T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

METEOROLOJİK KURAKLIĞIN VE TRENDİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ARAS VE ÇORUH HAVZALARI ÖRNEĞİ

Elif Miraç UNCU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2023

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

METEOROLOJİK KURAKLIĞIN VE TRENDİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ARAS VE ÇORUH HAVZALARI ÖRNEĞİ

Elif Miraç UNCU

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2023

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ vi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 3
3. MATERYAL ve YÖNTEM 12
3.1. Materyal 12
3.2. Yöntem 13
3.2.1. Kuraklık Analizi 13
3.2.2. Trend Analizi 16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 18
4.1. Aras Havzası Kuraklık Analizi 18
4.1.1. 17046- Ardahan İstasyonu Kuraklık Analizi 18
4.1.2. 17097- Kars İstasyonu Kuraklık Analizi 24
4.1.3. 17100- Iğdır İstasyonu Kuraklık Analizi 30
4.1.4. 17656- Arpaçay İstasyonu Kuraklık Analizi 36
4.1.5. 17690- Horasan İstasyonu Kuraklık Analizi 42
4.1.6. 17692-Sarıkamış İstasyonu Kuraklık Analizi 48
4.1.7. 17720-Doğu Beyazıt İstasyonu Kuraklık Analizi 55
4.2.Çoruh Havzası Kuraklık Analizi 61
4.2.1. 17045-Artvin İstasyonu Kuraklık Analizi 61
4.2.2. 17089-Bayburt İstasyonu Kuraklık Analizi 67
4.2.3. 17666-İspir İstasyonu Kuraklık Analizi 73
4.2.4. 17668-Oltu İstasyonu Kuraklık Analizi 79
4.2.5. 17688-Tortum İstasyonu Kuraklık Analizi 85
4.3. Kuraklık Bileşenlerinin Analizi 91
4.4. Kuraklık ve Kuraklık Trendinin Genel Değerlendirilmesi 96
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 102
KAYNAKLAR 106
ÖZGEÇMİŞ ..... **Hata! Yer işareti tanımlanmamış.**

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

METEOROLOJİK KURAKLIĞIN VE TRENDİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ARAS VE ÇORUH HAVZALARI ÖRNEĞİ

ELİF MİRAÇ UNCU

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Oğuz ŞİMŞEK
İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Nazire Göksu SOYDAN OKSAL
Yıl: 2023, Sayfa:109

Bu tez çalışması kapsamında, Aras ve Çoruh Havzalarının meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde havza sınırları içinde bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarında 1969-2020 yılları arasında ölçülen 52 yıllık yağış ve sıcaklık verileri kullanılmıştır. Kuraklık analizinde sadece yağış verilerine dayalı Standartlaştırılmış Yağış Indeksi (SYİ) ve yağış verisi yanında potansiyel evapotranspirasyon verisini kullanan Keşif Kuraklık Indeksi (KKİ) yöntemlerinden yararlanılmıştır. İki farklı kuraklık yöntemiyle de kurak- yağışlı dönem oluşma yüzdeleri hesaplanmış ve farklı kuraklık sınıflarının meydana gelme yüzdeleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, kuraklığın karakteristik özellikleri olan en kurak dönem ait süre, şiddet ve büyüklük parametreleri hesap edilmiştir. Bunun yanında, iki farklı meteorolojik kuraklık yöntemiyle 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman periyotlarında elde edilen kuraklık indis değerlerinin trendi grafiksel bir yöntem olan Yenilikçi Şen Yöntemi ile belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Aras havzası, Çoruh havzası, SYİ, KKİ, Yenilikçi trend analizi

ABSTRACT

MSc Thesis

EVALUATION OF METEOROLOGICAL DROUGHT AND ITS TREND: THE CASE OF ARAS AND ÇORUH BASINS

Elif Miraç UNCU

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Oğuz ŞİMŞEK
Co-Supervisor: Asst. Prof. Dr. Nazire Göksu SOYDAN OKSAL
Year: 2023, Page: 109

In this thesis, meteorological drought analysis of Aras and Çoruh Basins was made. In determining meteorological drought, 52 years of precipitation and temperature data measured between 1969 and 2020 at meteorological observation stations located within the borders of the basin were used. In the drought analysis, Standardized Precipitation Index (SPI) based on precipitation data and Reconnaissance Drought Index (RDI) methods, which use potential evapotranspiration data as well as precipitation data, were used. With two different drought methods, the percentages of occurrence of dry-rainy periods were calculated, and the percentages of occurrence of different drought classes were evaluated. In addition, the duration, intensity, and magnitude parameters of the driest period, which are the characteristic features of drought, were calculated. In addition, the trend of drought index values obtained in 3-, 6-, 9- and 12-month periods with two different meteorological drought methods was determined by the Innovative Trend Analysis (ITA), a graphical method.

KEYWORDS: Aras basin, Coruh basin, SPI, RDI, Innovative Trend Analysis

TEŞEKKÜR

Tez çalışma sürecimde bilgi ve deneyiminden yararlandığım, ilgi ve desteğini benden esirgemeyen kıymetli danışman hocam Doç. Dr. Oğuz ŞİMŞEK'e ve ikinci danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Nazire Göksu SOYDAN-OKSAL'a, bu çalışmanın meydana gelmesinde emeği geçen hocalarım merhum Dr. Öğr. Üyesi Reşit GERGER, Doç. Dr. Veysel GÜMÜŞ'e ve tezin hazırlanmasında bana destek veren Ziraat Yüksek Mühendisi Erdal KÜÇÜK' e, değerli çalışma arkadaşım Selmin DERE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca sevgi ve desteklerini benden esirgemeyen, her koşulda yanımda olduklarını hissettiğim canım aileme; babam Ahmet UNCU, annem Nursel UNCU, ablam Pınar KÜÇÜK, kardeşlerim Miray UNCU, Sena UNCU ve nişanlım Yusuf İzzeddin İSMAİLOĞLU' na teşekkür ederim.

…

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3. 1. Çalışma bölgesi 12
Şekil 3. 2. İTA yönteminin grafiksel gösterimi 17
Şekil 4. 1. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17046-Ardahan) 19
Şekil 4. 2. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17046-Ardahan) 20
Şekil 4. 3. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17046- Ardahan) 21
Şekil 4. 4. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17046-Ardahan) 22
Şekil 4. 5 RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17046-Ardahan) 23
Şekil 4. 6. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17046- Ardahan) 24
Şekil 4. 7. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17097-Kars) 25
Şekil 4. 8. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17097-Kars) 26
Şekil 4. 9. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17097- Kars) 27
Şekil 4. 10. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17097-Kars) 28
Şekil 4. 11. RDI yöntemiyle uraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17097-Kars) 29
Şekil 4. 12. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17097-Kars) 30
Şekil 4. 13. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17100-Iğdır) 31
Şekil 4. 14. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17100-Iğdır) 32
Şekil 4. 15. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17100-Iğdır) 33
Şekil 4. 16. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17100-Iğdır) 34
Şekil 4. 17. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17100-Iğdır) 35
Şekil 4. 18. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17100-Iğdır) 36
Şekil 4. 19. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17656- Arpaçay) 37
Şekil 4. 20. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17656- Arpaçay) 38
Şekil 4. 21. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17656-Arpaçay) 39
Şekil 4. 22. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17656- Arpaçay) 40
Şekil 4. 23. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17656- Arpaçay) 41
Şekil 4. 24 RDI değerleri trend analizi sonuçları (17656- Arpaçay) 42
Şekil 4. 25. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17690-Horasan) 43
Şekil 4. 26. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17690- Horasan) 44
Şekil 4. 27. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17690- Horasan) 45
Şekil 4. 28. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17690- Horasan) 46
Şekil 4. 29. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17690- Horasan) 47
Şekil 4. 30. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17690- Horasan) 48
Şekil 4. 31. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17692-Sarıkamış) 50
Şekil 4. 32. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17692- Sarıkamış) 51
Şekil 4. 33. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17692- Sarıkamış) 52
Şekil 4. 34. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17692- Sarıkamış) 53
Şekil 4. 35. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17692-Sarıkamış) 54
Şekil 4. 36. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17692- Sarıkamış) 55
Şekil 4. 37. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17720-Doğu Beyazıt) 56
Şekil 4. 38. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17720- Doğu Beyazıt) 57
Şekil 4. 39. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17720-Doğu Beyazıt) 58
Şekil 4. 40. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17720- Doğu Beyazıt) 59
Şekil 4. 41. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17720-Doğu Beyazıt) 60
Şekil 4. 42. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17720- Doğu Beyazıt) 61
Şekil 4. 43. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17045-Artvin) 62
Şekil 4. 44. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17045-Artvin) 63
Şekil 4. 45. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17045- Artvin) 64
Şekil 4. 46. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17045- Artvin) 65
Şekil 4. 47. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17045- Artvin) 66

Şekil 4. 48. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17045-Artvin) 67
Şekil 4. 49. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17089-Bayburt) 68
Şekil 4. 50. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17089-Bayburt) 69
Şekil 4. 51. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17089- Bayburt) 70
Şekil 4. 52. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17089- Bayburt) 71
Şekil 4. 53. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17089- Bayburt) 72
Şekil 4. 54. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17089-Bayburt) 73
Şekil 4. 55. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17666- İspir) 74
Şekil 4. 56. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17666- İspir) 75
Şekil 4. 57. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17666- İspir) 76
Şekil 4. 58. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17666- İspir) 77
Şekil 4. 59. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17666-İspir) 78
Şekil 4. 60. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17666- İspir) 79
Şekil 4. 61. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17668-Oltu) 80
Şekil 4. 62. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17668- Oltu) 81
Şekil 4. 63. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17668-Oltu) 82
Şekil 4. 64. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17668- Oltu) 83
Şekil 4. 65. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17668- Oltu) 84
Şekil 4. 66. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17668- Oltu) 85
Şekil 4. 67. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17688- Tortum) 86
Şekil 4. 68. SPI yöntemiyle uraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17688- Tortum) 87
Şekil 4. 69. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17688- Tortum) 88
Şekil 4. 70. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17688- Tortum) 89
Şekil 4. 71. RDI yöntemiyle uraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17688- Tortum) 90
Şekil 4. 72. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17688-Tortum) 91
Şekil 4. 73. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerleri için korelasyon katsayıları 97
Şekil 4. 74. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerleri için korelasyon katsayıları 98

