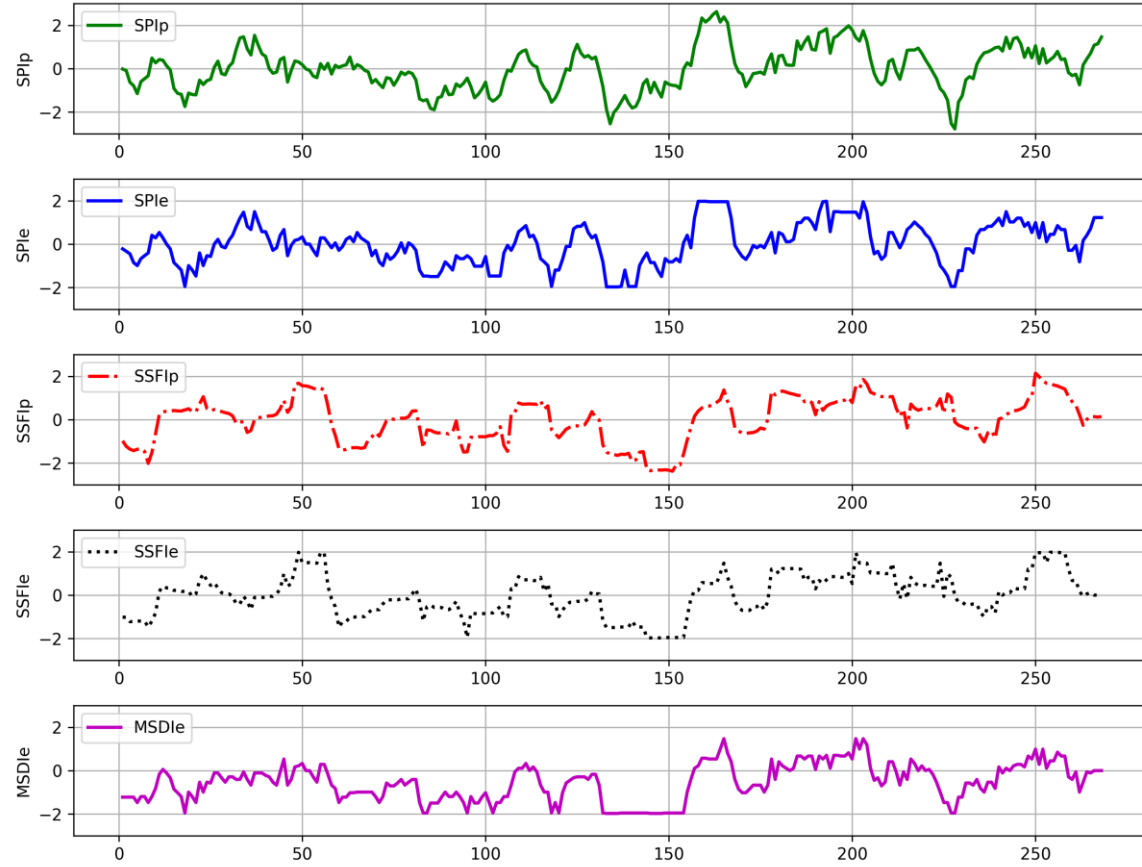
Şekil A. 23: E2329 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2329



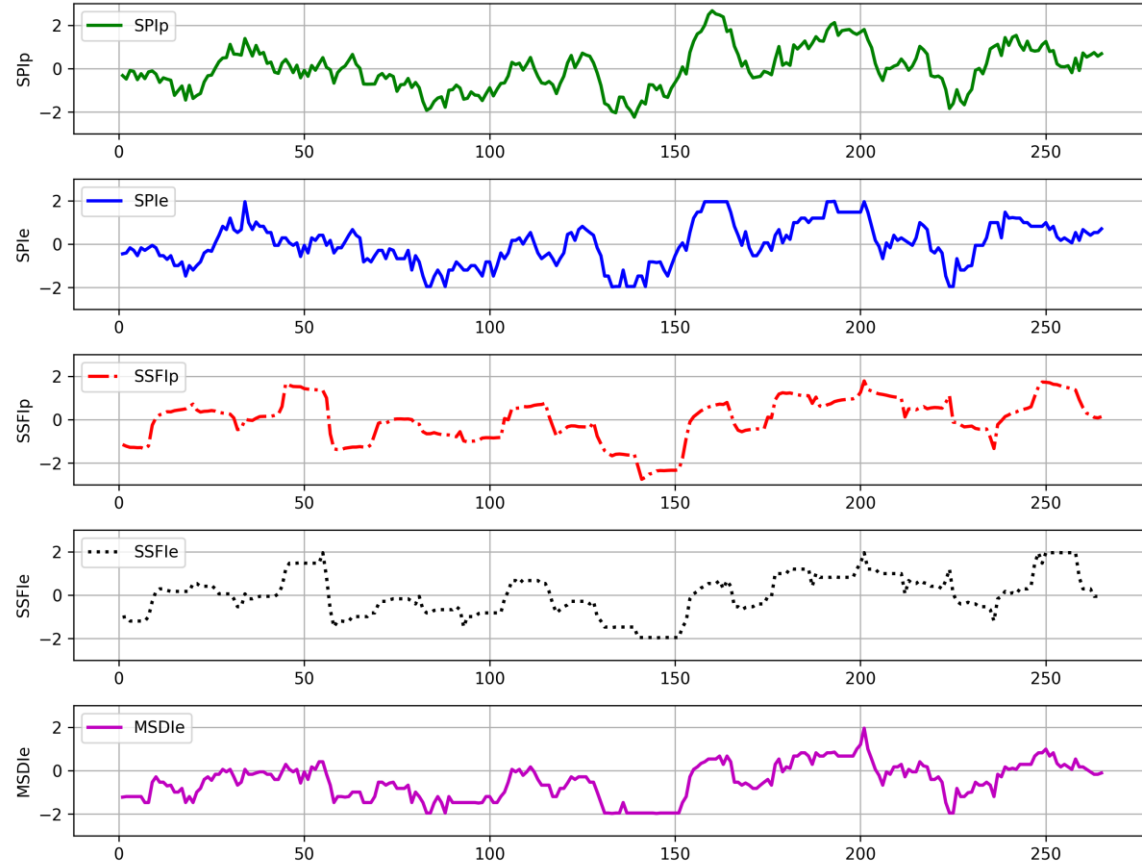
Şekil A. 24: E2329 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2329

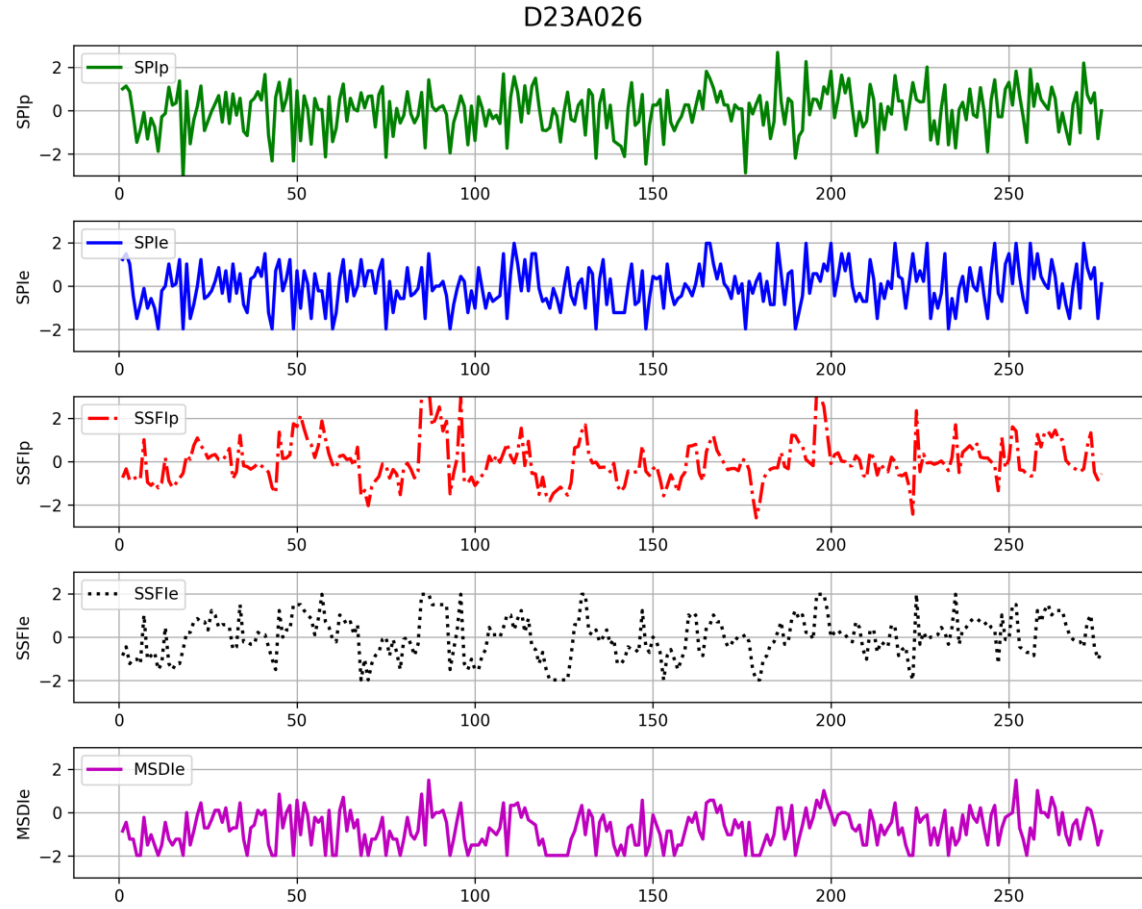


Şekil A. 25: E2329 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

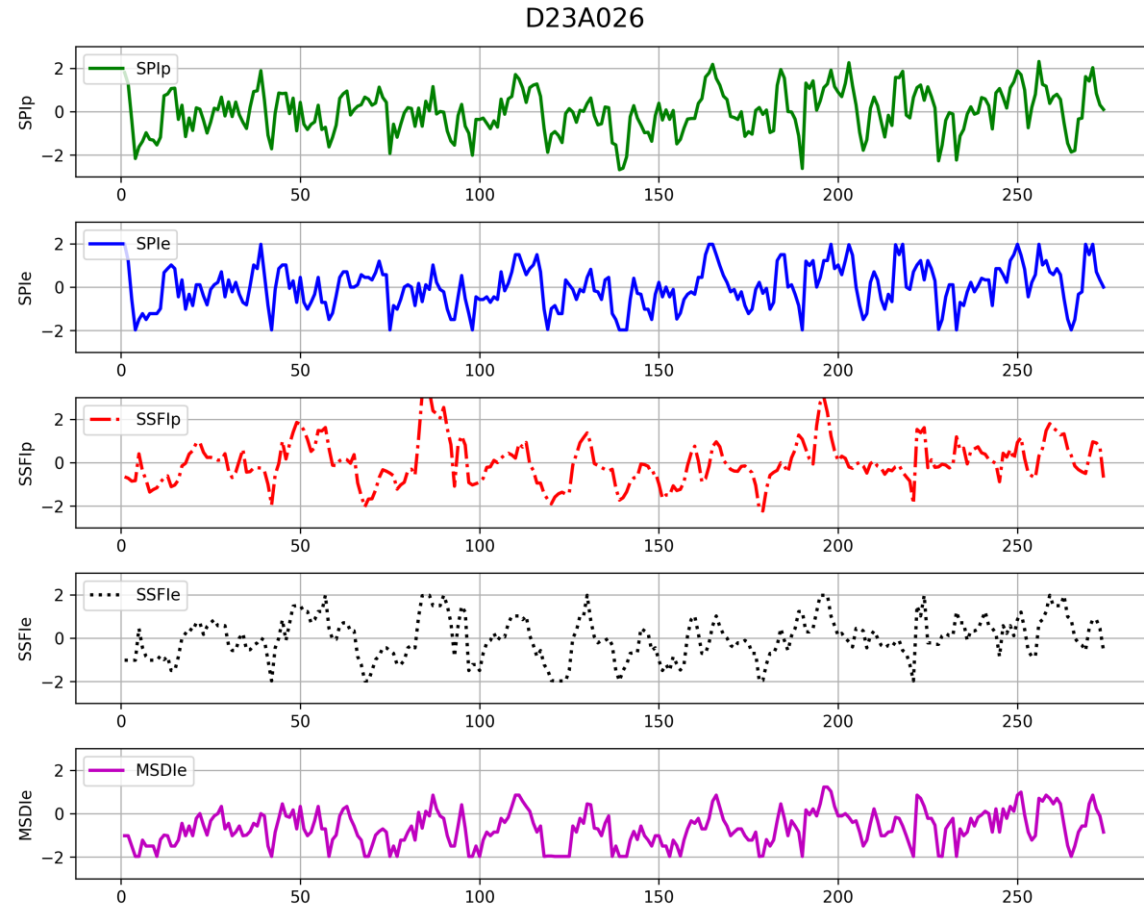
E2329



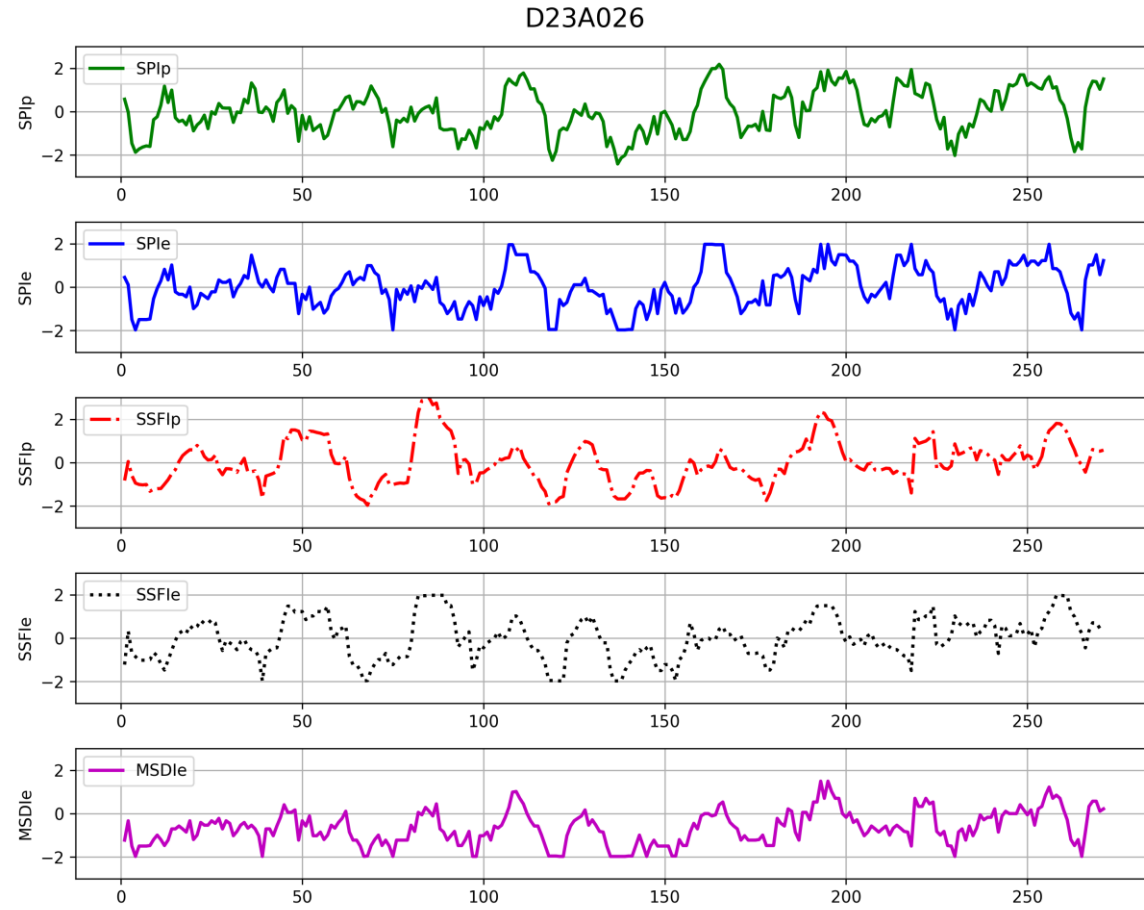
Şekil A. 26: E2329 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



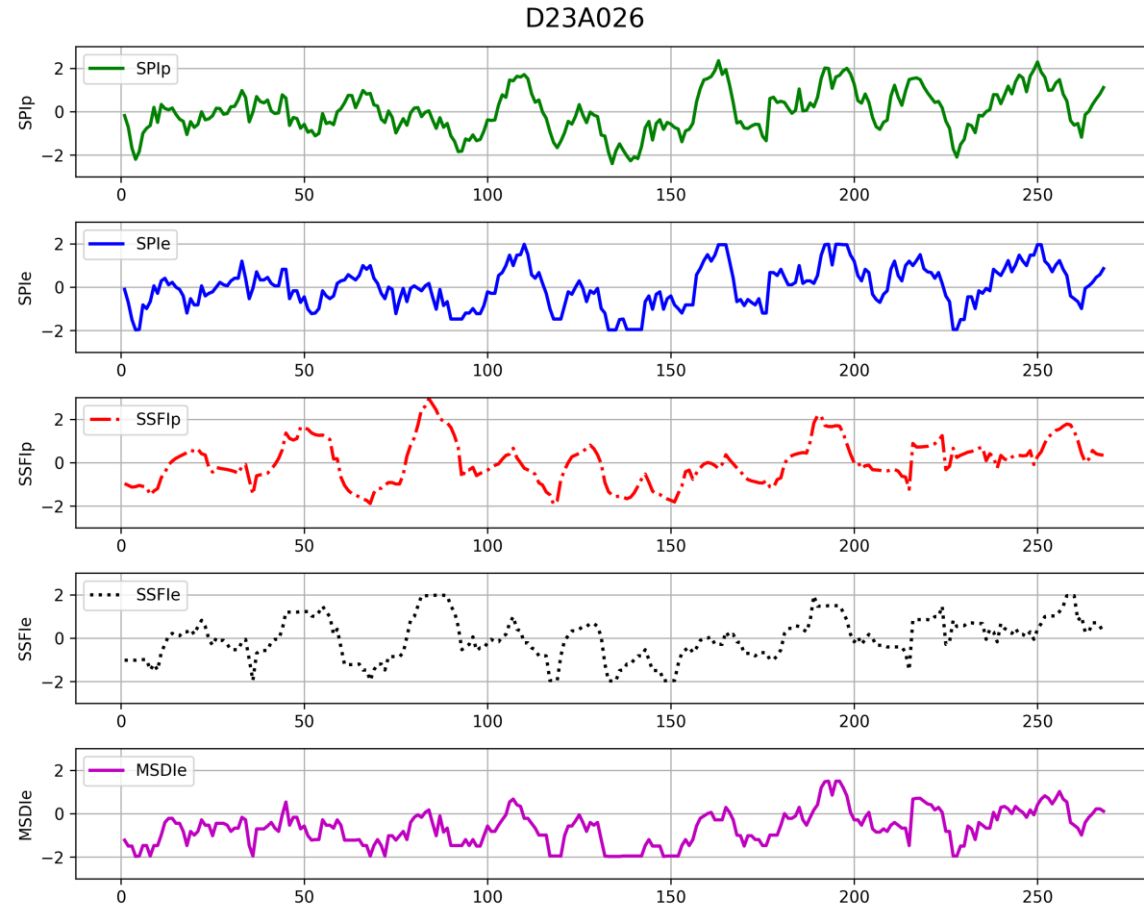
Şekil A. 27: D23A026 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



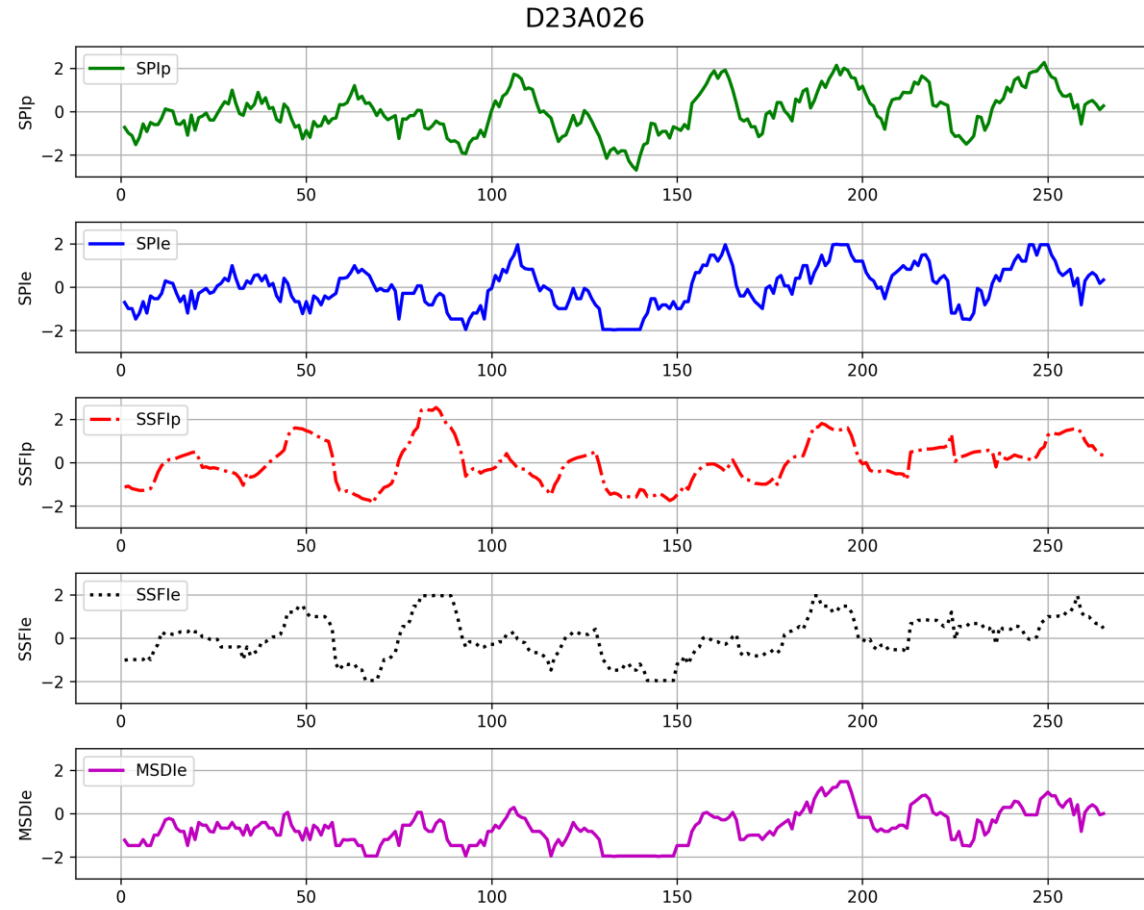
Şekil A. 28: D23A026 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



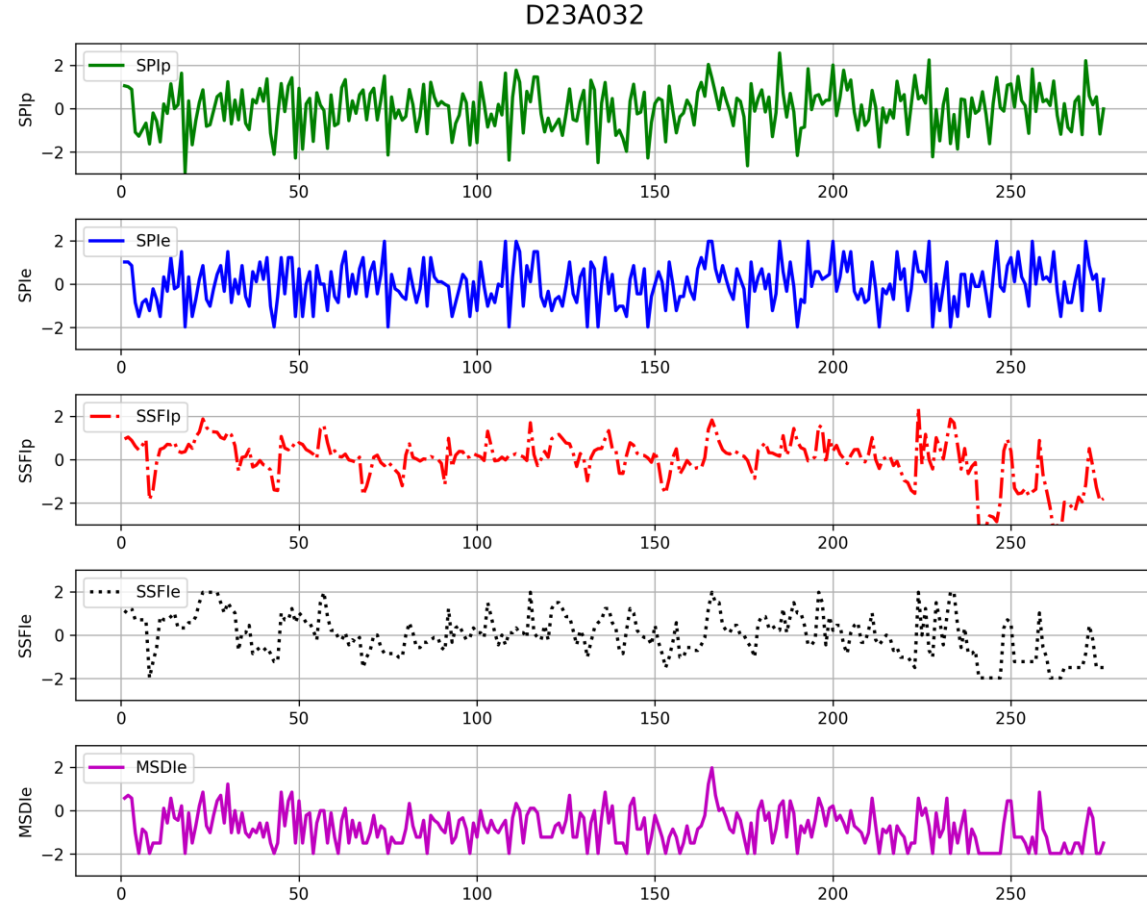
Şekil A. 29: D23A026 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



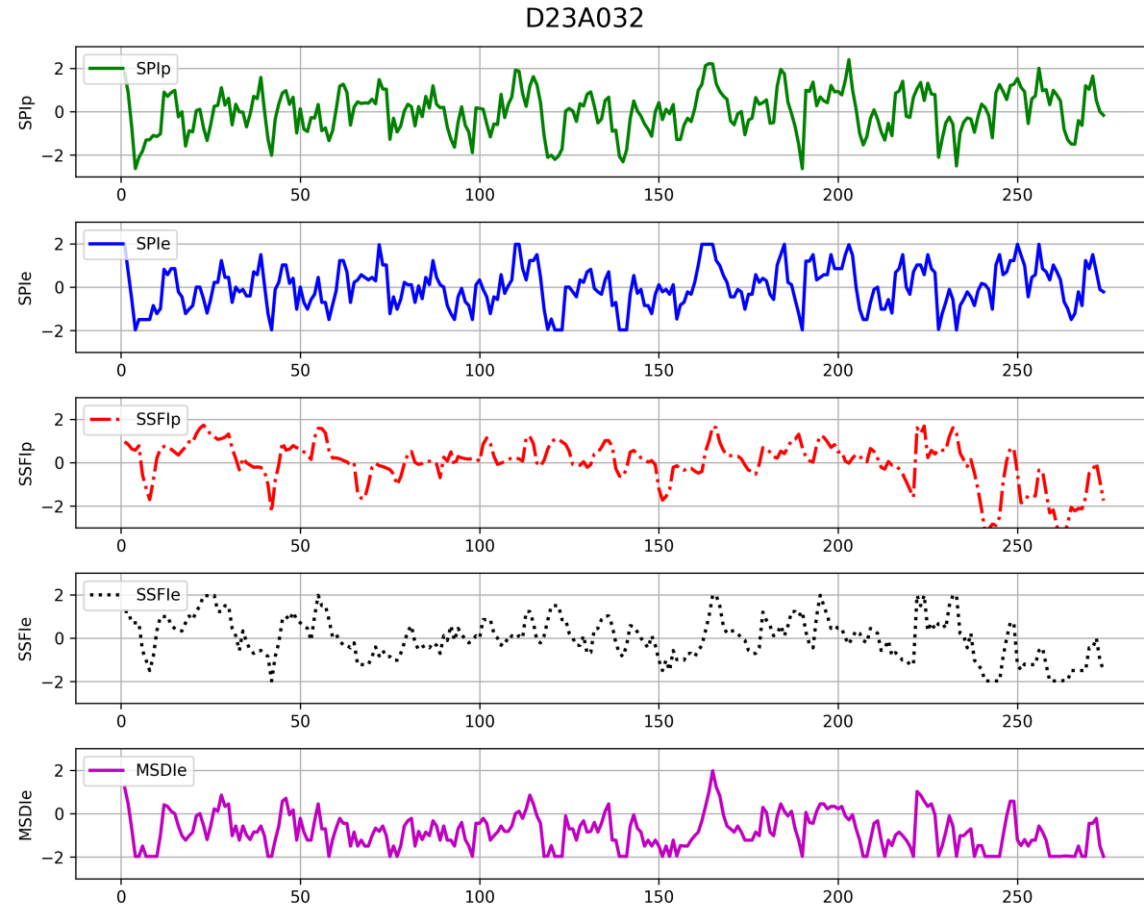
Şekil A. 30: D23A026 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



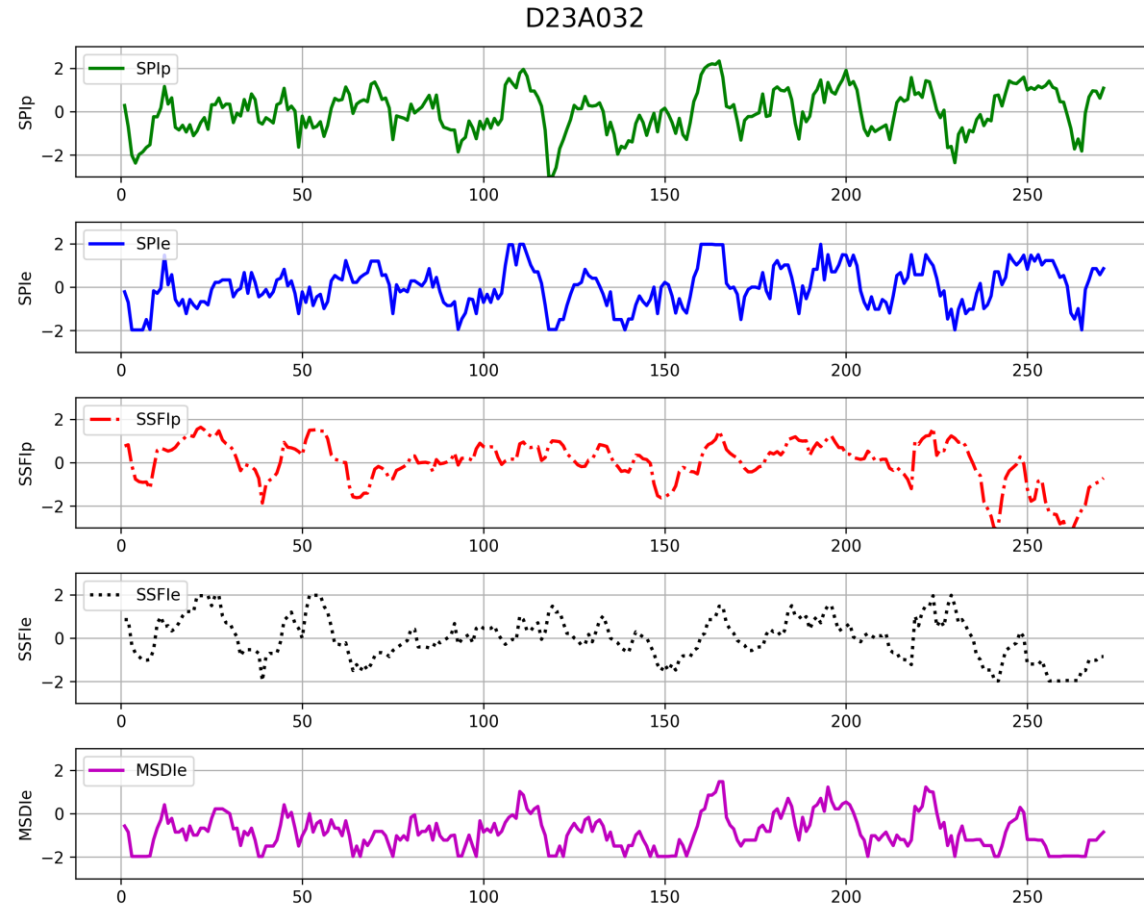
Şekil A. 31: D23A026 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



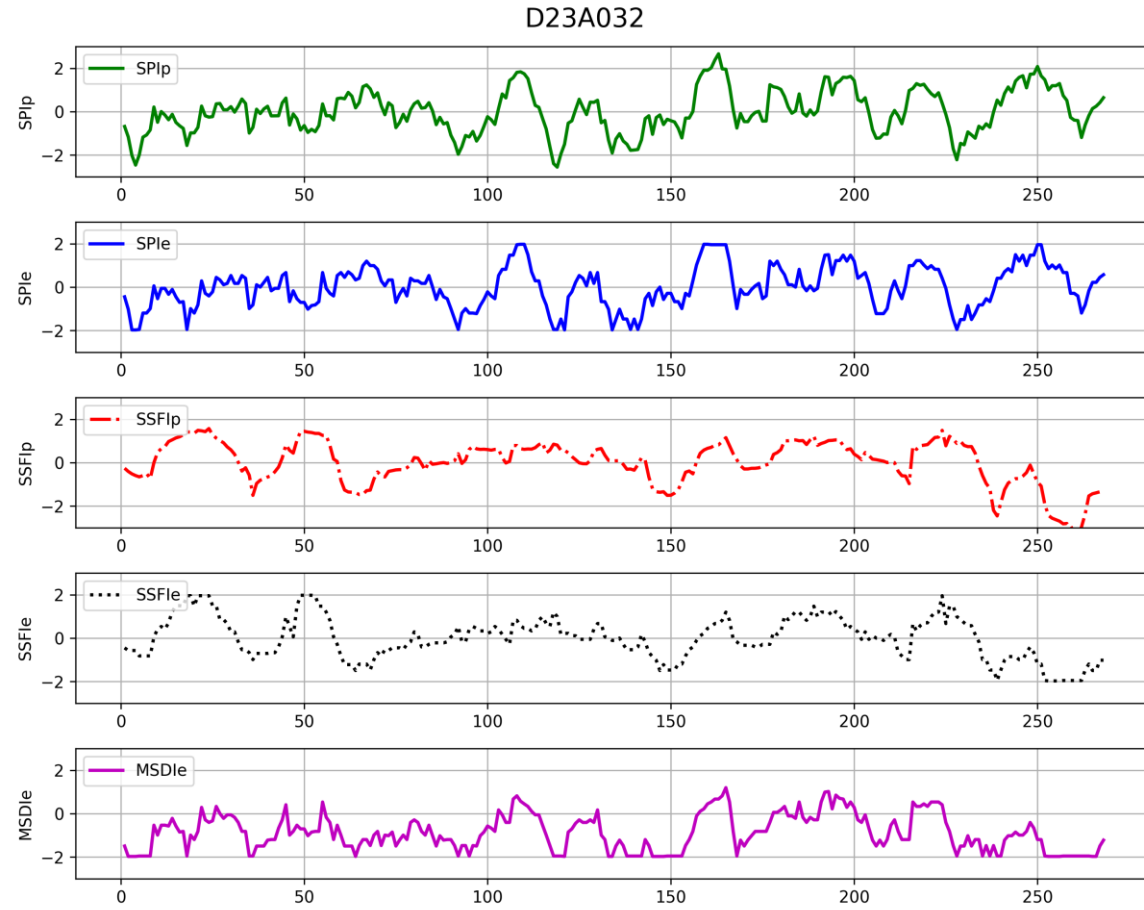
Şekil A. 32: D23A032 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



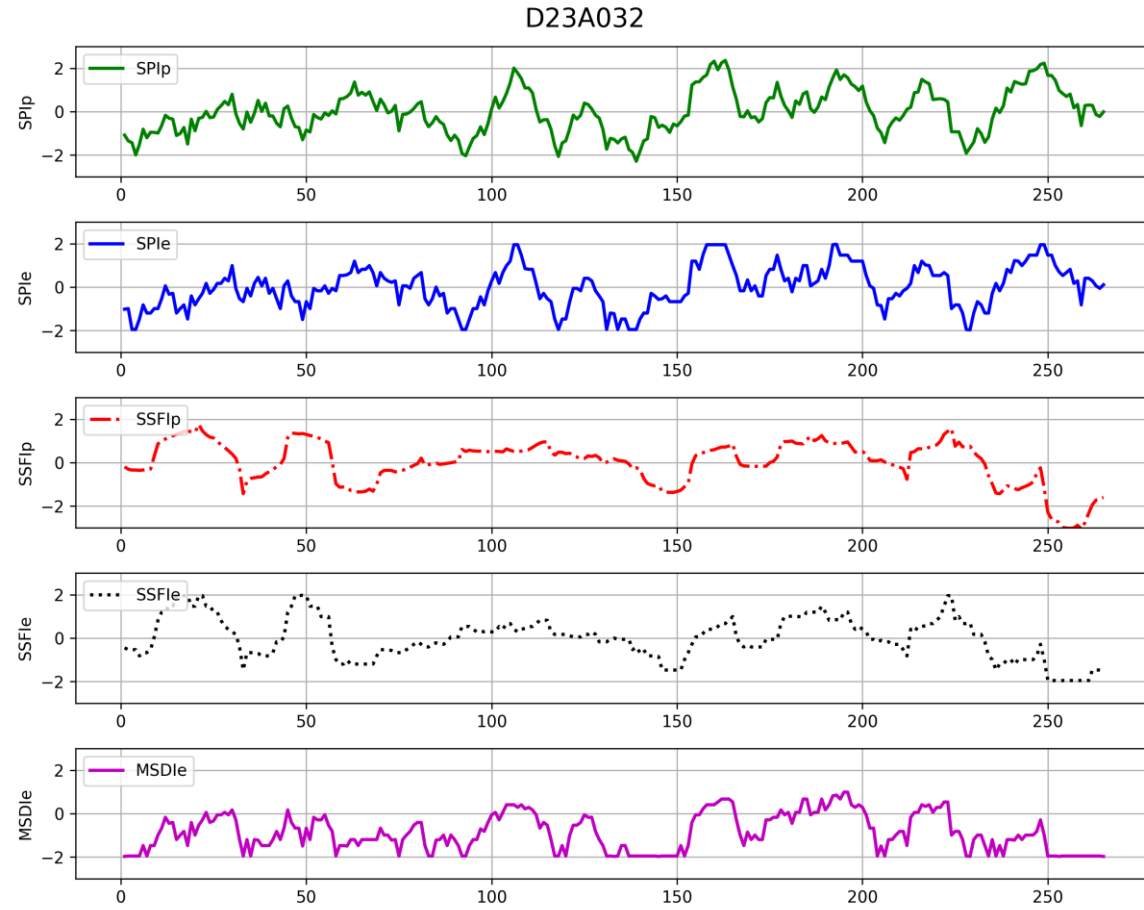
Şekil A. 33: D23A032 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



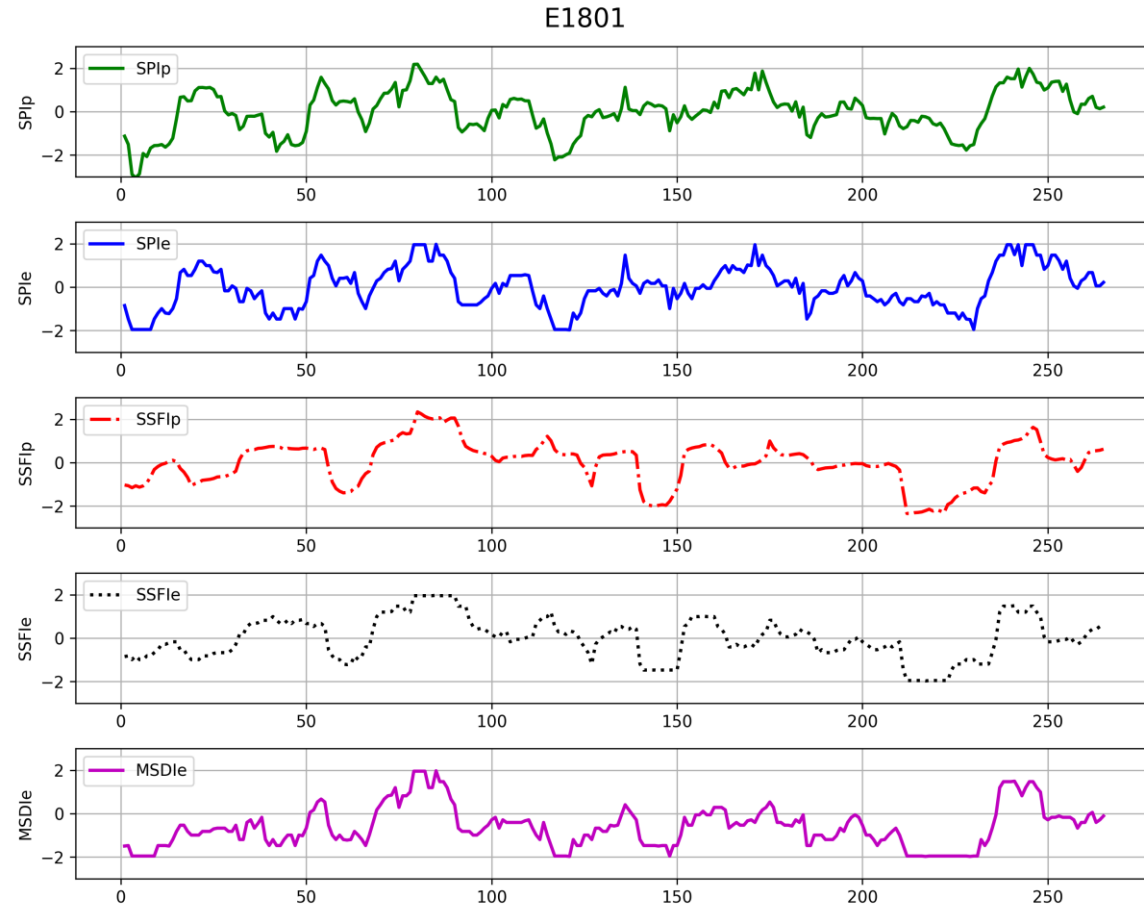
Şekil A. 34: D23A032 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



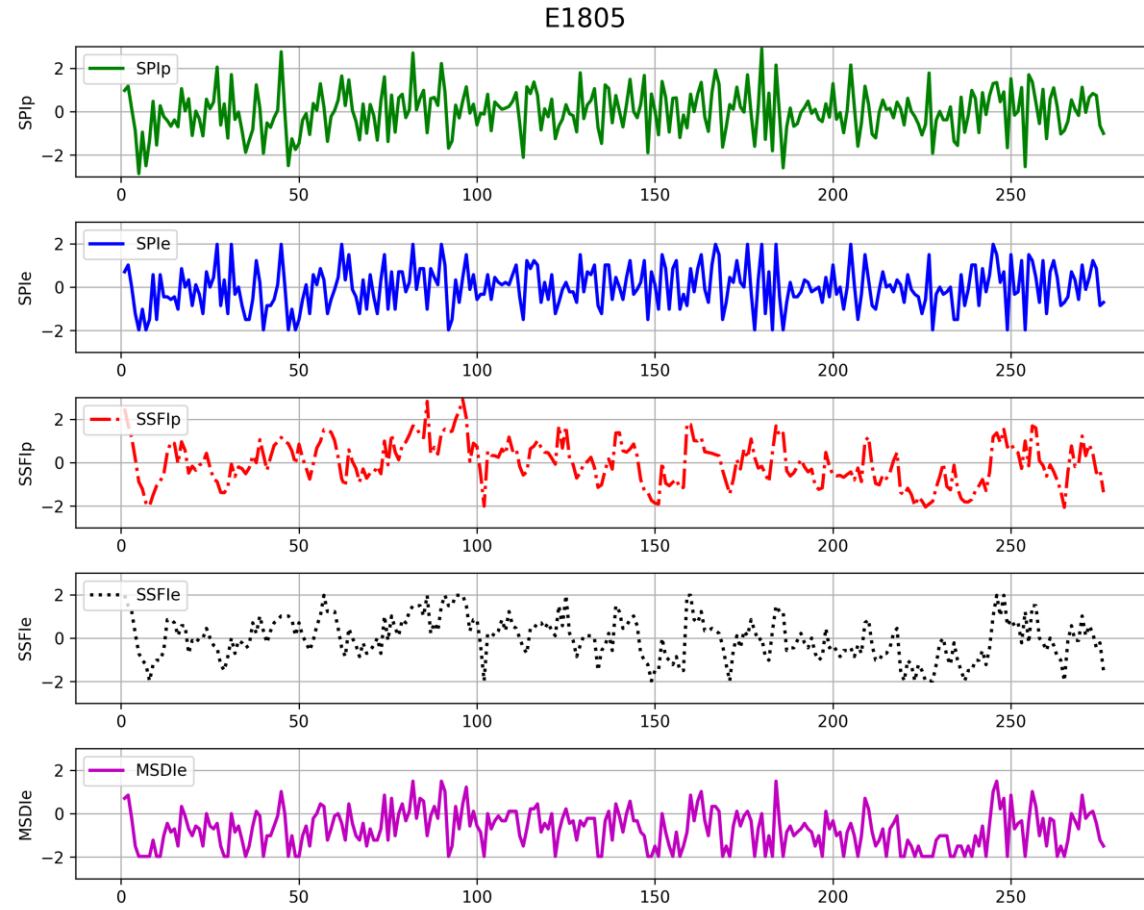
Şekil A. 35: D23A032 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



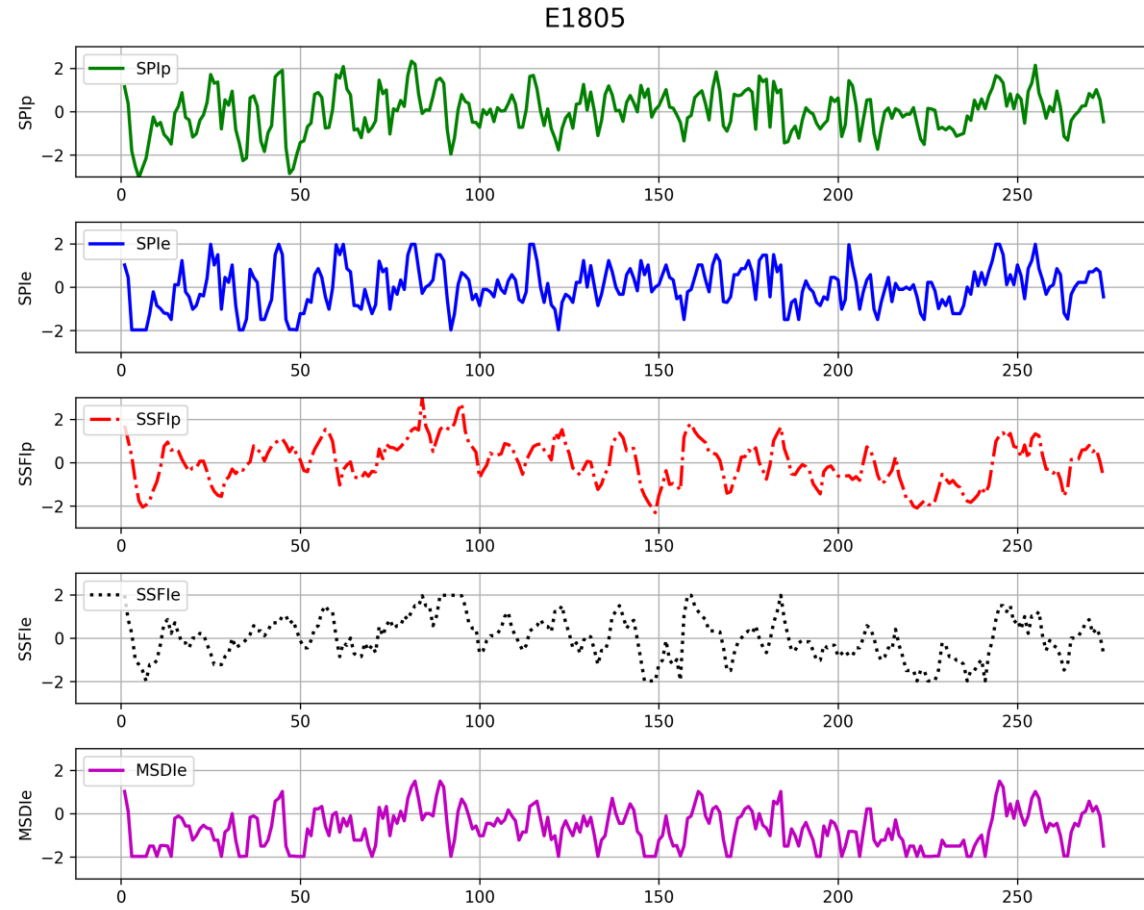
Şekil A. 36: D23A032 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



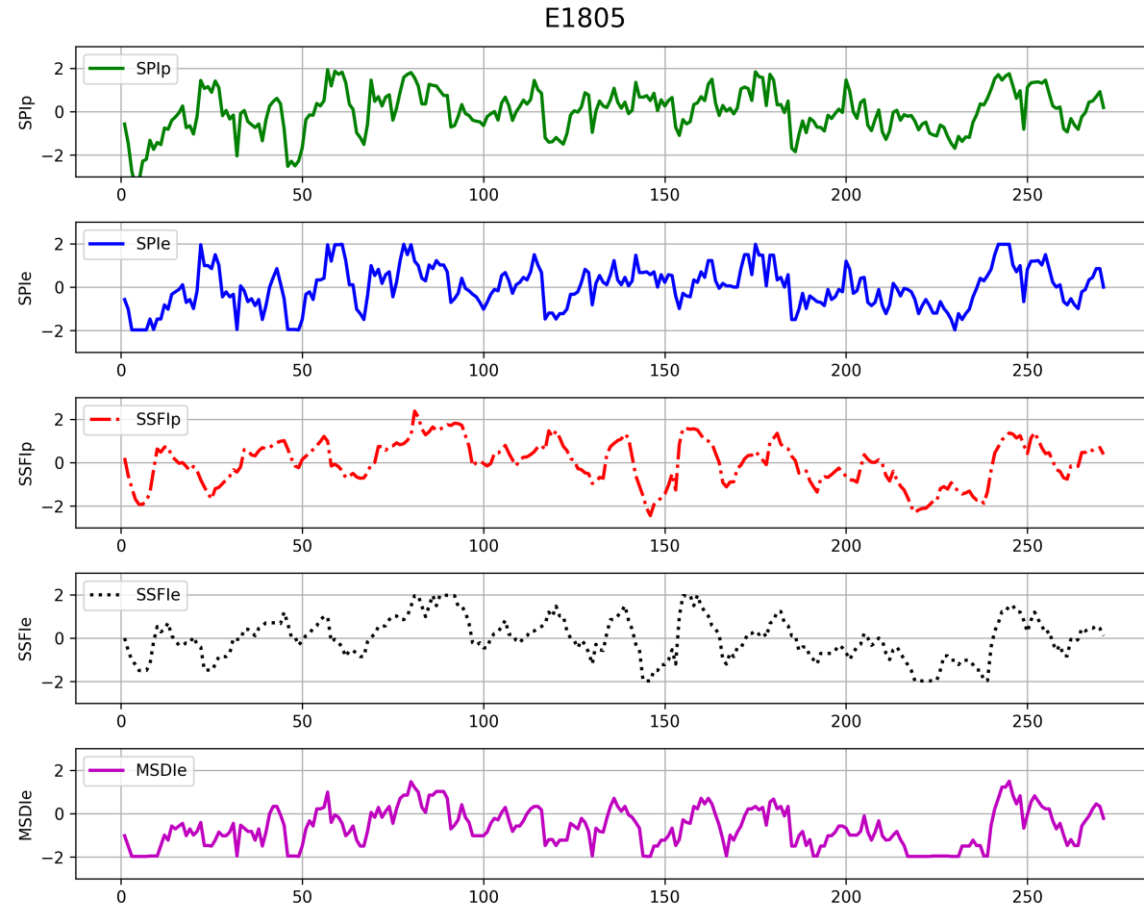
Şekil A. 37: E1801 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



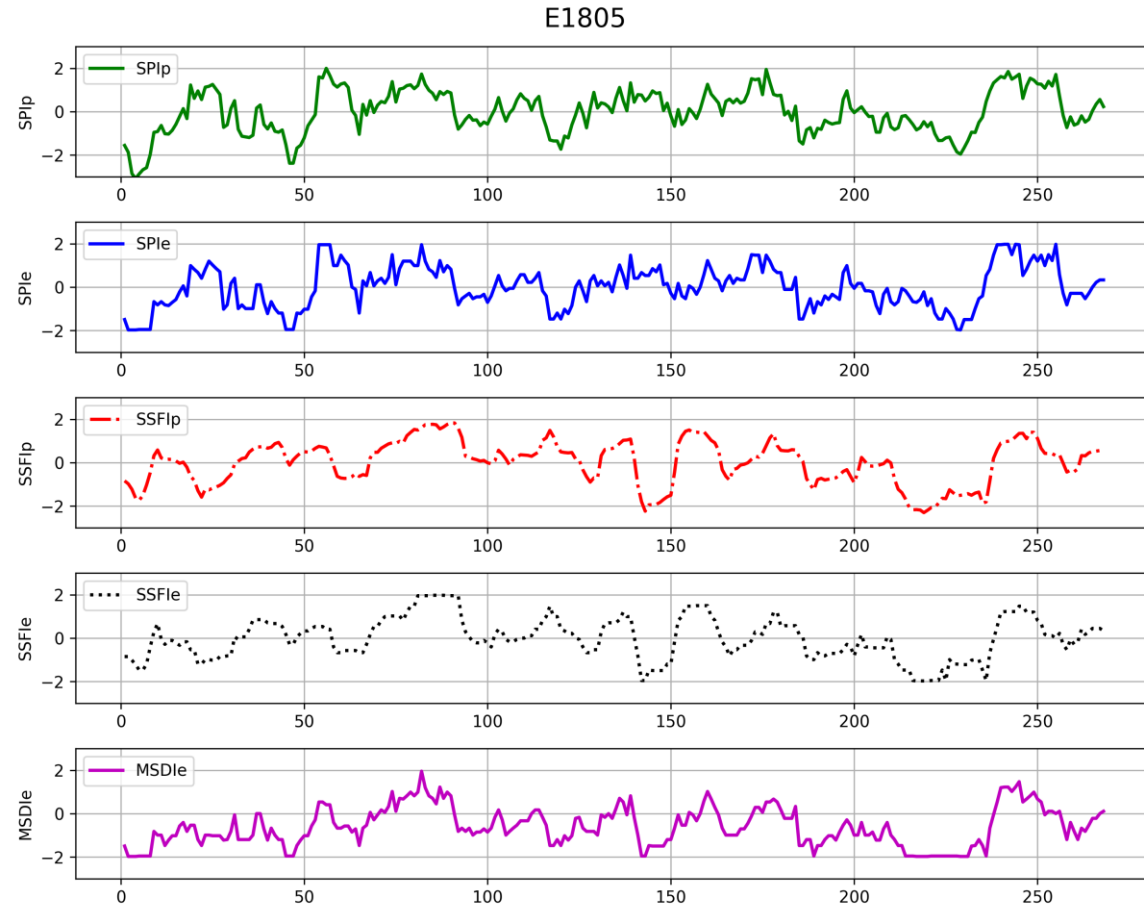
Şekil A. 38: E1805 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



Şekil A. 39: E1805 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

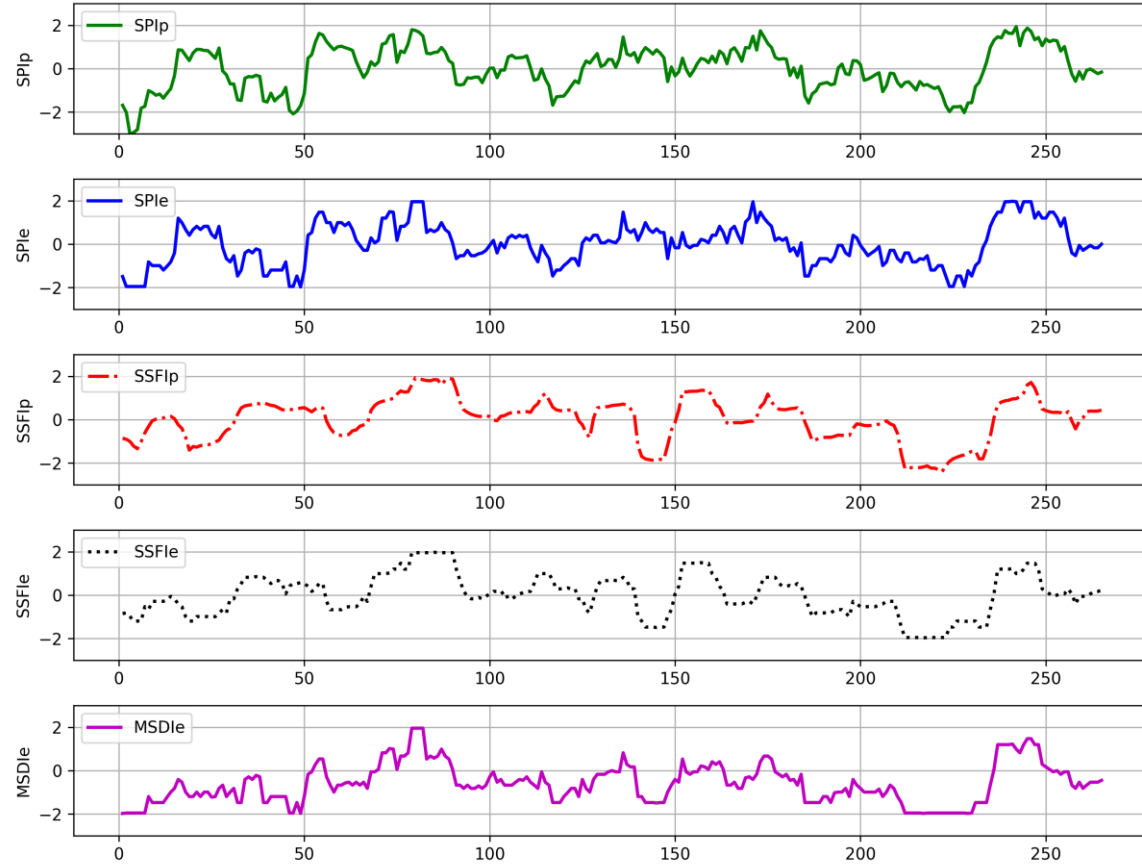


Şekil A. 40: E1805 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

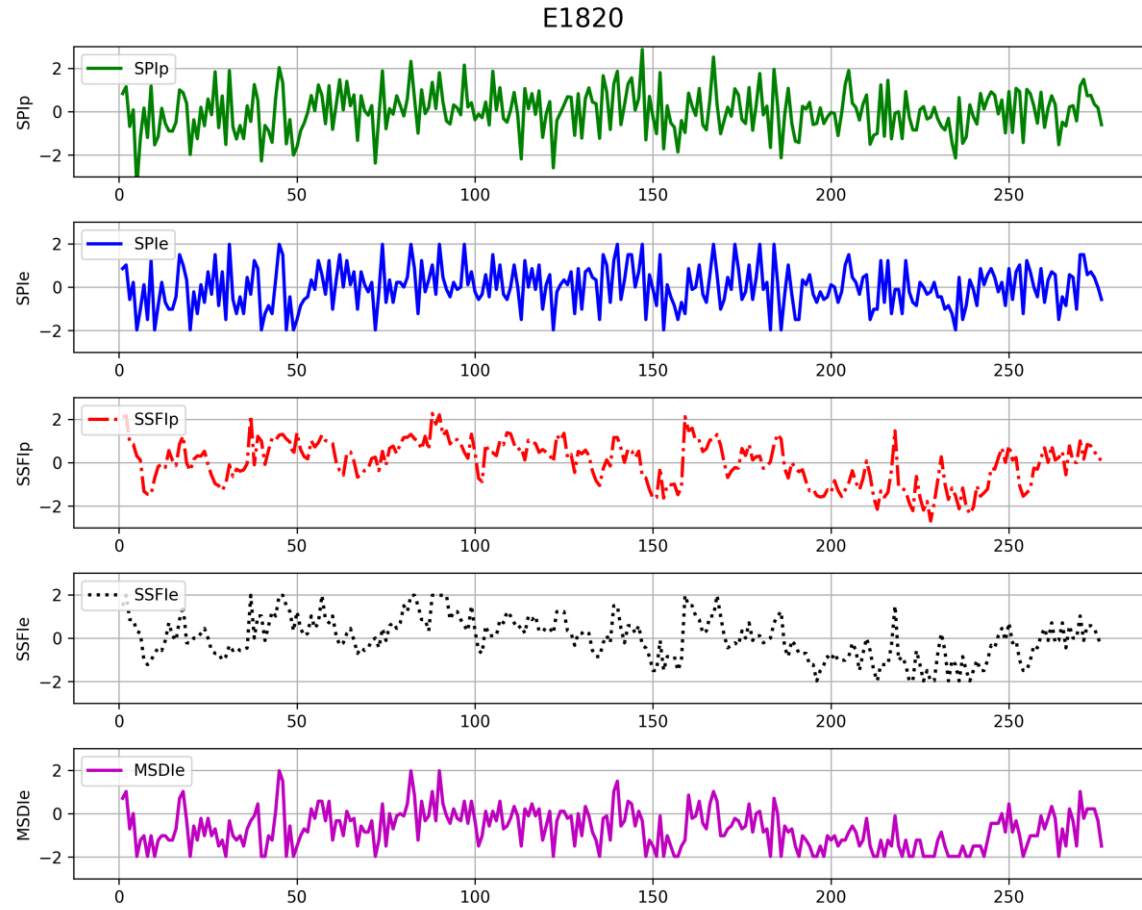


Şekil A. 41: E1805 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

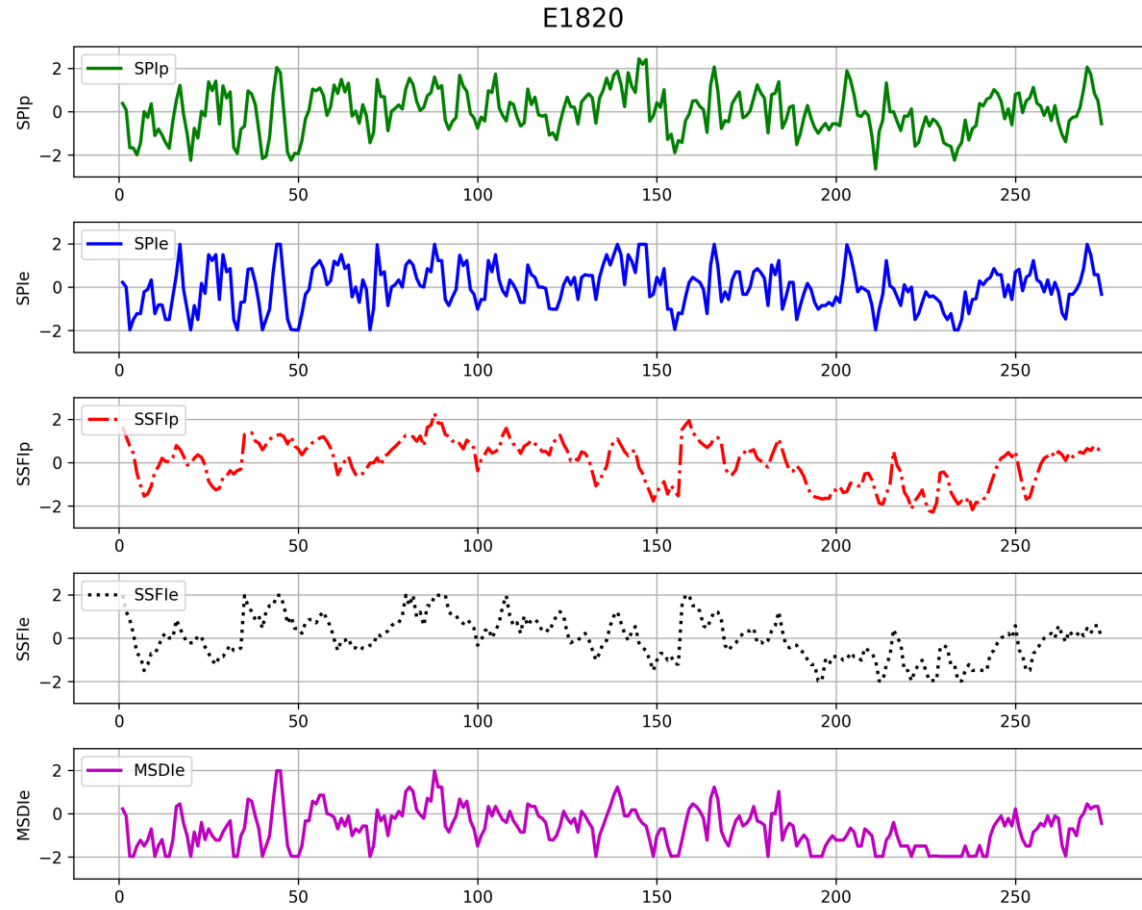
E1805



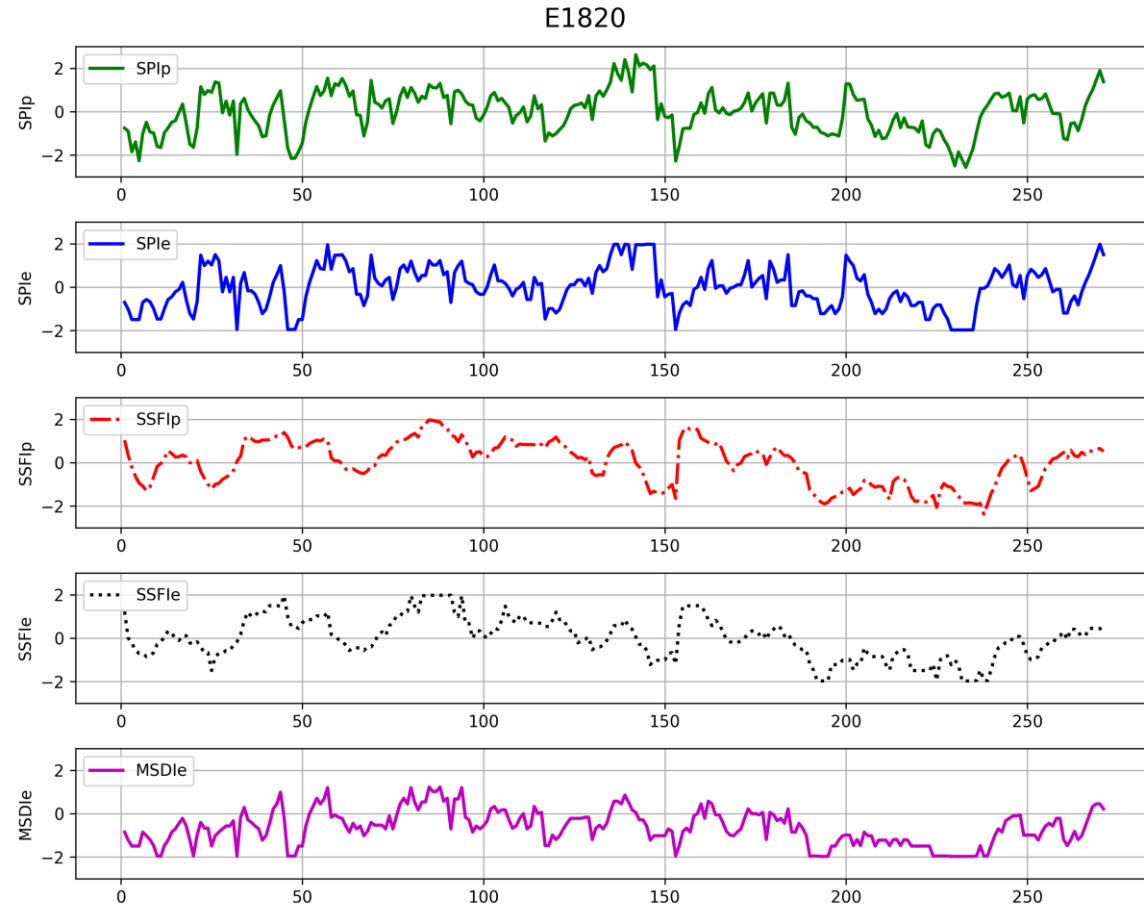
Şekil A. 42: E1805 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



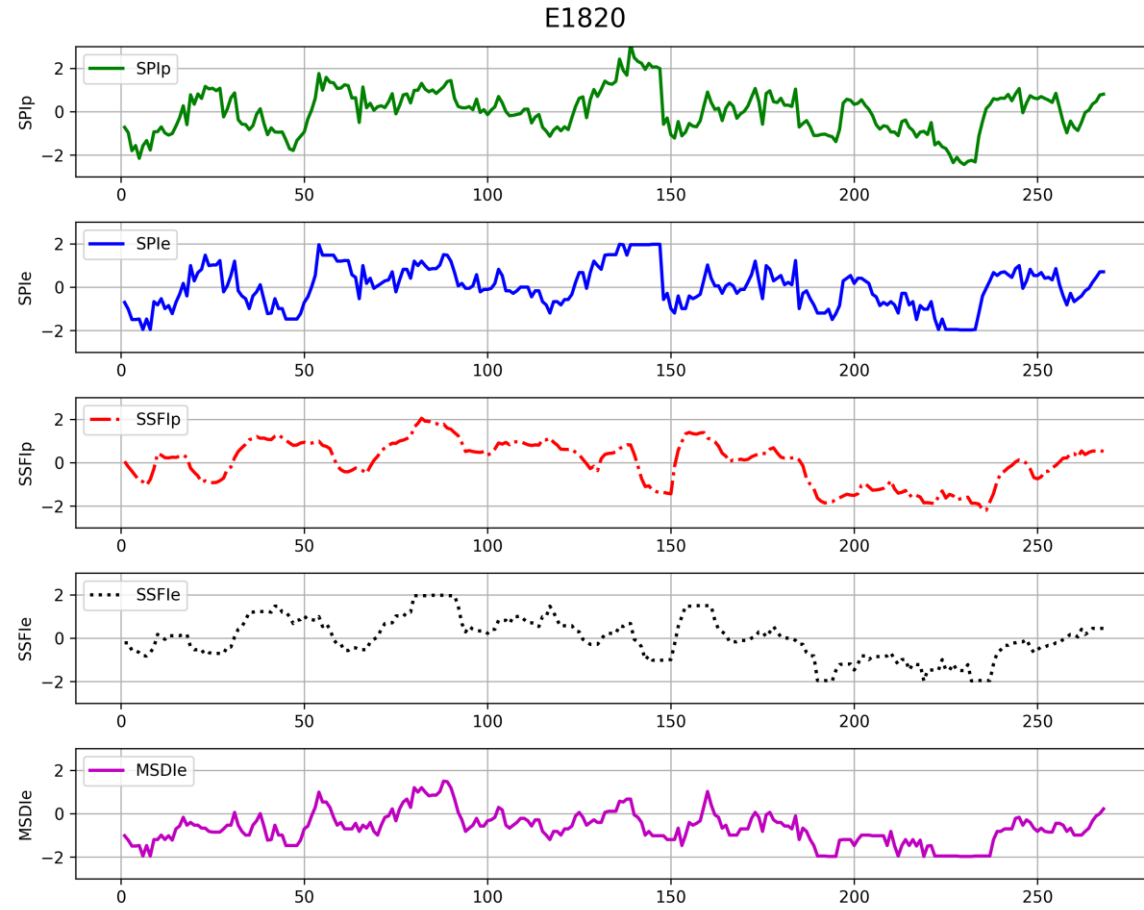
Şekil A. 43: E1820 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



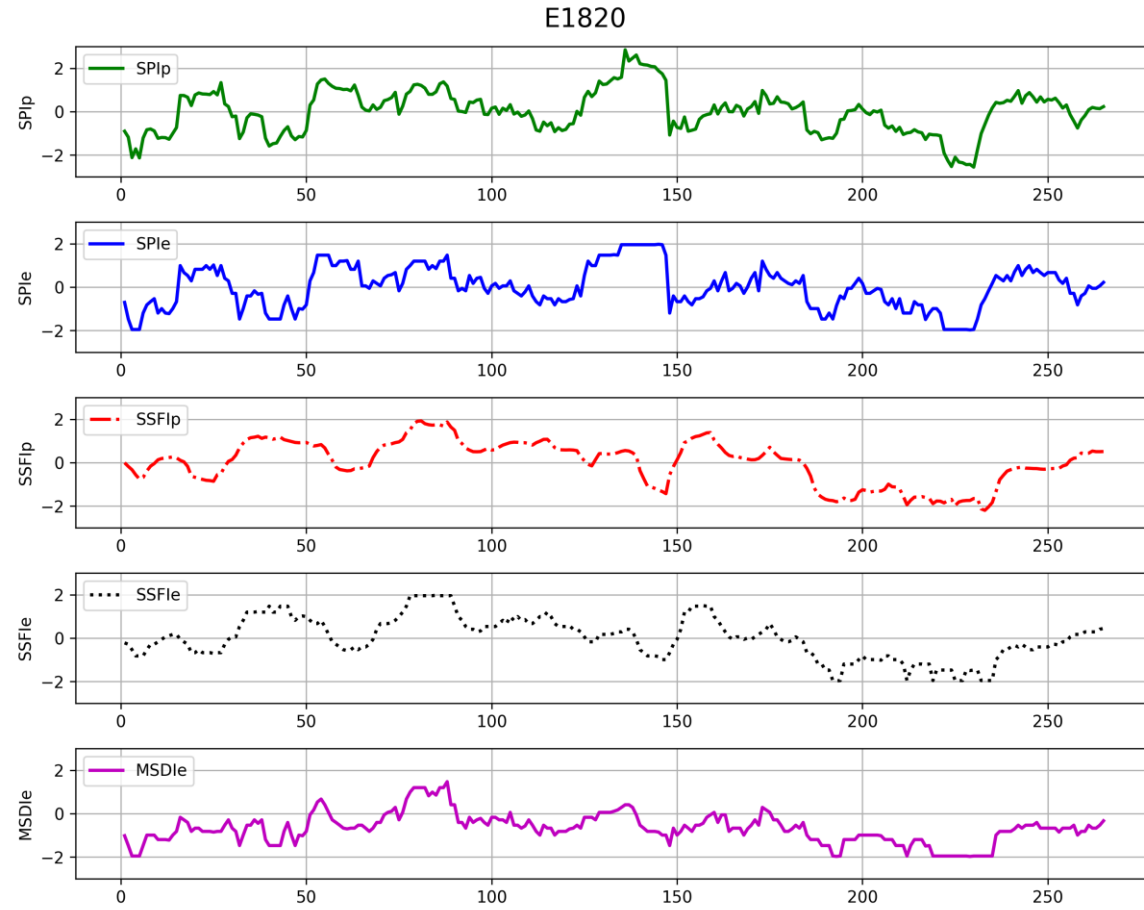
Şekil A. 44: E1820 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



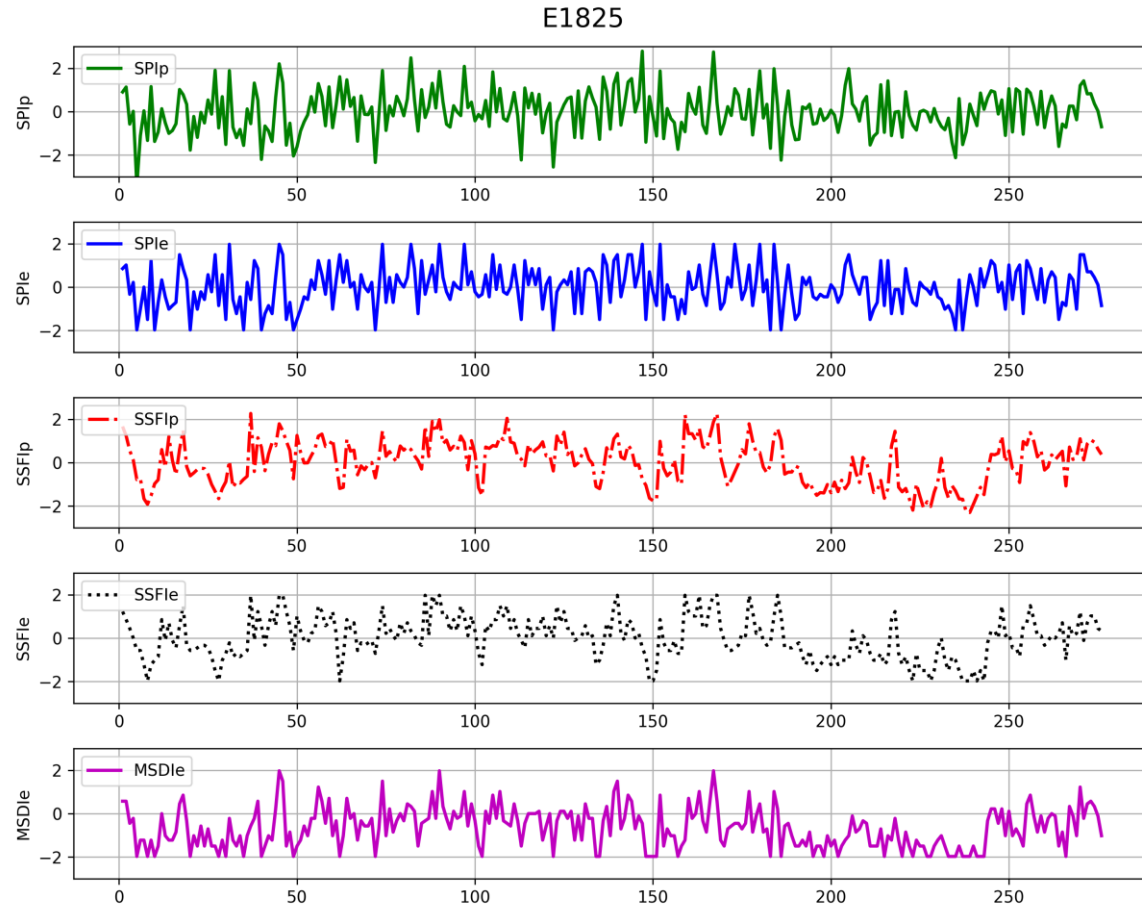
Şekil A. 45: E1820 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



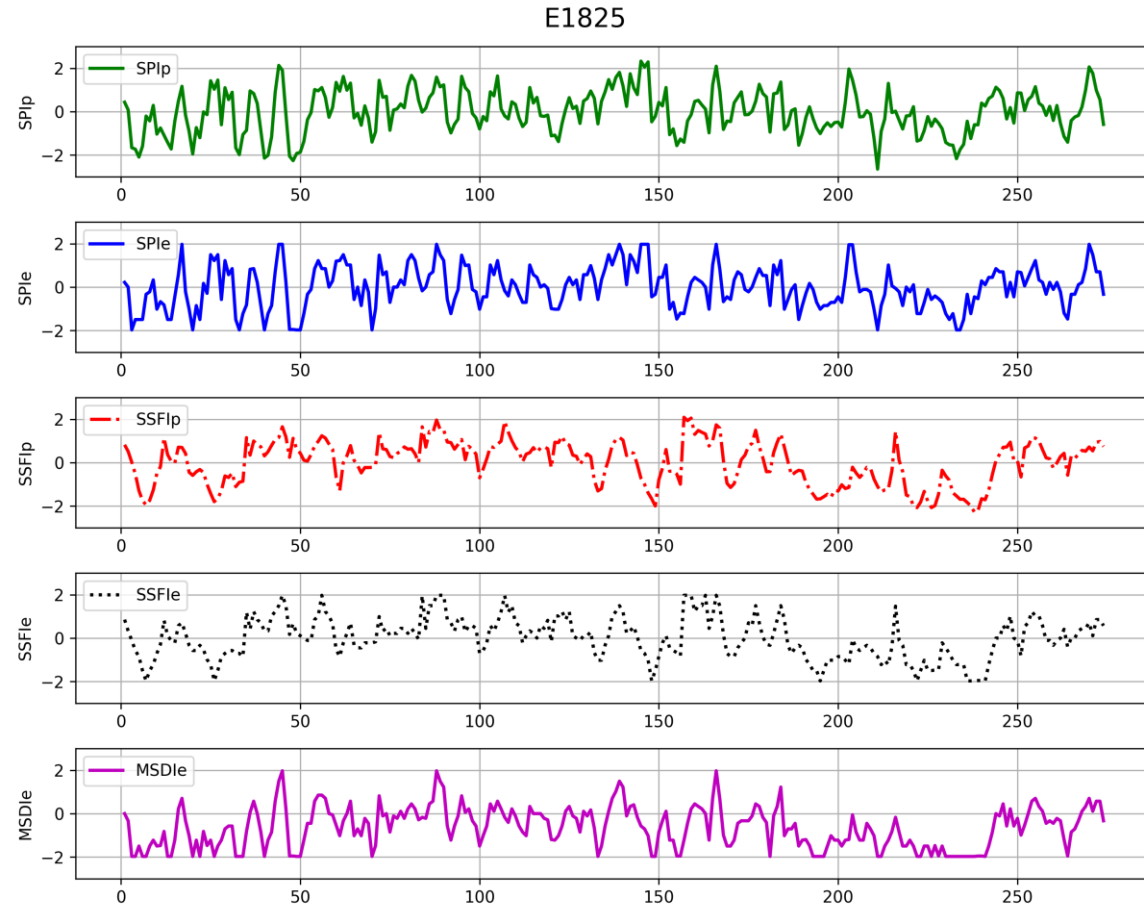
Şekil A. 46: E1820 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