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3. 1. Analizde kullanılan istasyonlara ait coğrafi bilgiler ve veri aralığı (MGM, 2020) 13
Çizelge 3. 2. SPI ve RDI yöntemlerinde kuraklık sınıflandırılması 15
Çizelge 4. 1. Aras Havzası SPI yöntemiyle kuraklık bileşenleri 93
Çizelge 4. 2. Aras Havzası RDI yöntemiyle kuraklık bileşenleri 94
Çizelge 4. 3. Çoruh Havzası SPI yöntemiyle kuraklık bileşenleri 95
Çizelge 4. 4. Çoruh Havzası RDI yöntemiyle kuraklık bileşenleri 96
Çizelge 4. 5. Aras havzası için farklı kuraklık sınıflarının trend analizi sonuçları 100
Çizelge 4. 6. Çoruh havzası için farklı kuraklık sınıflarının trend analizi sonuçları 101

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AK	Aşırı Kurak
AKİ	Akarsu Kuraklık İndeksi
AY	Aşırı Yağışlı
BKİ	Bütünleşik Kuraklık İndeksi
ÇK	Çok Kurak
ÇY	Çok Yağışlı
ÇZİ	Çin Z İndeksi
EKİ	Efektif Kuraklık İndeksi
HK	Hafif Kurak
HY	Hafif Yağışlı
IDW	Inverse Distance Weighting (Ters Mesafe Ağırlıklı Enterpolasyon)
IPTA	Innovation Polygon Trend Analysis
ITA	Innovation Trend Analysis
KKİ	Keşif Kuraklık İndeksi
MGM	Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MK	Mann Kendall Testi
NYI	Normalin Yüzdesi İndeksi
OK	Orta Kurak
OKİ	Ondalıklar Kuraklık İndeksi
OY	Orta Yağışlı
PET	Potansiyel Evapotranspirasyon
PNI	Normalin Yüzdesi İndeksi
RDI	Reconnaissance Drought Index
RDI_n	Normalleştirilmiş RDI
RDI_{st}	Standartlaştırılmış RDI
SDI	Streamflow Drought Index
SPEI	Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndeksi
SPI	Standardized Precipitation Index
SR	Spearman Rho Testi
SYİ	Standartlaştırılmış Yağış İndeksi
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Kuraklık, belirli bir sürece dayanan ve etkisini uzun zaman sonra gösteren, önemli düzeyde çevresel, ekonomik, ve sosyal etkileri olan bir afettir. Kuraklık, yağışların uzun yıllar ölçülen normal düzeylerin önemli ölçüde altında kalması sonucu arazi kullanımını ve kaynak üretim sistemlerini negatif olarak etkileyen önemli hidrolojik düzensizliklere neden olan bir olaydır (Assembly, 1994). Kuraklığa etki eden parametreler başlıca yağış, enlem derecesi, yükselti, sıcaklık artışı, nem miktarındaki düşme, rüzgâr şiddeti ve topografik özellikler şeklinde sıralanabilir. Kuraklık, birçok araştırmacı tarafından uzun yıllardır araştırılan önemli bir konu olmuş ve son yıllarda küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi olayların dünya genelinde kontrol altına alınması ve önlenmesi için tebdirlerin uluslararası düzeyde belirlenmesi için protokol ve antlaşmalar yapılmaktadır. Ancak kuraklığın araştırılmasında karşılaşılan zorluklar, kuraklığın başlangıç ve bitiş zamanının bilinmemesi, bununla beraber şiddetinin belirlenememesinden kaynaklanmaktadır.

Kuraklık oluşum nedenlerine ve etki ettiği kaynağa göre genellikle dört faklı şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar meteorolojik kuraklık, hidrolojik kuraklık, tarımsal kuraklık ve sosyo-ekonomik kuraklık olarak adlandırılırlar. Meteorolojik kuraklık; uzun yıllar boyunca yağışın belirgin şekilde ortalama değerin altında gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır. Meteorolojik kuraklığı belirleyen en önemli etken yağış azlığının ne kadar sürdüğü ve şiddetidir. Yağışın ve yağışlı geçen gün sayısının belirli bir düzeyden daha az olması koşuluna dayanarak kurak dönemler teşhis edilebilir. Tarımsal kuraklık; toprakta bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda suyun ve nemin bulunmamasıdır. Nem kaybı ve su kaynaklarında kıtlık oluştuğunda tarımsal kuraklıktan kaçınmak imkânsız hal alır. Ürün miktarında azalmaya neden olur. Hidrolojik kuraklık ise uzun süreli yağış azlığının; toprak nemi, su kaynağı seviyelerinde ve yüzey akışı gibi hidrolojik sistemin bileşenlerinde kendisini göstermesidir (Köksoy, 2012). Hidrolojik kuraklık yerüstü suları, yeraltı suları veya yağışlı geçen dönemlerin etkisi ile ilişkilidir. Meteorolojik kuraklığın uzun sürmesi halinde hidrolojik kuraklığın oluşması söz konusu olabilecektir. Bütün bu kuraklık

türlerinin neticesinde de sosyo-ekonomik kuraklık oluşması söz konusu olacaktır. Sonuç olarak bir bütün olarak değerlendirildiğinde kuraklık türleri birbiri ile ilişkidir.

Kuraklık risk yönetimi için, kuraklık meydana gelmeden önce yapılan çalışmaların etkisinin, kuraklık hissedilmeye başladıktan sonra yapılan çalışmalardan daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sebeple kuraklık ile ilgili çalışmalar yapılıp, veriler analiz edilerek, elde edilen sonuçlara göre planlamaların yapılmasının kuraklık etkisinin azaltılmasında oldukça etkili olacağı söylenebilir (Günay ve ark., 2022).

Kuraklıkların belirlenmesinde farklı araştırmacılar tarafından önerilen ve geliştirilen kuraklık indeklerinden yararlanılmaktadır. Bu kuraklık indisi yöntemlerinde çeşitli meteorolojik ve iklim parametreleri gerekmektedir. Meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde sadece yağış verilerine dayalı hesaplama yapan Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index-SPI), oldukça sık tercih edilmektedir. Bunun yanında, farklı iklim parametrelerini kullanarak meteorolojik kuraklığın yanında hidrolojik veya tarımsal kuraklığın değerlendirilmesi de yapılabilmektedir. Keşif Kuraklık İndeksi (Reconnaissance Drought Index-RDI) yöntemi meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde kullanılmasının yanında indis değerlerinin hesağlanmasında potansiyel evapotranspirasyon değerlerini kullanmasından dolayı tarımsal kuraklığın değerlendirilmesinde de kullanılabileceği belirtilmiştir. SPI yönteminin meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde yağış verisinin yanında ek verileri gerektiren RDI yöntemiyle oldukça uyumlu olduğu literatürde bulunan çalışmalardan görülmektedir.

Kuraklığın belirlenmesinin yanında kuraklıkta meydana gelen değişimin belirlenmesi, alınacak önemlerin düzeyinin tespit edilmesi ve kuraklık şiddetinin değişimini değerlendirilmesi imkânı vermektedir. Zaman serisinde meydana gelen değişimin belirlenmesinde Mann- Kendall (MK), Sperman Rho (SR), Yenilikçi Şen (Inovation Trend Analysis- İTA) ve Yenilikçi Poligon Trend (Inovation Polygon Trend Analysis-IPTA) yöntemleri araştırmacılar tarafından oldukça sık tercih edilen yöntemlerdir. Bu yöntemlerden İTA zaman serisinde meydana gelen değişimi grafiksel olarak değerlendirme imkânı sunmaktadır. Ayrıca, grafiksel yöntemler

olmasından dolayı değerlerde meydana gelen değişimin yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Türkiye'nin kuzey doğusunda bulunan Aras ve Çoruh Havzası'nda yer alan 12 meteoroloji gözlem istasyonuna ait 1969-2021 yılları arasındaki kesintisiz yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde SPI ve RDI yöntemleriyle meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Kurak-yağışlı dönem, farklı kurak sınıfların oluşma yüzdeleri, kuraklık şiddeti ve en uzun kurak dönemler değerlendirilmiştir. Bunun yanında, farklı zaman periyotlarında elde edilen kuraklık indis değerlerinin eğilimi İTA yöntemi ile belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kuraklık çalışmaları, son yıllarda küresel iklim değişikliği ve yer kürede ortalama sıcaklığın artış göstermesine bağlı olarak araştırmacıların son derece ilgisini çekmiştir. Kuraklığın konu alındığı mevcut çalışmaların özetleri aşağıda verilmiştir.

Suudi Arabistan'ın kuzeybatısında yer alan Ürdün'de kuraklığın incelenmesi için birçok indis değerleri hesap edilmiş ve en uygunu olarak SPI yöntemi tercih edilmiştir. 3,6,9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde bulunan indis değerlerinin eğilimi Mann-Kendall trend analiziyle belirlenmiş ve 2 istasyon dışında herhangi bir trende rastlanılmamıştır. Kuraklık analizinde yeni bir yaklaşım olan Yağış-Ay metodu kullanılmıştır. Bunun için verilen zaman ölçeklerinde SPI değerlerinin kesme seviyeleri dikkate alınmıştır. Kesme seviyelerinin kuraklığı daha detaylı göstermesi sebebiyle kullanılan bu yöntemle yağışın değişimi incelenmiştir. Çalışma sonucunda ülkenin bazı istasyonlarında yağış artış, bazı istasyonlarda azalış göstermiştir (Dahamsheh, 2003).