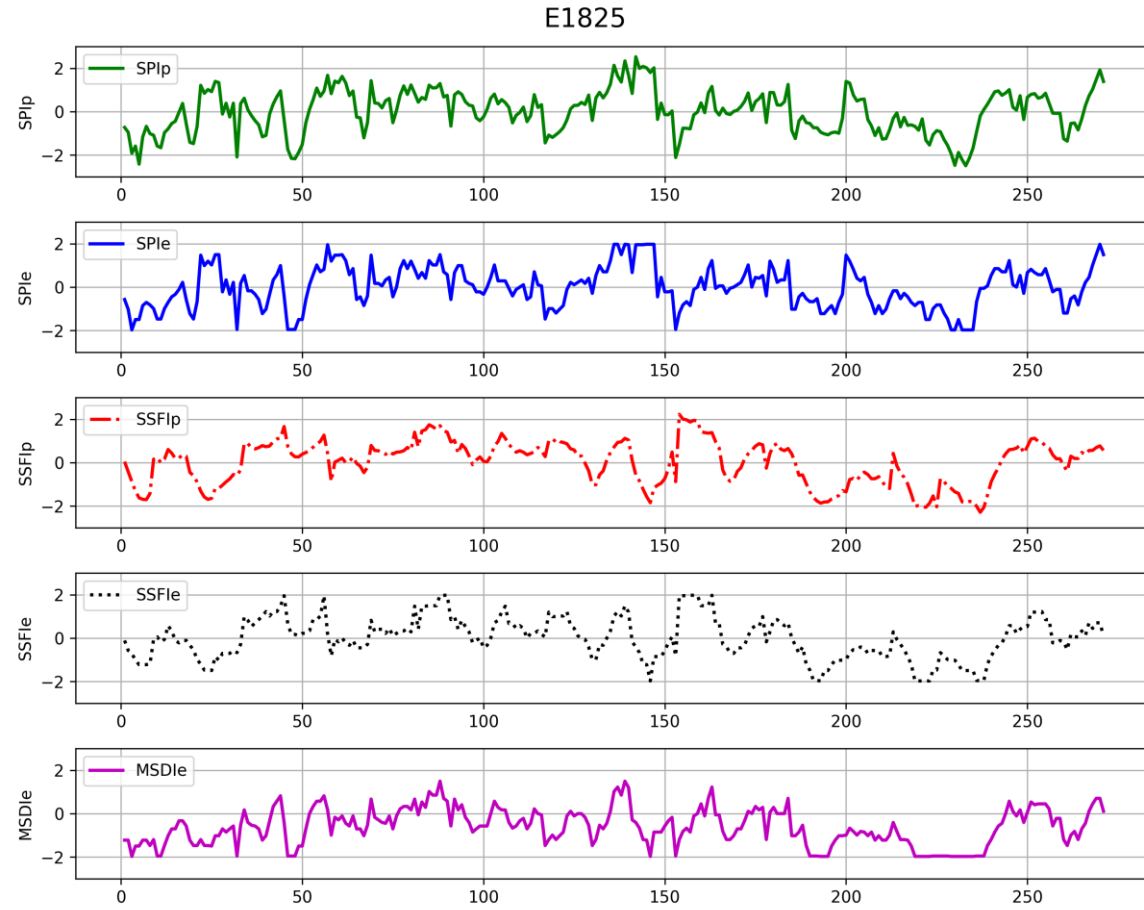
Şekil A. 47: E1820 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



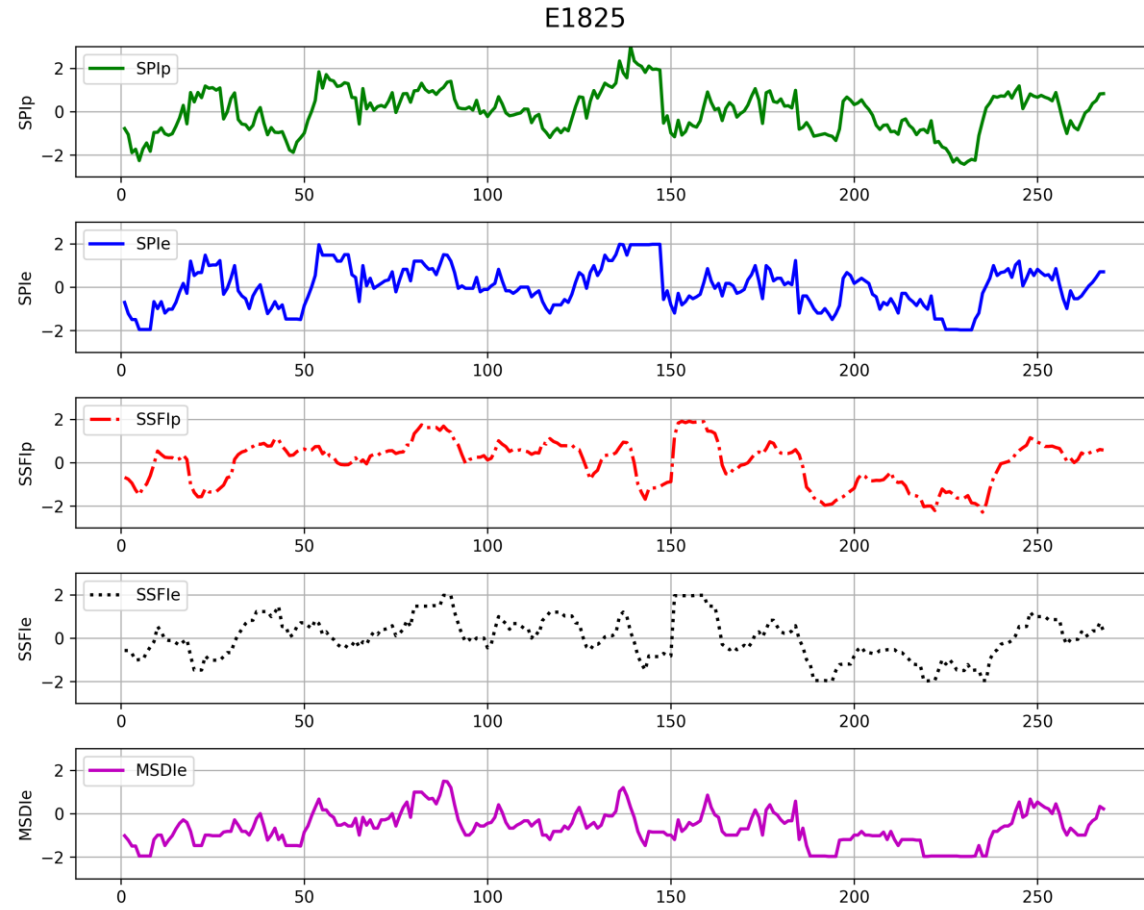
Şekil A. 48: E1825 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



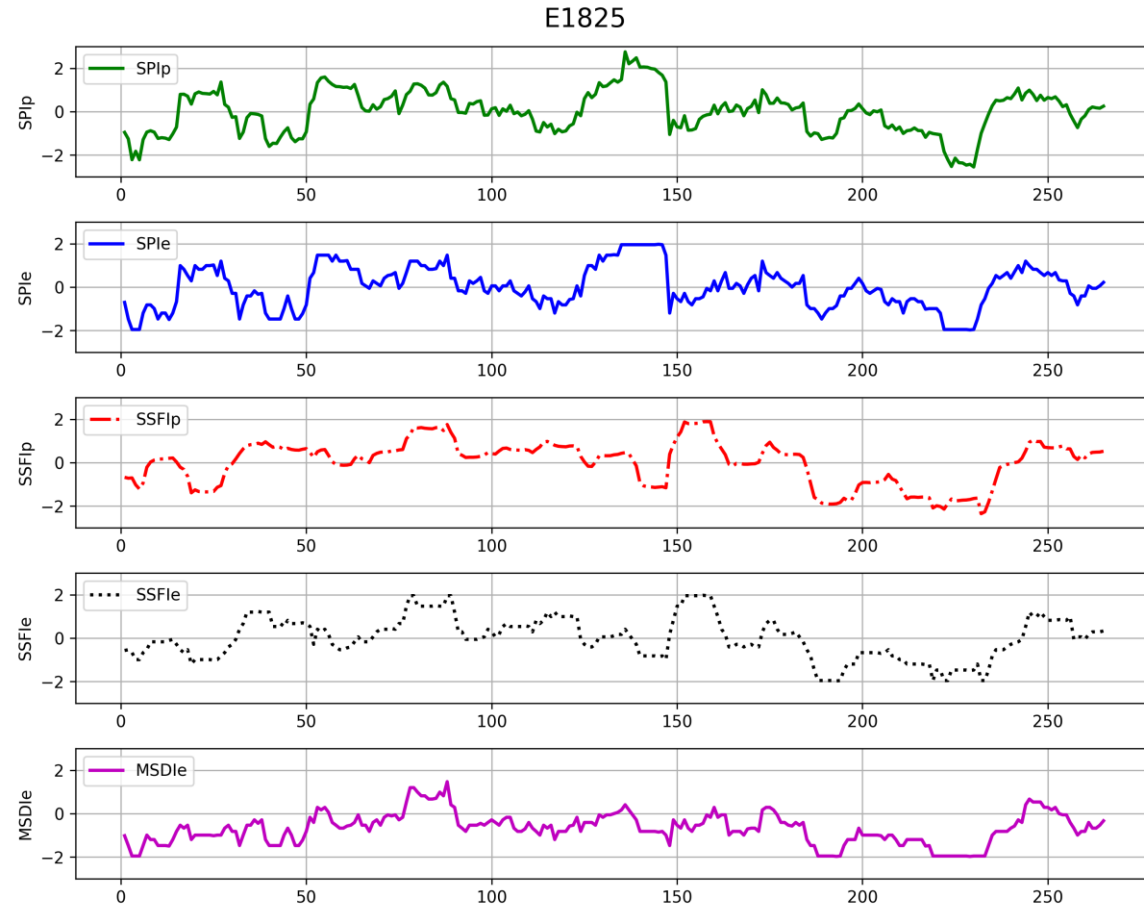
Şekil A. 49: E1825 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



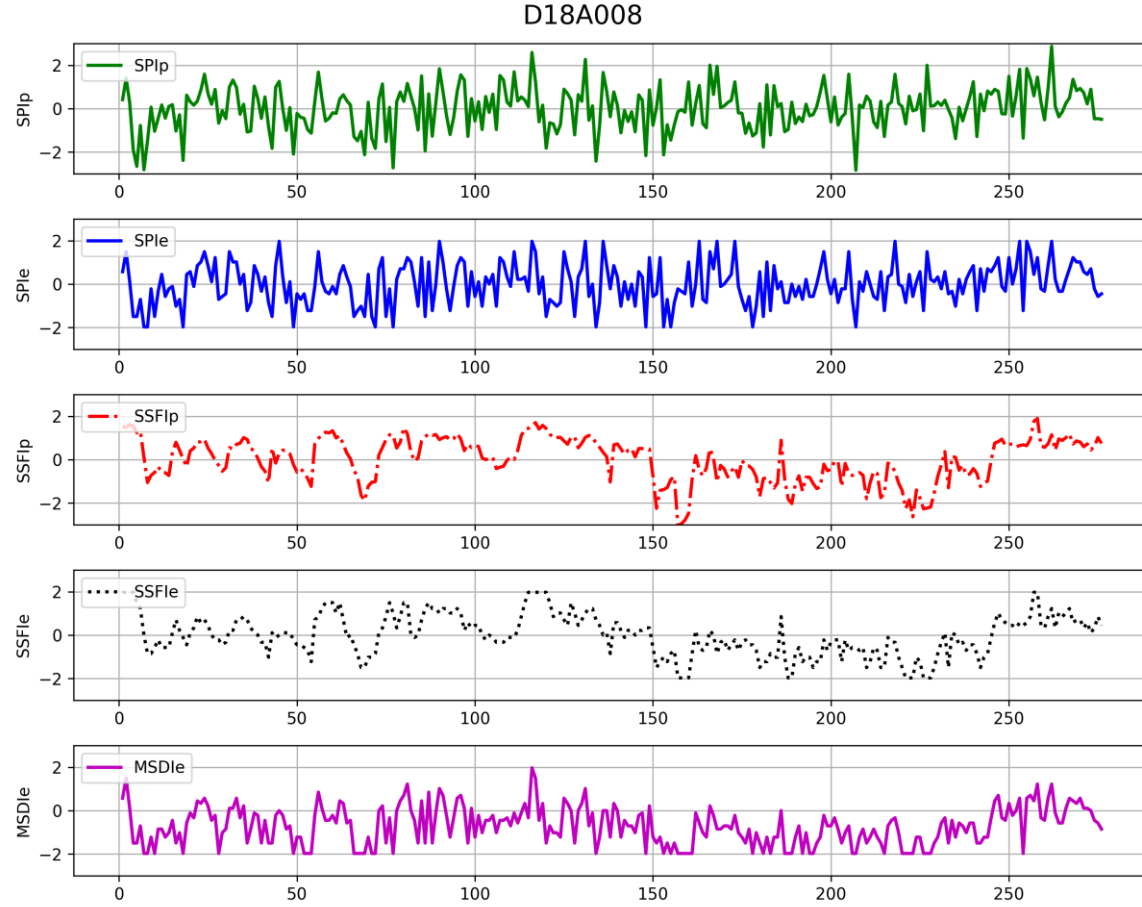
Şekil A. 50: E1825 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



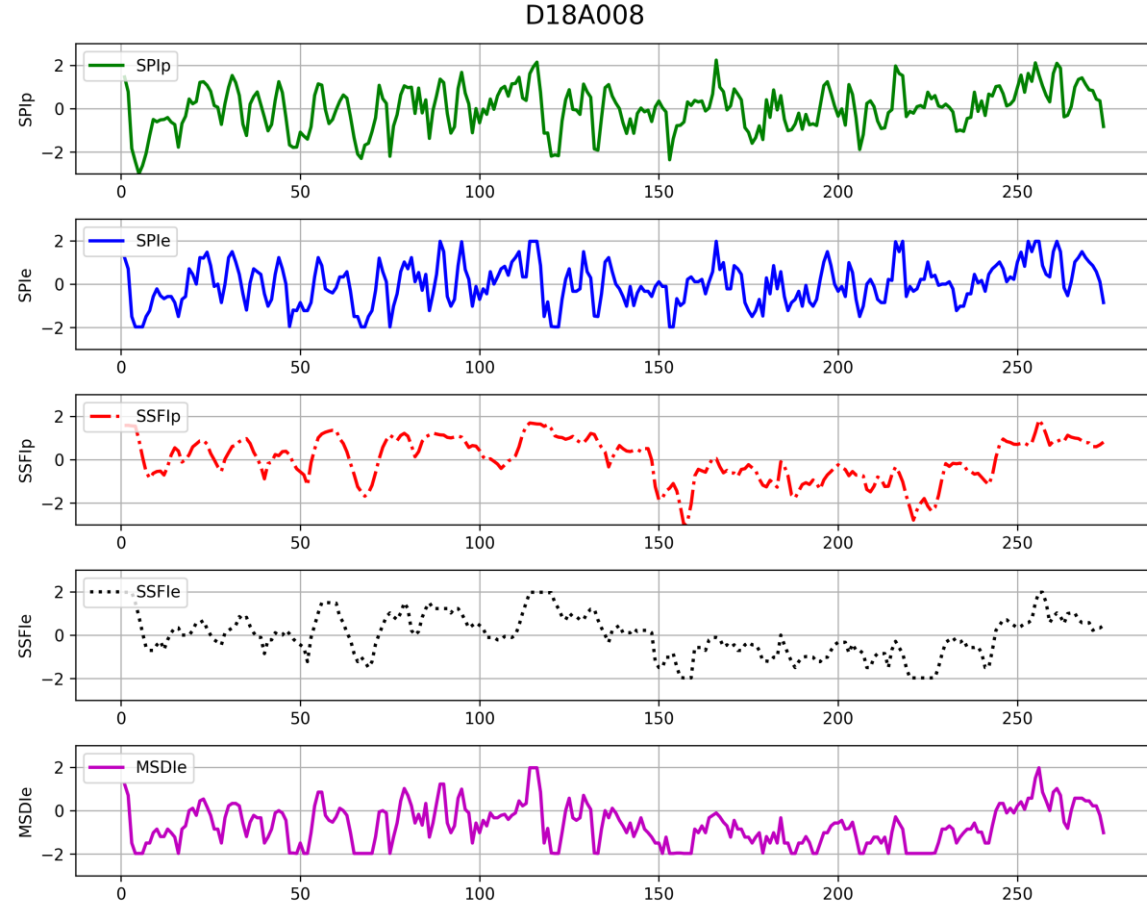
Şekil A. 51: E1825 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



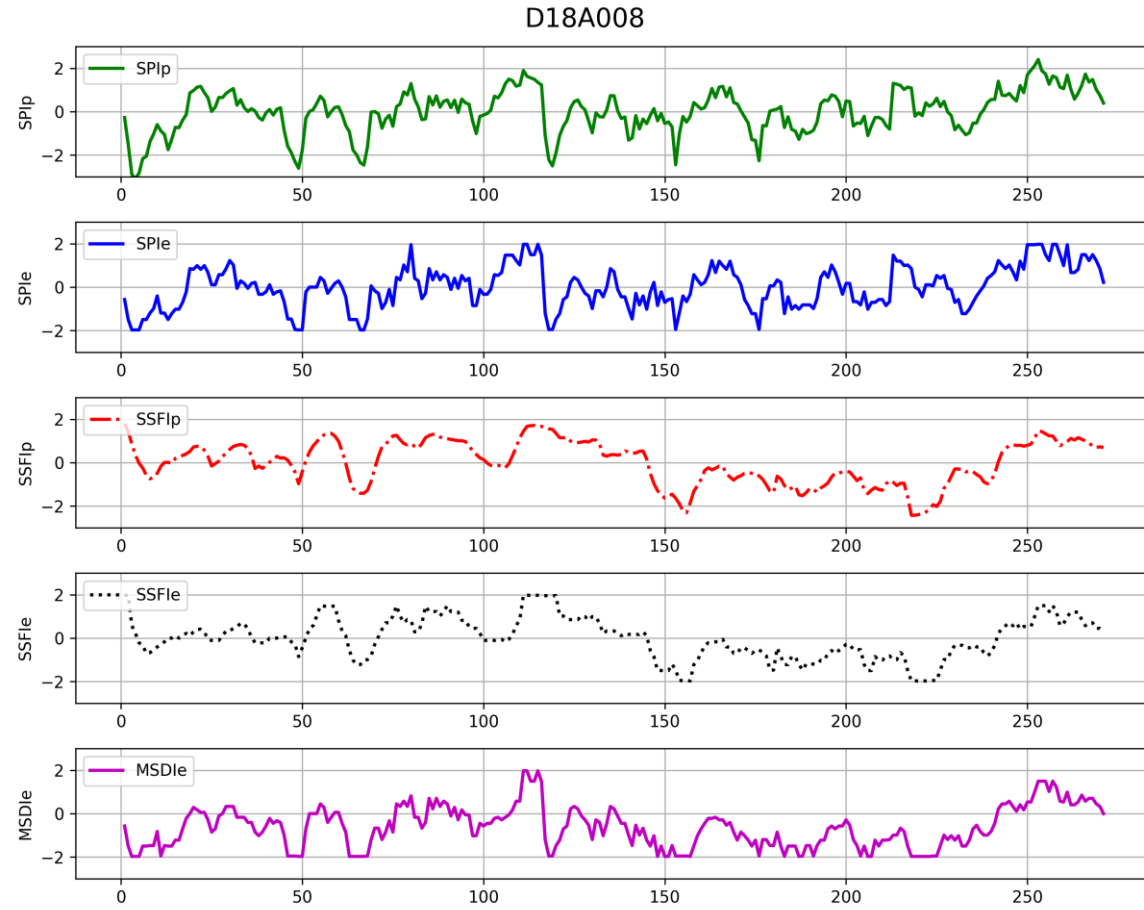
Şekil A. 52: E1825 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



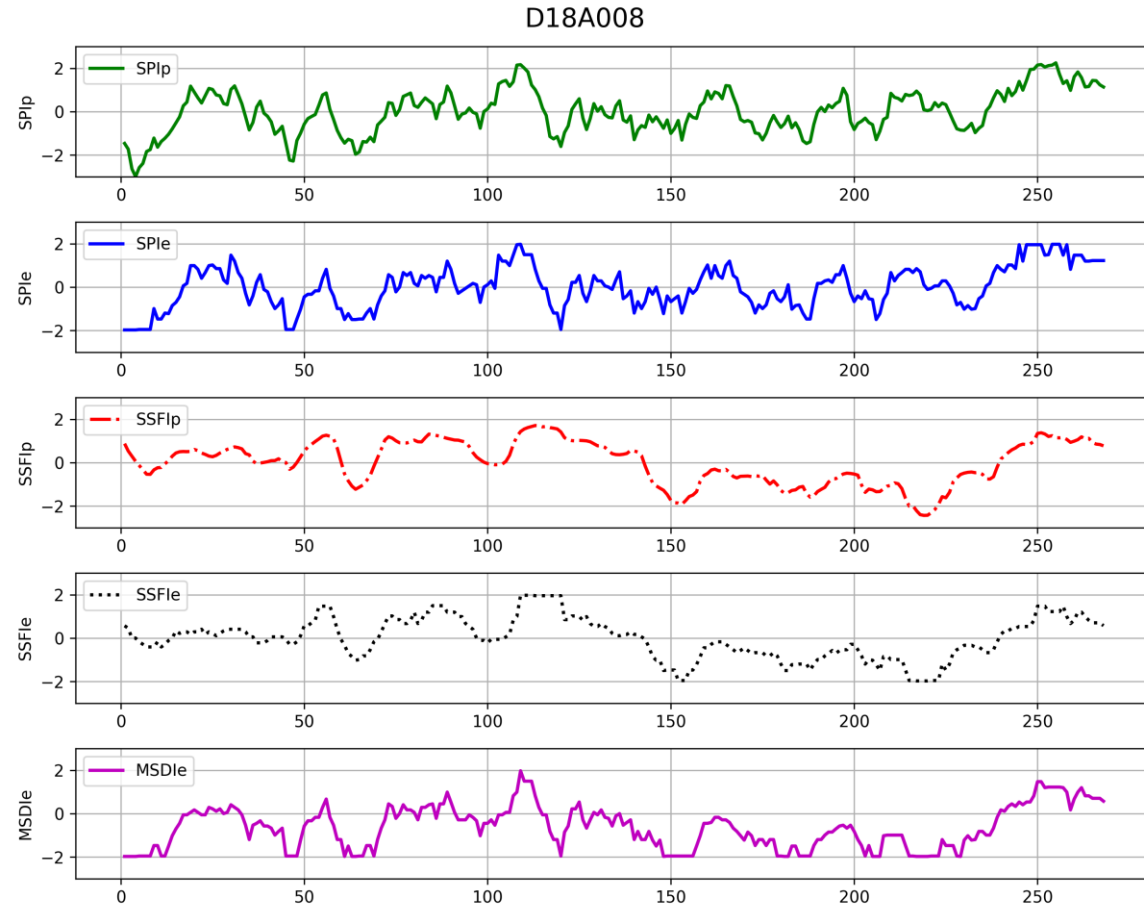
Şekil A. 53: D18A008 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



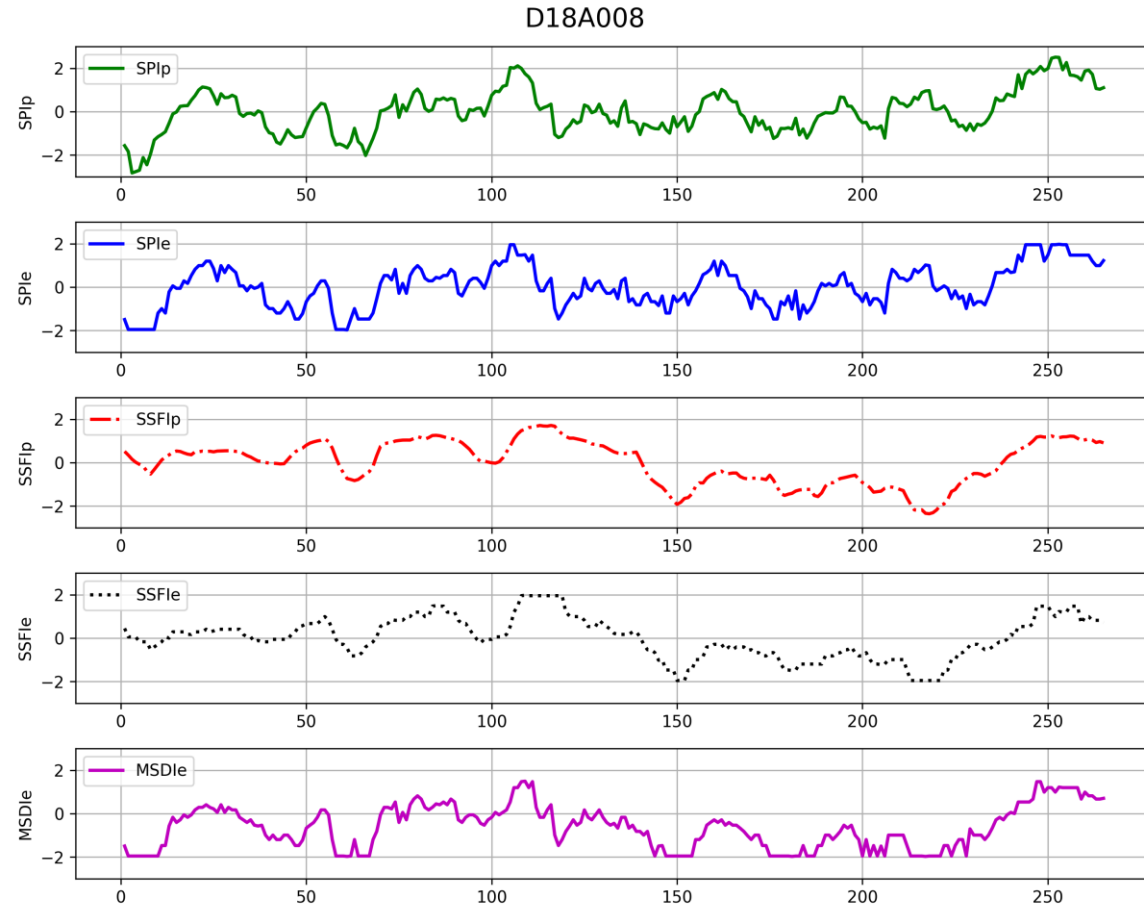
Şekil A. 54: D18A008 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



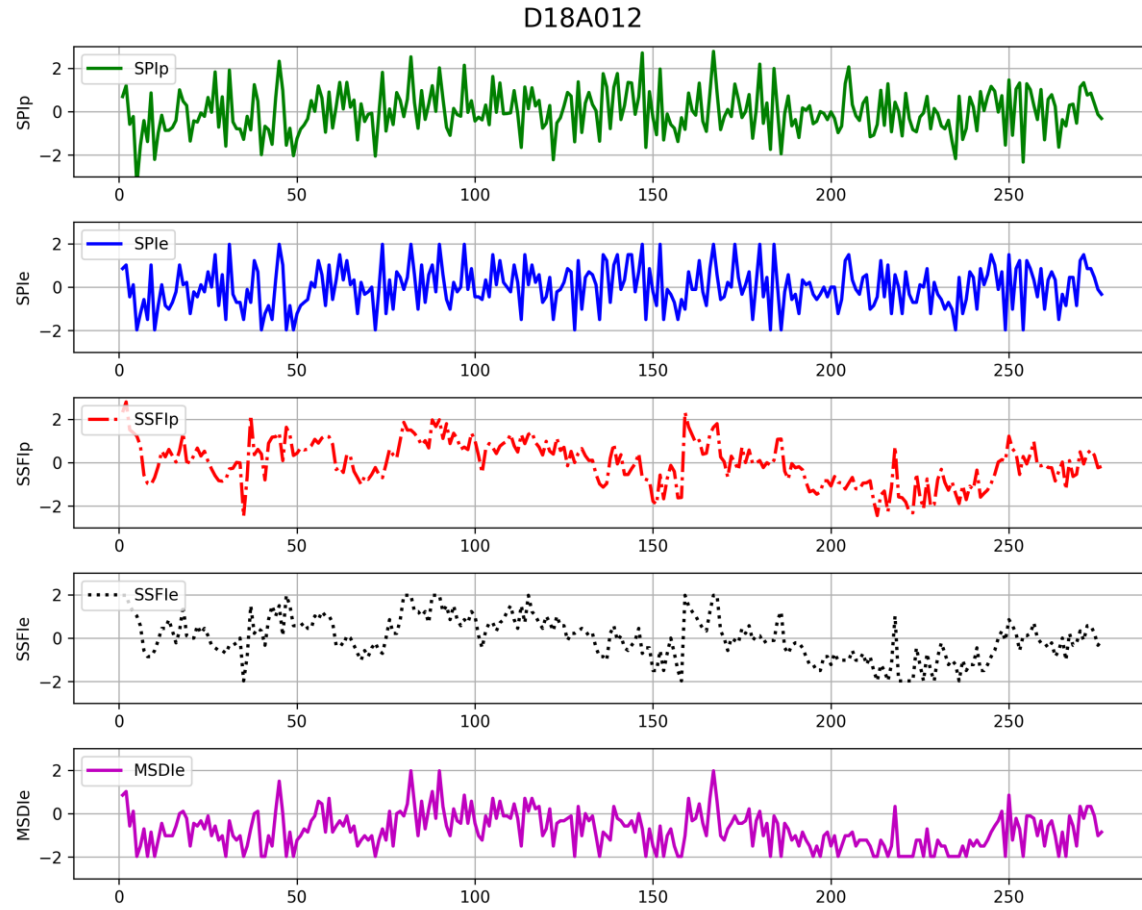
Şekil A. 55: D18A008 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



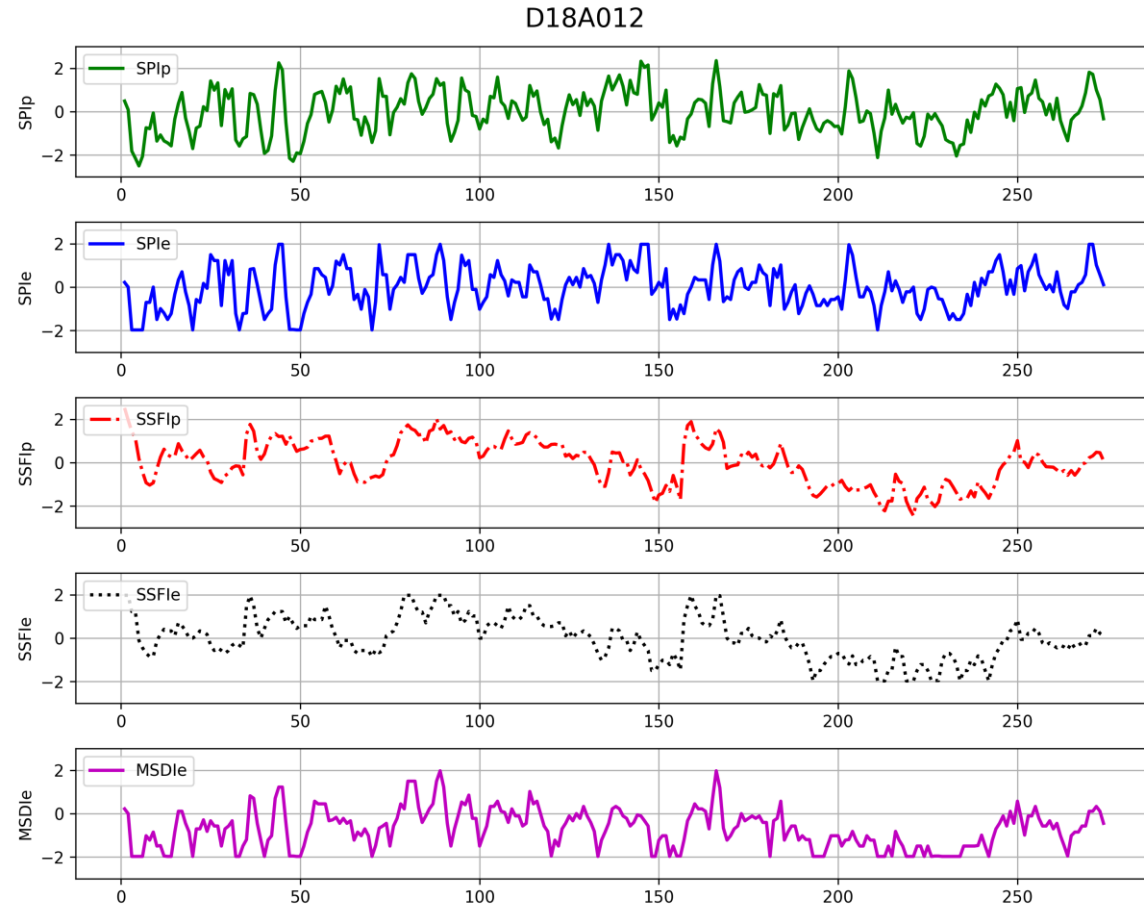
Şekil A. 56: D18A008 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



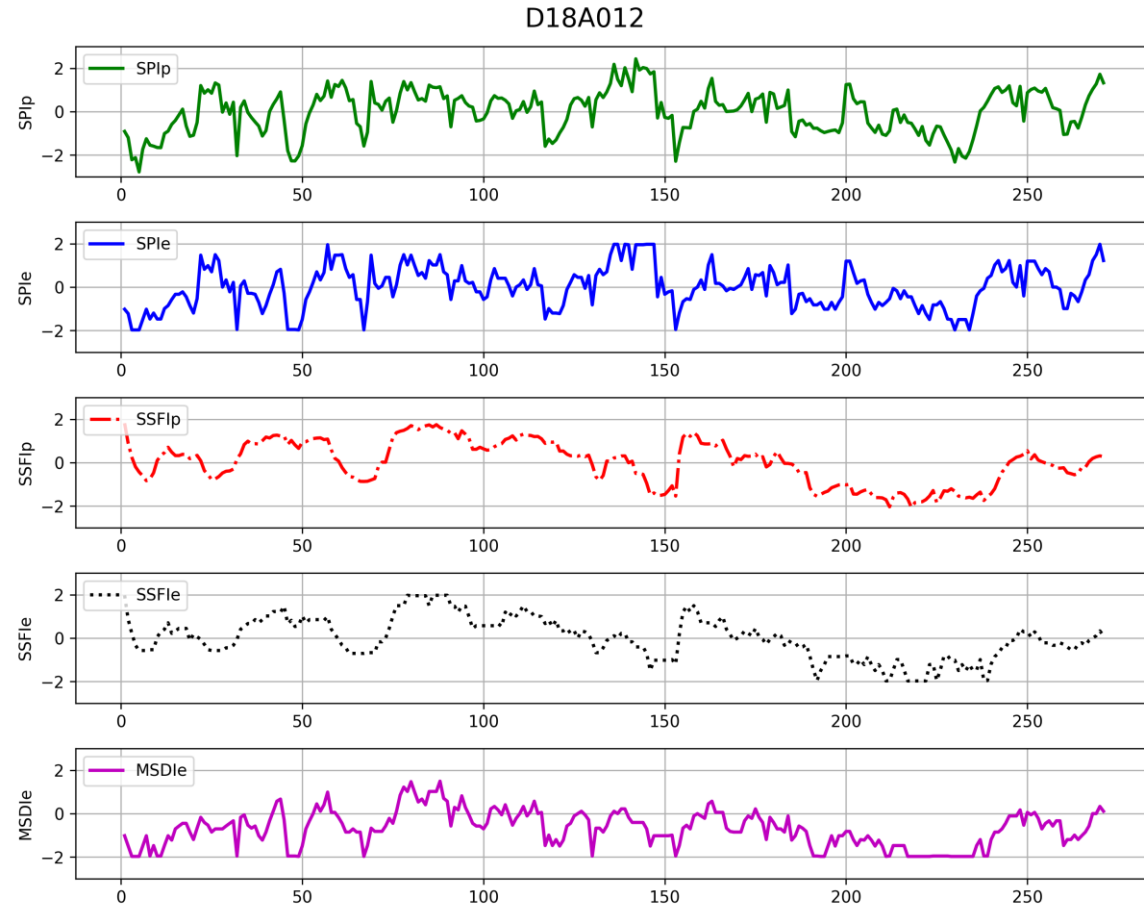
Şekil A. 57: D18A008 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



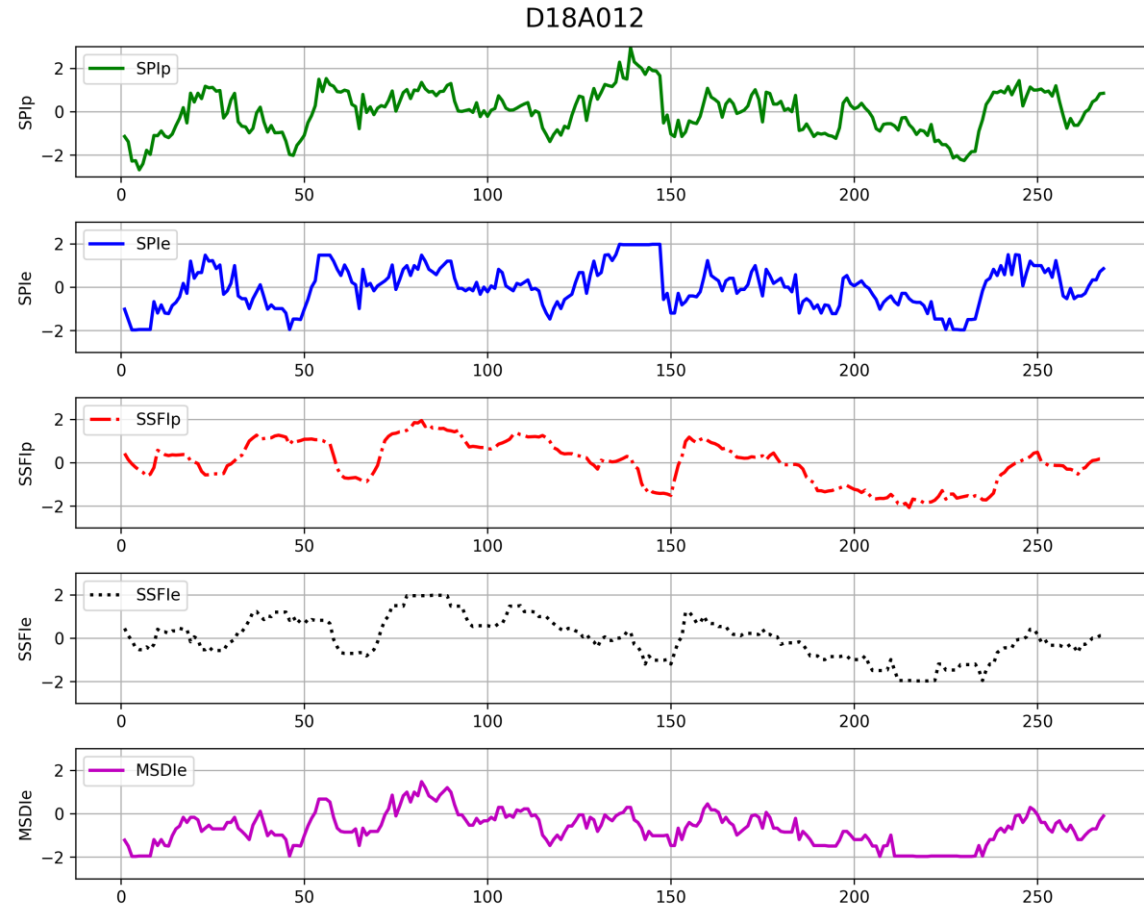
Şekil A. 58: D18A012 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



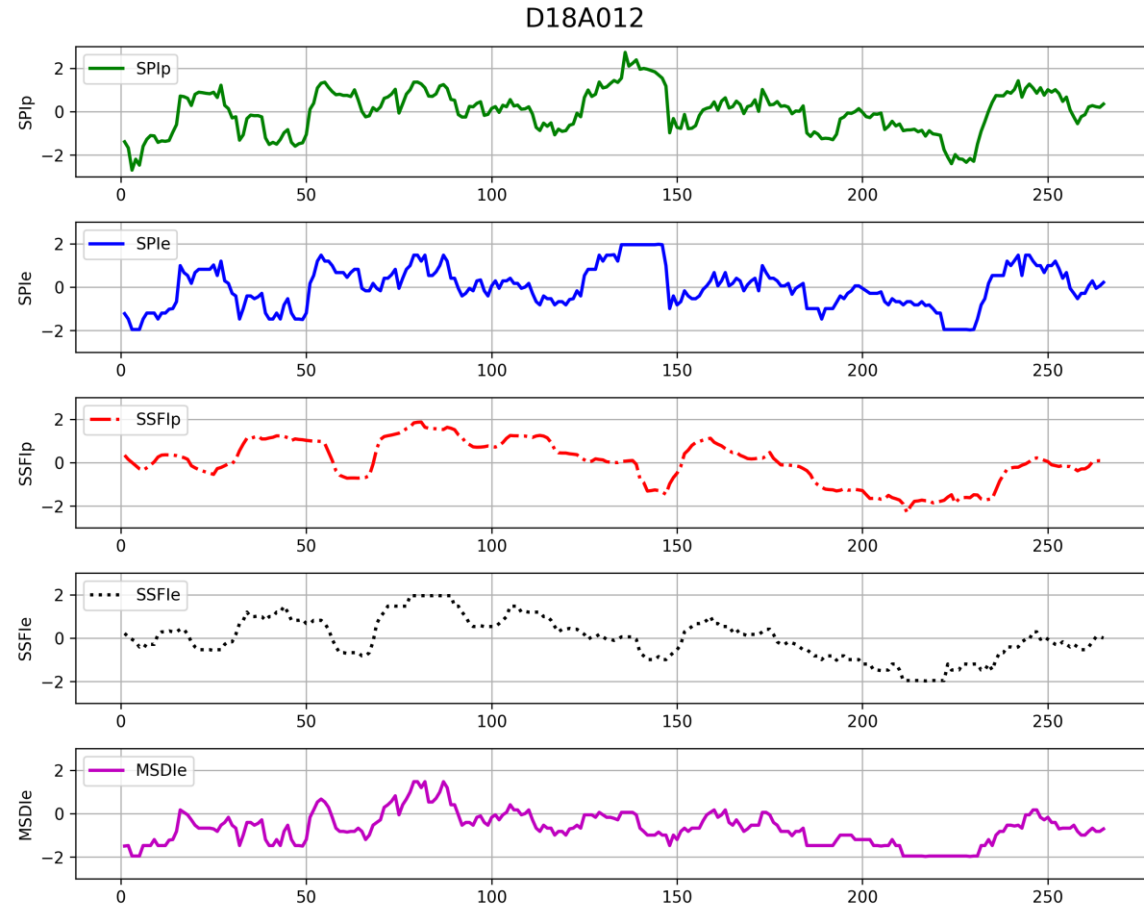
Şekil A. 59: D18A012 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



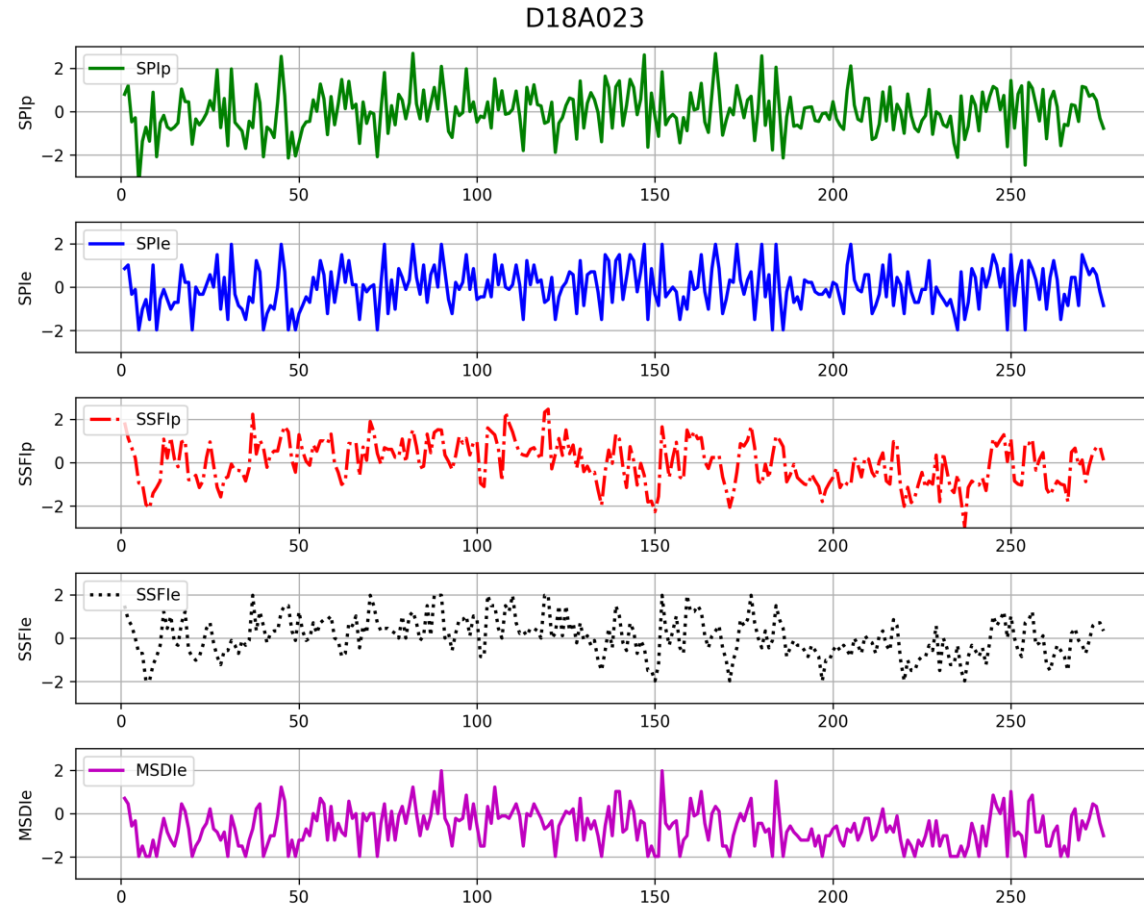
Şekil A. 60: D18A012 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



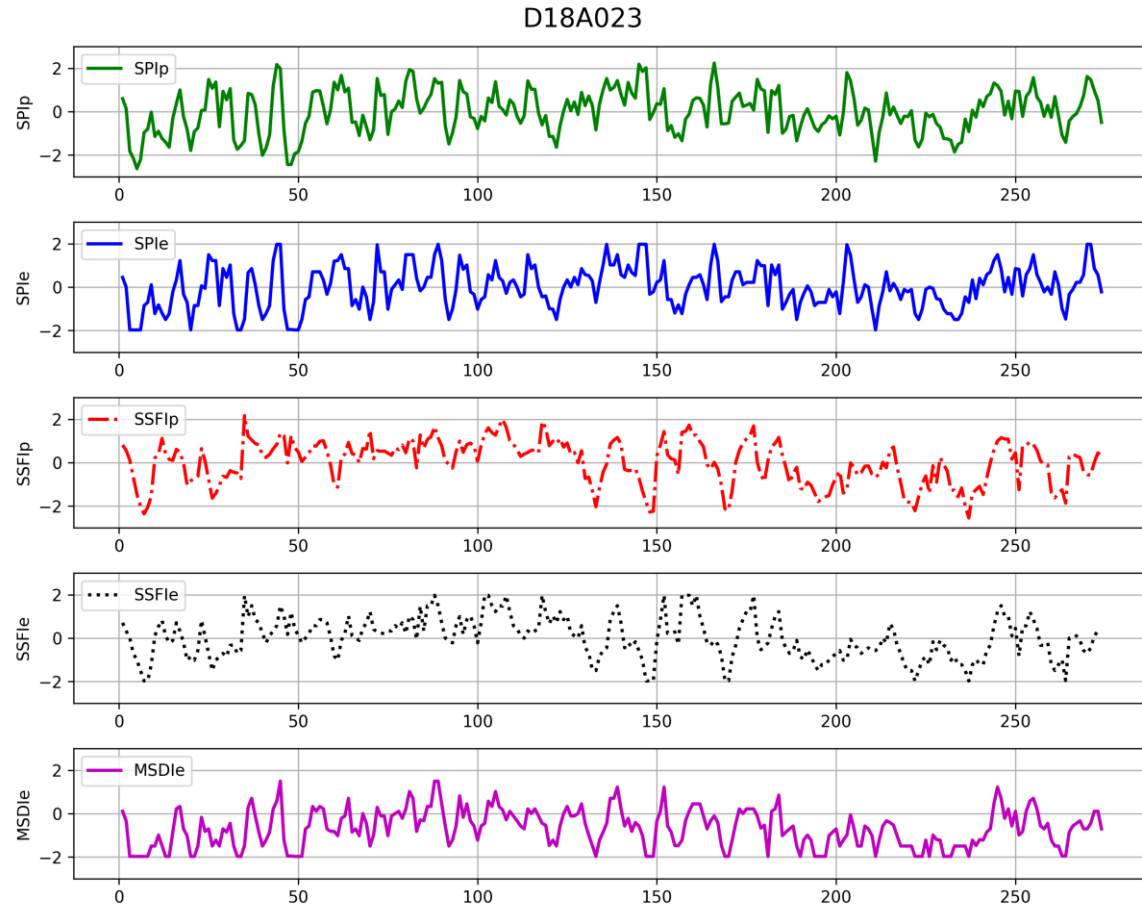
Şekil A. 61: D18A012 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



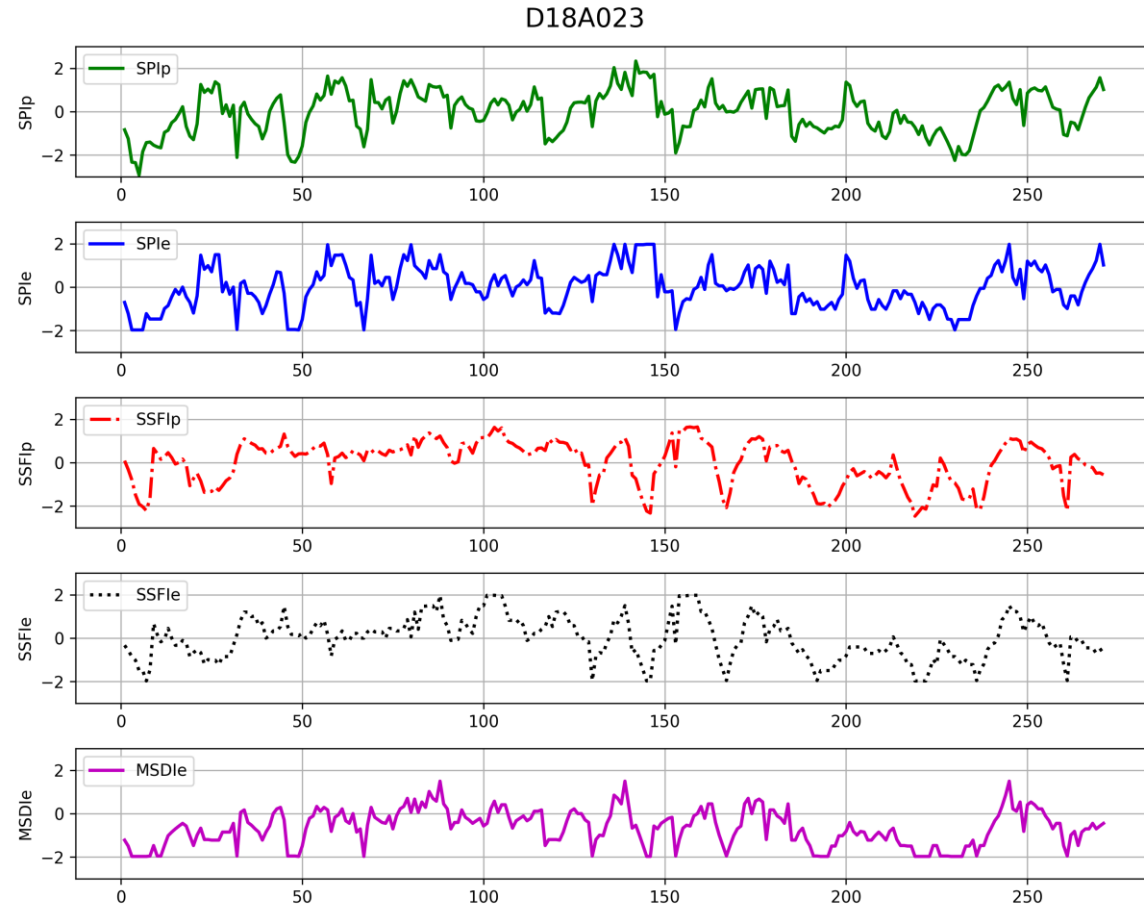
Şekil A. 62: D18A012 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



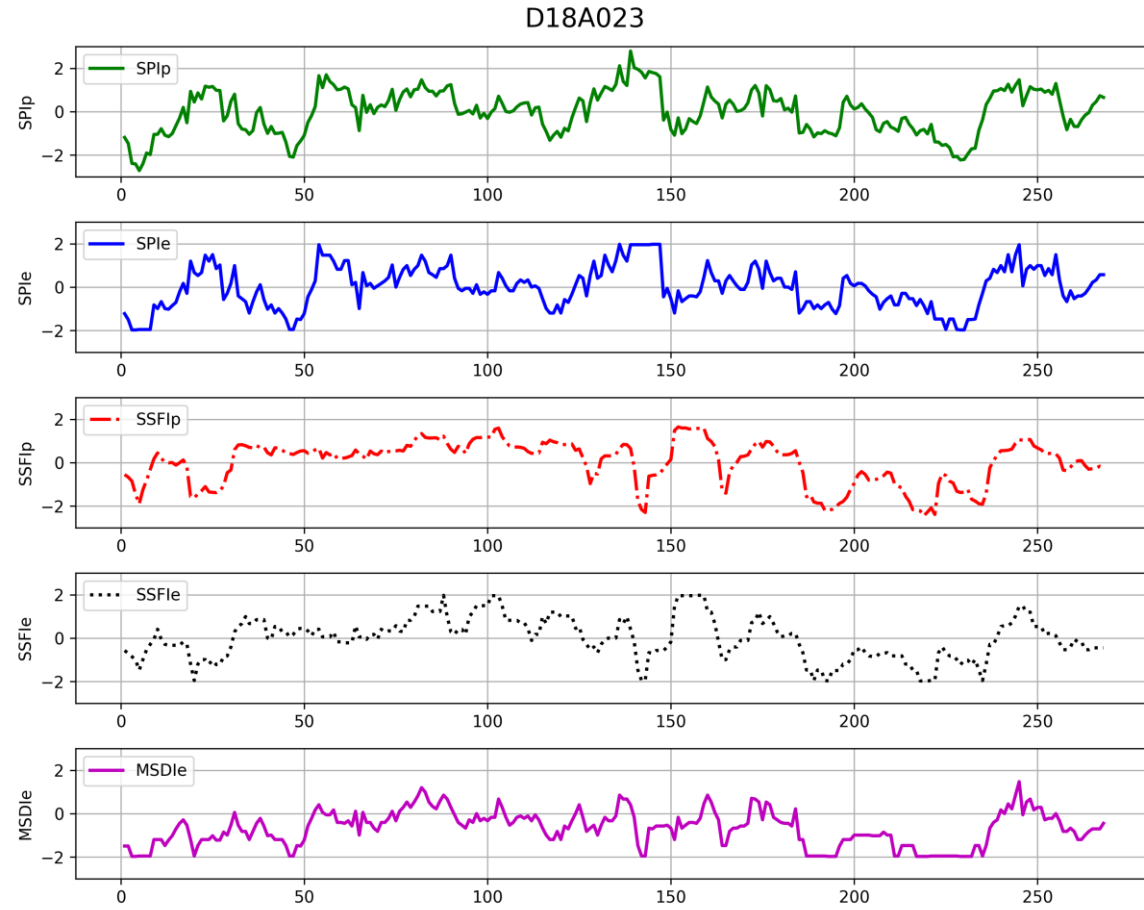
Şekil A. 63: D18A023 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



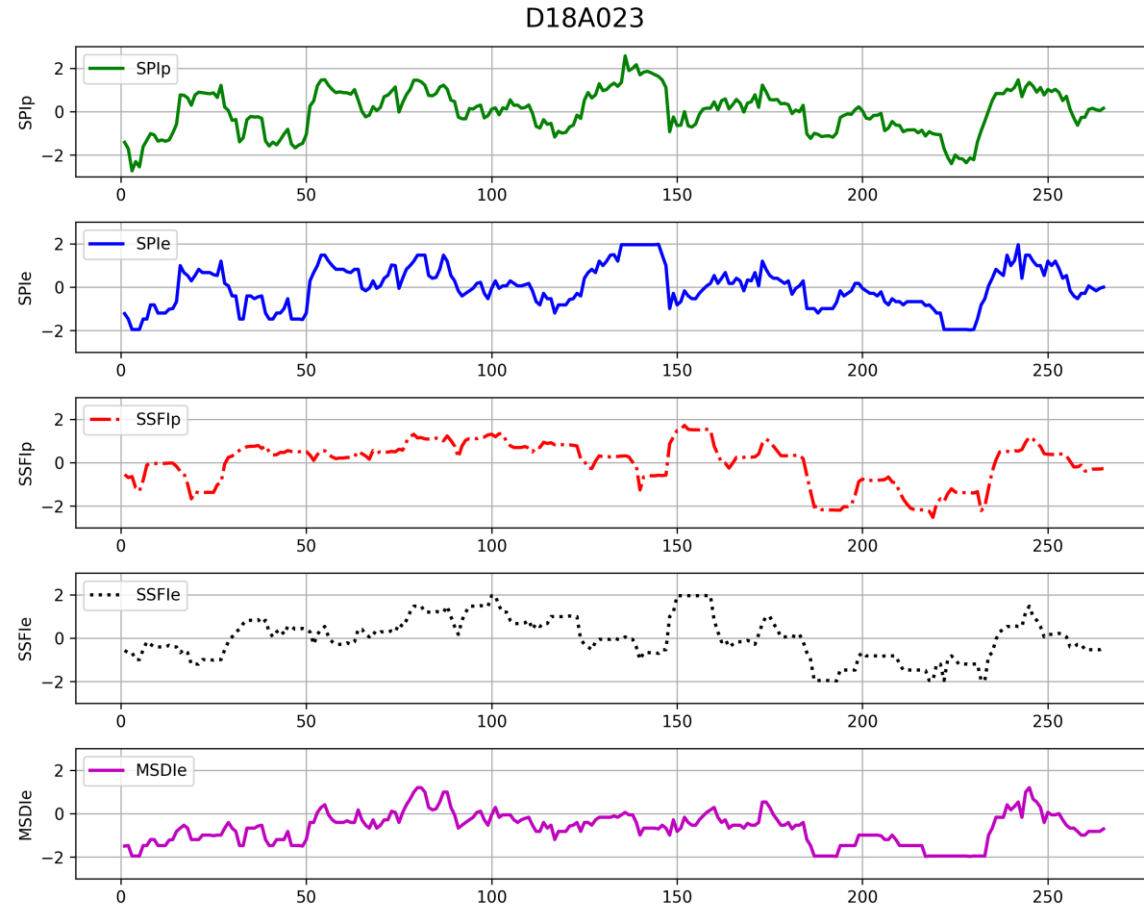
Şekil A. 64: D18A023 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



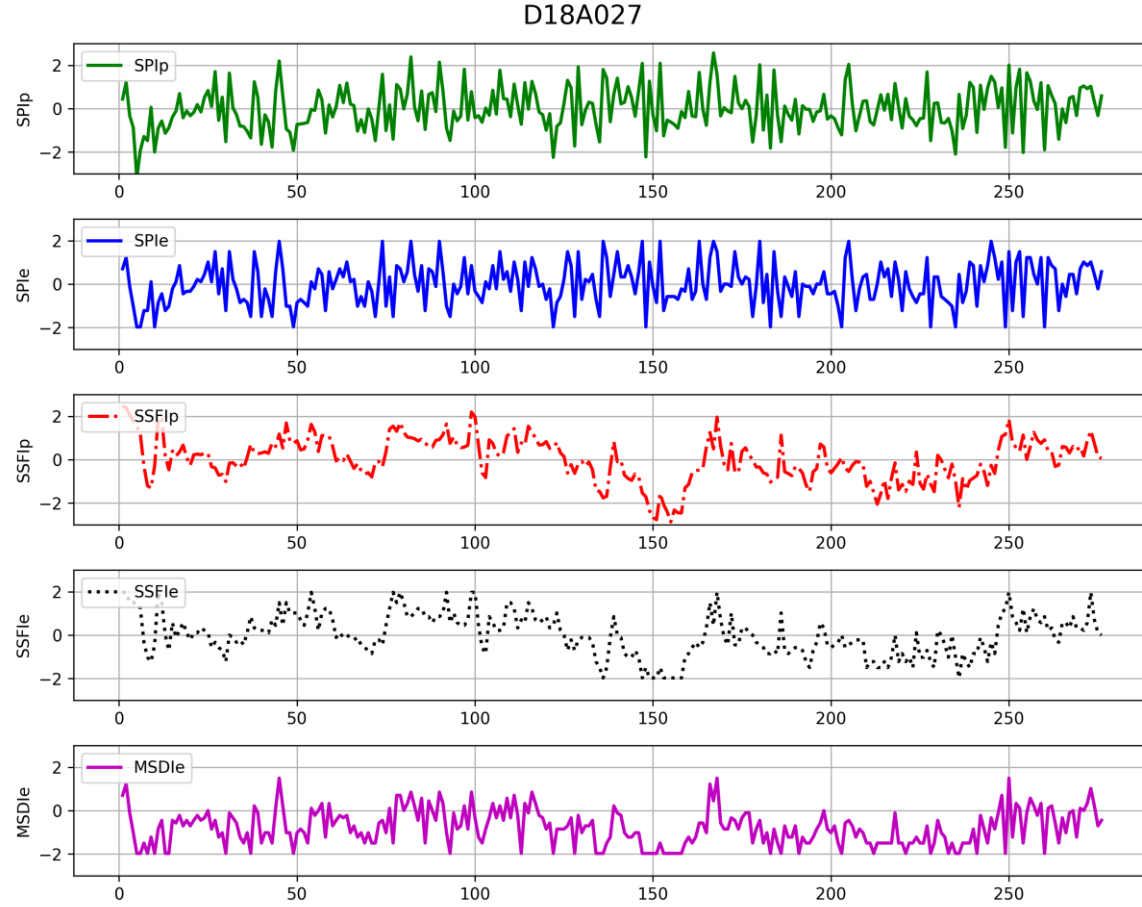
Şekil A. 65: D18A023 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



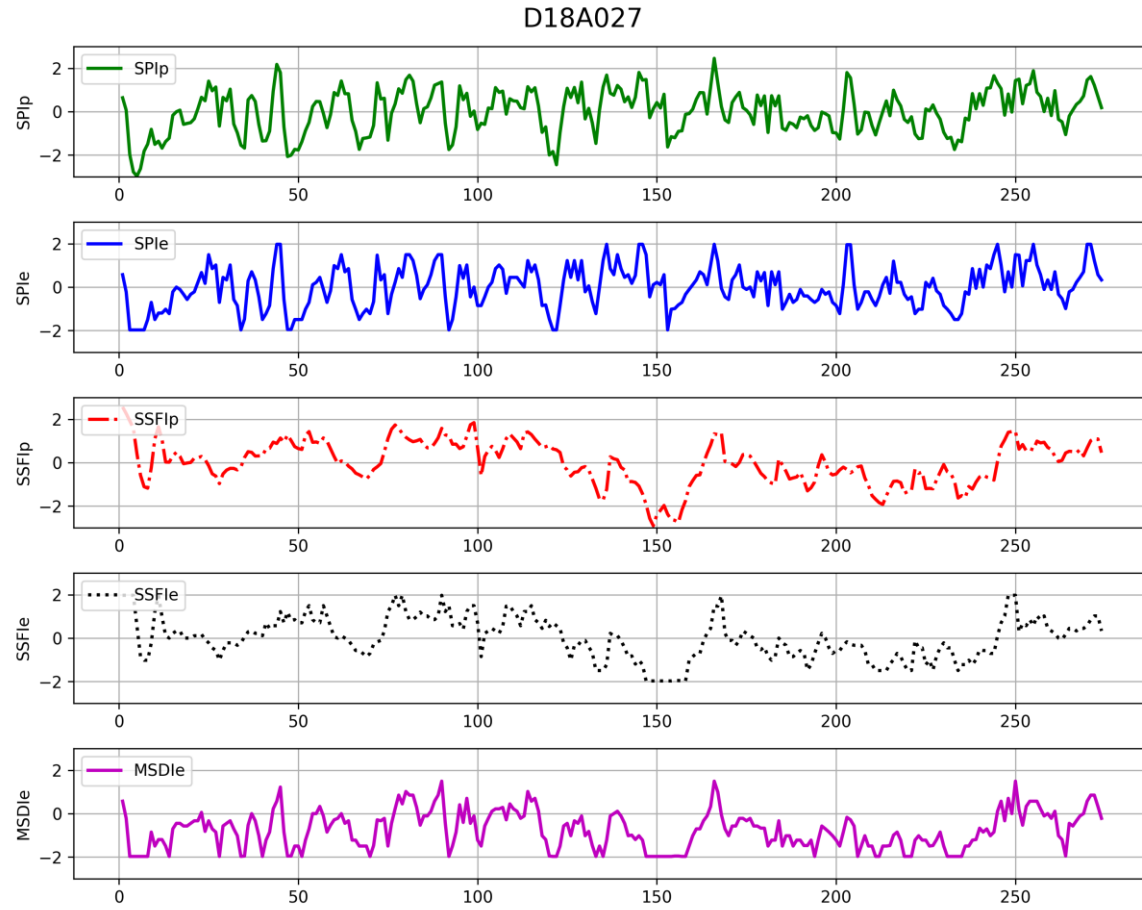
Şekil A. 66: D18A023 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



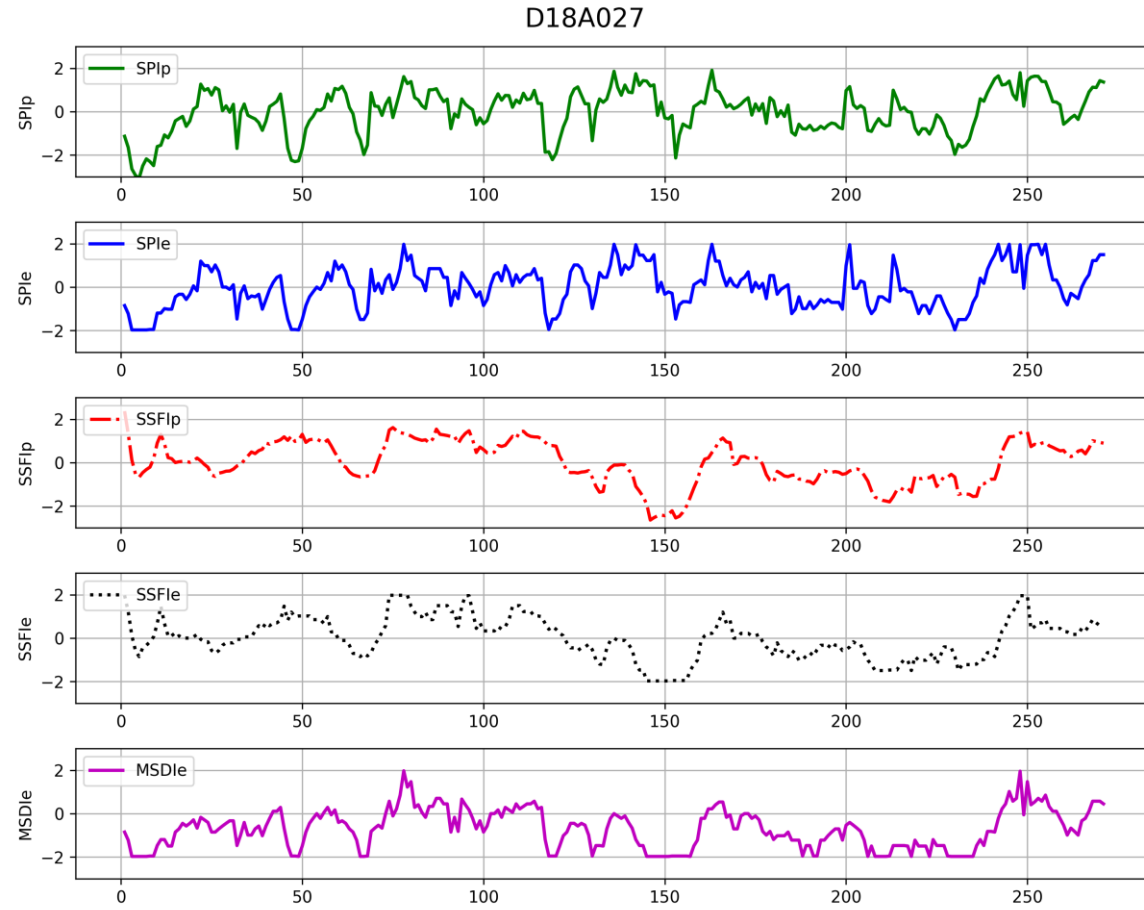
Şekil A. 67: D18A023 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



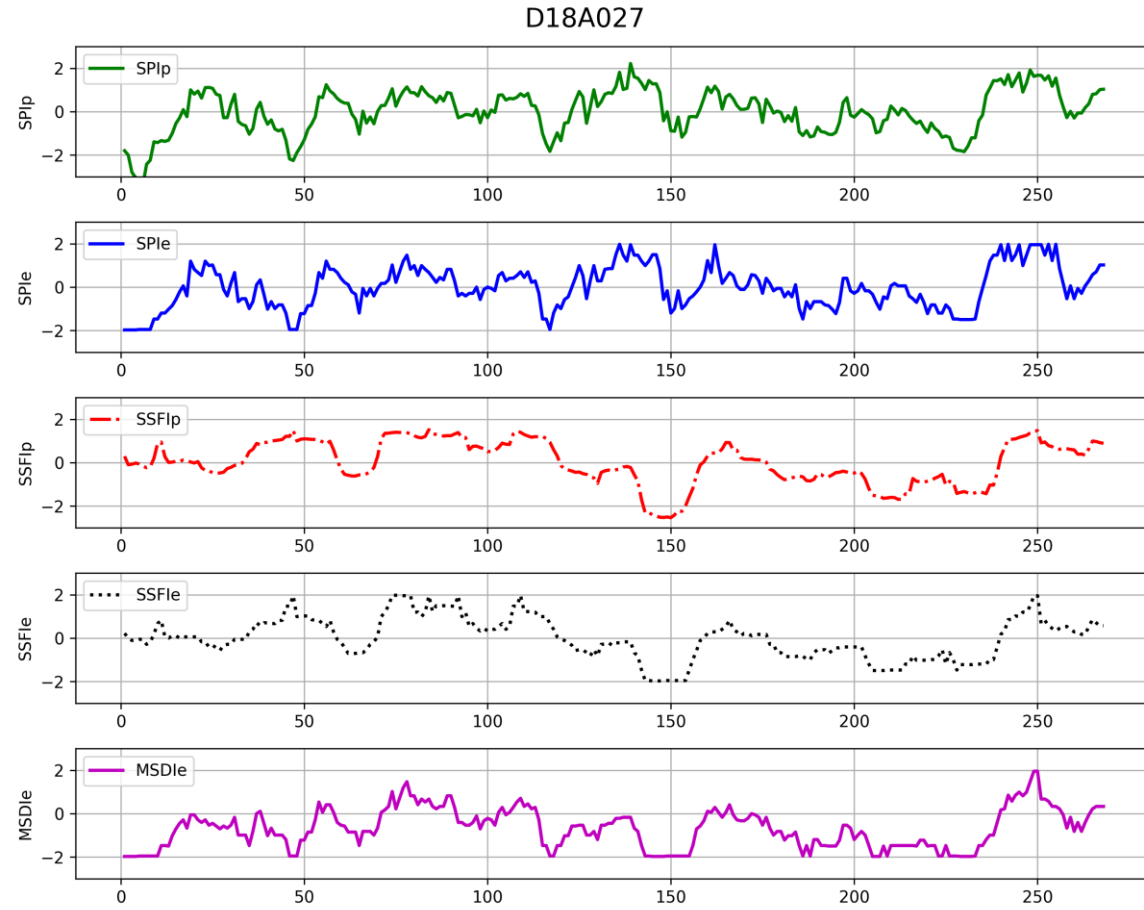
Şekil A. 68: D18A027 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



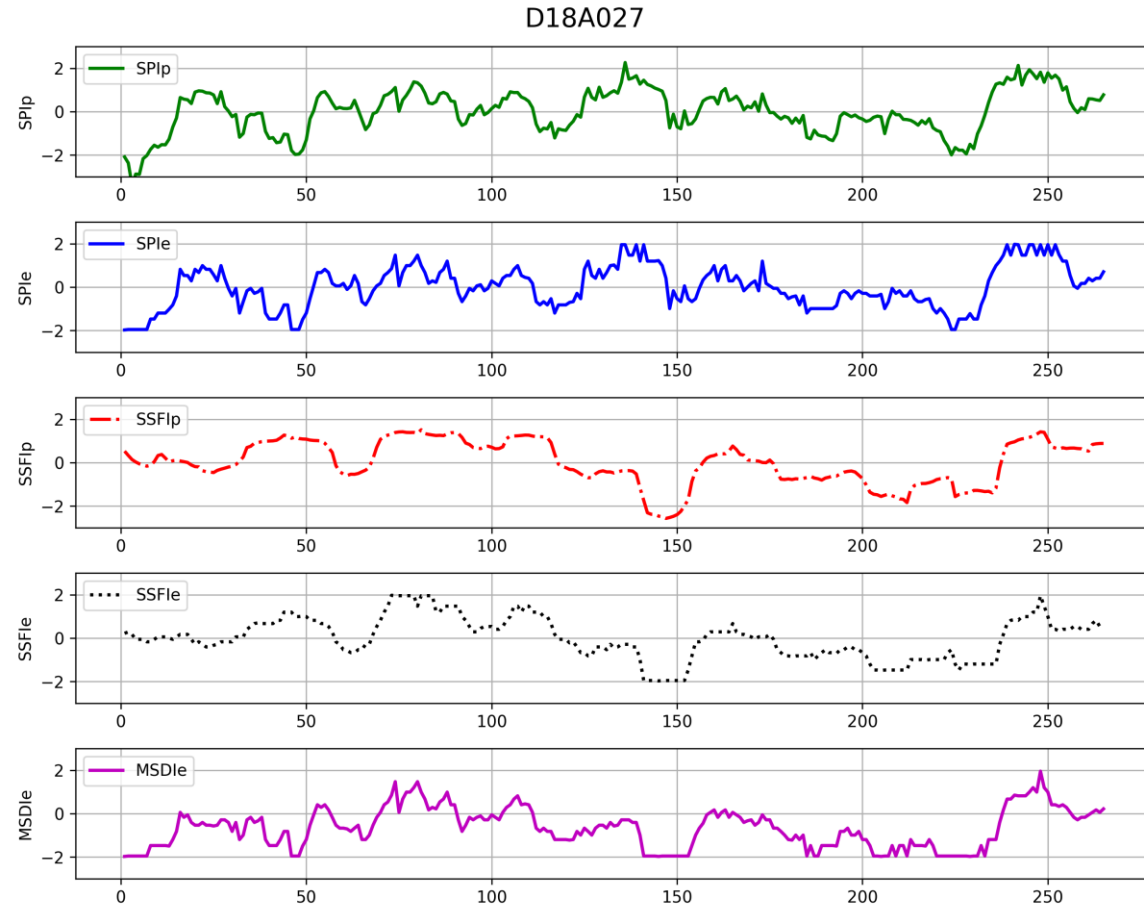
Şekil A. 69: D18A027 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



Şekil A. 70: D18A027 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

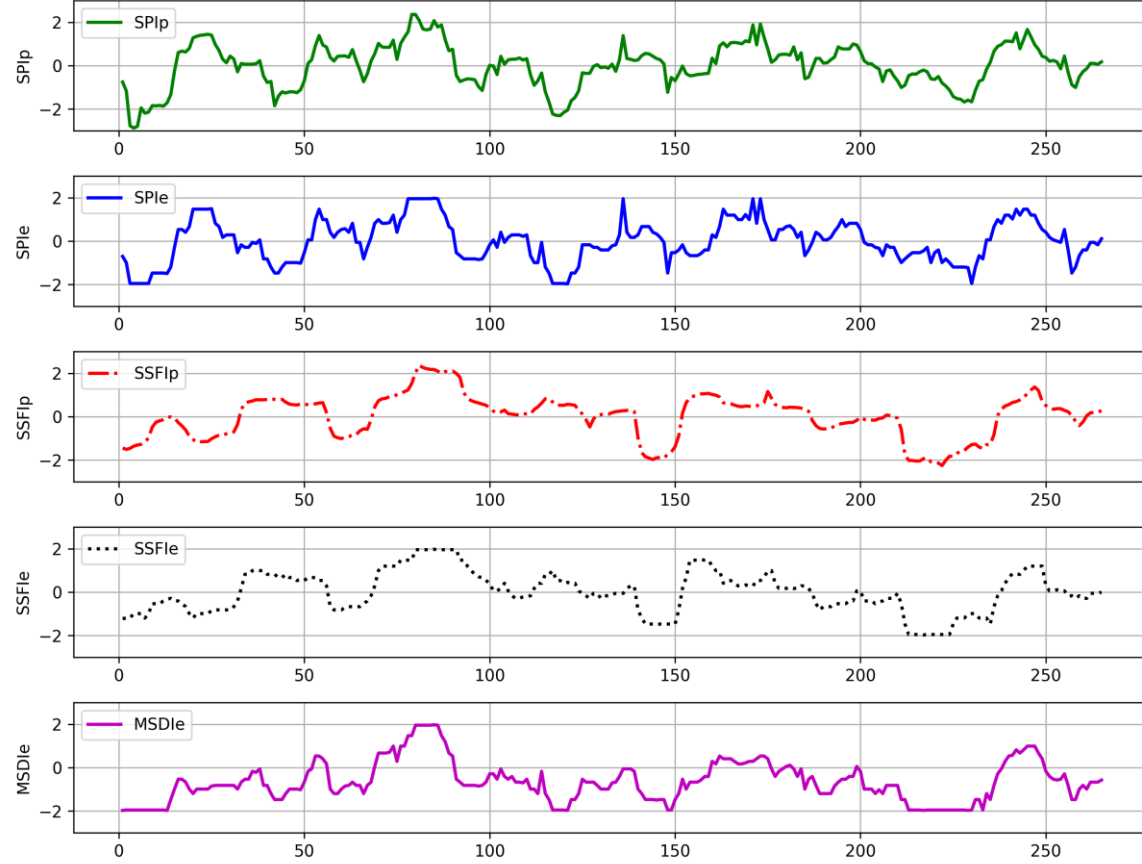


Şekil A. 71: D18A027 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



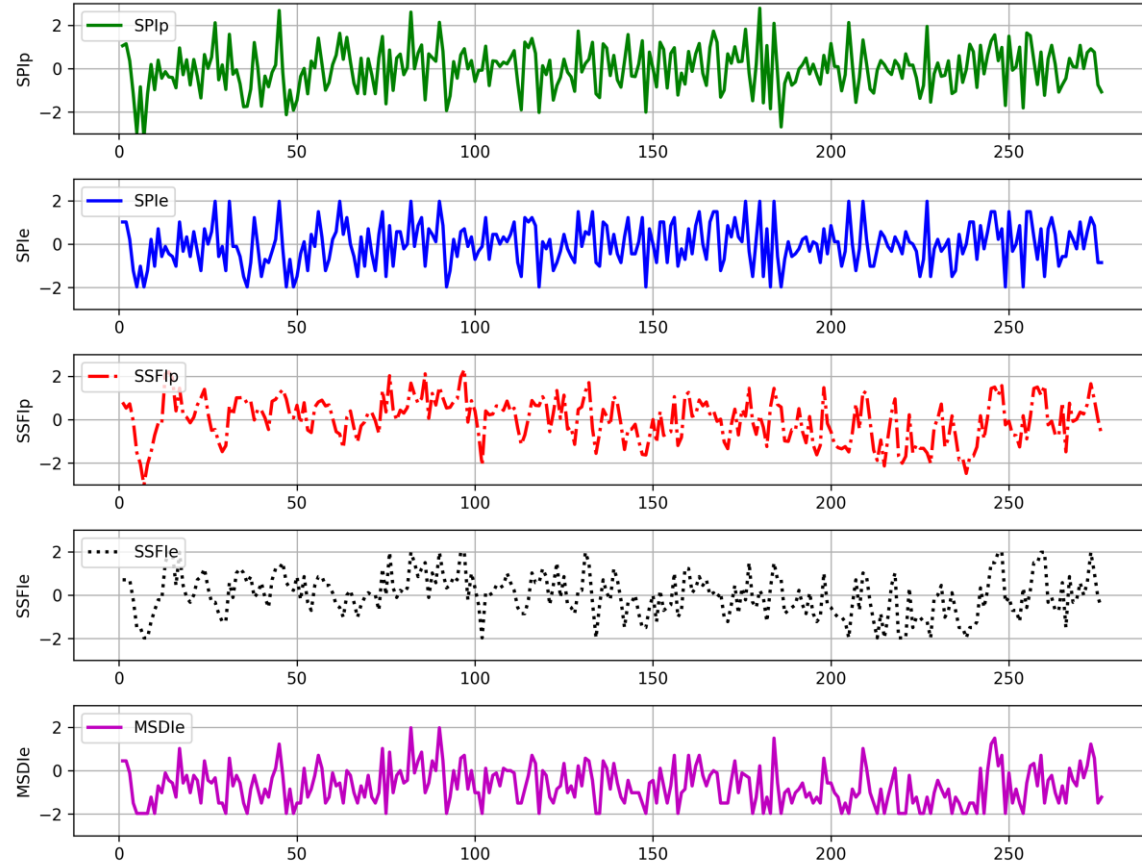
Şekil A. 72: D18A027 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2006