İç Anadolu bölgesinde 1953-2003 yılları arasında kaydedilen yağış verileri kullanılarak bölgenin meteorolojik kuraklığı analiz edilmiştir. Meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yöntemi kullanılmış ve meteorolojik kuraklığın karakteristikleri belirlenmiştir. Elde edilen kuraklık indislerinin mekânsal dağılımı Kriging metodunu kullanarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda bölgesel kuraklık haritaları oluşturulmuş ve bölgede su açığı olan yerler tespit edilmiştir (Yeğnidemir, 2005).

İstanbul'da bulunan sekiz adet meteoroloji istasyonunda farklı zaman periyotlarında elde edilen yağış parametresine, Gidişler (Runs) Analizi uygulanmış, farklı ölçüm periyotlarında, indis değerlerinin sıfırdan küçük olduğu yani kurak dönemlerin uzunlukları, kuraklığın büyüklüğü ve kuraklık şiddeti iki ayrı kesim seviyesi ($q=0.3$ ve $q=0.5$) için belirlenmiştir (Cangel, 2010).

Türkiye genelinde tarımsal kuraklık mevsimsel olarak araştırılmıştır. Kuraklığın belirlenmesinde SPI ve Normalin Yüzdesi İndeksi (NYI) yöntemleri kullanılmıştır. Bu indeksler ile buğday üretimininin oldukça fazla olduğu on farklı il için farklı zaman ölçeklerinde gidiş analizleri yapılmıştır. AgroMetShell Modeli yardımıyla Su Yeterlilik İndeksi hesap edilmiş ve ele alınan illerde buğday üretiminin verimlilik analizi gerçekleştirilmiştir. WSI değerleri aracılığıyla ileriye yönelik senaryolar ve hassasiyet analizi gerçekleştirilerek buğday veriminde yaşanması muhtemel azalamlar irdelenmiştir. Analizler sonucunda, SPI yönteminin tarımsal kuraklığı izlemede yetersiz kaldığı bunun yanında WSI gibi bir yöntemin de bunu belirlemede gerekli olduğu kanısına varılmıştır (Şimşek, 2010).

Kızılırmak Havzası'nda, SPI yöntemiyle meteorolojik kuraklık incelenmiştir. Havzada bulunan çok sayıda istasyonda 58 yıllık yağış verileriyile kuraklık indeks değerleri elde edilmiştir. Her bir istasyonun çeşitli zaman dilimlerindeki kuraklık özellikleri ve bu karakteristik özelliklerin birbirleriyle olan ilişkileri incelenmiştir. Ayrıca, Yapay Sinir Ağları (YSA) metoduyla gelecek yıllara yönelik kuraklık tahminlerinde bulunulmuştur (Oğuztürk, 2010).

Kovada Gölü kuraklığını modellemek amacıyla, Adaptif Sinir Ağına Dayalı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFİS) ve Yapay Sinir Ağları (YSA) yöntemleri kullanılmıştır. Kuraklık sınıflarını SYİ yöntemini kullanarak belirlemiş, kuraklığı önleme amaçlı neler yapılabilir sorusuna ve iklim değişikliği konusuna değinilmiştir (Küçükyaman, 2010).

L-Moment Yaklaşımı ve SPI yöntemi kullanılarak Konya ilinin kuraklık analizi yapılmıştır. Konya ilinde bulunan belirli istasyonlarda, aylık yağış verilerinden kümülatif yağmur serileri oluşturulmuştur. İstasyonlar, bu serilerin L-Moment oranlarını göz önünde bulunduran düzensizlik kriterine göre başlangıç homojen sınıflarına ayrılmıştır. Böylece istasyonlar üç gruba ayrılarak bölgelerin homojen olduğu gösterilmiştir. Daha sonra SPI yöntemine göre bölgedeki kuraklık sınıflarının oluşum miktarları belirlenmiştir (Atmaca, 2011).

Konya Havzası'nda bulunan çok sayıda istasyona ait uzun yıllar yağış verileri ile 1972-2009 yılları arası kuraklık analizi yapılmıştır. Analiz için farklı karakteristik özellikllere sahip altı farklı yöntem kullanılmıştır. Çalışmasının ilk kısmında kuraklık indeksi-zaman adımı kombinasyonları yapılarak bunlar birbiriyle karşılaştırılmıştır. İkinci kısmında ise başarılı sayılan kuraklık indeksleri ile 37 yılın kuraklık analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda bu periyottaki tüm zamanlarda ortalama %35'lik zaman diliminin kuraklıkla geçtiği belirlenmiştir. Havzada en şiddetli kuraklığın 1973-1974 yıllarında Karapınar istasyonunda oluştuğu belirlenmiştir. Bunun dışındaki tüm istasyonlarda kuraklık bileşenlerinin ve özelliklerinin benzer olduğu belirtilmiştir (Doğan, 2013).

Seyhan Havzası'nda çok sayıda gözlem istasyonunun aylık yağış verilerini kullanarak SPI yöntemiyle havzada kuraklık değerlendirilmesi yapılmıştır. Belirlenenen kurak ayların yağış dönemlerine L Momentler yardımıyla bölgesel frekans analizi gerçekleştirilmiştir. SPI yöntemine göre tüm istasyonlar kuraklık sınırına oldukça yakın çıkmış, en kurak istasyonun Karaisalı en nemli istasyonun ise Ulukışla olduğu belirlenmiştir. Çalışmasının kuraklık frekansına göre ise en kurak istasyon Karaisalı, en nemli olan Tufanbeyli olarak tespit edilmiştir. 3 ve 6 aylık yağış serisinde homojen olan bölge elde edilememiş, 9 aylık seride havza iki kısma ayrılarak homojen alt havzalar elde edilmiştir ve buraya en uygun dağılımın Pearson Tip 3 olduğu, 12 aylık seride ise tüm havza homojen çıkmış ve en uygun dağılımın Genelleştirilmiş Normal Dağılım olduğu belirlenmiştir. Kuraklık frekansı %47.7 olan Seyhan Havzası'nda çoğunlukla hafif nemli sınıfın oluştuğu kanısına varılmıştır (Topçu, 2013).

Önemli tarım arazilerini içine alan Seyhan Havzasında kuraklığın zamansal ve alansal değişimi incelenmiştir. 30 meteorolojik gözlem istasyonundan aylık toplam yağış verileri temin edilmiş ve 1970-2010 yılları arası kuraklık analizi yapılmıştır. Her bir istasyon için 1 aylık zaman ölçeğinden 48 aylık zaman ölçeğine kadar sekiz farklı zaman ölçeğinde SYİ değerleri hesaplanarak zamana bağlı değişimi grafikle gösterilmiştir. Hesaplanan SYİ değerlerinin minimuma düştüğü zamanlar için Normal Kriging metodunu kullanılarak alansal kuraklık analizi yapılmıştır. Havza genelinde

kuraklık haritaları oluşturulmuş ve Kriging analizinde kullanılacak olan en kritik zamanlar için bölgede olağanüstü kuraklığın hakim olduğu tespit edilmiştir (Kuzucu, 2016).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 33 meteorolojik istasyonun sıcaklık ve yağış verileri aracılığıyla 1915-2015 yılları arasında bölgenin meteorolojik kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Kuraklığın analizinde SYİ, De Mortanne İndisi ve Erinç İndisi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kısa dönemde (3-6 ay) kuraklık şiddetinin az olduğu kuraklık sınıfları oluştuğu, uzun dönemde (12-24) ise çok şiddetli kuraklığın arttığı görülmüştür. En kurak dönemin 1971-1980 yılları arasında olduğu, en uzun süreli kuraklığın yaşandığı istasyon ise Pervari istasyonu olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca Erinç ve De Mortanne İndislerine göre en kurak istasyonun Akçakale, en kurak ilin Şanlıurfa olduğu açıklanmıştır (Oruç, 2017).

Dicle havzasında seçilmiş istasyonlara ait uzun yıllar ortalama sıcaklık verileri ile uzun yıllar aylık ortalama yağış değerleri kullanılarak iki aşamadan oluşan bir çalışma yapılmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında belirli istasyonlardan elde edilen verilerle Thorntwaite kuraklık indeksleri elde edilmiş ve ele alınan bölgenin kuraklık riski değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda Bitlis ilinde kuraklık riskinin en az olduğu, Diyarbakır ilinde ise kuraklık riskinin en fazla olduğu tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise farklı kuraklık indisleri hesap edilmiş ve bu indislere bağlı olarak her istasyona ait aşındırıcı güç indisleri elde edilmiştir. Bunun sonucunda ise belirlenen istasyonlarda 3, 4 ve 5 aylık kurak dönem tespit edilmiştir (Gülsever, 2017).

Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Asi Havza'larını kapsayan alanda kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 35 meteoroloji, 56 akım gözlem istasyonu verileri ve indeks değerleri için Akım Kuraklık İndeksi (AKİ), Ondalıklar Kuraklık İndeksi (OKİ), Keşif Kuraklık İndeksi (KKİ) ve Bütünleşik Kuraklık İndeksi (BKİ) gibi farklı yöntemlerden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda bazı istasyonların indeks değerlerinde azalan bir gidiş yakalanmış bütün istasyonların potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerlerinin son yıllarda arttığı görülmüştür. 2001 yılı AKİ yöntemine göre en kurak yıl, en düşük indeks değerleri Mut, Karaisalı, Yumurtalık,

Silifke,Tomarza ve İskenderun istasyonları olarak belirlenmiştir. Yapılan bölgesel kuraklık frekans analizi neticesinde kuraklık indeksi değerleriyle büyüme eğrileri oluşturulmuştur (Topçu, 2018).