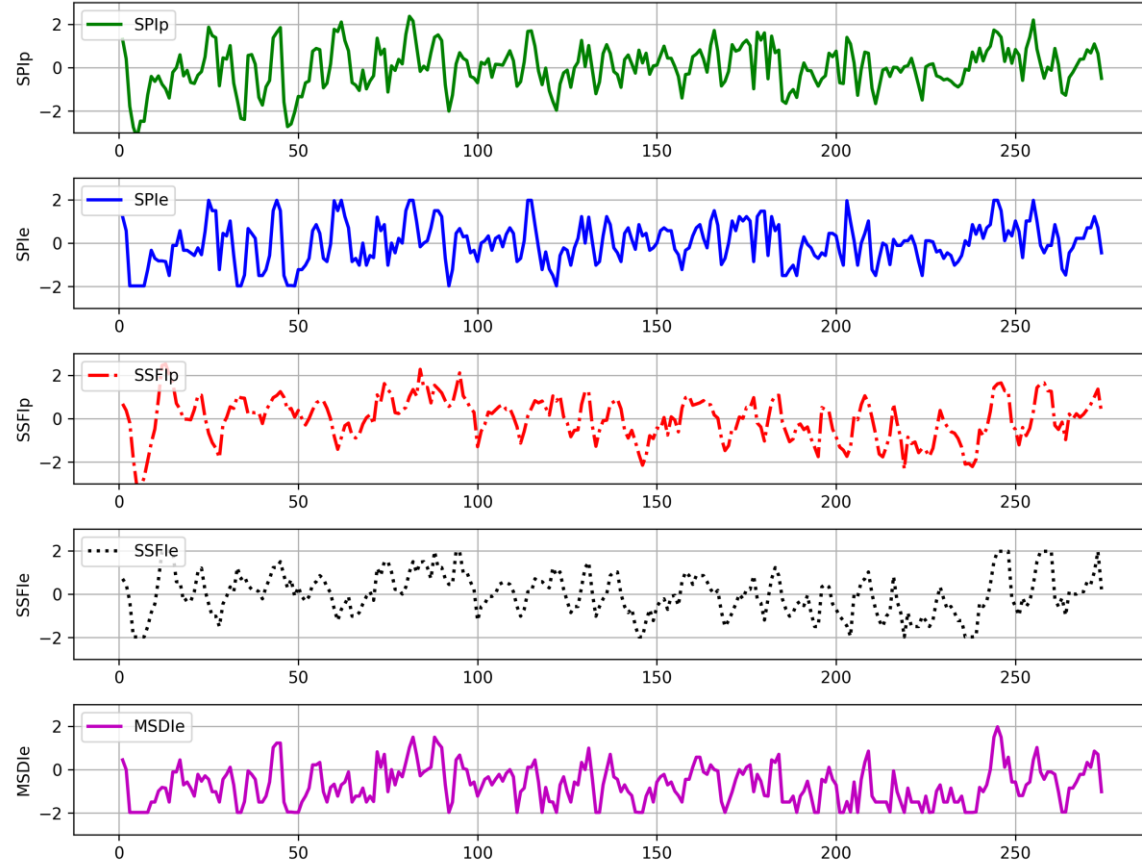
Şekil A. 73: E2006 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2008



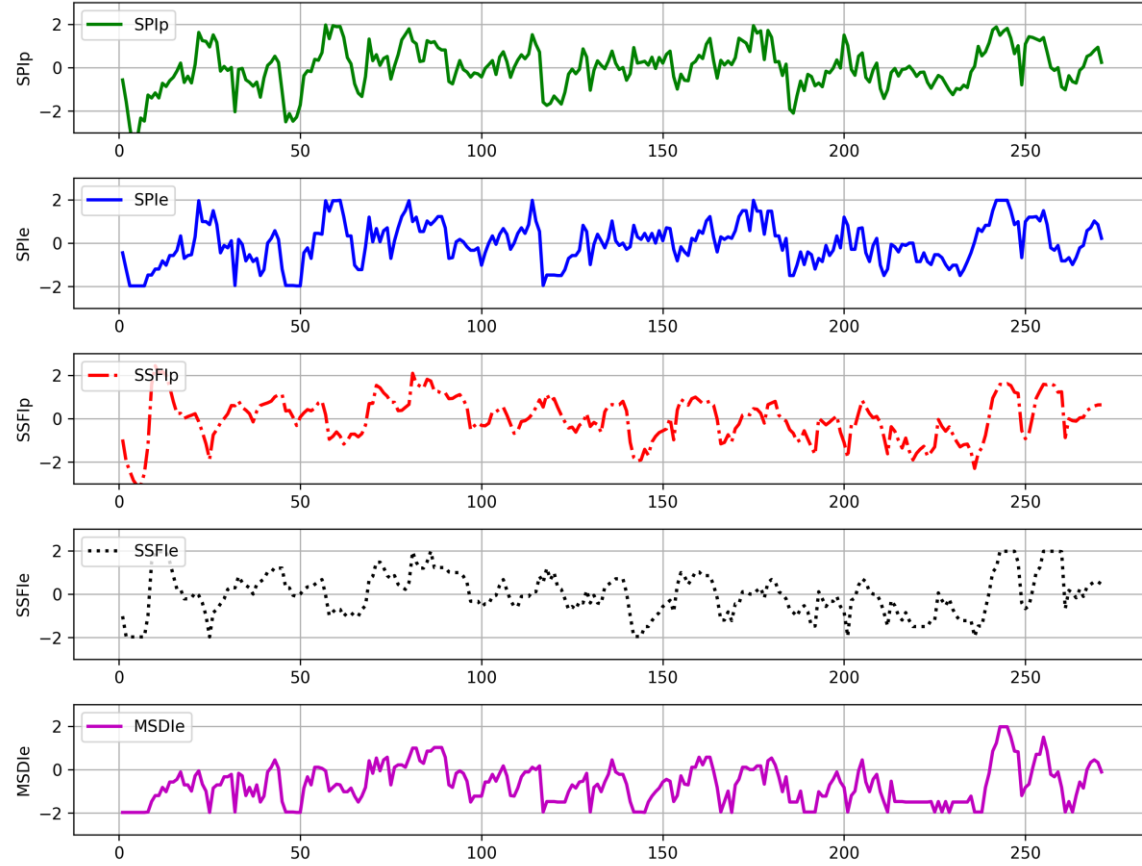
Şekil A. 74: E2008 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2008



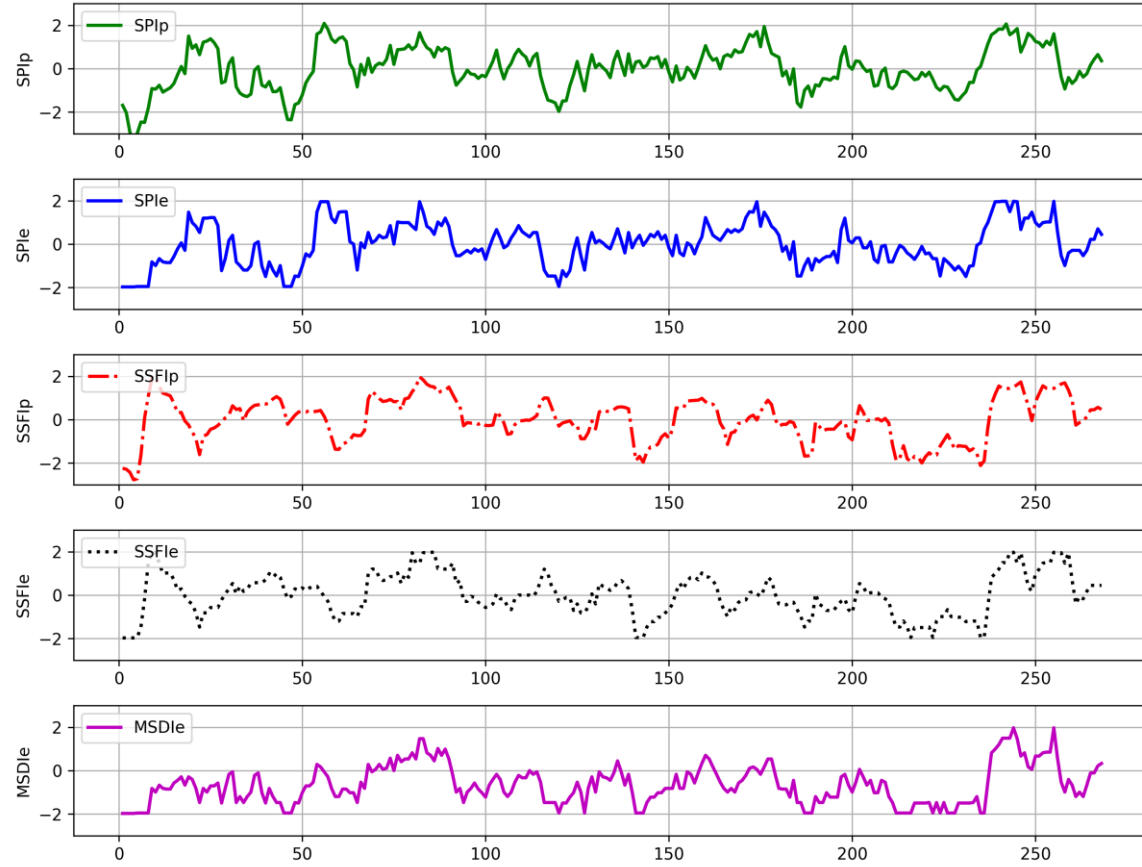
Şekil A. 75: E2008 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2008



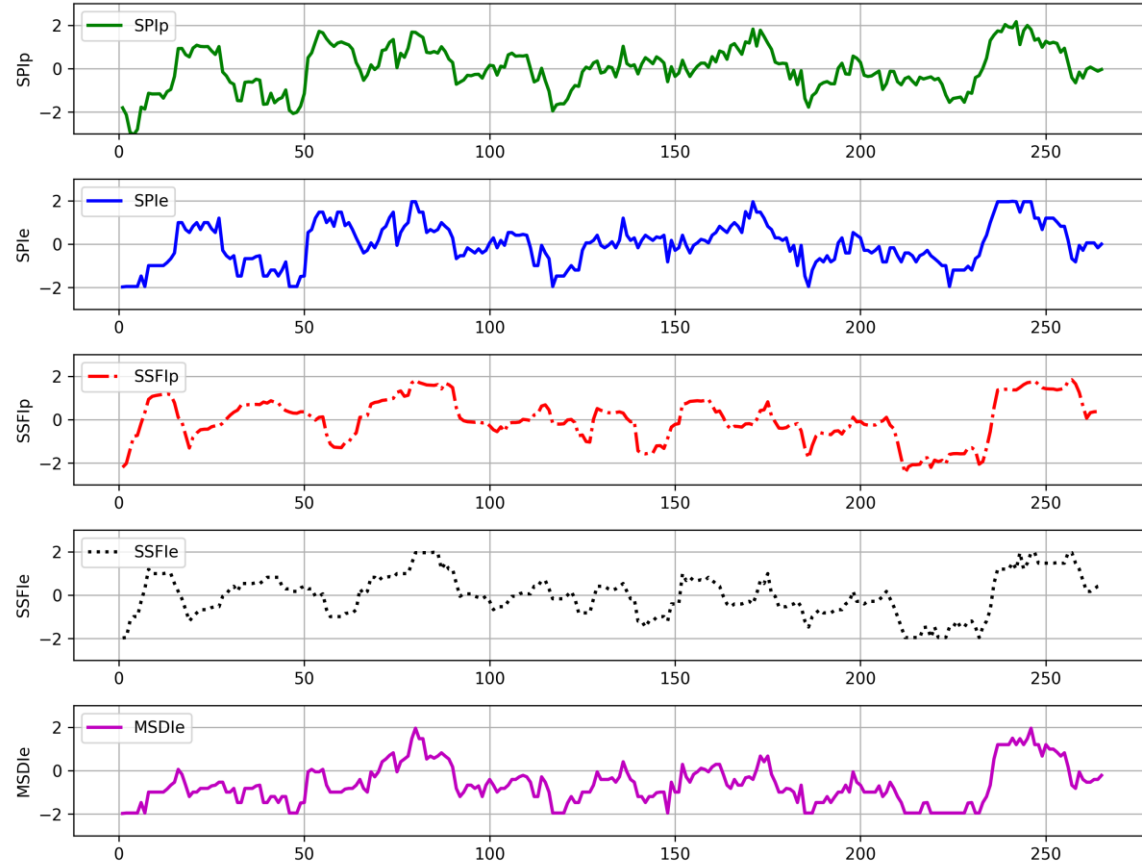
Şekil A. 76: E2008 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2008

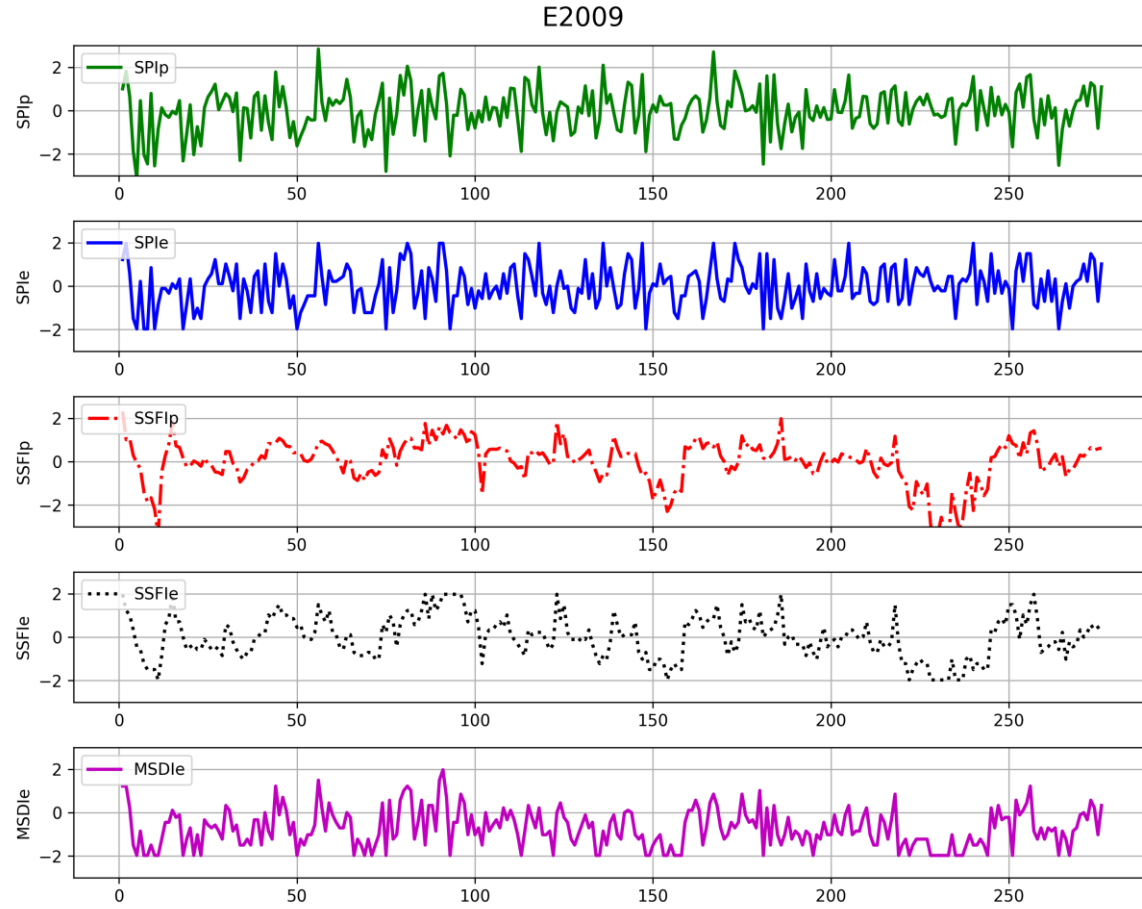


Şekil A. 77: E2008 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

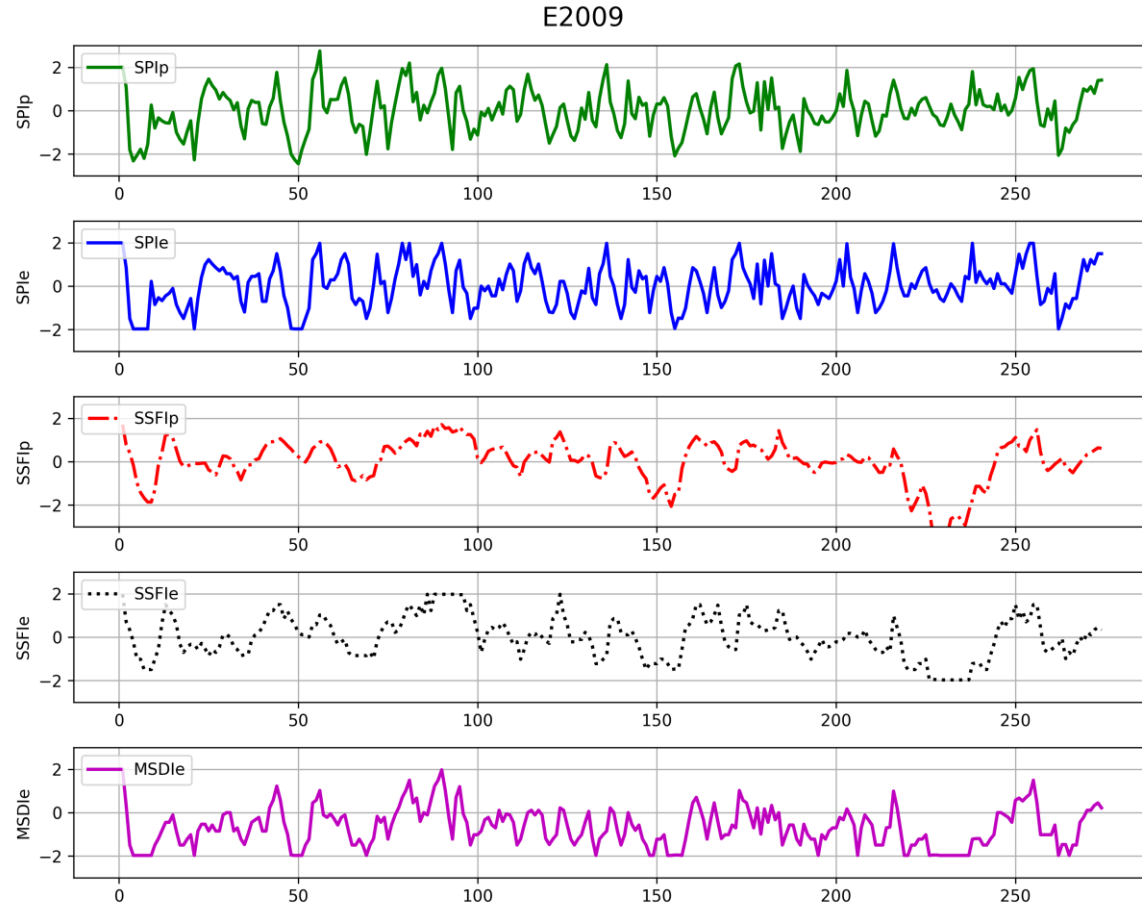
E2008



Şekil A. 78: E2008 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

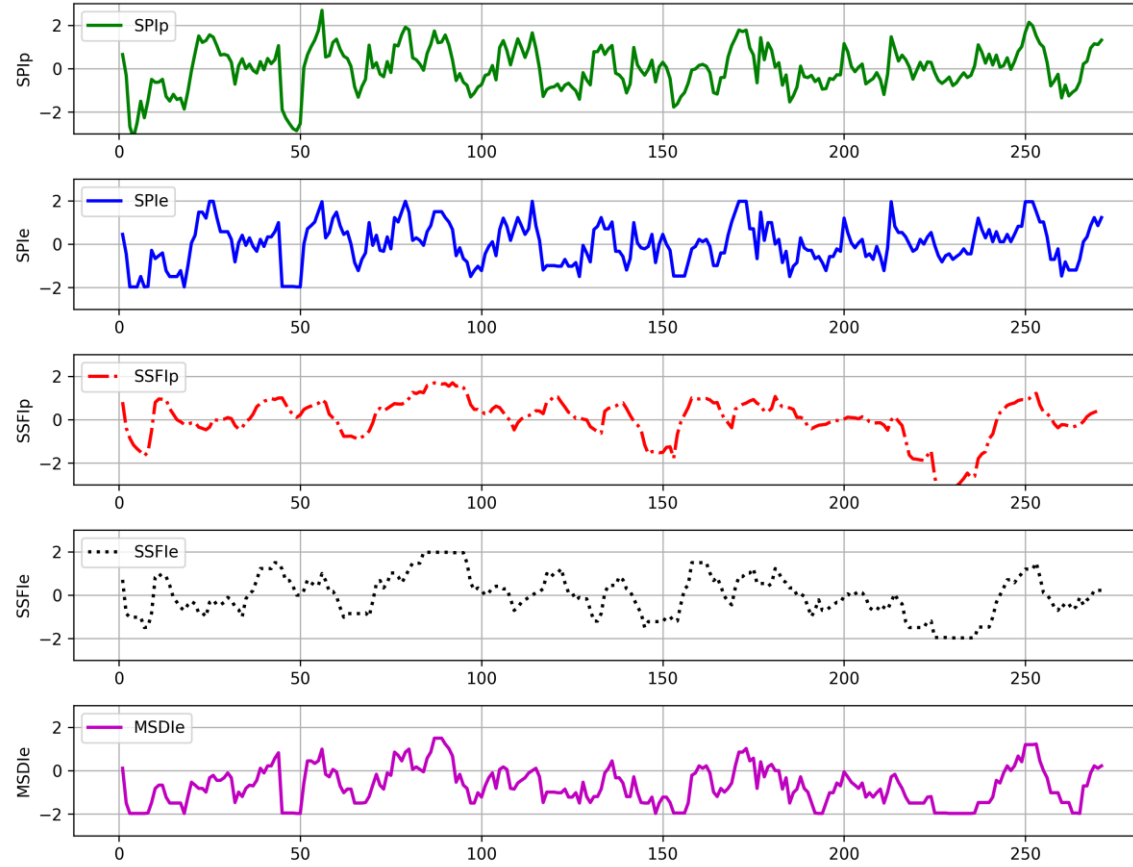


Şekil A. 79: E2009 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



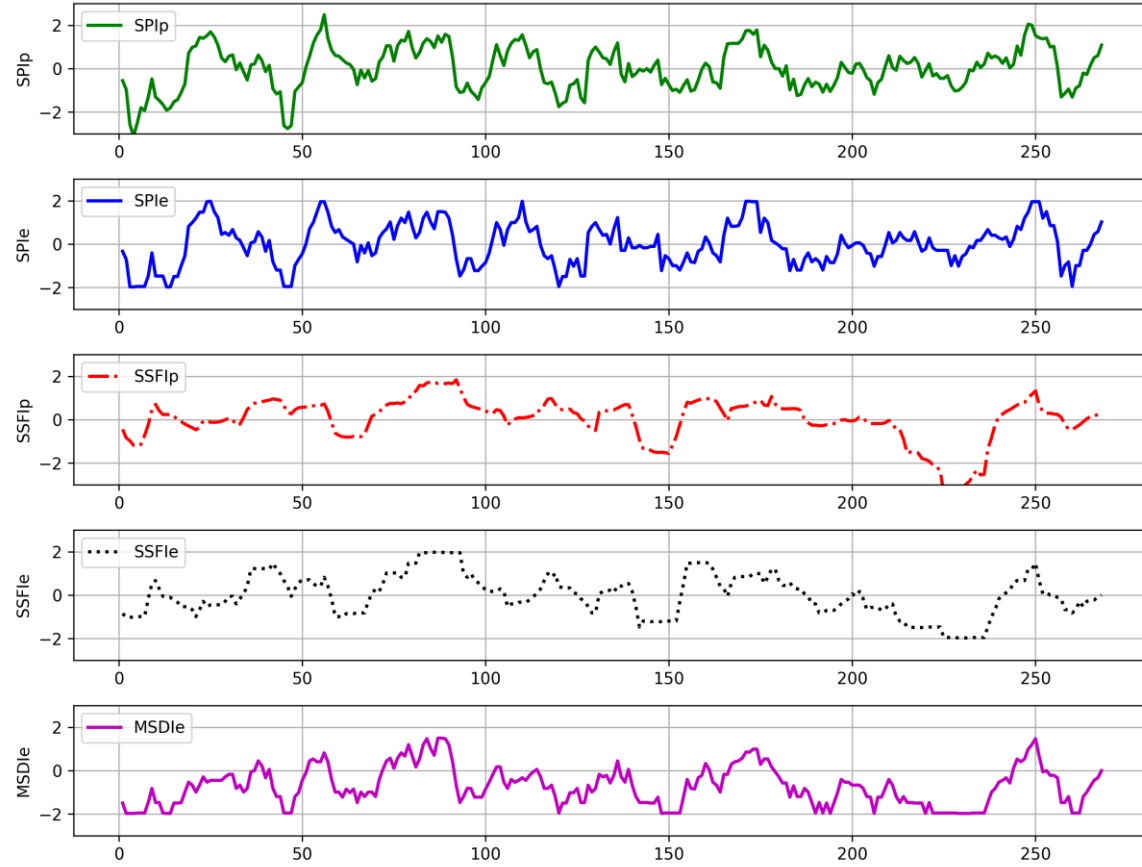
Şekil A. 80: E2009 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2009



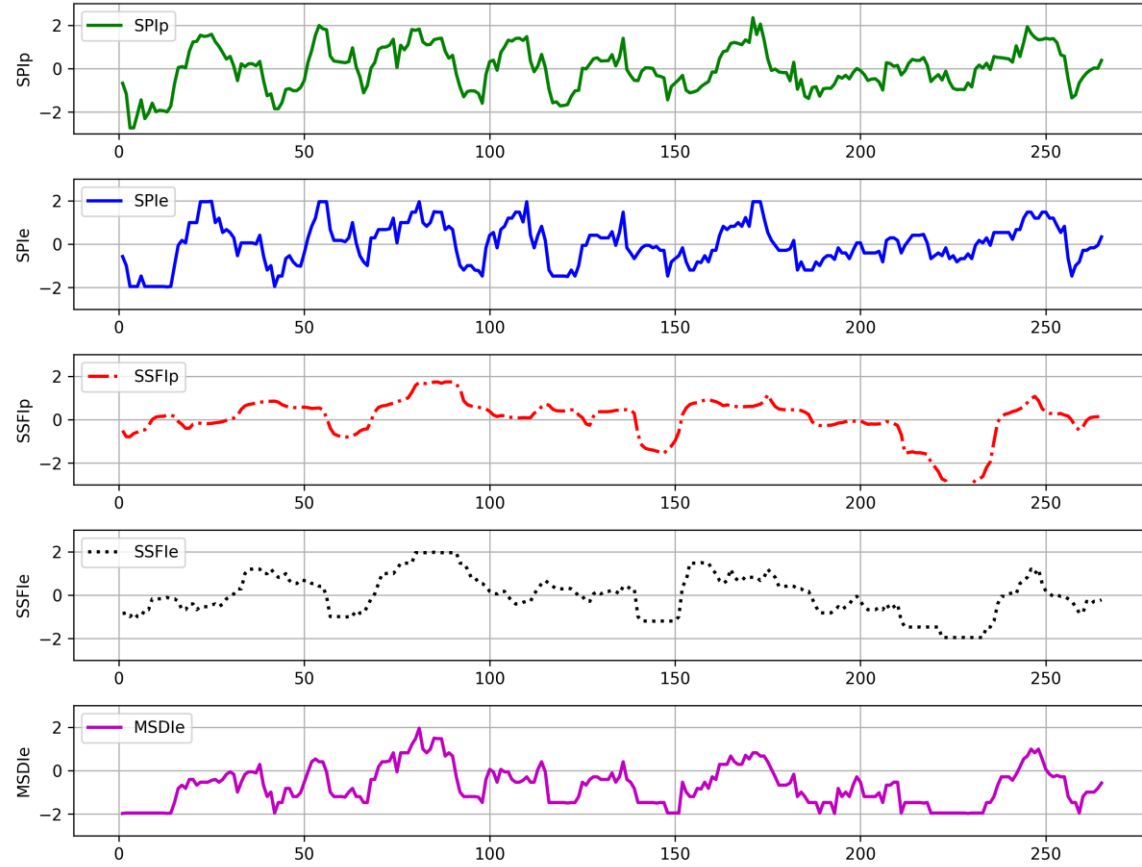
Şekil A. 81: E2009 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2009

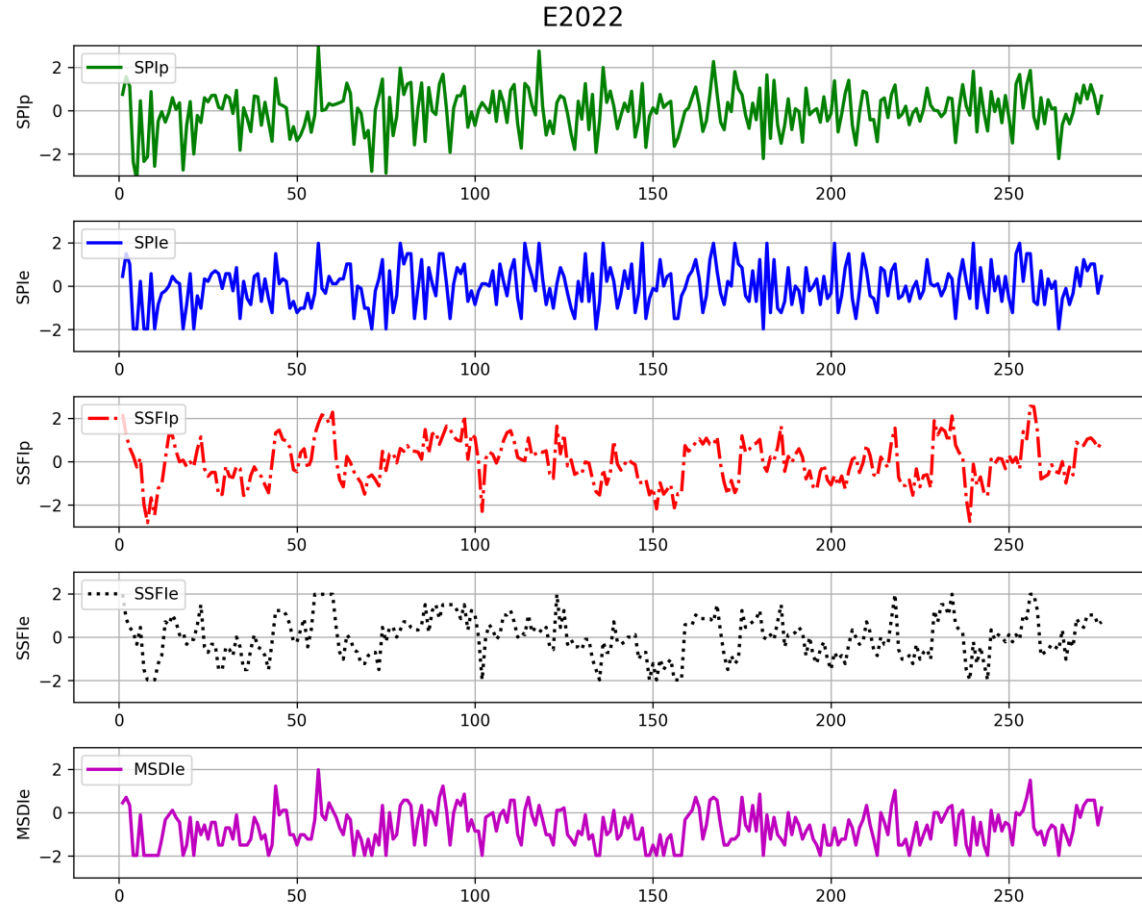


Şekil A. 82: E2009 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

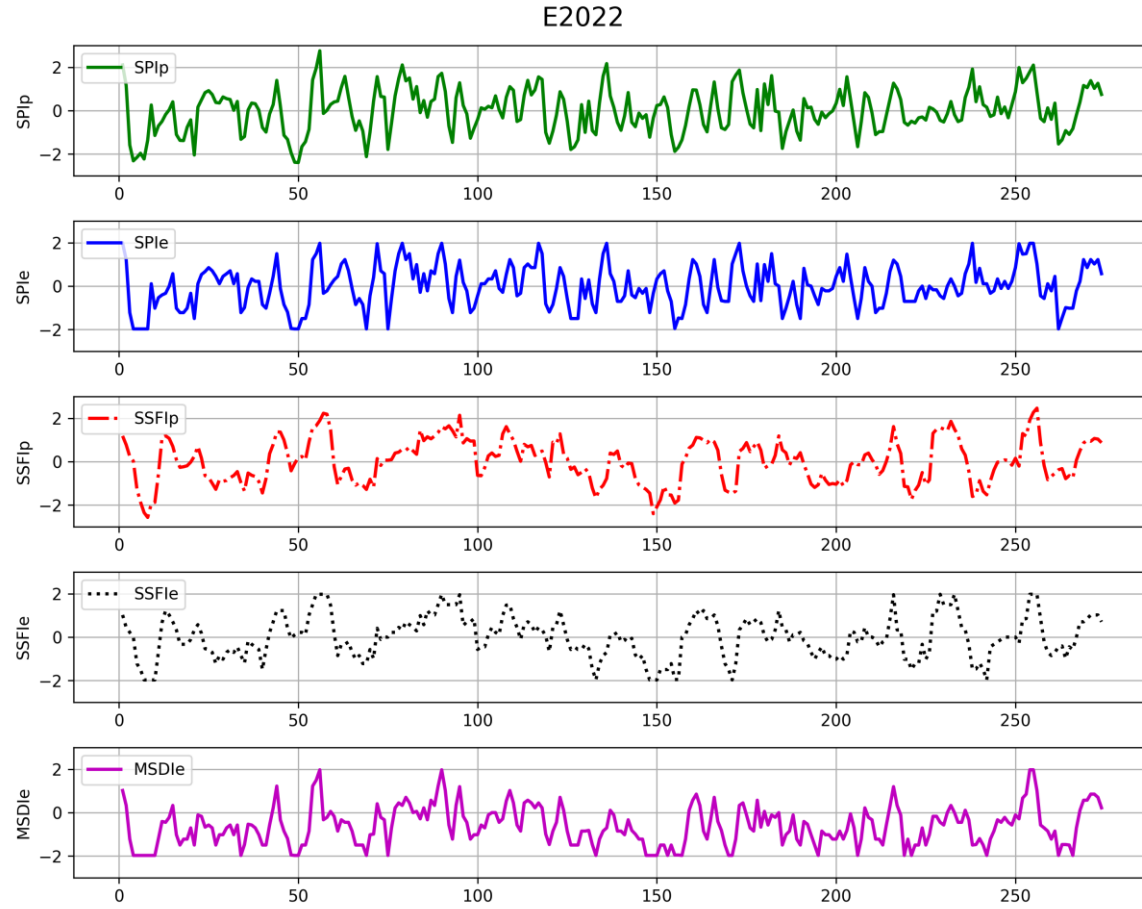
E2009



Şekil A. 83: E2009 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

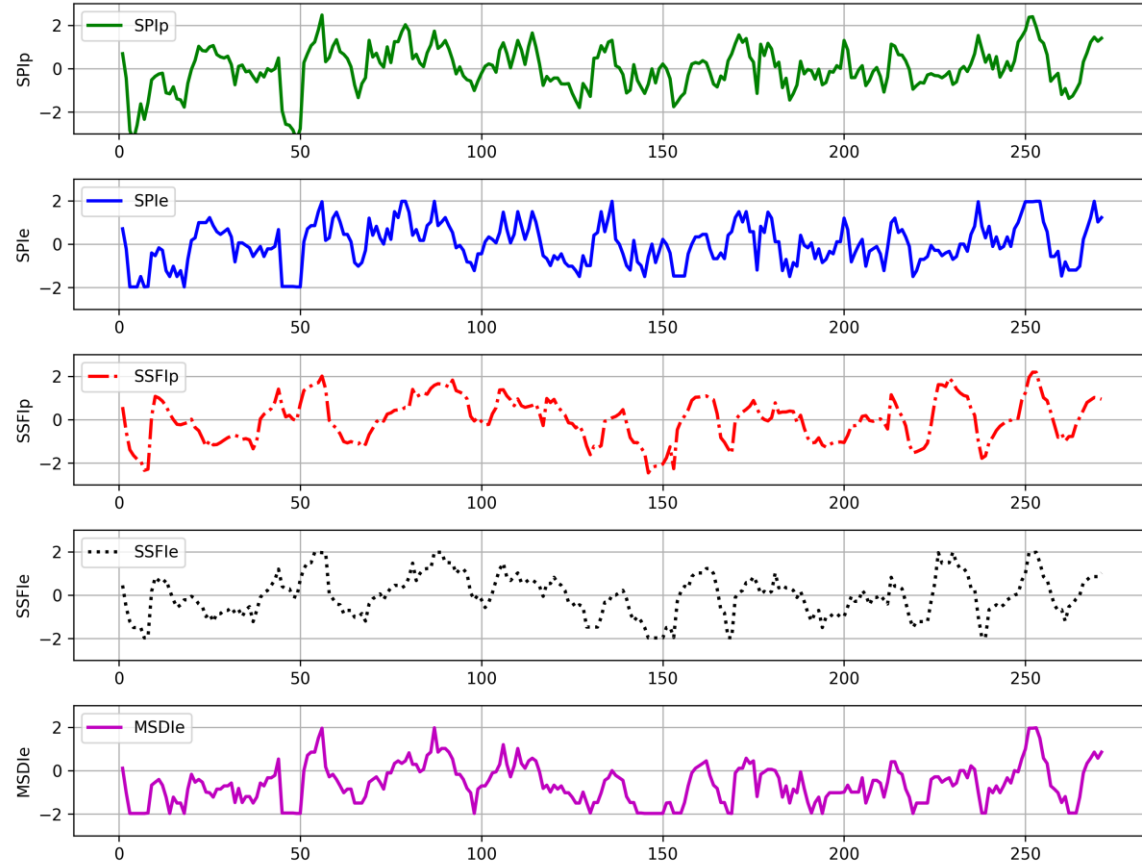


Şekil A. 84: E2022 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



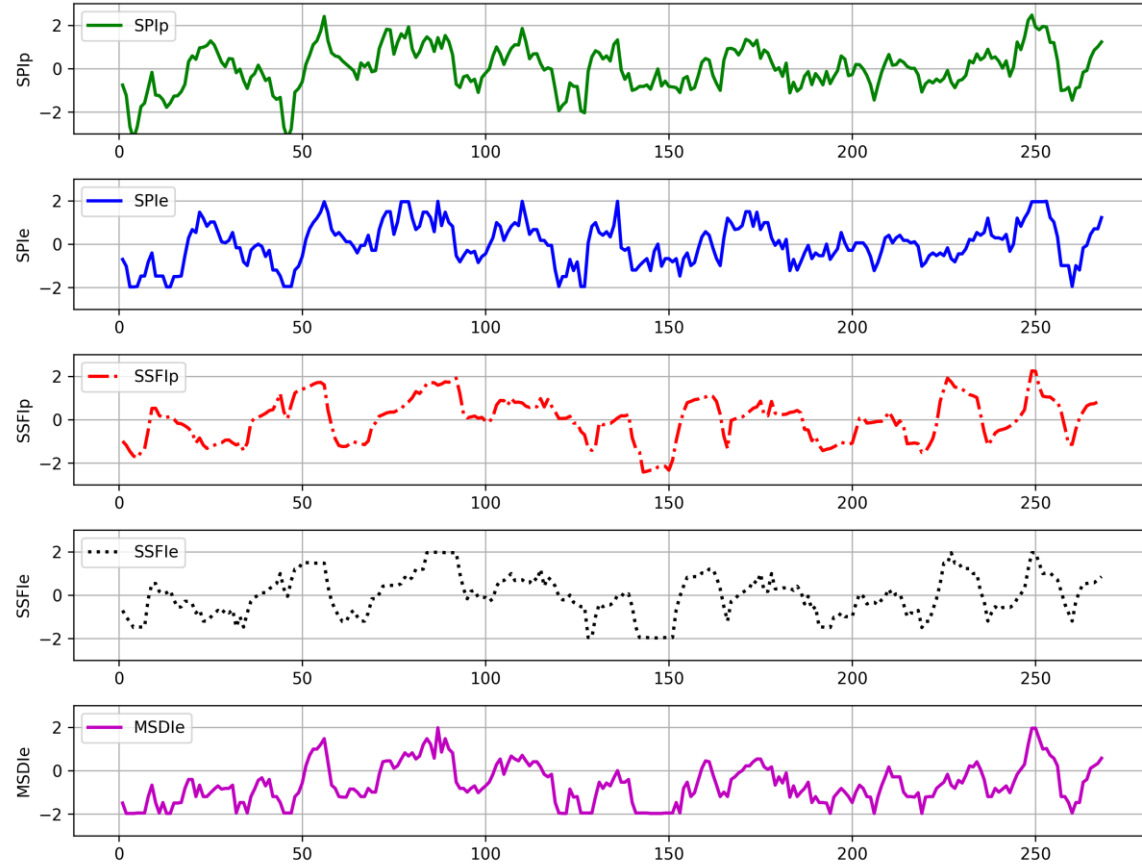
Şekil A. 85: E2022 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2022