Türkiye'de farklı coğrafik, topografik, hidrolojik, jeomorfolojik ve iklimsel özelliklere sahip toplam 21 adet havzada kuraklık analizi yapılmış ve kuraklığın hidrolojik sistemler üzerine etkisi incelenmiştir. Bunun için Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak çeşitli zaman ölçeklerinde hesaplanan indis değerleri ile kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Bundan sonra bu kuraklığın havza nehir akımları ve hazne hacimleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Böylece hidrolojik kuraklığın değerlendirilmesi için en uygun SYİ zaman ölçeği belirlenmiştir. Yine farklı zaman ölçeklerinde elde ettiği indeks değerleri ile zemin nemi üzerinde kuraklık etkisini inceleyerek tarımsal kuraklığın değerlendirilmesi için en uygun SYİ zaman serisinin olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak nehir akımının ve zemin rutubetiyle olan ilişkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda nehir akımları üzerinde havza büyüklüğü, havzanın şekli ve havzanın iklimi belirleyici iken, hazne hacmi üzerinde haznenin kapasitesi ve haznenin doluluk oranı gibi büyüklüklerin ve işletme amacının belirleyici olduğu görülmüştür. Bunun yanında, havzanın yeraltı suyunun seviyesinin zemin rutubetini etkilediği belirlenmiştir (Aktürk ve Yildiz, 2018).

GAP bölgesinde 9 ilin 15 meteorolojik gözlem istasyonuna ait yağış verileri ile Standartlaştırılmış Yağış İndeksi metoduyla kuraklık analizi yapılmıştır. Dört farklı zaman ölçeğinde SYİ değerleri elde edilmiş ve bu zaman öçleklerinde kurak dönemler belirlenmiştir. SYİ zaman serilerinin trendinin belirlenmesinde Mann-Kendall ve Spearman'ın Rho testleri kullanılmıştır. Zaman serilerine trend analizi ygulanmadan önce zaman serisinin iç bağımlılığı kontrol edilmiş ve iç bağımlılık etkisi görülen zaman serilerine trend analizinden önce 'pre-whitenning' yöntemi kullanılmıştır. Sen'in trend eğim metodu, zaman serilerinde trend eğiminin belirlenmesinde tercih edilmiştir. Sonuç olarak tüm zaman ölçeklerinde ve çoğu istasyonda azalan yönde anlamlı bir trendin olduğu kanısına varılmıştır (Ağun, 2018).

Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan 9 il için meteorolojik kuraklık araştırılmıştır. 1970-2017 yıllarını kapsayan çalışmada Standart Yağış İndeksi yöntemi (SYİ) kullanılmıştır. SYİ zaman serileri 3-, 6-, 9-, 12 aylık ölçekler için belirlenmiştir. Mann-Kendal testi kullanılarak SYİ değerlerinde hangi yönde bir eğilim olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda SYİ değerlerinde 1973,1988, 1989, 2008, 2009 yıllarında aşırı uç noktalar bulunmuştur. Mardin, Kilis, Şanlıurfa'da kuraklıkların artış yönünde; Şırnak ve Gaziantep'te ise azalan yönde bir eğilim olduğu belirlenmiştir (Güngen, 2019).

Konya ilinde bulunan istasyonlardan alınan yağış verileri ile 1971-2014 yılları arası Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. 3-, 6-, 9-, 12 aylık kuraklık kategorileri incelemiş ve görülme olasılıkları belirlenmiştir. Kuraklığın modellemesinde YSA yöntemi kullanılmıştır. Tahmin modellerinin SYİ12'de en başarılı olduğu belirlenmiştir. Geliştirilen modellerle de kuraklık tahmininde YSA nın doğru bir seçim olduğu kanısına varılmıştır (Ersoy, 2019).

Açık kaynaklık bir programlama dili olan R Studio ile 6 aylık 9 aylık ve 12 aylık SPI değerleri hesaplanmıştır. Bu indis değerlerinin trendi Theil-Sen eğim tahmini yöntemiyle belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda Güneydoğu Anadolu Bölgesi ve Akdeniz bölgesinde zamanla ciddi kuraklık artışı yaşandığı, genel olarak Marmara, Karadeniz ve Ege bölgesinde ise nemliliğin arttığı yorumu yapılmıştır (Kuzay, 2019).

Ankara'nin Ayaşlı ilçesinde yapılan araştırmada üç farklı yöntemle kuraklık analizi yapılmıştır. PET değerlerini hesap etmek için dört farklı araştırmacı tarafından önerilen ampirik yöntem kullanılmıştır. Sonuçlar, frekans analizleriyle değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ilçede 37 yıllık süreçte çoğunlukla kurak dönemler gerçekleşmiştir. 12 aylık zaman ölçeğinde farklı kuraklık yöntemleriyle elde edilen çok şiddetli ve olağanüstü kuraklık sonuçların birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Akcapınar ve Çalmak, 2021).

Konya il sınırları içerisinde yer alan Akşehir ilçesinde 1959-2019 yılları arasında kaydedilen yağış ve sıcaklık verilerinin trendi Mann-Kendall yöntemiyle belirlenmiştir. SYİ yöntemini kullanarak yedi farklı zaman ölçeğinde ele alınan bölgenin kuraklığı değerlendirmiştir. Trend analizi sonucunda yağış miktarları azalma eğilimi gösterirken sıcaklık değerleri ise istatistiksel olarak anlamlı bir artma eğilimi göstermiştir. Elde edilen indeks değerlerinde ise Ağustos ayı hariç diğer tüm aylarda azalma eğilimi yani kuraklığın arttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca, hidrolojik kuraklığın belirlendiği 12, 24 ve 48 aylık zaman ölçeklerindeki analizlere göre son yıllarda kurak dönemlerin oldukça uzun sürdüğü ve yaşanan durumun Akşehir Gölü'de meydna gelen kuruma olayıyla paralel olduğu tespit edilmiştir (Şener, 2021).

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Gaziantep ilinde 1982-2018 yılları arasında kaydedilen yağış verileri yardımıyla SPI yöntemiyle kuraklık analizi yapılmıştır. Hesap edilen SPI değerleri üç farklı zaman ölçeğinde değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda SPI değerlerinin normale yakın kurak sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Ayrıca çalışma istasyonunda yaz aylarında görülen kuraklığın kış aylarında da etkisini gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır (Karadaş ve İmamoğlu, 2019).

Afrika kıtasının batısında yer alan Moritanya ülkesinin Trarza bölgesinde 1970-2013 yıllar arasında kaydedilen yağış ve sıcaklık verileri kullanılarak 3 istasyon için kuraklık değerlendirilmiştir. Analiz için altı kuraklık kullanılmış ve indeks değerleri dört farklı zaman ölçeği için hesap edilmiştir. log-SPI, the gamma-SPI, PN ve Deciles yöntemleri sonuçlarına göre 1970 ve 1980'lerin başında aşırı ve şiddetli kuraklıklar tespit edilmiştir. Zaman serilerinin trendini belirleme de Mann Kendall (MK) ve Spearman's rho (SR) testleri ve trend eğiminin belirlenmesinde ise Sen'in eğilim testinden yararlanılmıştır. Sonuç olarak ortalama yıllık sıcaklık değerinin 10 yılda 0.3 °C ve ortalama yıllık yağış değerinin 10 yılda 3 mm arttığı belirlenmiştir (Traore, 2016).

Irak bölgesinde yapılan çalışmada 28 istasyonun toplam yağış, maksimum minimum ortalama sıcaklık verileri kullanarak 1980-2011 yılları arasında kuraklık analizi yapılmıştır İklim değişiminin bölgedeki etkisini incelemek amacıyla yağış ve

sıcaklık verilerine altı eğilim testi uygulanmıştır. İki istasyon dışında yağış verilerinde azalma sıcaklık verilerinde ise artış gözlemlenmiştir. Kuzey Atlantik salınımının (NAO) iklim değişimine çok fazla etkisi olmadığı kanısına varılmıştır. Çoraklığı ve zamansal değişimini çoraklık indisleriyle araştırmış daha sonra mekânsal değişimi incelenmiştir. Çoraklığın zamansal değişiminin tüm istasyonlarda azalma eğilimde olduğunu gözlemlemiştir. Mekansal değişiminde ise ülkenin yaklaşık %97 kurak ve yarı kurak özelliğinde olduğu belirlenmiştir. Farklı kuraklık analizi sonucunda elde edilen indisleriyle çoraklık analiz sonuçlarının uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır. Sonbahar aylarında meydana gelen kuraklığın NAO ile ilişkili olduğu belirlenmiştir (Agha, 2017).

Türkiye'nin Akdeniz iklimi etkisi altındaki bölgelerinde yapılan çalışmada kuraklık incelenmiştir. Kuraklık, SPI yöntemiyle belirlenmiştir. 12 farklı iklim modelinin gözlem istasyonlarına denk gelen yağış verileri CORDEX projesinden alınmıştır. 1971-2005 için ölçülen ve modelleme sonucunda elde edilen yağış verileri değerlendirilmiştir. SPI ve yağış değerlerinin trendinin belirlenmesinde Mann Kendall yöntemi kullanılmıştır. Testin anlamlı değişim gösterdiği noktalarda lineer regresyon analiziyle doğrusal trendler elde edilmiştir. Çalışma sonucunda, Muğla ve Antalya illerinde kuraklığın arttığı belirlenmiştir. Bazı bölgelerde model sonuçlarının çeşitliliği model farklılıklarını ortaya çıkarmıştır. Güney Marmara dahil olmak üzere bazı bölgelerde zaman ölçeği büyüdükçe kuraklıkta meydana gelen değişimin azaldığı tespit edilmiştir (Poyraz, 2018).

Doğu Afrika'nın Somali bölgesinde 2010-2021 yıllar arası yapılan çalışmada Keşif Kuraklığı İndeksi (RDI) ve Standardize Yağış İndeksi (SPI) yöntemleri kullanılarak kuraklık araştırılmıştır. Hesaplamalar DrinC yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma sonucunda son 10 yılda yağış açıklıkları ve şiddetli kuraklıklar tespit edilmiştir. Ancak en şiddetli kuraklıkların 2016-2017 ve 2010-2011 yıllarında yaşandığı sonucuna varılmıştır (Hassan ve ark., 2022).

Avrupa'da kuraklıkların araştırılması için yapılan çalışmada SPI ve SPEI kullanılmıştır. 1951-2015 yıllar arası kurak ayların sayısı ve eğilimleri belirlenmiş

ayrıca indis değerlerinin negatif olduğu yaz ayları için kuraklık şiddetine ilişkin eğilim tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda genel olarak anlamlı bir artış trendinin varlığı söz konusu olmamasına rağmen tüm istasyonlar için 6 aylık zaman ölçeğinde SPEI değerleri için yaz aylarında anlamlı bir artış trendi gözlenmiştir.1970'lerden sonra en kurak ay sayısı analizin son 5 yılında gerçekleşmiştir (Dukat ve ark., 2022).

Farklı iklim özelliklerine sahip 2 Senegal bölgesinde, Senegal Vadisi ve Casamance Havzasında hidrolojik kuraklık eğilimini tespit etmek amacıyla kuraklık analizi çalışması yapılmıştır. 8 meteorolojik istasyondan alınan günlük veriler incelenmiştir. SPI ve SPEI yöntemleri kullanılarak iki bölge arasında indeks değerlerindeki benzerlik ve farklılıklar tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda her iki bölgede çoğu istasyonda olumsuz eğilimler görülmüş, iki bölgenin istasyonları üzerinde ortalaması alınan indeks eğilimleri ise genel olarak pozitif olmuştur (Faye, 2022).

Malezya'nın en büyük eyaleti olan Sarawak bölgesinde yapılan çalışmada SPI ve SPEI yöntemleri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. 1981-2020 yılları arasında 33 istasyondan alınan 40 yıllık sıcaklık ve yağış verileri kullanılmıştır. 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde kuraklığın zamansal değişimi gözlenmiştir. Çalışma sonucunda Pearson korelasyon katsayısına göre kuraklık değerlendirilmesinde SPI ve SPEI arasında güçlü bir ilişki olduğu kanısına varılmıştır. Ayrıca sıcaklığın kuraklık sınıflandırmasında oldukça belirleyici bir faktör olduğu açıklanmıştır (Isia ve ark., 2022).

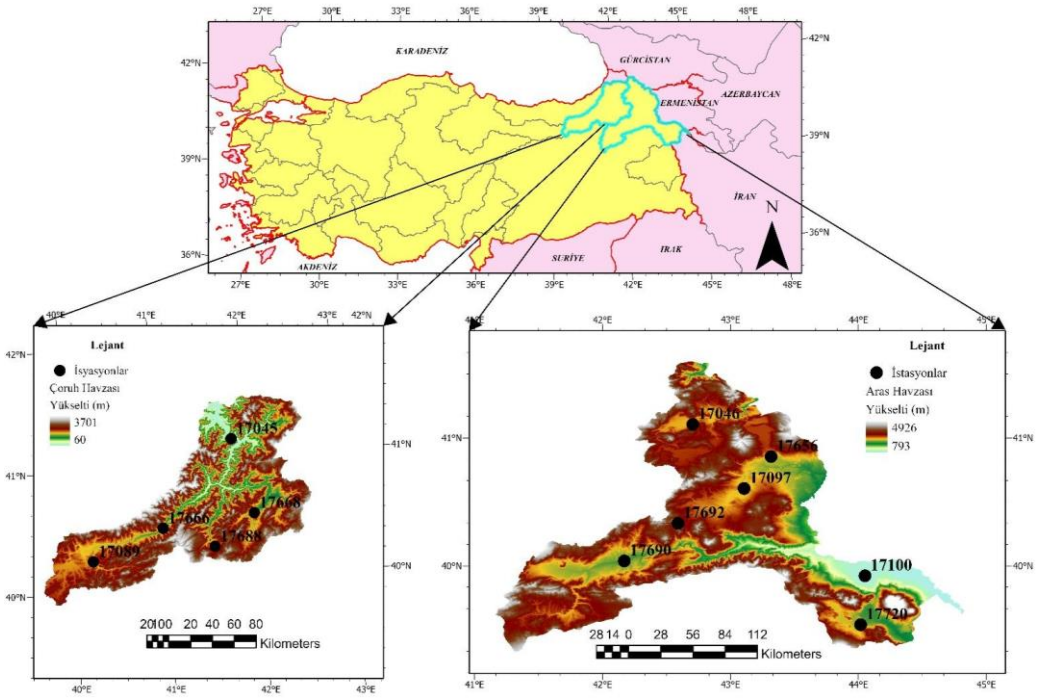
Rajasthan eyaletinin Pali bölgesinde kuraklık riskinin belirlenmesi ve çevre üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada SPI yöntemiyle 47 meteoroloji istasyonundan 1901-2002 aylık yağış verileri aracılığıyla 1 aylık zaman ölçeğinden 12 aylık zaman ölçeğine kadar dört farklı zaman ölçeğinde kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışma sonucunda kurak dönemlerin çoğu SPI sınıflandırmasına göre Hafif Kurak (HK) kategorisinde gerçekleşmiştir (Mehta ve Yadav, 2023).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu tez çalışmasında, Aras havzasında yedi adet, Çoruh havzasında beş adet olmak üzere toplam 12 meteoroloji gözlem istasyonunda meteorolojik kuraklık analizi 1969-2020 yılları arasında kaydedilen 52 yıllık yağış verisiyle SPI yöntemiyle ve yağış verisinin yanında sıcaklık değerleri kullanılarak elde edilen potansiyel evapotranspirasyon değerleri kullanılarak RDI yöntemiyle yapılmıştır.

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında, Aras ve Çoruh havzalarının meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde ele alınan istasyonların havzaların içindeki konumları Şekil 3.1.'de verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere ele alınan iki havza birbiriyle komşu ve Türkiye'nin kuzey doğusunda bulunmaktadır. Bu havzalar, Türkiye'nin doğusunda bulunan Ermenistan, Gürcistan ve İran ile sınırlarını oluşturan bölgeyi kapsamakdır. Çalışma bölgesinde ele alınan istasyonlardan 17720-Doğu Beyazıt istasyonu bölgenin en güneyinde, en batısında ise 17089-Bayburt istasyonu yer almaktadır.



Şekil 3. 1. Çalışma bölgesi

Aras ve Çoruh havzalarında bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarının no, adı, veri aralığı, yükselti, enlem ve boylam bilgileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir. Çizelgede bulunan bilgilere göre Aras havzası meteorolojik kuraklığının analizinde yedi adet Çoruh havzasının kuraklığının değerlendirilmesinde ise 5 adet meteoroloji gözlem istasyonu kullanılmıştır. Bölgede daha fazla meteoroloji istasyonu bulunmasına rağmen uzun yıllar boyunca kaydedilen ve düzenli veri bulunan 12 adet istasyon bu tez çalışmasında değerlendirilmiştir. Aras havzasında bulunan istasyonlar arasında 17692-Sarıkamış istasyonu en yüksek rakıma sahip iken, 17100-Iğdır istasyonu en düşük rakıma sahiptir. Çoruh havzasında 17045-Artvin istasyonu en düşük yükseltiye sahip iken, 17688-Tortum istasyonu en büyük yükseltiye sahiptir. Ölçüm aralığının farklılık göstermesinden dolayı, ortak yıl aralığı olan 1969-2020 yılları arasındaki veriler kuraklık analizinde kullanılmıştır.

Çizelge 3. 1. Analizde kullanılan istasyonlara ait coğrafi bilgiler ve veri aralığı (MGM, 2020)

No	Havza	Adı	Veri Aralığı	Rakım (m)	İli	Enlem (º)	Boylam (º)
17046	Aras	Ardahan	1958-2020	1827	Ardahan	41.1061	42.7055
17097	Aras	Kars	1958-2020	1777	Kars	40.6042	43.1073
17100	Aras	Iğdır	1948-2020	856	Iğdır	39.9227	44.0523
17656	Aras	Arpaçay	1969-2020	1720	Kars	40.8539	43.3178
17690	Aras	Horasan	1969-2020	1540	Erzurum	40.0383	42.1705
17692	Aras	Sarıkamış	1959-2020	2102	Kars	40.3329	42.5903
17720	Aras	Doğu Beyazıt	1690-2020	1640	Ağrı	39.5396	44.0180
17045	Çoruh	Artvin	1950-2020	613	Artvin	41.1752	41.8187
17089	Çoruh	Bayburt	1958-2020	1584	Bayburt	40.2547	40.2207
17666	Çoruh	İspir	1956-2020	1223	Erzurum	40.4868	40.9997
17668	Çoruh	Oltu	1965-2020	1312	Erzurum	40.5497	41.9951
17688	Çoruh	Tortum	1959-2020	1576	Erzurum	40.3013	41.5409

3.2. Yöntem

3.2.1. Kuraklık Analizi

Meteorolojik kuraklığın analizinde farklı araştırmacılar tarafından çeşitli kuraklık indeksleri önerilmiştir. Bu kuraklık indekslerinde girdi parametresi olarak

farklı meteorolojik veriler kullanılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde sadece yağış verilerini kullanmasından dolayı Standartlaştırılmış Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index-SPI) ve yağış verilerinin yanında ortalama, minimum ve maksimum sıcaklık verilerinin de kullanıldığı Keşif Kuraklık İndeksi (Reconnaissance Drought Index-RDI), Çoruh ve Aras havzalarının meteorolojik kuraklığının değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

SPI yönteminde indis değerleri, istenen zaman ölçeği için yağış değerinden uzun yıllara ait ortalama yağış değerinin farkının standart sapmaya bölünmesiyle hesaplanır (McKee ve ark., 1993). SPI yöntemiyle 1, 3, 6 aylık kısa dönem ya da 9, 12, 24 ve 48 aylık uzun dönem gibi farklı zaman periyotlarında kuraklık analizi yapılabilmektedir (Yüceerim ve ark., 2019). SPI yöntemi uygulanmadan önce yağış verileri gamma dağılımına uydurulur ve gamma dağılımına uydurulmuş yağış değerleri SPI yöntemiyle meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde kullanılır.