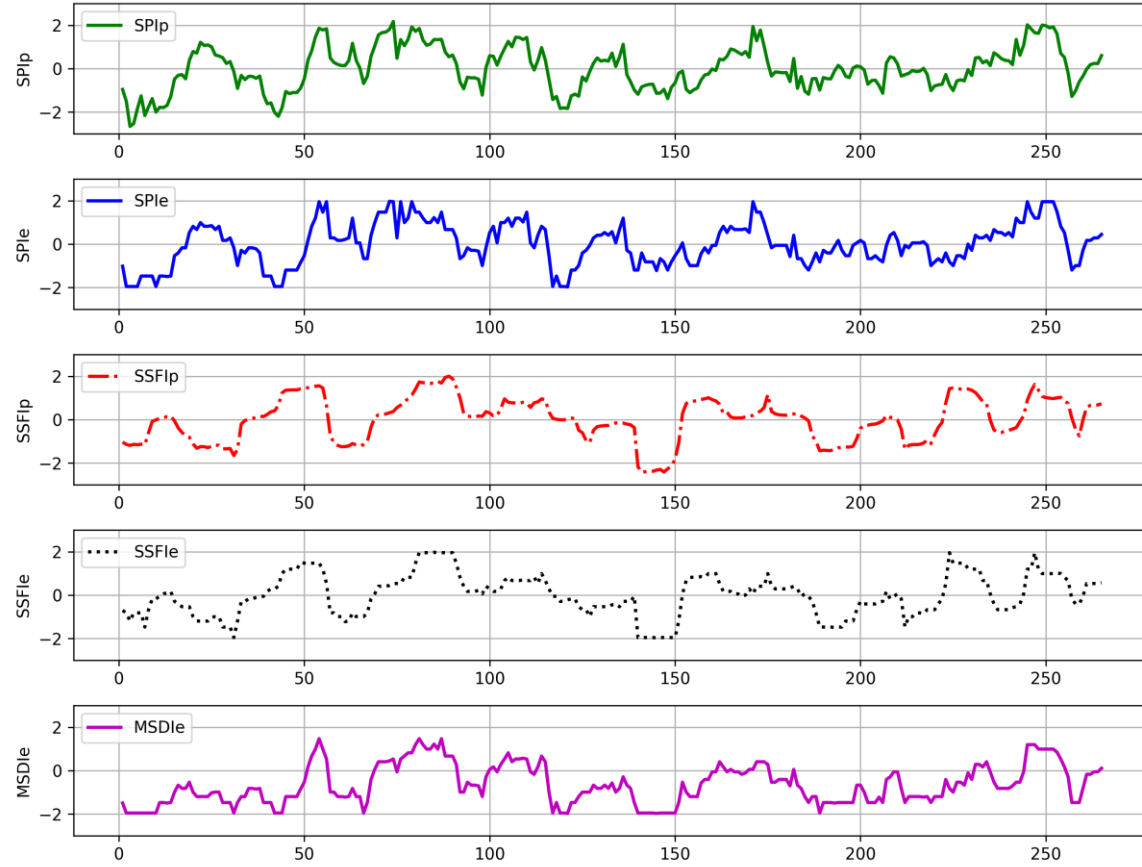
Şekil A. 86: E2022 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

E2022

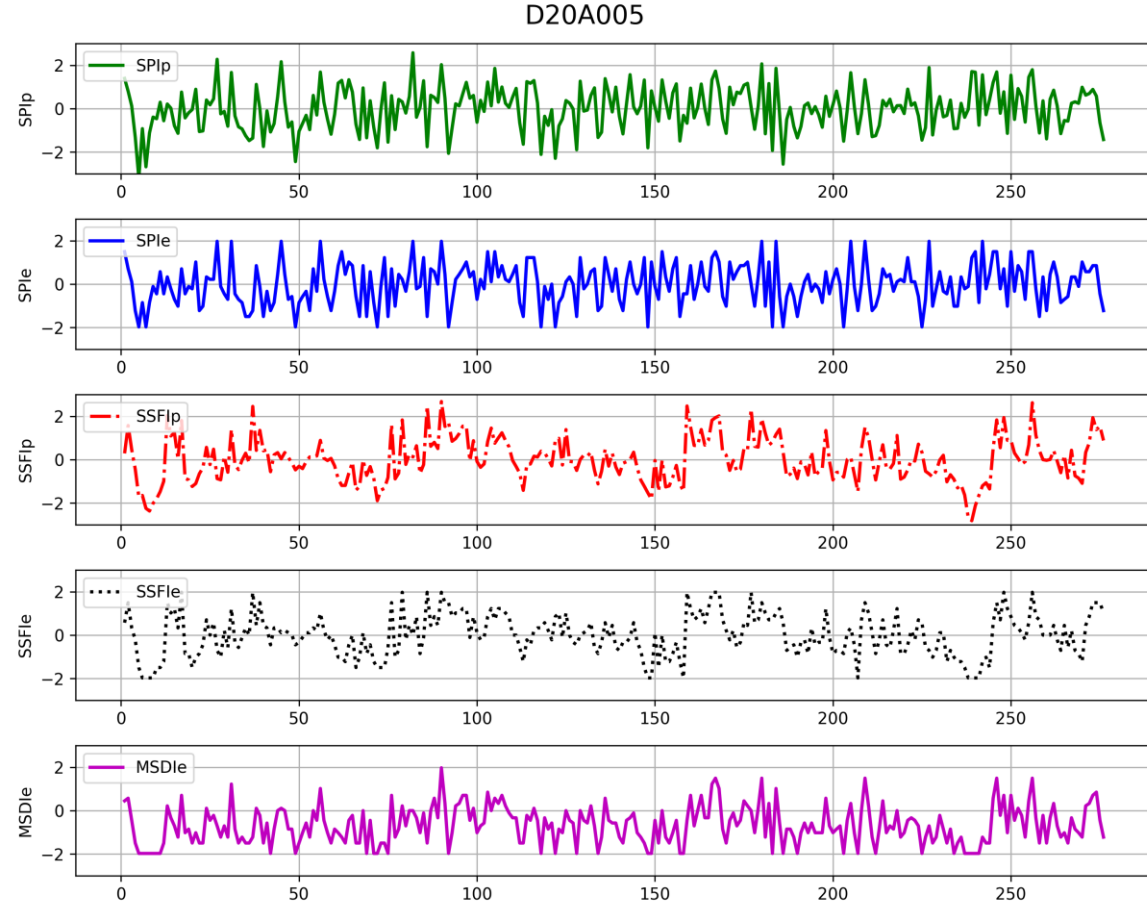


Şekil A. 87: E2022 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

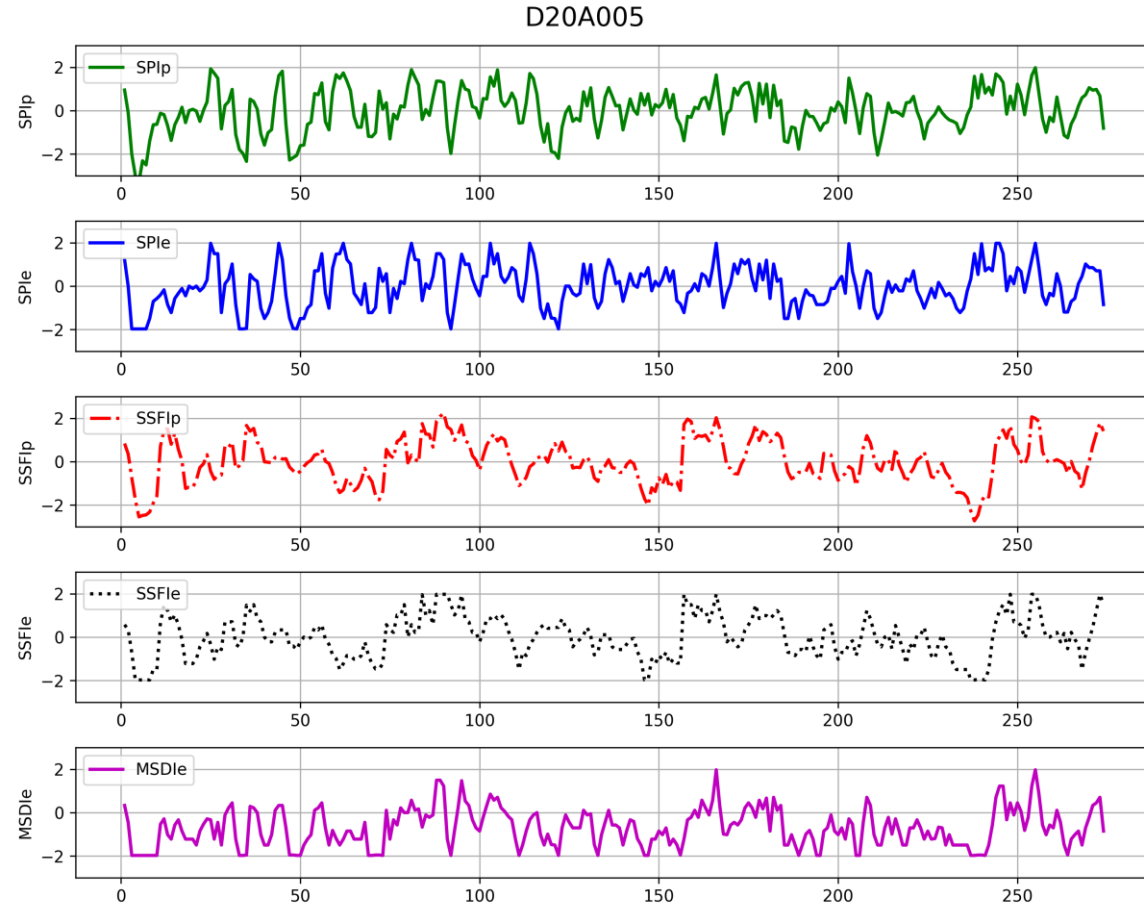
E2022



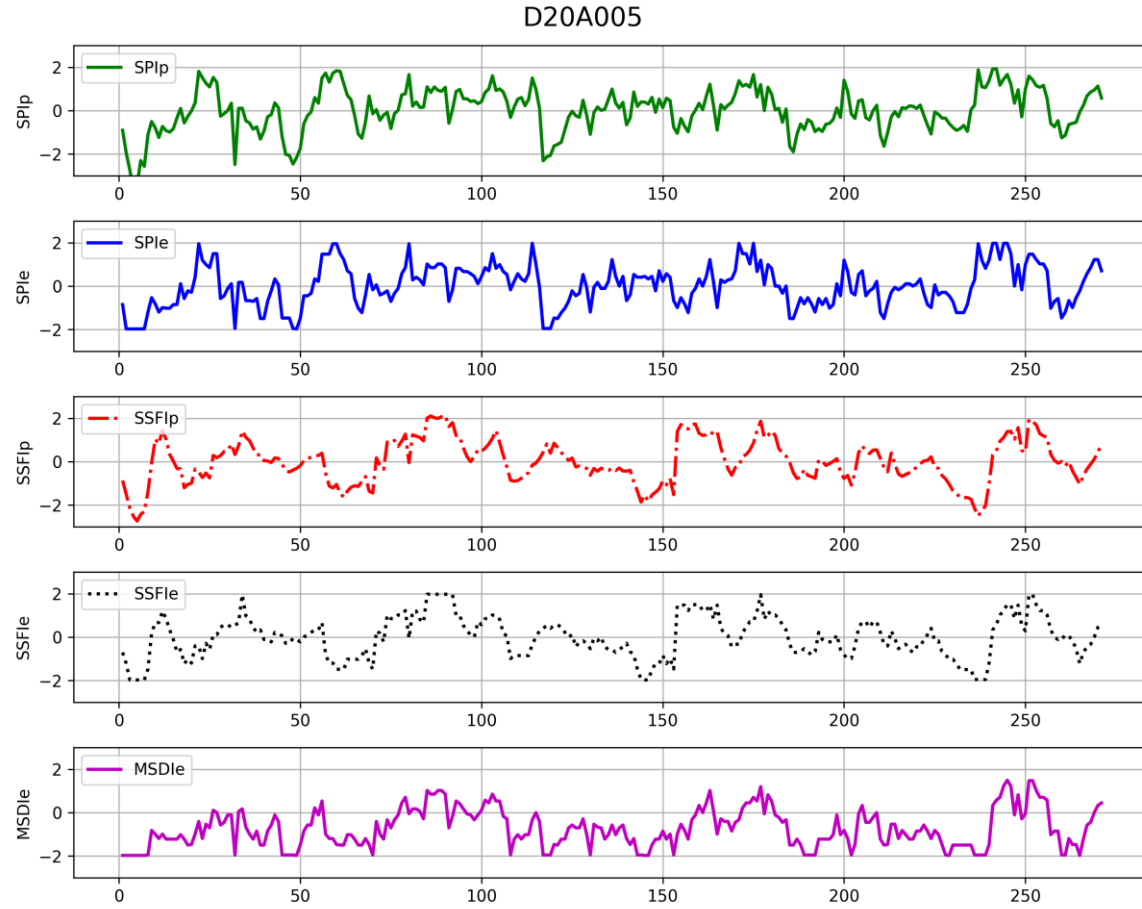
Şekil A. 88: E2022 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



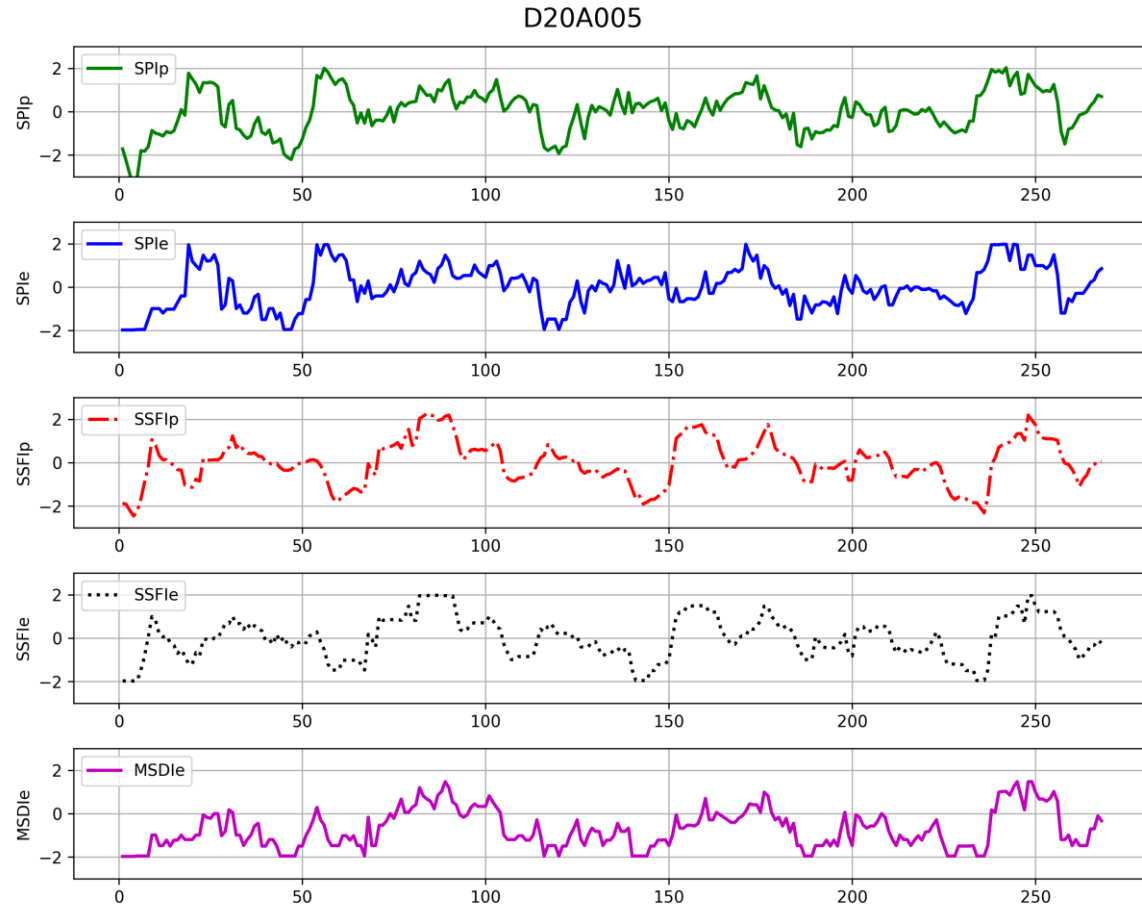
Şekil A. 89: D20A005 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



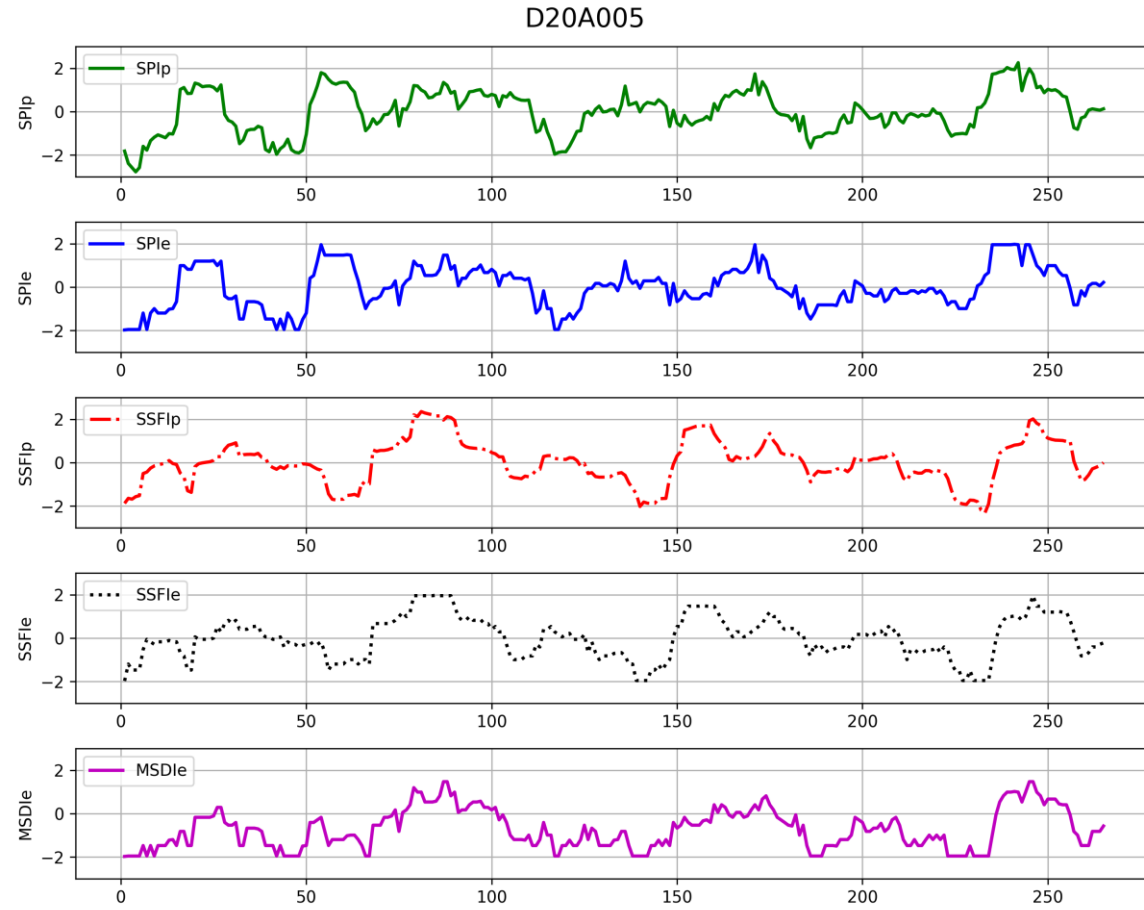
Şekil A. 90: D20A005 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



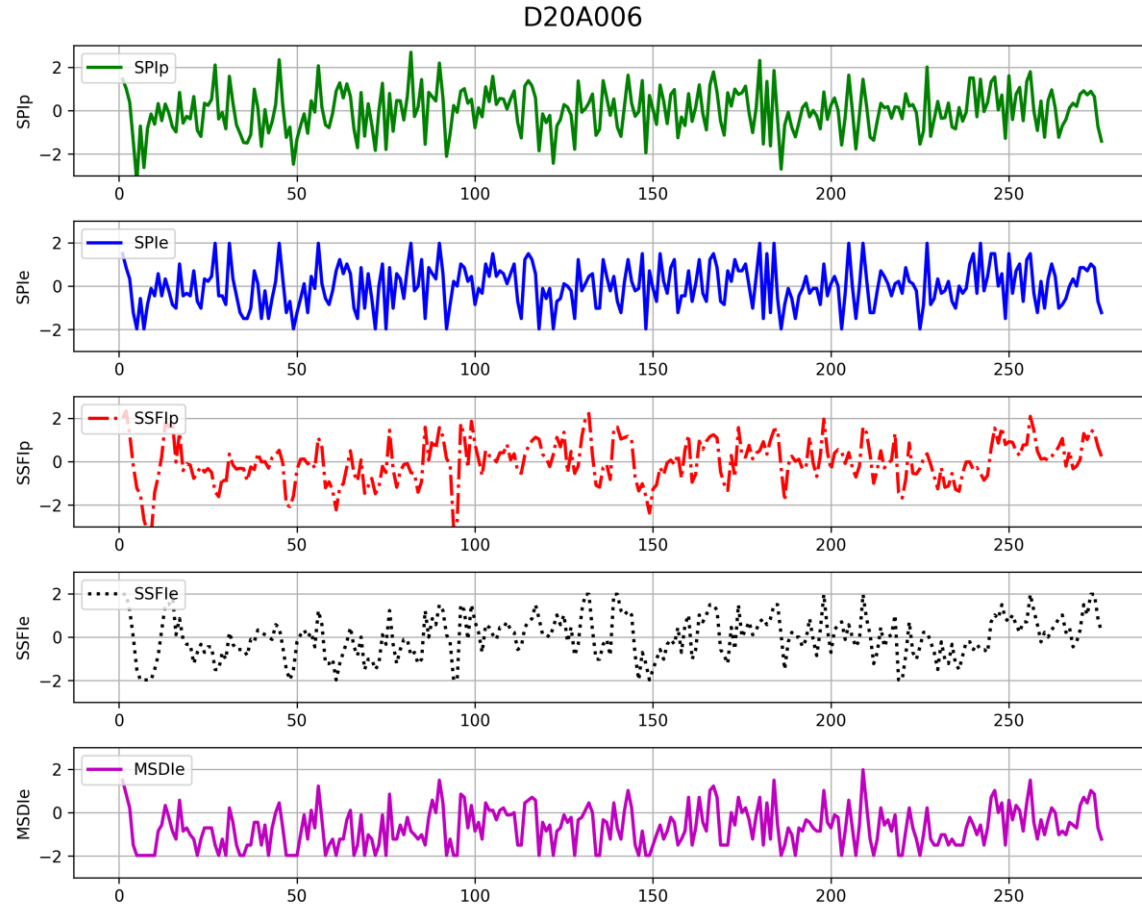
Şekil A. 91: D20A005 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



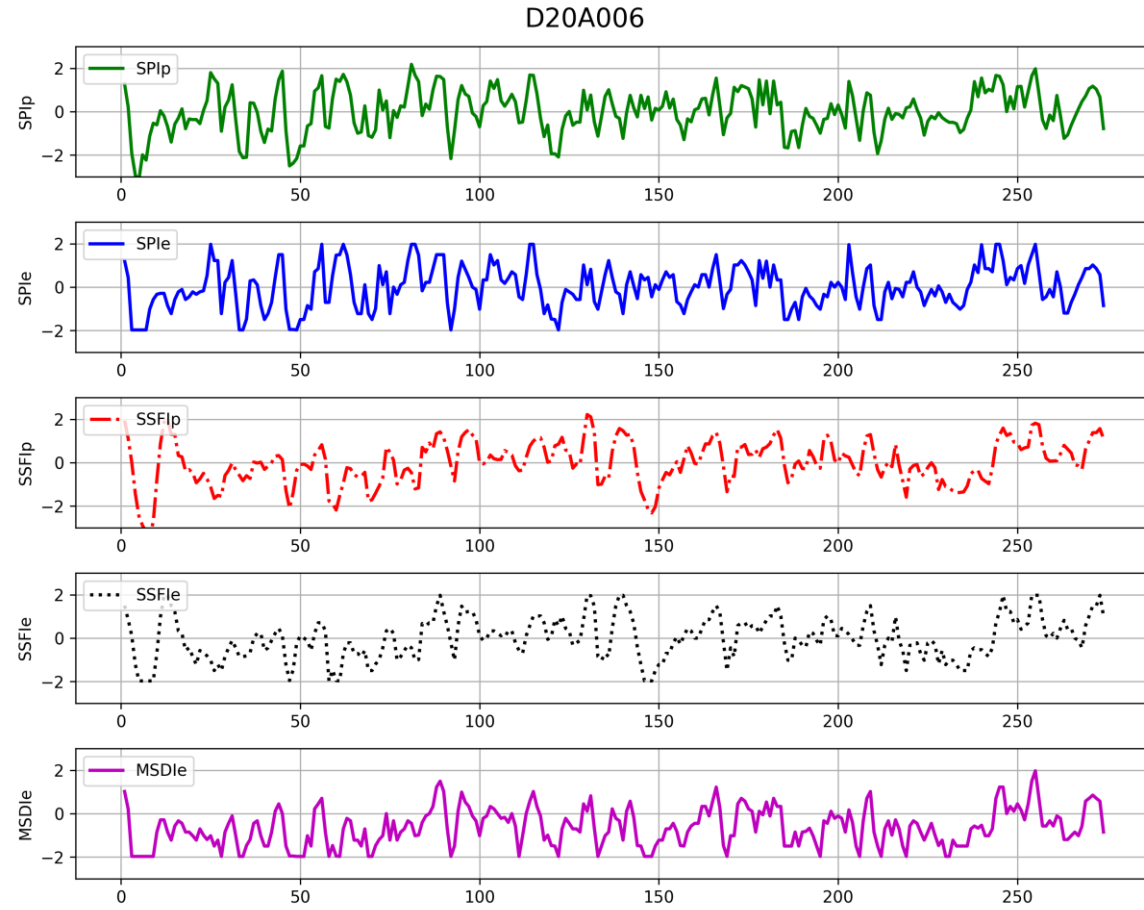
Şekil A. 92: D20A005 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



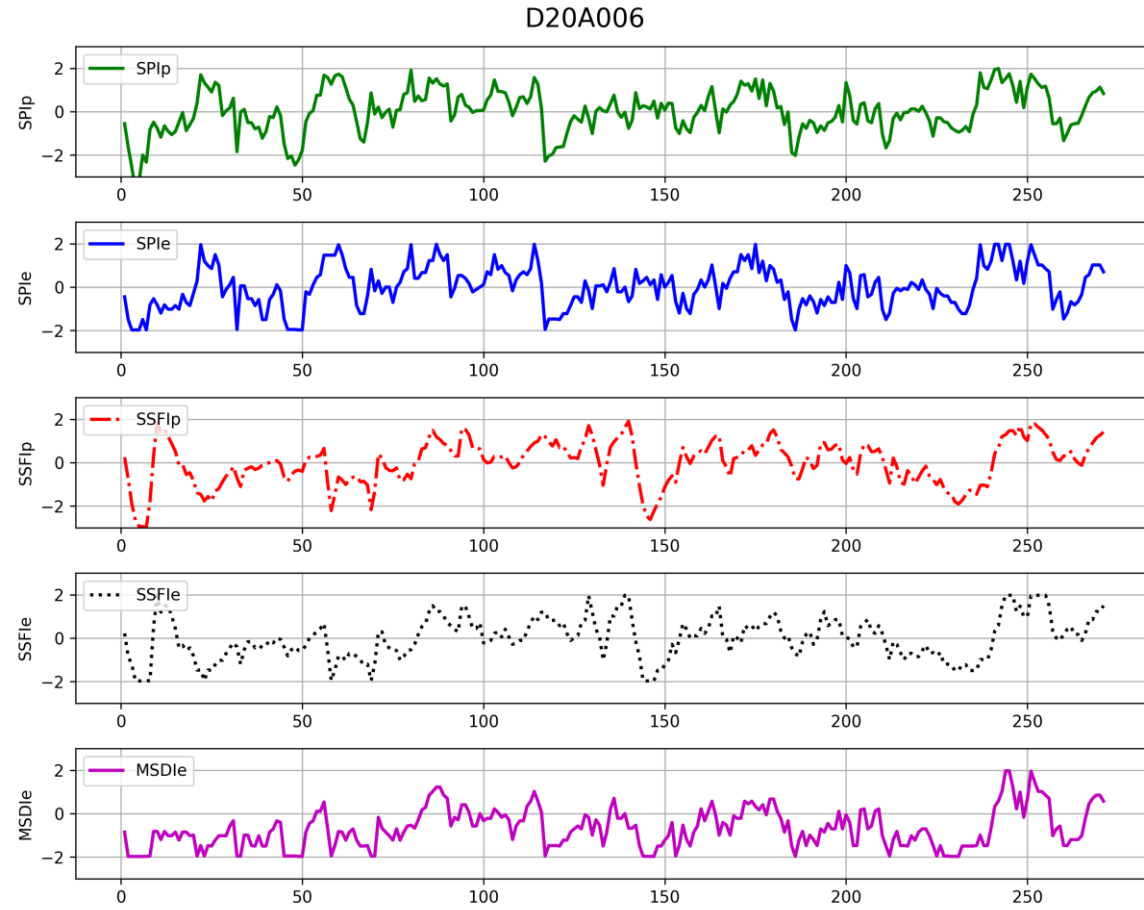
Şekil A. 93: D20A005 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



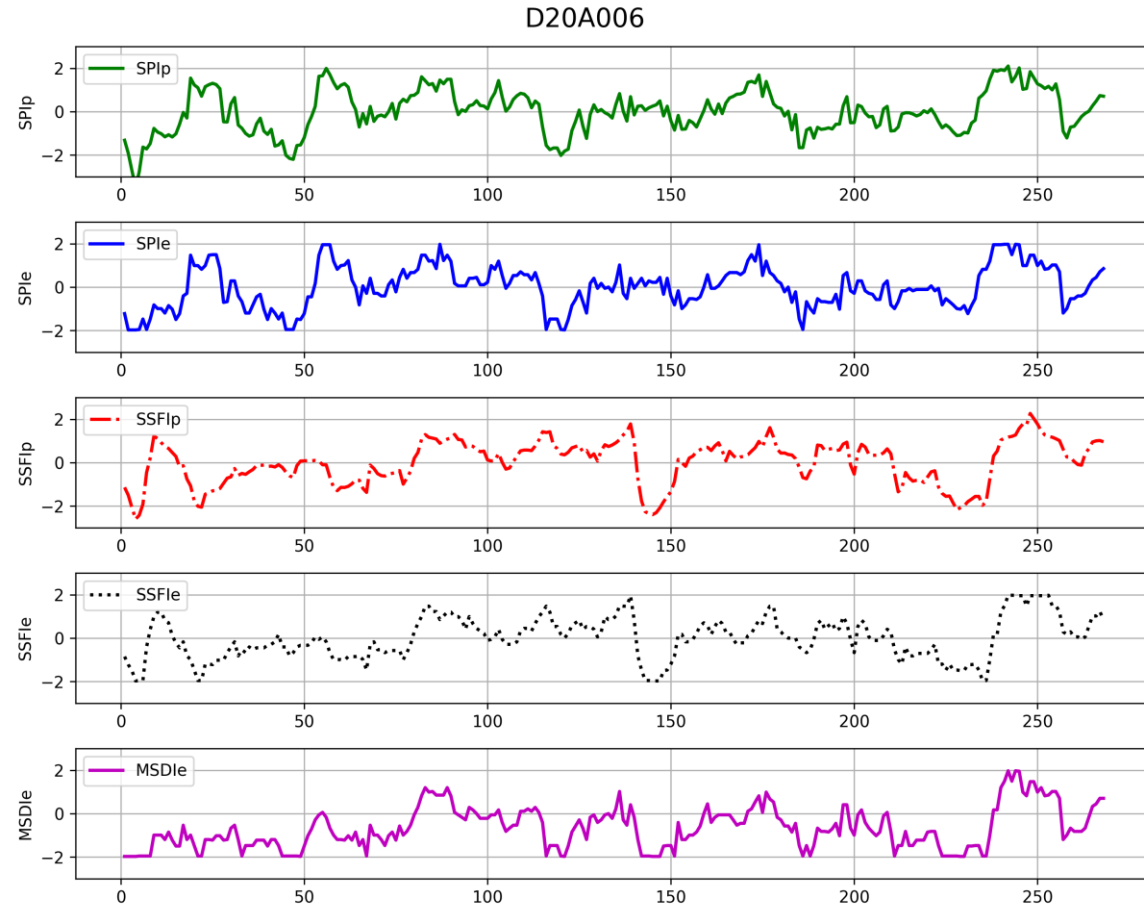
Şekil A. 94: D20A006 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



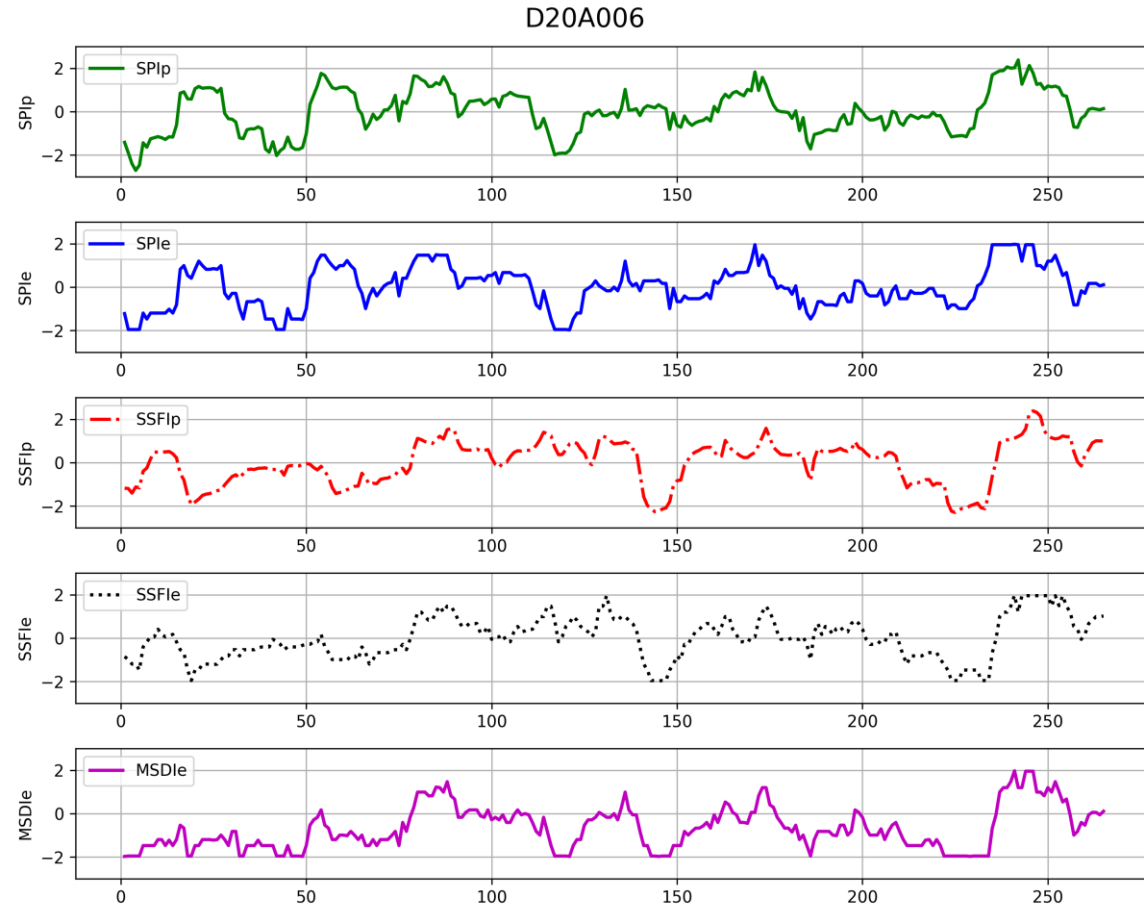
Şekil A. 95: D20A006 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



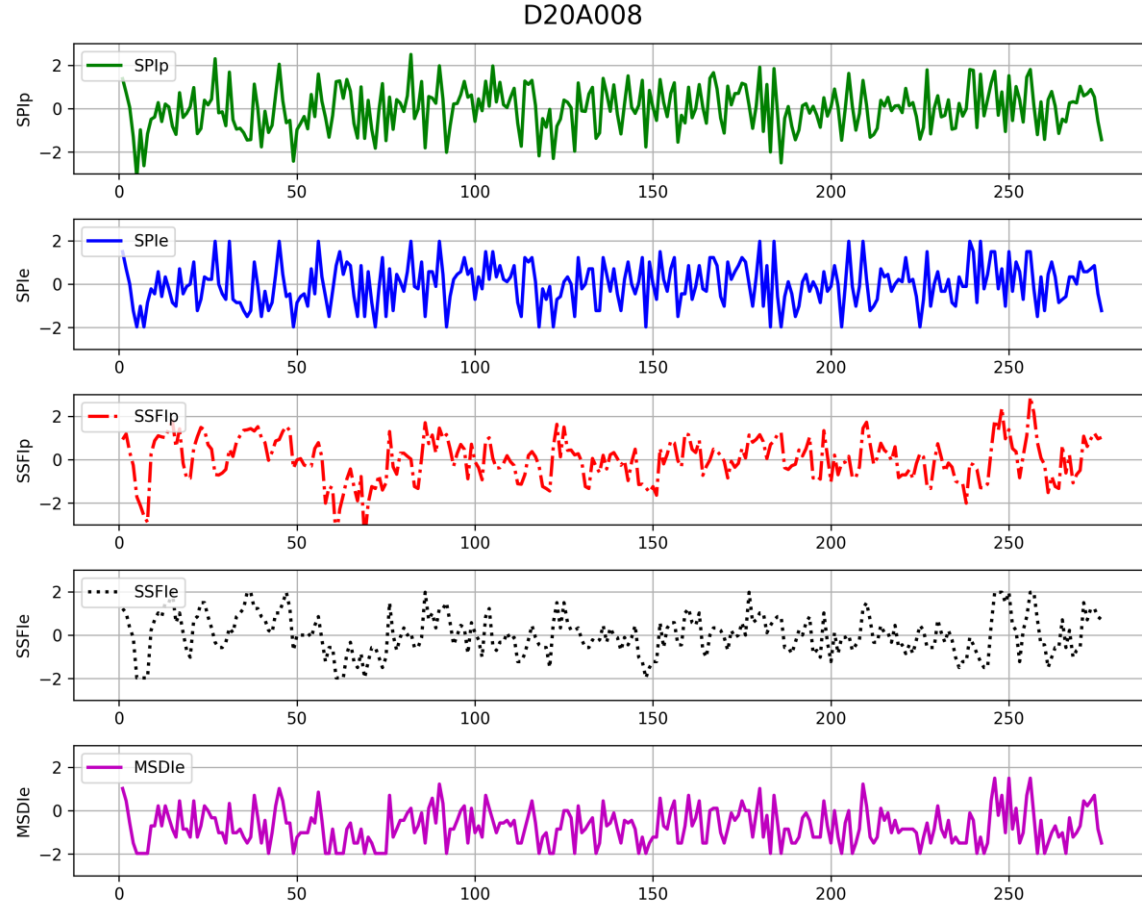
Şekil A. 96: D20A006 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