Meteorolojik kuraklığın değerlendirilmesinde, sık kullanılan diğer bir yöntem ise RDI yöntemidir. Bu yöntem, bir su kaynağı sisteminde girdi parametreleri ve çıktı parametreleri arasındaki dengeyi gözeterek, su eksikliğiyle ilgili SPI yöntemine kıyasla nispeten daha gerçekçi bir değerlendirme imkânı sunmak üzere Tsakiris ve Vangelis (2005) ve Tsakiris ve ark. (2007) tarafından geliştirilmiştir. Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde geniş kabul gören özellikle tarımsal kuraklık analizinde kullanılan bir yöntemdir. RDI yağış verilerine ek olarak PET değerinin hesaplanmasında sıcaklık verilerini de kullanarak meteorolojik kuraklığın belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. RDI, ölçülen yağışlar ve hesaplanan evapotranspirasyonu esas alarak, *başlangıç, normalize edilmiş* (ortalamaya bölünmüş) (RDI_n) ve *standartlaştırılmış (standart sapmaya bölünmüş)* (RDI_{st}) değerler olmak üzere" üç farklı sonuç ifade etmektedir. Bu yöntem sonucunda elde edilen indis değerleri, SPI yönteminin yapısıyla benzer olmasından dolayı iki indeksin sonuçları karşılaştırılabilirdir. Bu tez çalışmasında standardize edilmiş RDI st değerleri kullanılmıştır. Tez içinde bu kısımdan sonra geçen RDI ifadesi RDI_{st}'yi temsil etmektedir. RDI ile indis değerlerinin hesap edilebilmesi için aylık ortalama, minimum, maksimum sıcaklık verileri ve yağış değerleri gerekmektedir. RDI

yönteminde indis değerlerinin hesaplanması için gerekli olan diğer parametre olan PET değerleri Hargeaves Hargreaves ve Samani (1982) tarafından önerilen yaklaşım ile elde edilmiştir.

SPI ve RDI değerlerinin sıfırın altında olduğu dönemlerde kuraklığın oluştuğu kabul edilir, sıfırın üstünde olduğu dönemler yağışlı dönemler olarak kabul edilmektedir. SPI ve RDI indis değerlerinin bir zaman periyodu içerisinde devamlı olarak sıfırın altında ise bu dönem kurak dönem olarak tanımlanır (Gümüş ve ark., 2016). Bir zaman serisinde kesintisiz olarak en uzun kurak dönemlerin yaşandığı zaman aralığı ise kritik zaman periyodu olarak belirlenir.

RDI yöntemi, SPI yöntemine benzer şekilde davranır ve kuraklık indis değerlerinin değerlenndirilmesi de aynı şekildedir. Bundan dolayı, RDI ve SPI ile elde edilen kuraklık indis değerleri aynı alt ve üst sınırlar için karşılaştırılabilir (Tsakiris ve ark., 2007). SPI ve RDI yönteminde kullanılan kuraklık sınıfları ve aralıkları Çizelge 3. 2.'de verilmiştir

Çizelge 3. 2. SPI ve RDI yöntemlerinde kuraklık sınıflandırılması

Kuraklık Sınıfı	SPI-RDI değer aralığı
Aşırı Kurak (AK)	SPI, RDI < -2.00
Çok Kurak (ÇK)	-2.00 ≤ SPI, RDI < -1.50
Orta Kurak (OK)	-1.50 ≤SPI, RDI < -1.00
Hafif Kurak (HK)	-1.00 ≤SPI, RDI < 0
Hafif Yağışlı (HY)	0≤ SPI, RDI < 1.00
Orta Yağışlı (OY)	1.00 ≤ SPI, RDI< 1.50
Çok Yağışlı (ÇY)	1.50 ≤ SPI, RDI< 2.00
Aşırı Yağışlı (AY)	2.00≤ SPI, RDI

SPI değerlerinin analizinde en az 30 yıllık kesintisiz kayda sahip aylık olarak kaydedilen yağış dizileri hazırlanmakta ve 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 vb. aylık dönemler için SPI değerleri belirlenmektedir. Belirlenen dönem için yağış azlığının farklı su kaynaklarına ne kadar sürede etkisi olacağı incelenebilmektedir. Örneğin herhangi bir dönemde yağış azlığı toprak nemini çok hızlı etkileyebilirken, yeraltı suları ve nehirlerin yağış azlığından etkilenme durumu daha uzun sürebilir. Her zaman dilimindeki veri dizileri kaydırılarak ayın indis değeri hesaplanırken ondan önceki

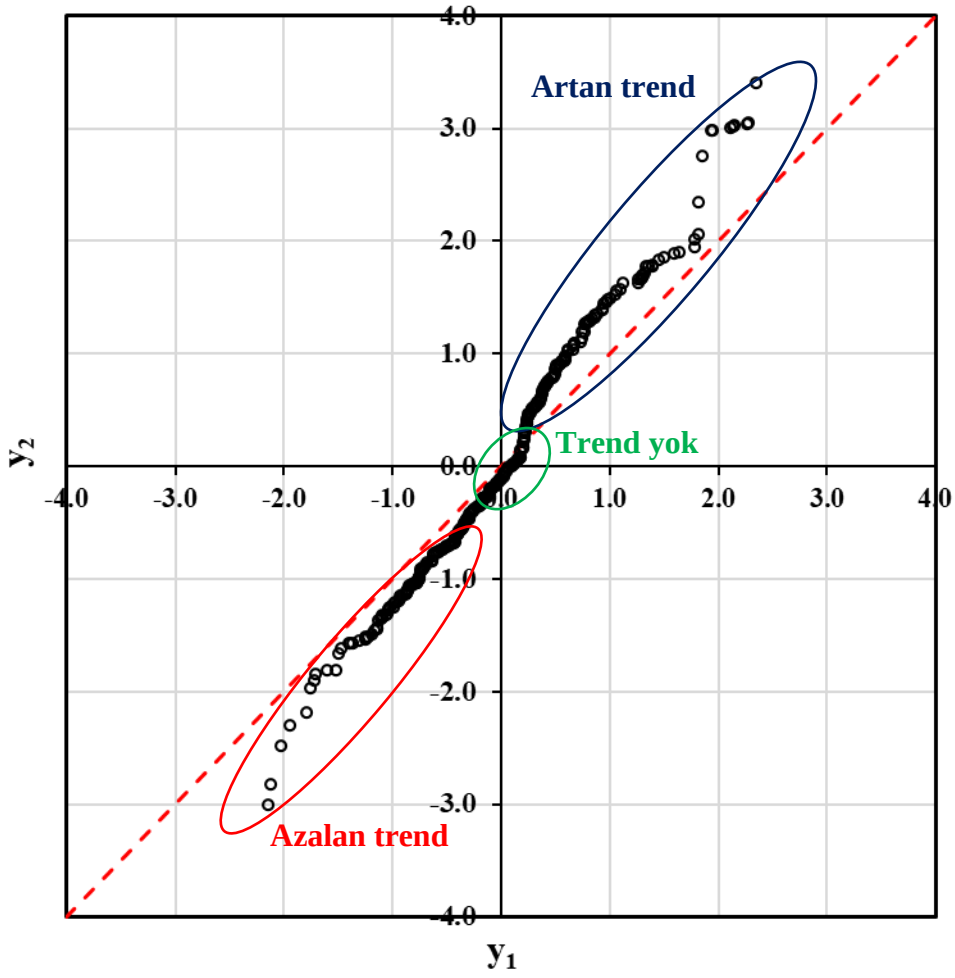
ayların değerleri kullanılarak belirlenmektedir. RDI, kuraklık oluşumu nedeniyle tarım sektöründe beklenen tehlikeyle bağlantılı olan, yağmurla beslenen mahsul üretiminde beklenen kayıpla başarılı bir şekilde ilişkilendirilebilir. Daha önceki çalışmalardan da gösterildiği gibi, yağış (ve dolayısıyla SPI) tarımsal üretimle başarılı bir şekilde ilişkilendirilmemiştir (Tsakiris ve Vangelis, 2005). Ancak, potansiyel evapotranspirasyonun (PET) RDI hesaplamasına dahil edilmesi, kuraklığın neden olduğu tarımda risk değerlendirmesini amaçlayan çalışmalarda geçerliliğini artırmaktadır (Tsakiris ve ark., 2007). Kurak ve yarıkurak iklim özelliklerine sahip bölgelerde uygulanması önerilen ve başarılı olduğu belirtilen yöntemlerin Aras ve Çoruh havzalarının meteorolojik kuraklığını değerlendirilmiştir. Bu tez çalışma bu yöntemlerin yağışlı iklime sahip bölgelerde kuraklığının belirlenmesindeki başarısı incelenmiş ve iki yöntem arasındaki ilişki belirlenmiştir. Bu tez çalışmasıda kullanılan yöntemler hakkında detaylı bilgiye YILDIZ-Bozkurt (2022)'den ulaşılabilinir.

3.2.2. Trend Analizi

Yenilikçi trend analizi (Innovative Trend Analysis-İTA) Şen (2012) tarafından önerilen zaman serisindeki trendi belirleme yöntemidir. İTA yöntemi, uygulama kolaylığı ve Mann Kendall ve Sperman Rho yöntemleri gibi diğer trend yöntemlerinde olan veri seti uzunluğu, veri setinde iç bağımlılık etkisinin giderilmesi ve zaman serisinin bir dağılıma uyma zorunluluğu bulunmasından dolayı avantajlara sahiptir. Trend belirlemede kullanılan diğer yöntemlere kıyasla oldukça yeni olmasına karşın oldukça yaygın kullanılmaktadır.