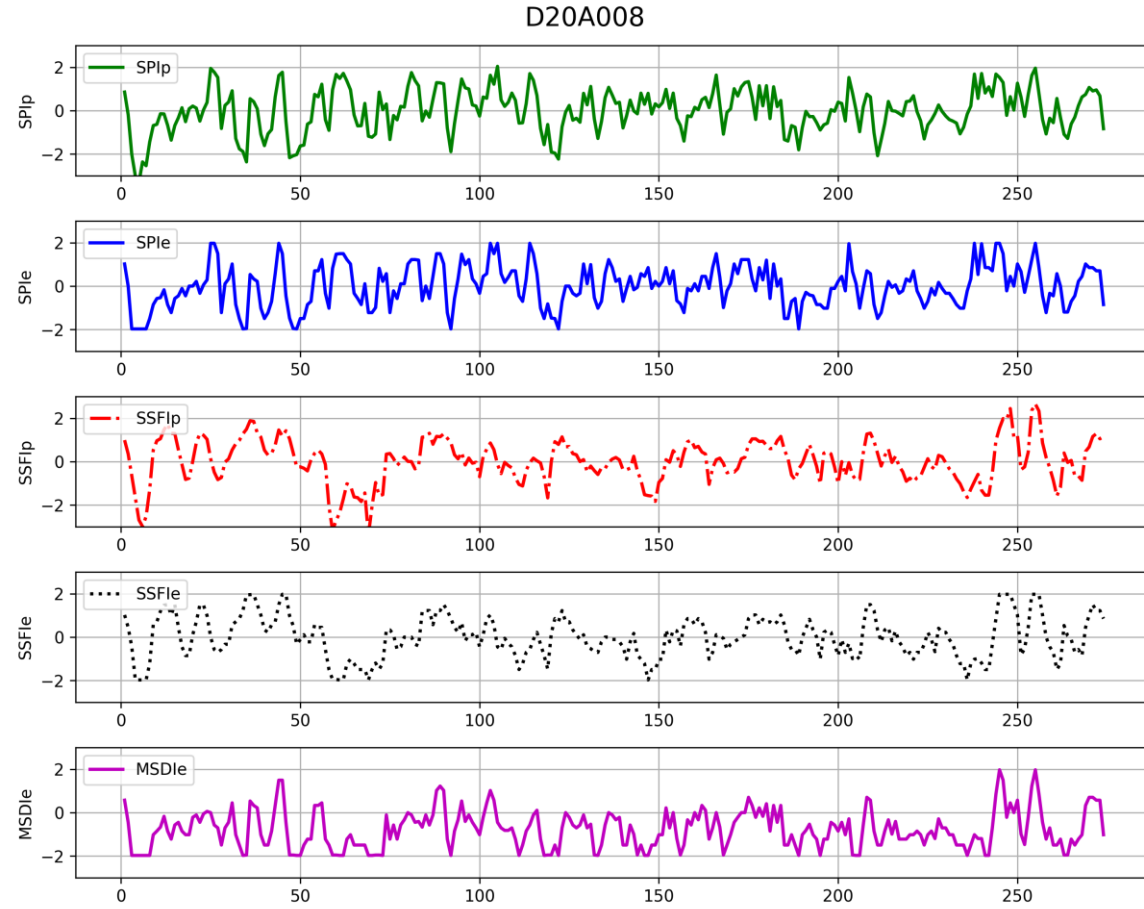
Şekil A. 97: D20A006 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



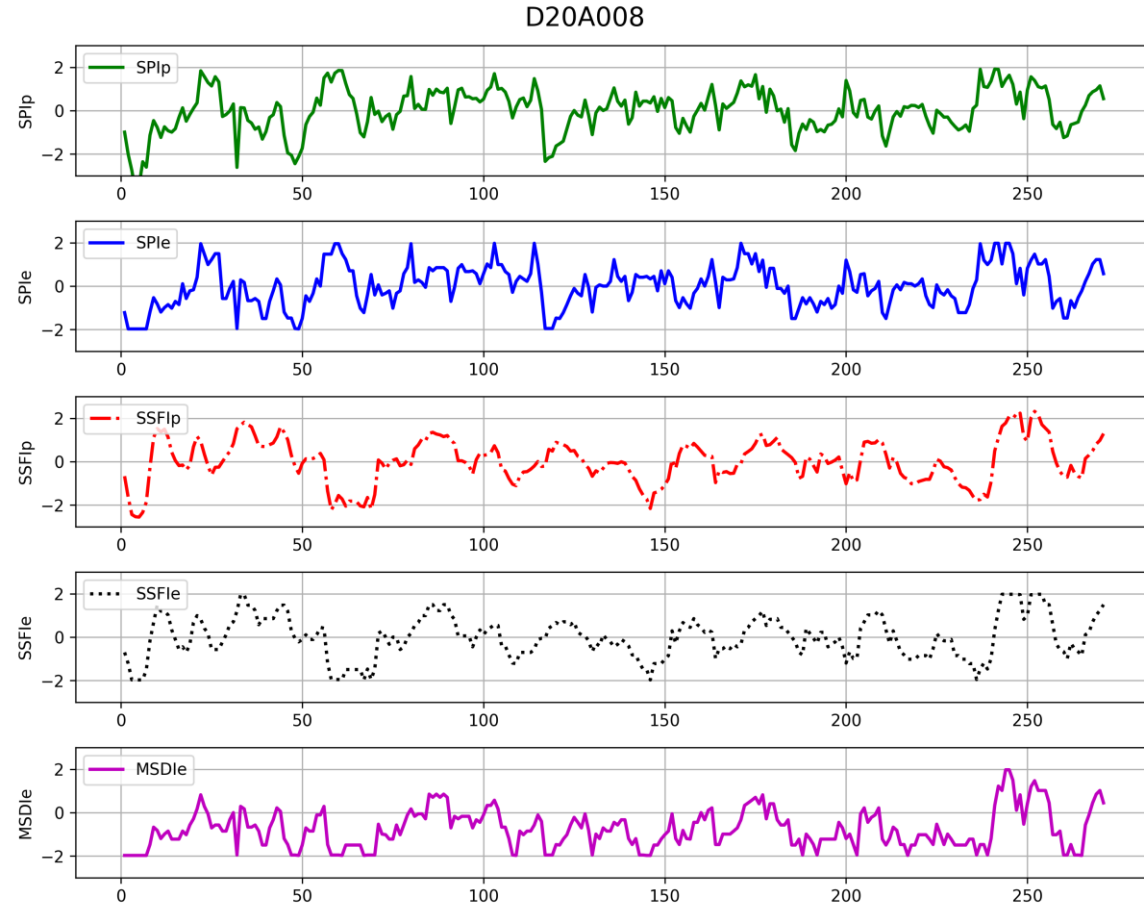
Şekil A. 98: D20A006 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



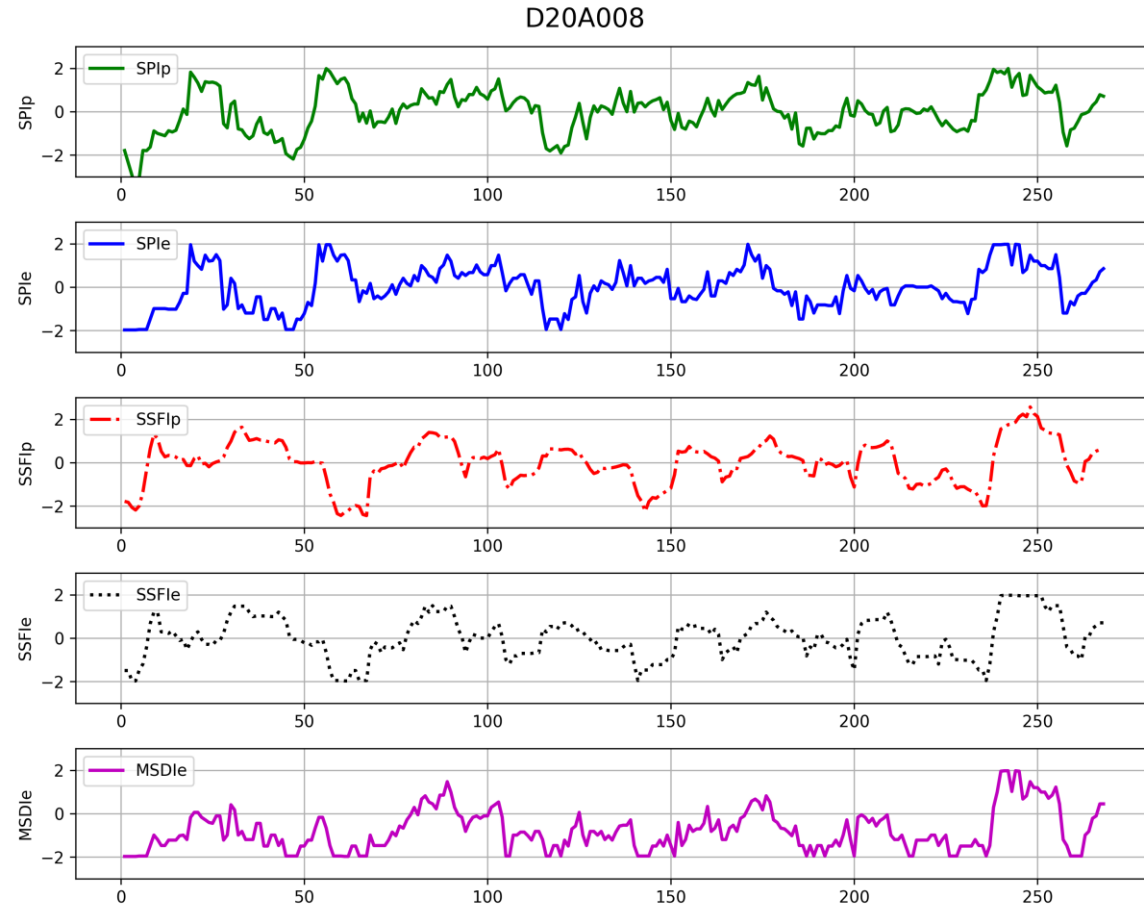
Şekil A. 99: D20A008 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



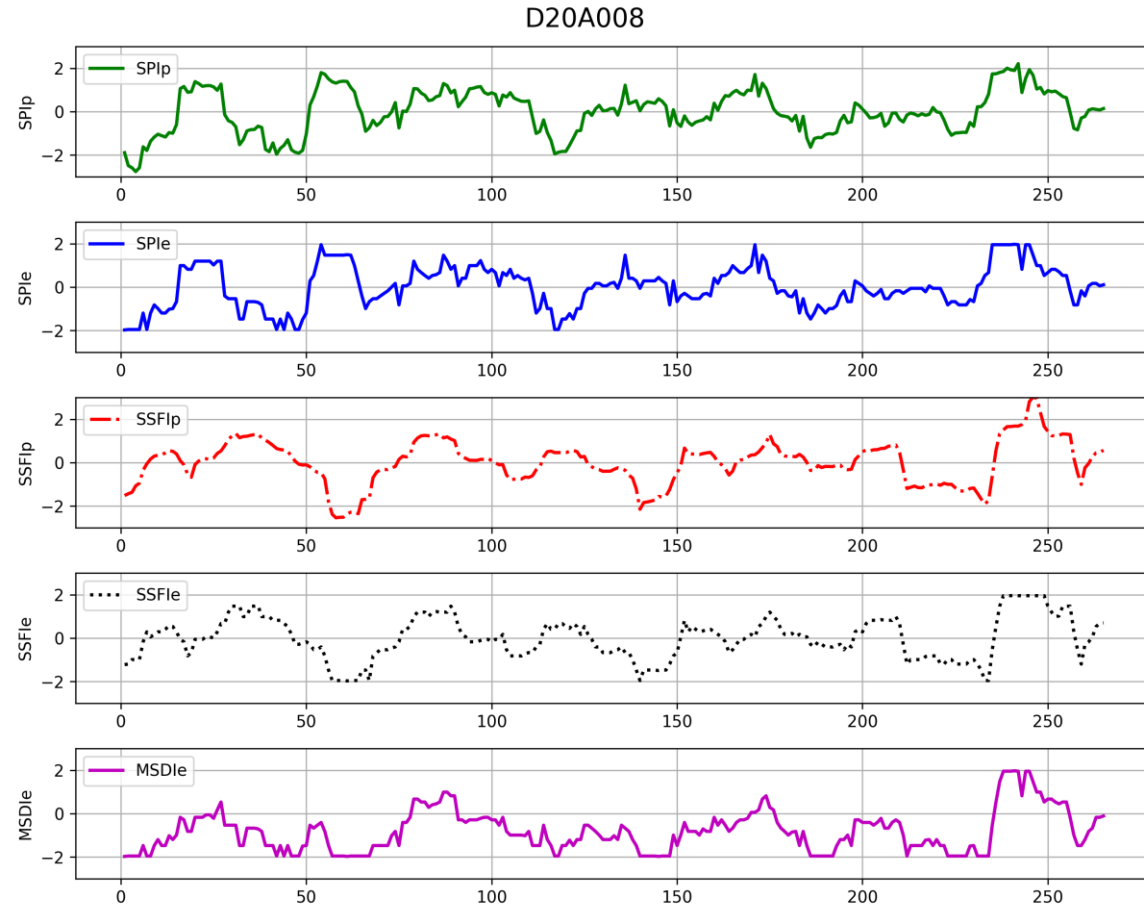
Şekil A. 100: D20A008 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



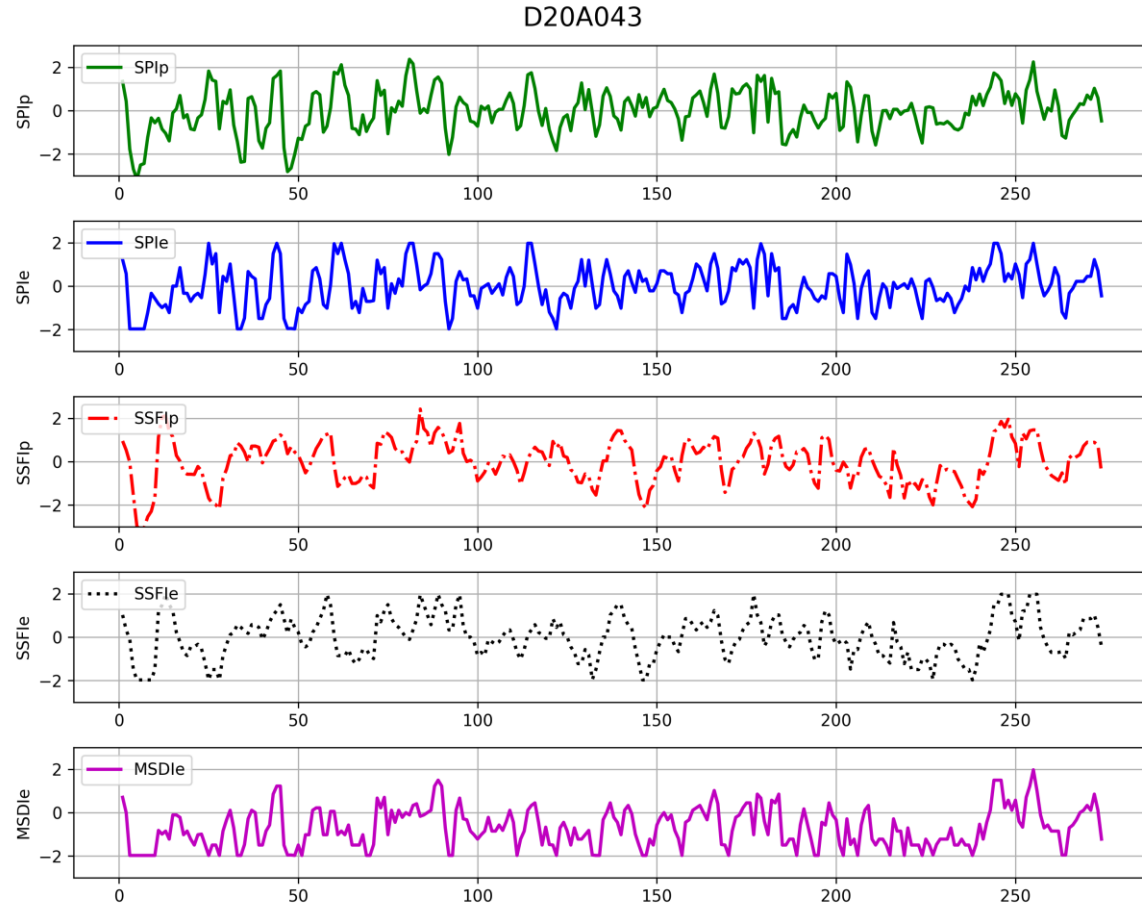
Şekil A. 101: D20A008 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



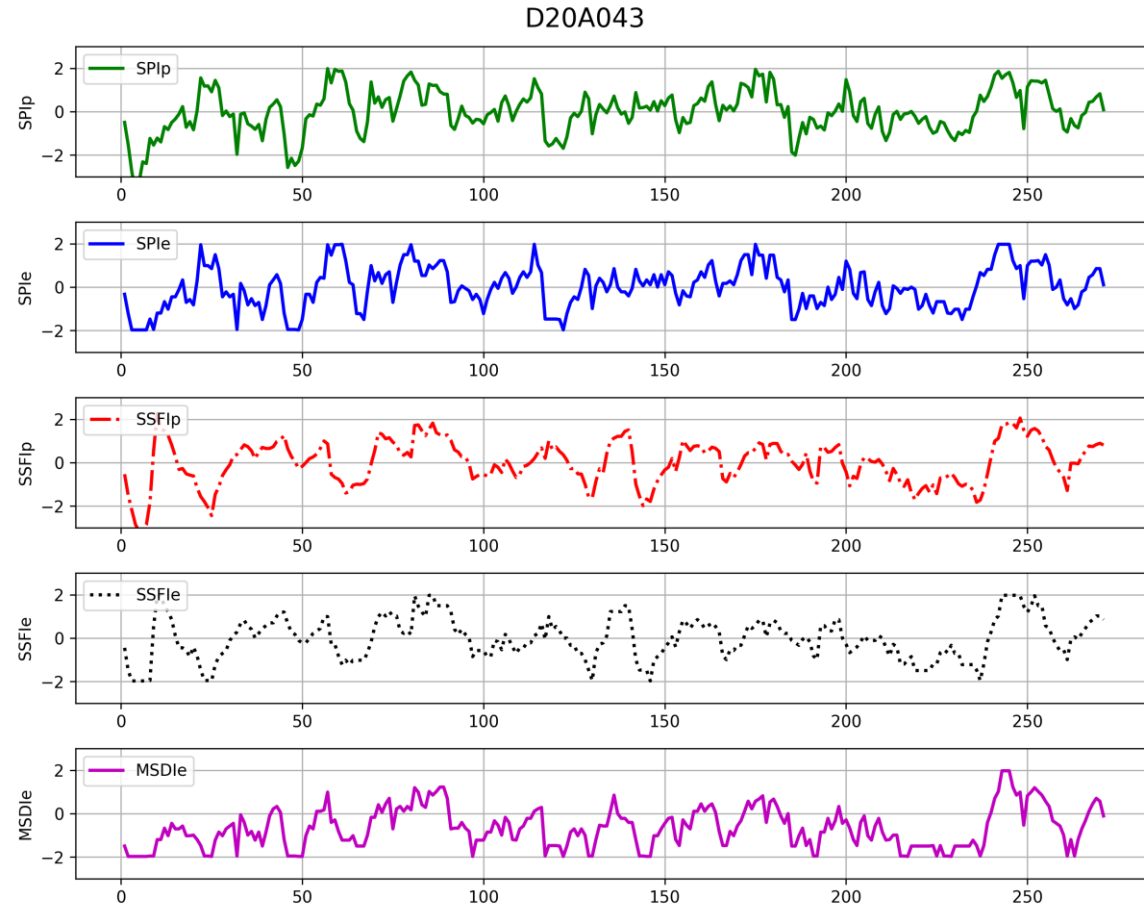
Şekil A. 102: D20A008 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



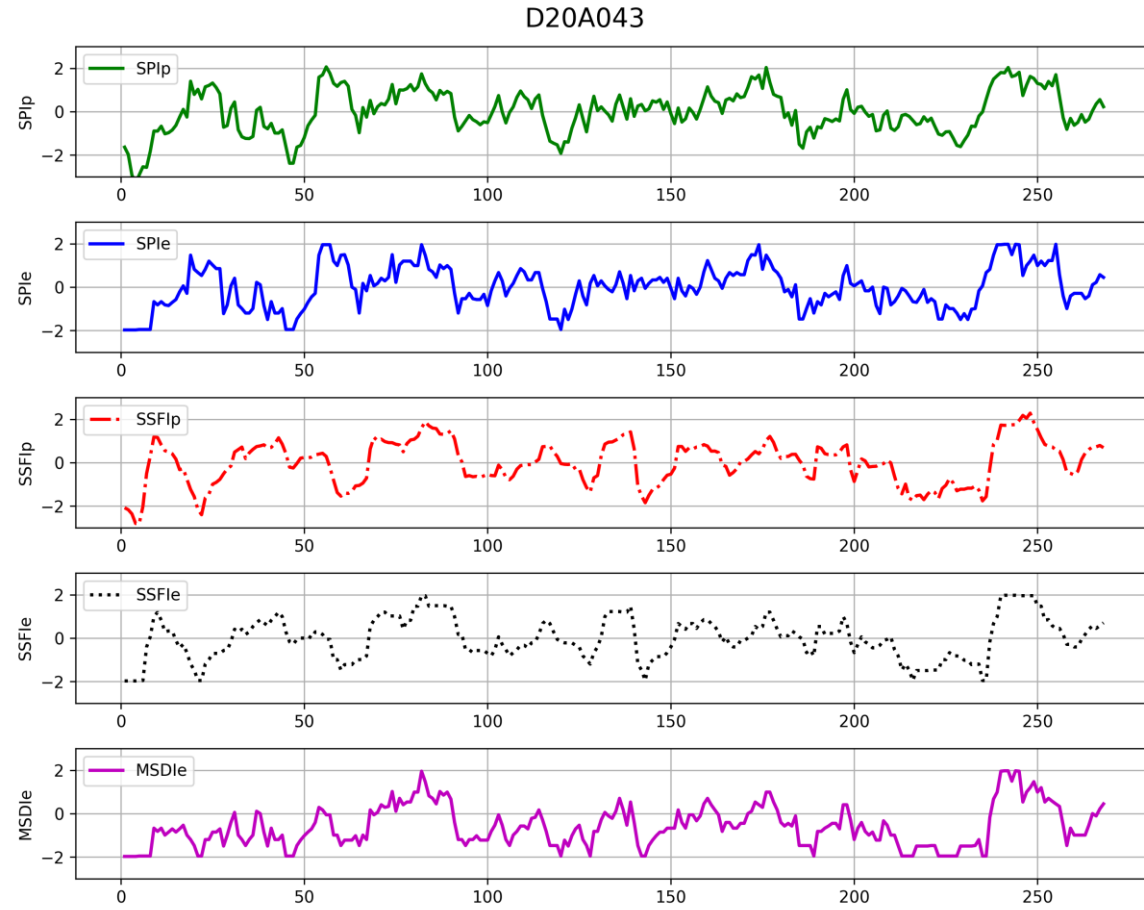
Şekil A. 103: D20A008 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



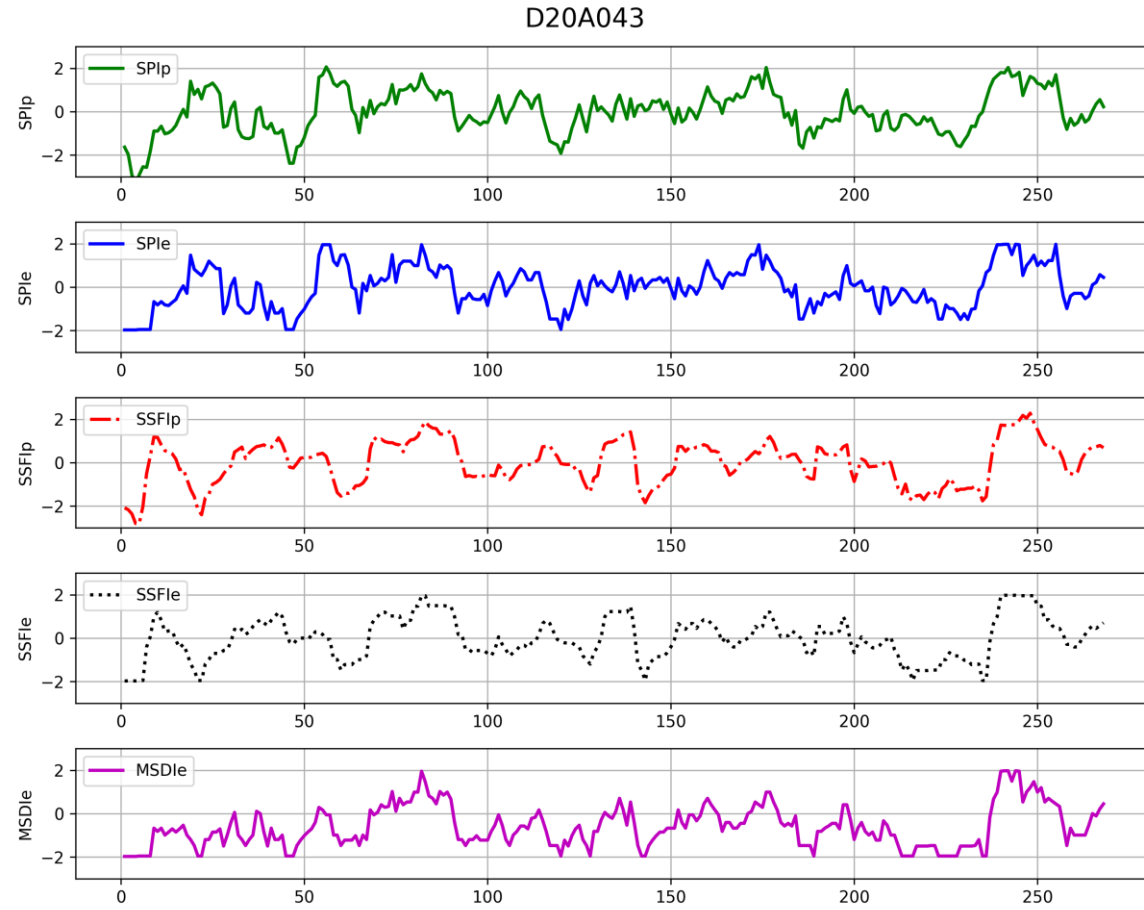
Şekil A. 104: D20A043 istasyonu için 1 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



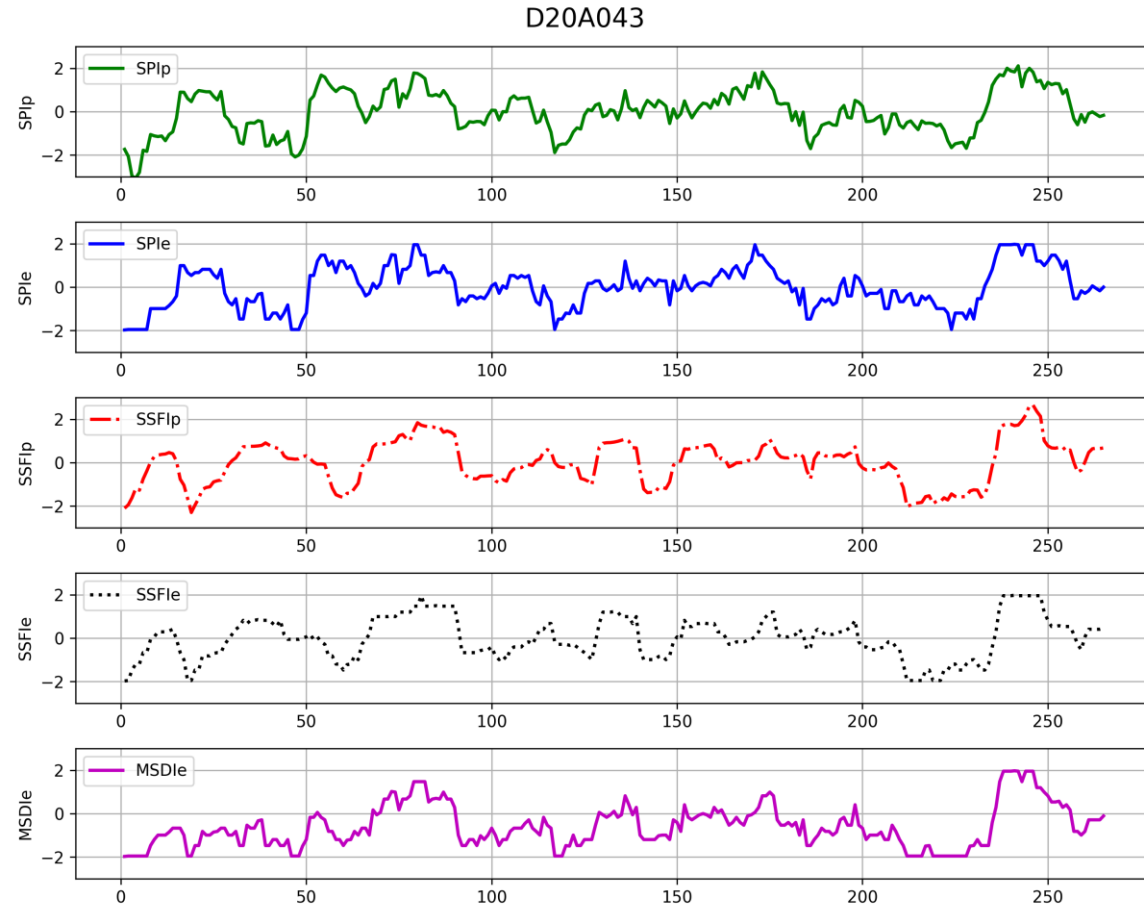
Şekil A. 105: D20A043 istasyonu için 3 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



Şekil A. 106: D20A043 istasyonu için 6 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



Şekil A. 107: D20A043 istasyonu için 9 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.



Şekil A. 108: D20A043 istasyonu için 12 aylık periyotta hesaplanan kuraklık indisleri.

EK B:**Çizelge B. 1:** Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-3	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIp \geq 2.0$	0,018	0,022	0,011	0,015	0,018	0,015	0,015	0,015
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,022	0,044	0,077	0,058	0,033	0,044	0,058	0,036
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,102	0,088	0,066	0,109	0,109	0,106	0,102	0,099
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,708	0,697	0,682	0,639	0,650	0,650	0,668	0,686
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,077	0,091	0,091	0,113	0,120	0,120	0,084	0,088
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,044	0,033	0,047	0,040	0,047	0,040	0,044	0,033
$SPIp < -2.00$	0,029	0,026	0,026	0,026	0,022	0,026	0,029	0,044

Çizelge B. 2: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-6	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIp \geq 2.0$	0,007	0,015	0,004	0,022	0,011	0,018	0,004	0,018
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,048	0,048	0,059	0,044	0,052	0,055	0,066	0,033
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,085	0,118	0,129	0,100	0,111	0,081	0,144	0,129
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,683	0,638	0,627	0,649	0,631	0,683	0,631	0,664
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,103	0,125	0,100	0,118	0,118	0,085	0,074	0,081
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,041	0,037	0,059	0,037	0,066	0,055	0,063	0,052
$SPIp < -2.00$	0,033	0,018	0,022	0,030	0,011	0,022	0,018	0,022

Çizelge B. 3: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-9	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIp \geq 2.0$	0,015	0,019	0,007	0,037	0,000	0,030	0,011	0,015
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,030	0,060	0,075	0,037	0,049	0,041	0,090	0,075
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,093	0,090	0,108	0,075	0,119	0,078	0,063	0,093
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,687	0,675	0,623	0,687	0,653	0,683	0,690	0,657
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,086	0,097	0,116	0,104	0,086	0,108	0,078	0,090
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,052	0,030	0,049	0,045	0,056	0,045	0,041	0,049
$SPIp < -2.00$	0,037	0,030	0,022	0,015	0,037	0,015	0,026	0,022

Çizelge B. 4: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-3	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 5: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-6	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 6: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-9	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 7: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-3	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SDI \geq 0$	0,529	0,504	0,522	0,558	0,526	0,526	0,431	0,588
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,325	0,358	0,328	0,296	0,299	0,314	0,427	0,270
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,047	0,077	0,069	0,047	0,095	0,084	0,088	0,033
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,062	0,029	0,055	0,055	0,058	0,044	0,044	0,047
$SDI < -2.00$	0,036	0,033	0,026	0,044	0,022	0,033	0,011	0,062

Çizelge B. 8: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-6	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SDI \geq 0$	0,542	0,528	0,528	0,535	0,520	0,546	0,458	0,576
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,299	0,325	0,325	0,306	0,325	0,280	0,391	0,280
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,066	0,074	0,044	0,070	0,085	0,092	0,070	0,044
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,044	0,033	0,055	0,044	0,026	0,048	0,081	0,048
$SDI < -2.00$	0,048	0,041	0,048	0,044	0,044	0,033	0,000	0,052

Çizelge B. 9: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-9	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SDI \geq 0$	0,530	0,545	0,530	0,545	0,507	0,571	0,474	0,556
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,325	0,302	0,321	0,302	0,347	0,261	0,347	0,295
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,045	0,052	0,037	0,067	0,067	0,086	0,123	0,078
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,041	0,041	0,049	0,034	0,034	0,041	0,056	0,022
$SDI < -2.00$	0,060	0,060	0,063	0,052	0,045	0,041	0,000	0,049

Çizelge B. 10: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-3	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SDI \geq 0$	0,518	0,518	0,518	0,518	0,518	0,518	0,518	0,522
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314	0,310
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 11: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-6	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SDI \geq 0$	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 12: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-9	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$SDI \geq 0$	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 13: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDİe-3	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$MSDİe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSDİe \leq 2.00$	0,000	0,004	0,004	0,007	0,000	0,007	0,000	0,004
$1.00 < MSDİe \leq 1.50$	0,026	0,051	0,029	0,047	0,011	0,033	0,011	0,015
$-1.00 < MSDİe \leq 1.00$	0,562	0,547	0,547	0,555	0,566	0,577	0,628	0,522
$-1.50 < MSDİe \leq -1.00$	0,281	0,277	0,281	0,241	0,270	0,248	0,237	0,288
$-2.00 < MSDİe \leq -1.50$	0,131	0,120	0,139	0,150	0,153	0,135	0,124	0,172
$MSDİe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 14: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDİe-6	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
$MSDİe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSDİe \leq 2.00$	0,000	0,000	0,004	0,007	0,000	0,004	0,000	0,000
$1.00 < MSDİe \leq 1.50$	0,015	0,033	0,033	0,037	0,026	0,015	0,018	0,022
$-1.00 < MSDİe \leq 1.00$	0,646	0,642	0,646	0,627	0,568	0,664	0,631	0,513
$-1.50 < MSDİe \leq -1.00$	0,251	0,240	0,185	0,218	0,244	0,188	0,262	0,310
$-2.00 < MSDİe \leq -1.50$	0,089	0,085	0,133	0,111	0,162	0,129	0,089	0,155
$MSDİe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 15: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-9	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
MSDIe ≥ 2.0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1.50 < MSDIe ≤ 2.00	0,000	0,007	0,004	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000
1.00 < MSDIe ≤ 1.50	0,007	0,049	0,045	0,037	0,026	0,015	0,026	0,007
-1.00 < MSDIe ≤ 1.00	0,705	0,634	0,672	0,668	0,612	0,687	0,634	0,526
-1.50 < MSDIe ≤ -1.00	0,220	0,246	0,168	0,205	0,183	0,179	0,235	0,265
-2.00 < MSDIe ≤ -1.50	0,067	0,063	0,112	0,082	0,179	0,119	0,104	0,201
MSDIe < -2.00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 16: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-3	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
SPIp ≥ 2.0	0,007	0,015	0,022	0,022	0,015	0,018	0,015	0,007
1.50 < SPIp ≤ 2.00	0,051	0,051	0,040	0,040	0,044	0,051	0,040	0,033
1.00 < SPIp ≤ 1.50	0,120	0,091	0,102	0,102	0,102	0,088	0,109	0,128
-1.00 < SPIp ≤ 1.00	0,672	0,682	0,675	0,672	0,675	0,668	0,664	0,664
-1.50 < SPIp ≤ -1.00	0,073	0,102	0,084	0,084	0,084	0,106	0,102	0,091
-2.00 < SPIp ≤ -1.50	0,051	0,029	0,055	0,055	0,040	0,044	0,044	0,051
SPIp < -2.00	0,026	0,029	0,022	0,026	0,040	0,026	0,026	0,026

Çizelge B. 17: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-6	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
SPIp ≥ 2.0	0,004	0,000	0,026	0,022	0,007	0,015	0,007	0,000
1.50 < SPIp ≤ 2.00	0,041	0,059	0,022	0,026	0,041	0,026	0,037	0,037
1.00 < SPIp ≤ 1.50	0,129	0,118	0,085	0,092	0,118	0,118	0,140	0,129
-1.00 < SPIp ≤ 1.00	0,664	0,672	0,701	0,694	0,694	0,675	0,646	0,686
-1.50 < SPIp ≤ -1.00	0,077	0,085	0,081	0,085	0,059	0,077	0,089	0,048
-2.00 < SPIp ≤ -1.50	0,048	0,030	0,055	0,048	0,033	0,048	0,052	0,055
SPIp < -2.00	0,037	0,037	0,030	0,033	0,048	0,041	0,030	0,044

Çizelge B. 18: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-9	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
SPIp ≥ 2.0	0,000	0,000	0,030	0,022	0,034	0,019	0,011	0,004
1.50 < SPIp ≤ 2.00	0,041	0,056	0,022	0,030	0,026	0,026	0,034	0,045
1.00 < SPIp ≤ 1.50	0,142	0,123	0,093	0,086	0,101	0,093	0,138	0,112
-1.00 < SPIp ≤ 1.00	0,657	0,672	0,701	0,705	0,683	0,690	0,649	0,679
-1.50 < SPIp ≤ -1.00	0,097	0,082	0,086	0,093	0,108	0,101	0,097	0,093
-2.00 < SPIp ≤ -1.50	0,026	0,041	0,037	0,034	0,026	0,034	0,034	0,034
SPIp < -2.00	0,037	0,026	0,030	0,030	0,022	0,037	0,037	0,034

Çizelge B. 19: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-3	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 20: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-6	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 21: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SDIe-9	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 22: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİp-3	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SDI \geq 0$	0,496	0,511	0,566	0,566	0,522	0,529	0,558	0,518
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,325	0,314	0,212	0,234	0,310	0,274	0,241	0,332
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,099	0,084	0,113	0,102	0,095	0,117	0,109	0,069
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,069	0,073	0,095	0,077	0,033	0,062	0,058	0,047
$SDI < -2.00$	0,011	0,018	0,015	0,022	0,040	0,018	0,033	0,033

Çizelge B. 23: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİp-6	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SDI \geq 0$	0,524	0,531	0,565	0,587	0,520	0,557	0,590	0,513
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,288	0,292	0,210	0,221	0,295	0,225	0,221	0,343
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,103	0,089	0,129	0,077	0,118	0,122	0,074	0,063
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,059	0,063	0,089	0,089	0,033	0,089	0,066	0,041
$SDI < -2.00$	0,026	0,026	0,007	0,026	0,033	0,007	0,048	0,041

Çizelge B. 24: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİp-9	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SDI \geq 0$	0,578	0,575	0,582	0,597	0,541	0,541	0,612	0,507
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,228	0,243	0,201	0,190	0,261	0,246	0,198	0,347
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,097	0,071	0,108	0,104	0,123	0,101	0,078	0,060
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,049	0,078	0,101	0,090	0,049	0,108	0,063	0,045
$SDI < -2.00$	0,049	0,034	0,007	0,019	0,026	0,004	0,049	0,041

Çizelge B. 25: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-3	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SDI \geq 0$	0,518	0,518	0,526	0,518	0,518	0,518	0,518	0,518
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,314	0,314	0,307	0,314	0,314	0,314	0,325	0,314
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,124	0,124	0,131	0,128	0,124	0,124	0,120	0,124
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,044	0,044	0,036	0,040	0,044	0,044	0,036	0,044
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 26: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-6	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SDI \geq 0$	0,513	0,513	0,517	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,114	0,114	0,111	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 27: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-9	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$SDI \geq 0$	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 28: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDİe-3	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$MSDİe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSDİe \leq 2.00$	0,007	0,000	0,011	0,011	0,015	0,007	0,000	0,000
$1.00 < MSDİe \leq 1.50$	0,029	0,040	0,029	0,026	0,022	0,033	0,029	0,022
$-1.00 < MSDİe \leq 1.00$	0,533	0,547	0,569	0,569	0,558	0,558	0,602	0,540
$-1.50 < MSDİe \leq -1.00$	0,266	0,255	0,234	0,223	0,237	0,230	0,223	0,270
$-2.00 < MSDİe \leq -1.50$	0,164	0,157	0,157	0,172	0,168	0,172	0,146	0,168
$MSDİe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 29: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-6	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$MSDIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,085	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSIe \leq 2.00$	0,011	0,000	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,007
$1.00 < MSIe \leq 1.50$	0,033	0,030	0,026	0,026	0,011	0,026	0,015	0,015
$-1.00 < MSIe \leq 1.00$	0,583	0,601	0,631	0,631	0,509	0,620	0,646	0,601
$-1.50 < MSIe \leq -1.00$	0,236	0,232	0,236	0,214	0,232	0,203	0,199	0,196
$-2.00 < MSIe \leq -1.50$	0,137	0,137	0,107	0,129	0,151	0,151	0,140	0,181
$MSDIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 30: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDIe-9	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
$MSDIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSIe \leq 2.00$	0,015	0,004	0,000	0,000	0,004	0,000	0,000	0,007
$1.00 < MSIe \leq 1.50$	0,052	0,037	0,026	0,019	0,045	0,015	0,007	0,015
$-1.00 < MSIe \leq 1.00$	0,578	0,619	0,687	0,705	0,567	0,672	0,660	0,619
$-1.50 < MSIe \leq -1.00$	0,228	0,220	0,190	0,168	0,187	0,194	0,187	0,194
$-2.00 < MSIe \leq -1.50$	0,127	0,119	0,097	0,108	0,198	0,119	0,146	0,164
$MSDIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 31: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-3	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIp \geq 2.0$	0,015	0,015	0,022	0,018	0,000	0,004	0,004	0,015
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,055	0,051	0,051	0,055	0,066	0,058	0,066	0,051
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,084	0,088	0,084	0,091	0,095	0,117	0,095	0,084
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,679	0,712	0,686	0,679	0,686	0,686	0,682	0,715
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,088	0,066	0,077	0,084	0,080	0,058	0,077	0,073
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,051	0,033	0,044	0,047	0,036	0,040	0,036	0,026
$SPIp < -2.00$	0,029	0,036	0,036	0,026	0,036	0,036	0,040	0,036

Çizelge B. 32: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-6	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIp \geq 2.0$	0,004	0,000	0,007	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,063	0,063	0,055	0,033	0,063	0,066	0,059	0,063
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,089	0,114	0,118	0,137	0,100	0,111	0,107	0,107
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,668	0,683	0,675	0,683	0,708	0,694	0,708	0,697
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,096	0,074	0,089	0,074	0,055	0,052	0,052	0,070
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,048	0,026	0,022	0,026	0,026	0,033	0,026	0,026
$SPIp < -2.00$	0,033	0,041	0,033	0,033	0,048	0,044	0,048	0,037

Çizelge B. 33: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIp-9	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIp \geq 2.0$	0,000	0,007	0,011	0,011	0,004	0,007	0,000	0,011
$1.50 < SPIp \leq 2.00$	0,049	0,060	0,052	0,041	0,060	0,052	0,063	0,060
$1.00 < SPIp \leq 1.50$	0,131	0,104	0,131	0,108	0,093	0,123	0,097	0,112
$-1.00 < SPIp \leq 1.00$	0,657	0,687	0,642	0,705	0,713	0,668	0,698	0,687
$-1.50 < SPIp \leq -1.00$	0,078	0,075	0,104	0,078	0,049	0,067	0,060	0,060
$-2.00 < SPIp \leq -1.50$	0,045	0,037	0,037	0,030	0,060	0,056	0,060	0,045
$SPIp < -2.00$	0,041	0,030	0,022	0,026	0,022	0,026	0,022	0,026

Çizelge B. 34: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-3	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664	0,664
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 35: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-6	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683	0,683
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 36: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indisi olasılıkları.

SPIe-9	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SPIe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < SPIe \leq 2.00$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$1.00 < SPIe \leq 1.50$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-1.00 < SPIe \leq 1.00$	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701	0,701
$-1.50 < SPIe \leq -1.00$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-2.00 < SPIe \leq -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$SPIe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 37: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-3	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SDI \geq 0$	0,522	0,540	0,562	0,504	0,485	0,496	0,518	0,515
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,307	0,299	0,303	0,307	0,365	0,358	0,339	0,325
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,077	0,088	0,044	0,128	0,084	0,073	0,051	0,077
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,058	0,044	0,040	0,047	0,036	0,036	0,058	0,055
$SDI < -2.00$	0,036	0,029	0,051	0,015	0,029	0,036	0,033	0,029

Çizelge B. 38: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-6	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SDI \geq 0$	0,557	0,539	0,583	0,517	0,506	0,531	0,506	0,524
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,273	0,295	0,284	0,280	0,336	0,310	0,339	0,321
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,074	0,085	0,041	0,137	0,085	0,085	0,055	0,081
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,055	0,059	0,048	0,037	0,041	0,041	0,063	0,048
$SDI < -2.00$	0,041	0,022	0,044	0,030	0,033	0,033	0,037	0,026

Çizelge B. 39: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIp-9	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SDI \geq 0$	0,556	0,485	0,578	0,556	0,504	0,567	0,534	0,530
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,261	0,343	0,291	0,216	0,336	0,257	0,299	0,284
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,075	0,071	0,037	0,175	0,060	0,075	0,078	0,108
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,086	0,078	0,037	0,022	0,082	0,056	0,049	0,049
$SDI < -2.00$	0,022	0,022	0,056	0,030	0,019	0,045	0,041	0,030

Çizelge B. 40: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIe-3	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SDI \geq 0$	0,518	0,518	0,518	0,522	0,518	0,518	0,518	0,518
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,314	0,314	0,314	0,310	0,314	0,314	0,314	0,314
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,124	0,128	0,124
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,040	0,044
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 41: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFIe-6	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SDI \geq 0$	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328	0,328
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114	0,114
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044	0,044
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 42: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indisi olasılıkları.

SSFİe-9	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$SDI \geq 0$	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
$-1.00 \leq SDI < 0.00$	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343	0,343
$-1.50 \leq SDI < -1.00$	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104	0,104
$-2.00 \leq SDI < -1.50$	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
$SDI < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 43: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDİe-3	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$MSDİe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSDİe \leq 2.00$	0,011	0,004	0,007	0,015	0,007	0,004	0,007	0,004
$1.00 < MSDİe \leq 1.50$	0,040	0,040	0,036	0,036	0,026	0,036	0,029	0,040
$-1.00 < MSDİe \leq 1.00$	0,533	0,547	0,533	0,577	0,562	0,588	0,504	0,533
$-1.50 < MSDİe \leq -1.00$	0,274	0,263	0,285	0,259	0,266	0,248	0,299	0,274
$-2.00 < MSDİe \leq -1.50$	0,142	0,146	0,139	0,113	0,139	0,124	0,161	0,150
$MSDİe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 44: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDİe-6	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$MSDİe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSDİe \leq 2.00$	0,018	0,011	0,000	0,018	0,000	0,011	0,007	0,011
$1.00 < MSDİe \leq 1.50$	0,018	0,022	0,037	0,022	0,041	0,033	0,033	0,033
$-1.00 < MSDİe \leq 1.00$	0,554	0,579	0,561	0,594	0,520	0,557	0,520	0,557
$-1.50 < MSDİe \leq -1.00$	0,277	0,251	0,269	0,229	0,295	0,273	0,292	0,258
$-2.00 < MSDİe \leq -1.50$	0,133	0,137	0,133	0,137	0,144	0,125	0,148	0,140
$MSDİe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge B. 45: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indisi olasılıkları.

MSDİe-9	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
$MSDİe \geq 2.0$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
$1.50 < MSDİe \leq 2.00$	0,034	0,007	0,000	0,011	0,000	0,011	0,019	0,022
$1.00 < MSDİe \leq 1.50$	0,011	0,030	0,037	0,034	0,041	0,045	0,022	0,026
$-1.00 < MSDİe \leq 1.00$	0,571	0,604	0,575	0,578	0,515	0,549	0,496	0,597
$-1.50 < MSDİe \leq -1.00$	0,235	0,243	0,231	0,239	0,332	0,246	0,302	0,243
$-2.00 < MSDİe \leq -1.50$	0,149	0,116	0,157	0,138	0,112	0,149	0,160	0,112
$MSDİe < -2.00$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

EK C:**Çizelge C. 1:** Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-3								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Aralık	-0,69	-1,21	-1,06	-1,27	0,05	-0,79	-1,80	-1,64
Ocak	0,11	-1,95	-0,79	-1,64	-1,64	-2,11	-1,80	-1,69
Şubat	-0,11	-0,37	-0,16	-1,64	-1,53	-2,38	-0,48	-0,85
Mart	2,32	1,43	2,01	0,16	-0,95	-0,21	1,43	0,79
Nisan	2,11	2,85	2,75	2,22	0,79	2,22	2,85	2,32
Mayıs	1,95	1,74	2,11	3,38	1,69	3,54	3,01	2,27
Haziran	0,63	0,53	1,00	2,01	0,58	1,95	1,95	2,27
Temmuz	0,16	1,06	0,85	2,01	0,79	2,48	1,53	1,85
Ağustos	-0,53	1,80	1,48	1,21	1,95	1,69	1,43	1,16
Eylül	1,21	2,69	2,85	1,32	2,54	1,74	1,69	1,16

Çizelge C. 2: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-6								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Mart	1,37	-0,16	0,05	-0,74	-0,53	-0,79	-0,21	0,42
Nisan	1,90	0,53	1,16	0,16	-0,79	-0,21	0,32	0,37
Mayıs	1,69	0,90	1,53	2,01	-1,21	0,85	1,58	1,58
Haziran	1,85	1,43	1,58	1,69	-0,74	1,37	1,53	1,43
Temmuz	1,27	2,54	2,11	2,38	1,11	2,32	2,27	2,22
Ağustos	1,16	2,27	2,54	2,80	2,54	2,91	2,06	2,01
Eylül	0,74	1,80	2,75	2,64	2,06	2,96	1,85	1,74

Çizelge C. 3: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-9								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Haziran	1,21	0,37	0,90	0,95	-0,16	0,95	0,69	1,21
Temmuz	1,16	0,95	1,58	1,00	-0,48	1,16	0,85	0,90
Ağustos	1,00	1,85	2,17	1,64	-0,85	1,58	1,64	1,48
Eylül	1,58	2,32	2,80	2,01	-0,11	2,01	2,17	1,69

Çizelge C. 4: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-3								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Aralık	-0,69	-1,21	-1,06	-1,27	0,05	-0,79	-1,80	-1,64
Ocak	0,11	-1,95	-0,79	-1,64	-1,64	-2,11	-1,80	-1,69
Şubat	-0,05	-0,37	-0,16	-1,64	-1,53	-2,38	-0,48	-0,85
Mart	2,32	1,43	2,01	0,16	-0,95	-0,21	1,40	0,79
Nisan	2,11	2,83	2,80	2,22	0,79	2,22	2,85	2,32
Mayıs	1,90	1,74	2,11	3,38	1,69	3,49	3,06	2,27
Haziran	0,63	0,53	1,00	2,01	0,58	1,95	1,95	2,27
Temmuz	0,21	1,06	0,85	2,01	0,79	2,48	1,53	1,90
Ağustos	-0,53	1,80	1,48	1,21	1,95	1,69	1,43	1,16
Eylül	1,21	2,69	2,85	1,32	2,54	1,74	1,69	1,16

Çizelge C. 5: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-6								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Mart	1,37	-0,16	0,05	-0,74	-0,53	-0,79	-0,21	0,42
Nisan	1,90	0,53	1,16	0,16	-0,79	-0,21	0,32	0,37
Mayıs	1,69	0,90	1,53	2,01	-1,21	0,87	1,58	1,58
Haziran	1,85	1,43	1,58	1,69	-0,74	1,37	1,53	1,43
Temmuz	1,27	2,54	2,11	2,38	1,16	2,32	2,27	2,22
Ağustos	1,16	2,27	2,54	2,80	2,54	2,91	2,06	2,01
Eylül	0,74	1,80	2,75	2,64	2,06	2,96	1,85	1,74

Çizelge C. 6: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-9								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Haziran	1,21	0,37	0,90	0,95	-0,16	0,95	0,69	1,21
Temmuz	1,16	0,95	1,58	1,00	-0,48	1,11	0,85	0,90
Ağustos	1,00	1,85	2,17	1,64	-0,85	1,58	1,64	1,48
Eylül	1,58	2,32	2,80	2,01	-0,11	2,01	2,17	1,69

Çizelge C. 7: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFIp-3								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Aralık	0,00	-0,08	-0,53	0,61	1,21	0,69	0,66	-2,27
Ocak	0,26	-0,32	-0,26	-0,21	1,37	0,63	0,00	-1,90
Şubat	0,37	-0,50	-0,90	-0,05	1,43	0,16	0,05	-1,56
Mart	0,48	0,37	1,11	0,00	0,16	0,48	0,53	-0,98
Nisan	0,37	0,74	0,74	0,37	-0,69	0,69	-0,21	-1,11
Mayıs	0,63	1,53	0,79	1,00	-0,37	1,00	2,06	-0,42
Haziran	0,18	1,21	0,00	1,11	-0,48	0,90	2,17	-0,26
Temmuz	0,79	1,27	-0,11	1,43	0,58	1,29	1,74	0,00
Ağustos	0,48	0,32	-0,79	1,11	0,61	0,74	0,95	-0,69
Eylül	0,79	0,34	-1,37	1,69	1,48	1,43	0,69	-2,38

Çizelge C. 8: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFIp-6								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Mart	0,63	0,37	0,21	0,26	0,74	0,90	0,90	-1,53
Nisan	0,48	0,45	0,37	0,16	-0,16	0,74	-0,21	-1,48
Mayıs	0,74	1,53	0,79	1,06	0,11	1,29	2,06	-0,53
Haziran	0,58	1,64	0,48	1,06	0,00	0,85	2,17	-0,37
Temmuz	0,53	1,58	0,53	0,90	0,00	0,95	1,74	-0,42
Ağustos	0,42	1,53	0,42	1,11	0,00	0,95	1,80	-0,53
Eylül	0,16	1,11	-0,05	1,37	-0,16	1,06	1,69	-0,48

Çizelge C. 9: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFIp-9								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Haziran	0,63	1,43	0,48	1,16	0,37	1,00	2,17	-0,85
Temmuz	0,74	1,27	0,26	1,06	0,21	1,00	1,80	-0,79
Ağustos	0,63	1,43	0,37	1,06	0,16	1,11	1,80	-0,69
Eylül	0,48	1,53	0,37	1,16	0,16	1,16	1,64	-0,63

Çizelge C. 10: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFIe-3								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Aralık	0,00	-0,08	-0,53	0,61	1,24	0,69	0,66	-2,27
Ocak	0,26	-0,32	-0,26	-0,21	1,37	0,63	0,00	-1,90
Şubat	0,37	-0,50	-0,90	-0,05	1,43	0,16	0,05	-1,56
Mart	0,48	0,37	1,11	0,00	0,16	0,48	0,53	-0,98
Nisan	0,37	0,74	0,74	0,37	-0,69	0,69	-0,21	-1,11
Mayıs	0,63	1,53	0,79	1,00	-0,37	1,00	2,06	-0,40
Haziran	0,18	1,21	0,00	1,11	-0,48	0,90	2,17	-0,26
Temmuz	0,79	1,27	-0,11	1,43	0,58	1,29	1,74	0,00
Ağustos	0,48	0,32	-0,79	1,11	0,61	0,74	0,95	-0,69
Eylül	0,79	0,32	-1,37	1,69	1,48	1,43	0,69	-2,40

Çizelge C. 11: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFIe-6								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Mart	0,63	0,37	0,21	0,26	0,74	0,90	0,90	-1,53
Nisan	0,48	0,45	0,37	0,16	-0,16	0,74	-0,21	-1,48
Mayıs	0,74	1,53	0,79	1,06	0,11	1,29	2,06	-0,53
Haziran	0,58	1,64	0,48	1,06	0,00	0,85	2,17	-0,37
Temmuz	0,53	1,58	0,53	0,90	0,00	0,95	1,74	-0,42
Ağustos	0,42	1,53	0,42	1,11	0,00	0,95	1,80	-0,53
Eylül	0,16	1,11	-0,05	1,37	-0,16	1,06	1,69	-0,48

Çizelge C. 12: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİe-9								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Haziran	0,63	1,43	0,48	1,16	0,37	1,00	2,17	-0,85
Temmuz	0,74	1,27	0,26	1,06	0,21	1,00	1,80	-0,79
Ağustos	0,63	1,43	0,37	1,06	0,16	1,11	1,80	-0,69
Eylül	0,48	1,53	0,37	1,16	0,16	1,16	1,64	-0,63

Çizelge C. 13: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDİe-3								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Aralık	-0,05	-1,04	-1,23	-1,07	0,21	-1,09	-0,13	-2,85
Ocak	-0,05	-1,78	-1,04	-1,12	-0,73	-1,28	-0,56	-2,79
Şubat	-0,05	-0,59	-0,27	-1,28	0,11	-1,25	-0,03	-1,33
Mart	2,31	0,96	1,76	0,29	-0,59	-0,11	1,17	-0,37
Nisan	1,07	1,31	2,19	1,06	-0,51	1,14	0,91	-0,49
Mayıs	1,12	1,52	1,46	2,60	0,82	2,45	2,77	1,25
Haziran	0,24	0,90	0,32	1,78	0,00	1,28	2,66	0,86
Temmuz	0,56	1,78	0,29	2,28	0,85	2,42	2,64	1,04
Ağustos	-0,11	1,43	0,62	1,49	1,33	1,51	1,70	-0,05
Eylül	1,09	1,81	1,31	1,76	2,69	1,85	1,41	-1,08

Çizelge C. 14: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDİe-6								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Mart	2,03	-0,05	0,32	-0,51	0,62	-0,56	0,61	-1,55
Nisan	1,57	0,13	0,51	-0,21	-1,40	-0,59	-0,53	-1,69
Mayıs	1,46	1,11	0,96	1,78	-1,30	1,49	2,10	0,13
Haziran	1,09	1,22	0,96	1,49	-0,74	1,40	2,63	0,43
Temmuz	0,74	1,75	1,27	2,09	0,32	1,86	2,29	0,78
Ağustos	0,80	1,91	1,78	2,52	1,38	2,25	2,76	0,99
Eylül	0,85	1,35	1,30	2,15	0,75	2,61	2,45	0,54

Çizelge C. 15: Çoruh Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDİe-9								
Ay	E2304	E2316	E2320	E2325	E2328	E2329	D23A026	D23A032
Haziran	0,98	0,74	0,48	1,14	-0,43	1,15	1,70	-0,62
Temmuz	0,66	0,90	0,66	1,38	-0,42	1,14	1,52	-0,64
Ağustos	1,09	1,54	1,49	1,83	-0,85	1,80	2,41	0,32
Eylül	0,85	2,18	1,49	1,91	-0,40	2,26	2,60	0,29

Çizelge C. 16: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-3								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Aralık	-0,69	-0,69	-0,58	-0,58	-0,58	-0,32	-0,58	-0,26
Ocak	-0,16	-0,16	-0,69	-0,58	1,11	-0,32	-0,42	0,05
Şubat	1,37	1,85	0,95	1,00	2,11	0,95	1,21	0,90
Mart	2,17	1,95	0,90	0,90	3,75	1,58	1,58	1,69
Nisan	1,48	1,11	0,00	0,21	2,48	0,58	0,69	1,21
Mayıs	0,90	0,53	-0,48	-0,48	0,95	-0,21	0,00	0,32
Haziran	0,00	-0,16	-0,95	-1,06	-0,48	-1,11	-0,79	-0,26
Temmuz	0,58	0,63	-0,42	0,00	0,00	0,11	-0,11	0,05
Ağustos	1,32	0,79	-0,74	-0,69	0,42	-0,32	-0,26	0,32
Eylül	1,95	2,43	1,21	1,27	0,58	1,85	2,11	2,22

Çizelge C. 17: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-6								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Mart	0,85	0,58	-0,05	-0,05	2,75	0,26	0,21	0,79
Nisan	0,74	0,00	-0,05	0,00	3,22	0,26	0,21	0,42
Mayıs	1,32	1,06	0,58	0,74	2,11	0,74	0,48	1,11
Haziran	1,37	1,27	0,63	0,63	1,48	1,00	1,16	1,06
Temmuz	1,16	0,74	-0,26	-0,05	0,95	0,26	0,42	0,85
Ağustos	0,74	0,58	-0,95	-0,63	0,69	-0,26	-0,05	0,53
Eylül	0,63	0,58	-0,42	-0,16	-0,11	0,00	0,11	0,53

Çizelge C. 18: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-9								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Haziran	0,58	0,26	-0,32	-0,21	1,58	0,00	0,00	0,69
Temmuz	0,74	0,21	-0,16	0,00	1,90	0,05	0,11	0,69
Ağustos	1,27	1,32	0,58	0,69	1,64	0,69	0,79	1,11
Eylül	1,58	1,69	0,58	0,58	1,80	1,16	1,00	1,43

Çizelge C. 19: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-3								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Aralık	-0,69	-0,69	-0,58	-0,58	-0,58	-0,32	-0,58	-0,26
Ocak	-0,16	-0,16	-0,69	-0,58	1,11	-0,32	-0,42	0,05
Şubat	1,37	1,85	0,95	1,00	2,11	0,95	1,21	0,90
Mart	2,17	1,95	0,90	0,90	3,75	1,58	1,58	1,69
Nisan	1,48	1,11	0,00	0,21	2,48	0,58	0,69	1,21
Mayıs	0,90	0,53	-0,48	-0,48	0,95	-0,21	0,00	0,32
Haziran	0,00	-0,16	-0,95	-1,06	-0,48	-1,11	-0,79	-0,26
Temmuz	0,58	0,63	-0,42	0,00	0,00	0,11	-0,11	0,05
Ağustos	1,32	0,79	-0,74	-0,69	0,42	-0,32	-0,26	0,32
Eylül	1,95	2,43	1,21	1,27	0,58	1,85	2,11	2,22

Çizelge C. 20: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-6								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Mart	0,85	0,58	-0,05	-0,05	2,75	0,26	0,21	0,79
Nisan	0,74	0,00	-0,05	0,00	3,22	0,26	0,21	0,42
Mayıs	1,32	1,06	0,58	0,74	2,11	0,74	0,48	1,11
Haziran	1,37	1,27	0,63	0,63	1,48	1,00	1,16	1,06
Temmuz	1,16	0,74	-0,26	-0,05	0,95	0,26	0,42	0,85
Ağustos	0,74	0,58	-0,95	-0,63	0,69	-0,26	-0,05	0,53
Eylül	0,63	0,58	-0,42	-0,16	-0,11	0,00	0,11	0,53

Çizelge C. 21: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-9								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Haziran	0,58	0,26	-0,32	-0,21	1,58	0,00	0,00	0,69
Temmuz	0,74	0,21	-0,16	0,00	1,90	0,05	0,11	0,69
Ağustos	1,27	1,32	0,58	0,69	1,64	0,69	0,79	1,11
Eylül	1,58	1,69	0,58	0,58	1,80	1,16	1,00	1,43

Çizelge C. 22: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİp-3								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Aralık	-1,53	-1,80	-2,25	-0,74	-1,69	-2,59	-0,95	-1,48
Ocak	-1,27	-0,74	-2,19	-0,58	-1,69	-2,38	-0,48	-1,19
Şubat	-0,53	-0,37	-1,82	-0,26	-1,48	-2,01	-0,32	-1,72
Mart	0,95	1,11	-1,82	-0,11	-0,74	-2,17	-0,69	-1,64
Nisan	1,00	1,11	-1,40	-0,24	-0,85	-1,95	-0,48	-1,21
Mayıs	0,32	0,05	-1,29	-0,69	-0,58	-2,01	-0,53	-0,21
Haziran	-0,66	-0,42	-1,40	-0,85	-0,82	-1,90	-0,11	-0,42
Temmuz	-0,85	-1,06	-1,22	-0,42	-1,06	-1,69	-0,69	-0,21
Ağustos	-1,06	-1,37	-1,45	-0,79	-1,00	-1,74	-1,00	-1,00
Eylül	-1,14	-2,06	-1,72	-1,11	-1,21	-1,69	-2,07	-1,64

Çizelge C. 23: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFİp-6								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Mart	0,21	0,00	-2,35	-0,69	-1,27	-2,69	-0,74	-1,69
Nisan	0,32	0,26	-1,72	-0,42	-1,37	-2,32	-0,63	-1,90
Mayıs	0,21	0,26	-1,61	-0,11	-0,95	-2,22	-0,48	-1,16
Haziran	0,16	0,32	-1,45	-0,16	-0,63	-2,17	-0,16	-0,79
Temmuz	0,00	0,26	-1,61	-0,42	-0,69	-2,11	-0,37	-0,53
Ağustos	-0,11	-0,05	-1,51	-0,53	-0,79	-1,95	-0,58	-0,74
Eylül	-0,69	-0,71	-1,72	-1,06	-0,90	-1,90	-0,21	-0,79

Çizelge C. 24: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFip-9								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Haziran	-0,26	0,00	-1,72	-0,69	-1,11	-2,48	-0,79	-1,37
Temmuz	-0,21	-0,05	-1,77	-0,69	-0,95	-2,32	-0,74	-1,11
Ağustos	-0,11	0,00	-1,61	-0,32	-0,95	-2,11	-0,69	-1,06
Eylül	0,00	0,16	-1,66	-0,16	-0,74	-2,11	-0,37	-1,00

Çizelge C. 25: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFle-3								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Aralık	-1,56	-1,80	-2,25	-0,74	-1,69	-2,59	-0,92	-1,48
Ocak	-1,27	-0,74	-2,19	-0,58	-1,69	-2,38	-0,48	-1,16
Şubat	-0,53	-0,37	-1,82	-0,26	-1,48	-2,01	-0,32	-1,72
Mart	0,95	1,11	-1,80	-0,11	-0,74	-2,17	-0,69	-1,64
Nisan	1,00	1,11	-1,40	-0,24	-0,85	-1,95	-0,48	-1,21
Mayıs	0,32	0,05	-1,29	-0,69	-0,58	-2,01	-0,53	-0,21
Haziran	-0,66	-0,42	-1,40	-0,85	-0,79	-1,90	-0,11	-0,42
Temmuz	-0,85	-1,06	-1,22	-0,42	-1,06	-1,69	-0,69	-0,21
Ağustos	-1,06	-1,37	-1,45	-0,79	-1,00	-1,74	-1,00	-1,00
Eylül	-1,14	-2,06	-1,72	-1,11	-1,21	-1,69	-1,98	-1,64

Çizelge C. 26: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFle-6								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Mart	0,21	0,00	-2,35	-0,69	-1,27	-2,69	-0,74	-1,69
Nisan	0,32	0,26	-1,72	-0,42	-1,37	-2,32	-0,63	-1,90
Mayıs	0,21	0,26	-1,61	-0,11	-0,95	-2,22	-0,48	-1,16
Haziran	0,16	0,32	-1,45	-0,16	-0,63	-2,17	-0,16	-0,79
Temmuz	0,00	0,26	-1,61	-0,42	-0,69	-2,11	-0,37	-0,53
Ağustos	-0,11	-0,05	-1,51	-0,53	-0,79	-1,95	-0,58	-0,74
Eylül	-0,69	-0,74	-1,72	-1,06	-0,90	-1,90	-0,21	-0,79

Çizelge C. 27: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFle-9								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Haziran	-0,26	0,00	-1,72	-0,69	-1,11	-2,48	-0,79	-1,37
Temmuz	-0,21	-0,05	-1,77	-0,69	-0,95	-2,32	-0,74	-1,11
Ağustos	-0,11	0,00	-1,61	-0,32	-0,95	-2,11	-0,69	-1,06
Eylül	0,00	0,16	-1,66	-0,16	-0,74	-2,11	-0,37	-1,00

Çizelge C. 28: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDIe-3								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Aralık	-1,04	-1,31	-1,75	-0,91	-1,01	-1,42	-0,78	-0,53
Ocak	-0,86	-0,19	-2,03	-0,53	-0,67	-1,20	-0,16	-0,53
Şubat	0,77	1,01	0,00	0,77	0,59	-0,11	0,53	0,11
Mart	2,10	1,83	-0,08	0,51	2,56	0,08	0,45	0,94
Nisan	1,30	1,03	-0,29	0,00	0,48	-0,61	-0,05	0,11
Mayıs	0,53	0,16	-0,72	-0,32	0,19	-0,79	-0,19	-0,13
Haziran	-0,56	-0,32	-0,79	-0,72	-0,80	-1,43	-0,56	-0,16
Temmuz	-0,08	-0,03	-0,50	-0,29	-0,61	-0,35	-0,43	0,05
Ağustos	0,27	-0,13	-0,93	-0,90	-0,45	-0,93	-0,85	-0,48
Eylül	0,48	0,32	-0,56	-0,13	-0,64	-0,13	0,66	0,27

Çizelge C. 29: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDIe-6								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Mart	0,61	0,72	-1,31	0,05	0,24	-0,88	0,16	-0,05
Nisan	0,80	0,53	-0,40	0,29	0,59	-0,43	0,37	-0,32
Mayıs	1,09	0,74	0,03	1,17	0,69	-0,35	0,59	0,37
Haziran	0,98	0,98	-0,16	0,29	0,53	0,00	0,37	0,53
Temmuz	0,50	0,53	-0,74	-0,29	0,05	-0,90	-0,11	0,27
Ağustos	0,21	0,00	-1,25	-0,61	-0,16	-1,19	-0,82	0,03
Eylül	-0,16	0,00	-0,72	-0,50	-0,66	-0,74	-0,42	0,00

Çizelge C. 30: Seyhan Havzası kapsamındaki istasyonlara için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDIe-9								
Ay	E1801	E1805	E1820	E1825	D18A008	D18A012	D18A023	D18A027
Haziran	0,50	0,69	-0,69	-0,08	0,08	-1,10	-0,13	0,03
Temmuz	0,53	0,32	-0,61	0,05	-0,08	-1,25	-0,16	0,21
Ağustos	0,72	0,69	-0,24	0,83	0,32	-0,61	0,35	0,50
Eylül	1,01	1,11	0,11	0,56	0,37	0,00	0,19	0,34

Çizelge C. 31: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-3								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Aralık	-0,53	-0,63	-0,63	-0,74	-0,95	-0,63	-0,85	-0,69
Ocak	-0,42	-0,37	-0,63	-1,06	-0,16	-0,53	-0,05	-0,32
Şubat	1,11	1,85	0,48	0,26	1,74	1,53	1,69	1,90
Mart	1,43	2,48	1,48	2,01	2,59	2,59	2,64	2,43
Nisan	1,11	1,32	1,43	1,43	1,64	1,74	1,64	1,16
Mayıs	0,74	0,53	-0,05	0,00	0,21	0,63	0,16	0,53
Haziran	0,05	-0,21	0,00	0,00	-0,53	0,00	-0,58	-0,21
Temmuz	0,00	0,42	0,26	0,21	-0,48	-0,53	-0,42	0,69
Ağustos	0,00	1,16	1,00	0,85	0,79	0,90	0,63	1,27
Eylül	-0,05	1,74	1,64	1,43	1,53	1,27	1,64	1,95

Çizelge C. 32: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-6								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Mart	0,21	0,74	0,26	0,05	1,11	0,90	0,95	0,74
Nisan	0,58	0,48	0,74	0,58	1,00	1,21	1,00	0,37
Mayıs	0,79	1,58	0,37	0,32	1,32	1,32	1,37	1,53
Haziran	1,00	1,64	0,85	0,95	2,17	2,11	2,17	1,53
Temmuz	0,48	0,79	0,63	0,53	1,16	1,06	1,32	0,79
Ağustos	0,53	0,74	0,00	0,00	0,79	0,63	0,69	0,85
Eylül	0,16	0,42	0,16	0,42	0,32	0,63	0,26	0,69

Çizelge C. 33: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIp-9								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Haziran	0,58	0,48	0,26	0,85	0,85	0,48	1,00	0,42
Temmuz	0,32	0,21	0,26	0,90	0,90	0,63	0,85	0,32
Ağustos	0,85	1,48	0,48	0,37	1,37	1,37	1,53	1,53
Eylül	0,90	1,74	1,06	1,21	2,17	2,38	2,32	1,74

Çizelge C. 34: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-3								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Aralık	-0,53	-0,63	-0,63	-0,74	-0,95	-0,63	-0,85	-0,69
Ocak	-0,42	-0,37	-0,63	-1,06	-0,16	-0,53	-0,05	-0,32
Şubat	1,11	1,85	0,48	0,26	1,74	1,53	1,69	1,90
Mart	1,43	2,48	1,48	2,01	2,59	2,59	2,64	2,43
Nisan	1,11	1,32	1,43	1,43	1,64	1,74	1,64	1,16
Mayıs	0,74	0,53	-0,05	0,00	0,21	0,63	0,16	0,53
Haziran	0,05	-0,21	0,00	0,00	-0,53	0,00	-0,58	-0,21
Temmuz	0,00	0,42	0,26	0,21	-0,48	-0,53	-0,42	0,69
Ağustos	0,00	1,16	1,00	0,85	0,79	0,90	0,63	1,27
Eylül	-0,05	1,74	1,64	1,43	1,53	1,27	1,64	1,95

Çizelge C. 35: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-6								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Mart	0,21	0,74	0,26	0,05	1,11	0,90	0,95	0,74
Nisan	0,58	0,48	0,74	0,58	1,00	1,21	1,00	0,37
Mayıs	0,79	1,58	0,37	0,32	1,32	1,32	1,37	1,53
Haziran	1,00	1,64	0,85	0,95	2,17	2,11	2,17	1,53
Temmuz	0,48	0,79	0,63	0,53	1,16	1,06	1,32	0,79
Ağustos	0,53	0,74	0,00	0,00	0,79	0,63	0,69	0,85
Eylül	0,16	0,42	0,16	0,42	0,32	0,63	0,26	0,69

Çizelge C. 36: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış yağış indislerine trend analizi.

SPIe-9								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Haziran	0,58	0,48	0,26	0,85	0,85	0,48	1,00	0,42
Temmuz	0,32	0,21	0,26	0,90	0,90	0,63	0,85	0,32
Ağustos	0,85	1,48	0,48	0,37	1,37	1,37	1,53	1,53
Eylül	0,90	1,74	1,06	1,21	2,17	2,38	2,32	1,74

Çizelge C. 37: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFip-3								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Aralık	-1,90	-1,51	-1,95	-0,48	-0,69	-0,58	-1,16	-1,21
Ocak	-1,48	-1,61	-2,01	-0,58	-0,69	-1,00	-1,11	-0,53
Şubat	-0,90	-0,71	-1,53	0,18	-0,11	-0,42	-0,48	0,21
Mart	0,32	1,72	-0,48	1,27	0,79	1,58	1,21	2,01
Nisan	1,06	1,22	0,05	1,43	0,37	2,17	2,06	1,90
Mayıs	0,16	0,82	-0,58	0,53	0,37	1,69	1,32	1,06
Haziran	-0,48	0,03	-0,85	0,00	0,24	0,79	0,32	0,24
Temmuz	-0,69	-0,18	-0,85	-0,16	0,85	1,21	-0,63	-0,11
Ağustos	-0,53	-1,98	-0,79	-0,63	1,21	2,22	-0,58	-0,37
Eylül	-0,37	-3,09	-0,32	-0,85	0,48	2,27	-0,40	-1,11

Çizelge C. 38: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFip-6								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Mart	-0,21	0,74	-1,27	0,50	0,26	0,69	0,53	1,00
Nisan	0,00	0,48	-0,79	0,90	0,11	1,48	1,29	1,21
Mayıs	-0,16	1,58	-0,74	0,69	0,48	1,80	1,16	1,21
Haziran	-0,16	1,64	-0,87	0,95	0,79	2,48	1,69	1,27
Temmuz	0,05	0,79	-0,42	0,79	0,48	1,95	1,37	1,27
Ağustos	-0,11	0,74	-0,58	0,21	0,74	1,85	0,90	0,90
Eylül	-0,42	0,42	-0,74	-0,08	0,16	1,16	-0,11	0,11

Çizelge C. 39: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta parametrik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFip-9								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Haziran	-0,53	0,00	-1,11	0,37	0,42	1,48	1,06	0,85
Temmuz	-0,32	0,00	-1,16	0,37	0,63	1,90	1,06	0,63
Ağustos	-0,37	0,29	-1,00	0,48	0,74	2,06	1,21	0,95
Eylül	-0,16	0,34	-0,74	0,85	0,74	2,27	1,37	1,16

Çizelge C. 40: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFle-3								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Aralık	-1,90	-1,51	-1,95	-0,48	-0,69	-0,58	-1,16	-1,21
Ocak	-1,48	-1,61	-2,01	-0,58	-0,69	-1,00	-1,11	-0,53
Şubat	-0,90	-0,71	-1,53	0,16	-0,11	-0,42	-0,48	0,21
Mart	0,32	1,72	-0,48	1,27	0,79	1,58	1,21	2,01
Nisan	1,06	1,22	0,05	1,43	0,37	2,17	2,06	1,90
Mayıs	0,16	0,82	-0,58	0,53	0,37	1,69	1,35	1,06
Haziran	-0,48	0,03	-0,85	0,00	0,21	0,79	0,32	0,24
Temmuz	-0,69	-0,18	-0,85	-0,16	0,85	1,21	-0,63	-0,11
Ağustos	-0,53	-1,98	-0,77	-0,63	1,21	2,22	-0,58	-0,37
Eylül	-0,37	-3,09	-0,32	-0,85	0,48	2,27	-0,40	-1,11

Çizelge C. 41: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFle-6								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Mart	-0,21	0,92	-1,27	0,53	0,26	0,69	0,53	1,00
Nisan	0,00	0,45	-0,79	0,90	0,11	1,48	1,29	1,21
Mayıs	-0,16	0,40	-0,74	0,69	0,48	1,80	1,16	1,21
Haziran	-0,16	0,55	-0,85	0,95	0,79	2,48	1,69	1,27
Temmuz	0,05	0,45	-0,42	0,79	0,48	1,95	1,37	1,27
Ağustos	-0,11	0,29	-0,58	0,21	0,74	1,85	0,90	0,90
Eylül	-0,42	-0,29	-0,74	-0,08	0,16	1,16	-0,11	0,11

Çizelge C. 42: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik standartlaştırılmış akım indislerine trend analizi.

SSFle-9								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Haziran	-0,53	0,00	-1,11	0,37	0,42	1,48	1,06	0,85
Temmuz	-0,32	0,00	-1,16	0,37	0,63	1,90	1,06	0,63
Ağustos	-0,37	0,29	-1,00	0,48	0,74	2,06	1,21	0,95
Eylül	-0,16	0,34	-0,74	0,85	0,74	2,27	1,37	1,16

Çizelge C. 43: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 3 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDle-3								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Aralık	-0,85	-0,80	-1,28	-0,85	-0,75	-0,13	-1,05	-0,19
Ocak	-0,99	-0,70	-1,76	-1,52	-0,45	-0,72	-0,54	-0,21
Şubat	0,19	1,09	-0,90	0,19	1,04	0,43	0,91	1,69
Mart	1,35	2,46	0,59	2,34	1,89	2,08	2,32	2,55
Nisan	0,85	0,77	0,56	1,41	0,90	1,84	1,78	1,15
Mayıs	0,42	0,50	-0,19	0,50	0,27	1,17	0,53	0,93
Haziran	-0,24	0,00	-0,74	0,00	0,00	0,32	-0,08	0,05
Temmuz	-0,03	0,19	-0,48	0,21	0,24	0,48	-0,37	0,37
Ağustos	0,21	0,16	0,45	0,61	1,28	2,18	0,00	1,20
Eylül	-0,35	-0,45	0,11	0,05	1,06	1,91	0,53	0,83

Çizelge C. 44: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 6 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDIe-6								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Mart	0,08	1,58	-1,25	0,45	1,18	1,20	0,86	1,55
Nisan	1,31	0,82	0,40	1,47	0,72	2,35	1,55	1,25
Mayıs	0,72	0,93	-0,29	0,56	0,99	1,62	2,10	1,70
Haziran	0,64	1,30	-0,03	1,09	1,72	2,26	2,47	1,43
Temmuz	0,05	0,42	-0,05	0,72	0,61	1,27	0,90	1,06
Ağustos	0,05	0,32	-0,24	0,40	0,32	1,09	0,56	0,96
Eylül	-0,21	0,05	-0,42	0,21	0,16	0,50	-0,27	0,45

Çizelge C. 45: Ceyhan Havzası kapsamındaki istasyonlar için 9 aylık periyotta ampirik çok değişkenli standartlaştırılmış kuraklık indislerine trend analizi.

MSDIe-9								
Ay	E2006	E2008	E2009	E2022	D20A005	D20A006	D20A008	D20A043
Haziran	0,72	0,93	-0,08	1,35	0,77	1,63	1,60	0,90
Temmuz	0,32	0,29	-0,13	1,12	0,96	1,65	1,33	0,72
Ağustos	0,45	0,45	-0,56	0,48	1,47	2,15	2,00	1,25
Eylül	0,69	1,33	-0,16	1,31	1,78	2,47	2,01	1,73



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Tolga Barış Terzi

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2020, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği
- **Yüksek lisans** : 2024, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Terzi, B. T., Önöz, B.** (2023). Drought Analysis in the Çoruh River Basin based on Standardized Streamflow Index. *8th International Congress on Environmental Research and Technology*, December 14-15, 2023.