İTA yönteminin uygulanmasında tüm veri seti iki parçaya ayrılır. Oluşturulan yeni iki veri seti ayrı ayrı büyükten küçüğe veya küçükten büyüğe doğru sıralanır. Birinci yarıda oluşan veri seti koordinat sisteminde x eksenine, ikinci yarıda bulunan veri seti y ekseninde olmak üzere grafik ile gösterilir. 1/1 çizgisinin üzerinde bulunan değerler için artan trend, 1/1 çizgisi üzerinde veya çok yakınında bulunan değerler için trend yok ve 1/1 çizgisinin altında kalan değerler için ise azalan trend olduğu şeklinde değerlendirilir (Şekil 3.1.). Bu yöntem, diğer trend belirleme yöntemlerinden farklı olarak istenilen aralıktaki verinin trendinin ayrı ayrı yorumlanması olanağı da

sunmaktadır. Diğer trend belirleme yöntemlerinde ele alınan zaman serisindeki değişimin tüm zaman serisinde meydana gelen değişim olarak belirlenmektedir.



Şekil 3. 2. İTA yönteminin grafiksel gösterimi

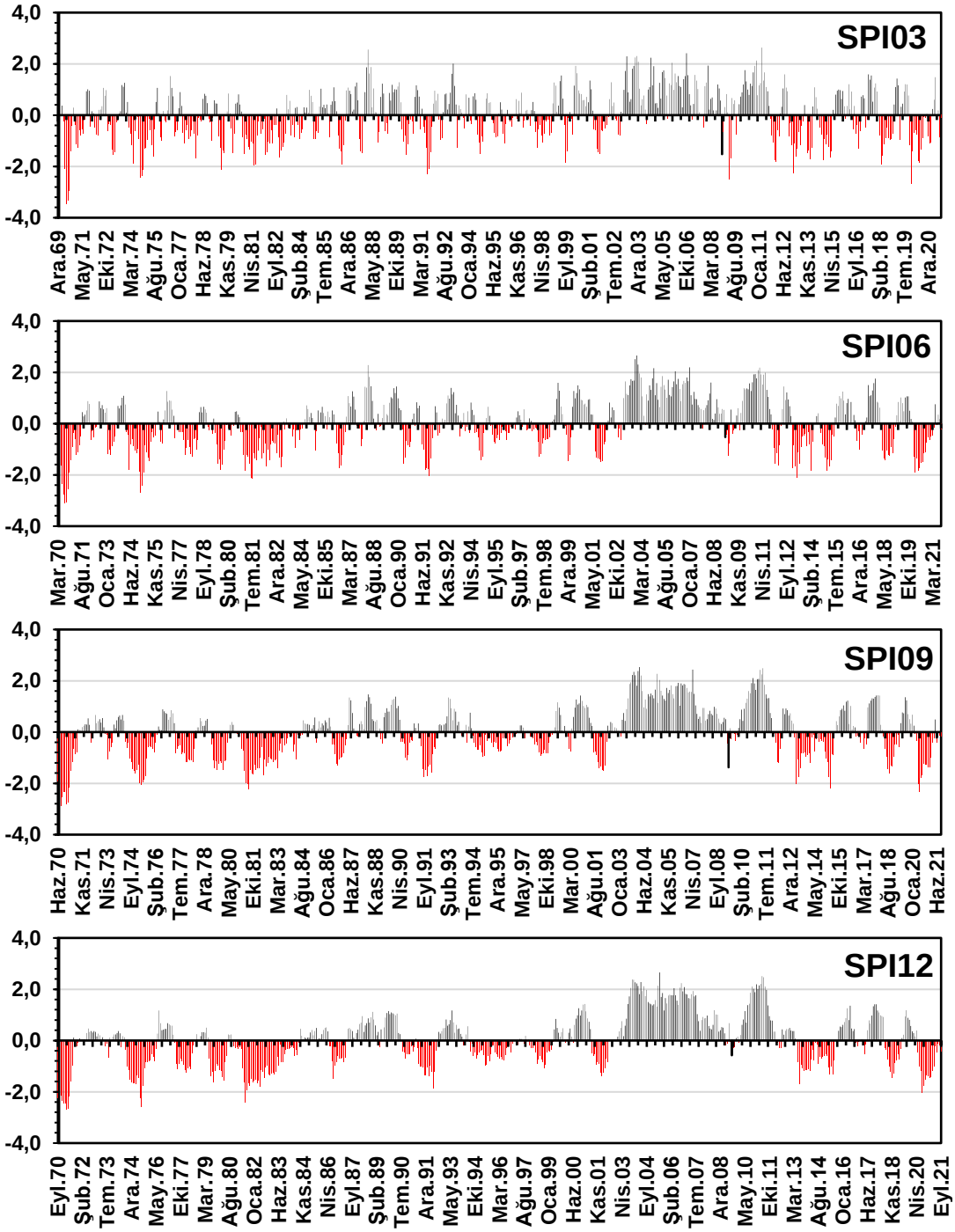
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Aras ve Çoruh havzalarında bulunan toplam 12 adet meteoroloji gözlem istasyonu için 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman ölçekleri için elde edilen SPI ve RDI değerlerinin zamansal dağılımları değerlendirilmiştir. SPI ve RDI değerlerinin zamansal değişiminde siyah olan kısım yağışlı (SPI ve RDI≥0), kırmızı olan kısımlar ise kurak (SPI ve RDI<0) dönemleri ifade etmektedir. Aşağıda sunulan grafiklerde SPI03 ve RDI03 3 aylık zaman ölçeğini, SPI06 ve RDI06 6 aylık zaman ölçeğini, SPI09 ve RDI09 9 aylık zaman ölçeğini ve SPI12 ve RDI12 12 aylık zaman ölçeğini temsil etmektedir.

4.1. Aras Havzası Kuraklık Analizi

4.1.1. 17046- Ardahan İstasyonu Kuraklık Analizi

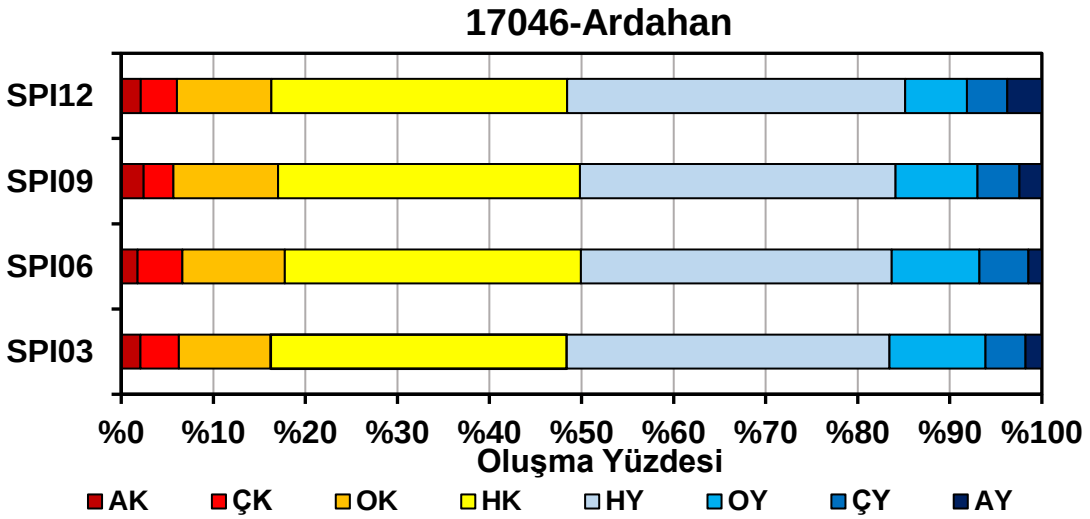
17046-Ardahan istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.1.'de verilmiştir. 17046-Ardahan istasyonunda 3 aylık zaman ölçeğinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği kısa bir zaman sonra yağışlı döneme geçildiği görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 2002 ile 2011 arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 1980-1985 yılları arasında kuraklığın belirgin, 1970 yılında ise kuraklık şiddetinin en büyük olduğu görülmektedir. Bunun yanında zaman ölçeğinin büyümesiyle 1970 yılında görülen en küçük negatif değeri artmıştır.



Şekil 4. 1. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17046-Ardahan)

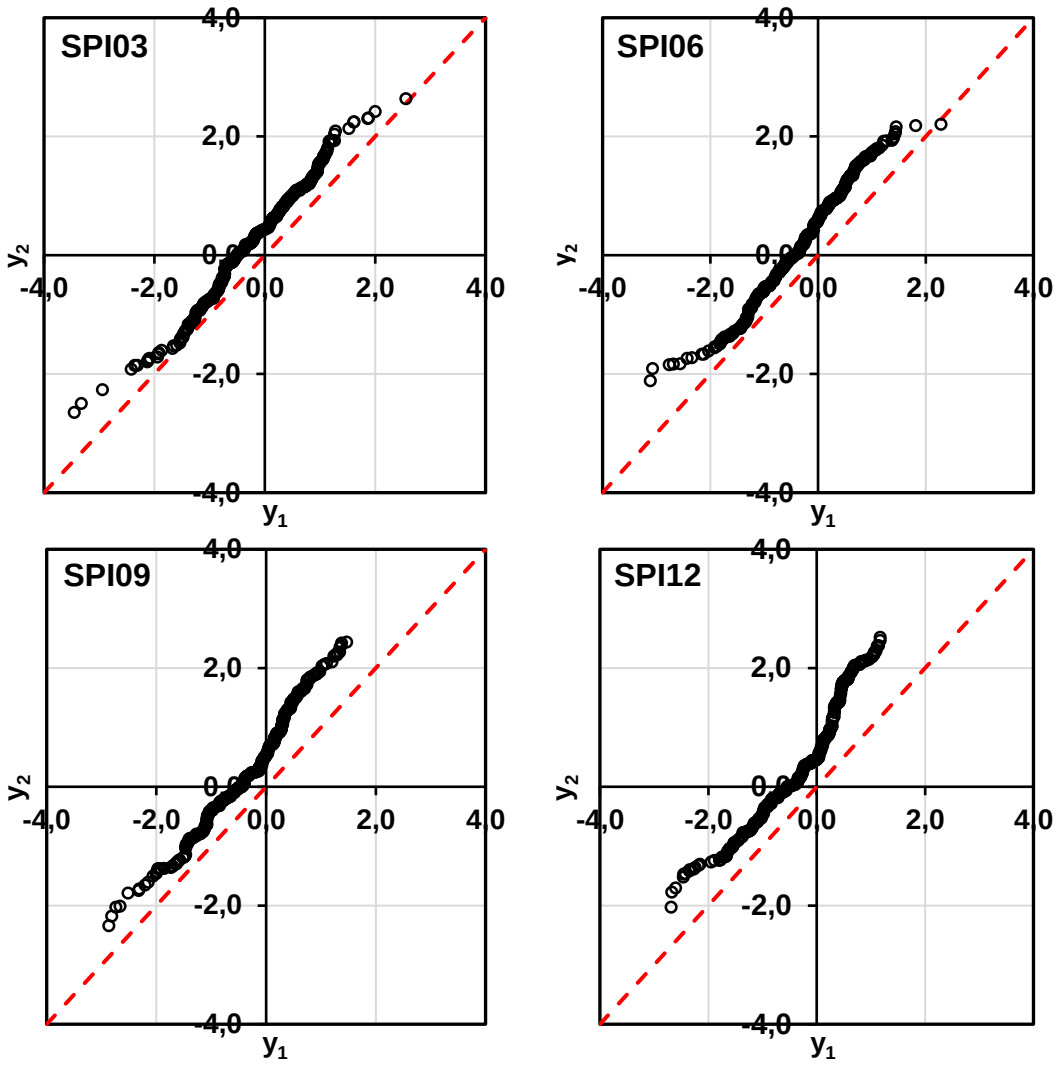
Şekil 4.2.'de 17046-Ardahan istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3- aylık ve 12- aylık zaman ölçekleri için toplam kuraklık oluşumu %48, 6- aylık ve 9- aylık zaman ölçekleri için toplam kuraklık oluşumu %50

olmuştur. Ardahan istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir. 3 aylık ve 12 aylık zaman ölçeği için AK sınıfı oluşum %2.1, 6 aylık zaman ölçeği için %1.8, 9 aylık zaman ölçeği içinse %2.4 olmuştur. Bunun yanında, istasyon genel olarak kuraklık oluşma oranı açısından risk teşkil etmiyor gibi görünse de kuraklık açısından risk teşkil eden ve dikkate alınması gereken kuraklık sınıfları olan AK ve ÇK sınıflarının toplamı tüm zaman ölçeklerinin ortalaması %6 olarak elde edilmiştir.



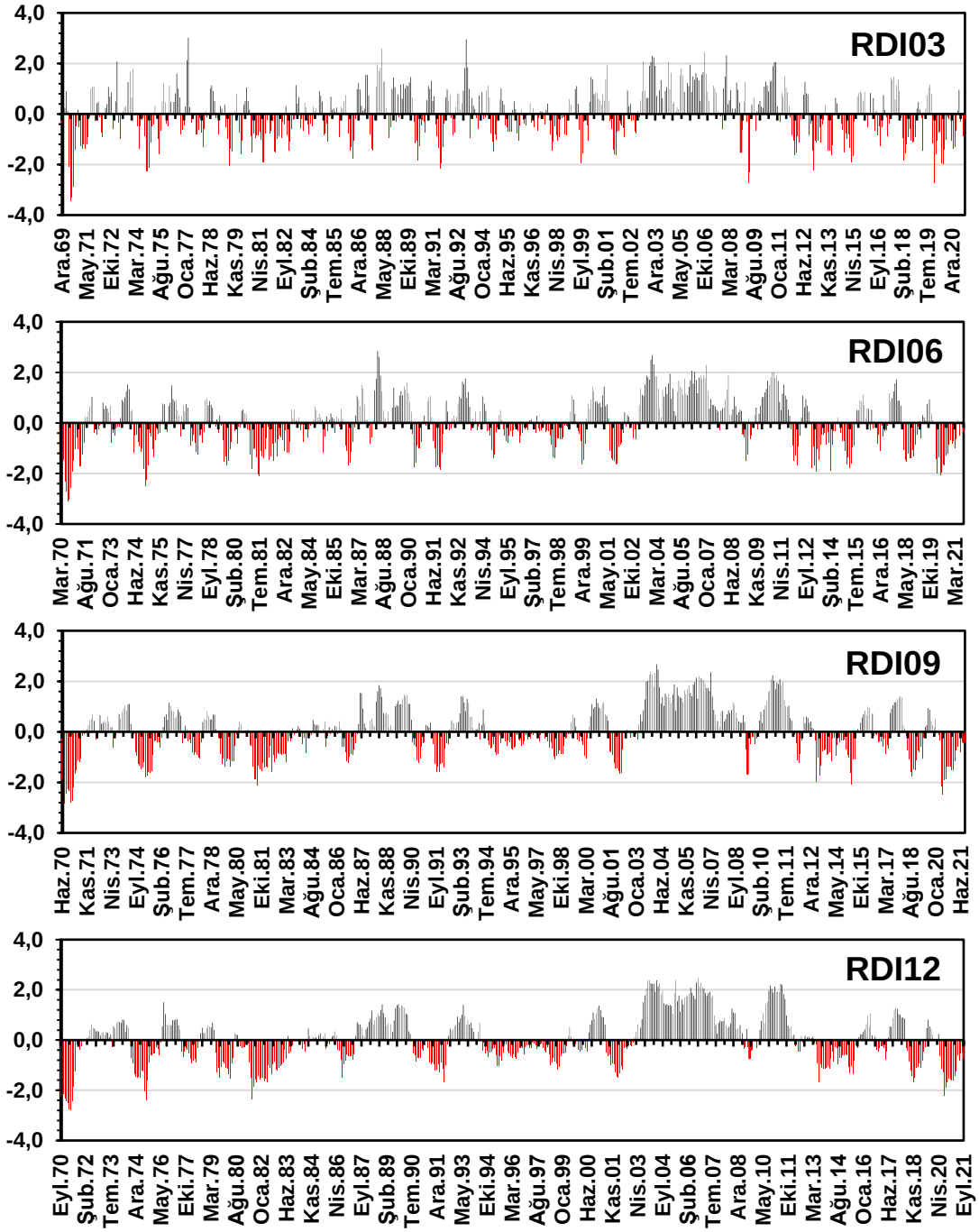
Şekil 4. 2. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17046-Ardahan)

17046-Ardahan istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.3.'te verilmiştir. Ele alınan zaman ölçeklerinin tamamında hem yağışlı hem de kuraklık dönemlere ait indis değerlerinde artan trendin varlığı söz konusudur. Zaman ölçeği arttıkça yağışlı dönem için artan trendin belirginleştiği görülmektedir. 17046-Ardahan istasyonunda nemli ve kurak dönemlere ait indis değerlerinin artması bölgede yaşanan kuraklığın azalacağına buna karşılık sel ve taşkın riskinin artabileceği sonucunu göstermektedir.



Şekil 4. 3. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17046- Ardahan)

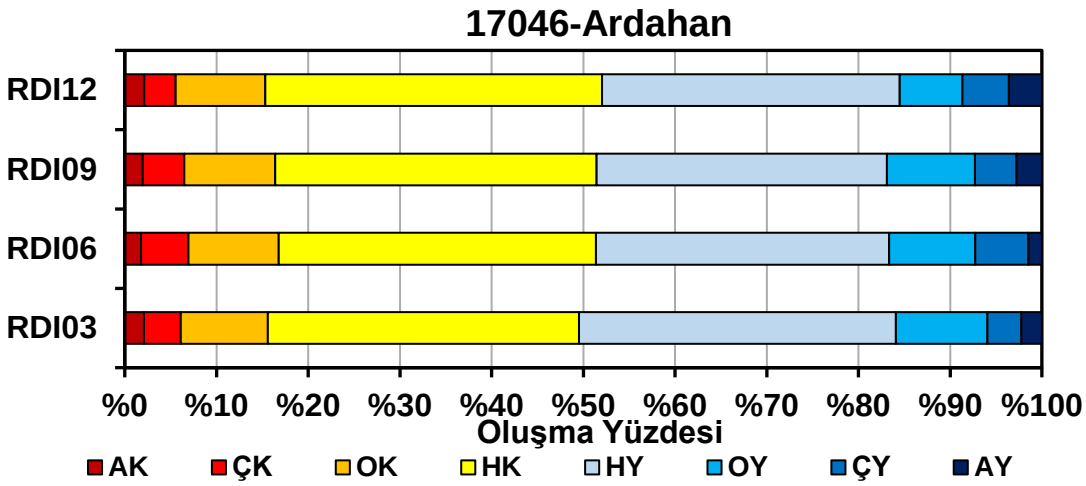
17046-Ardahan istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.4.'te verilmiştir. SPI sonuçlarına benzer şekilde RDI yönteminde de 17046-Ardahan istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği kısa bir zaman sonra yağışlı döneme geçildiği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle yağışlı ve kurak dönemler birbirini takip etmektedir. Zaman ölçeği arttıkça kuraklık oluşan zaman periyodu daha belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 2002 ile 2011 arasında istasyonda oldukça yağışlı geçmiştir. Bu yağışlı döneme karşın 1980-1985 yılları arasında kuraklığın belirgin, 1970 yılında ise kuraklık şiddetinin büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 4. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17046-Ardahan)

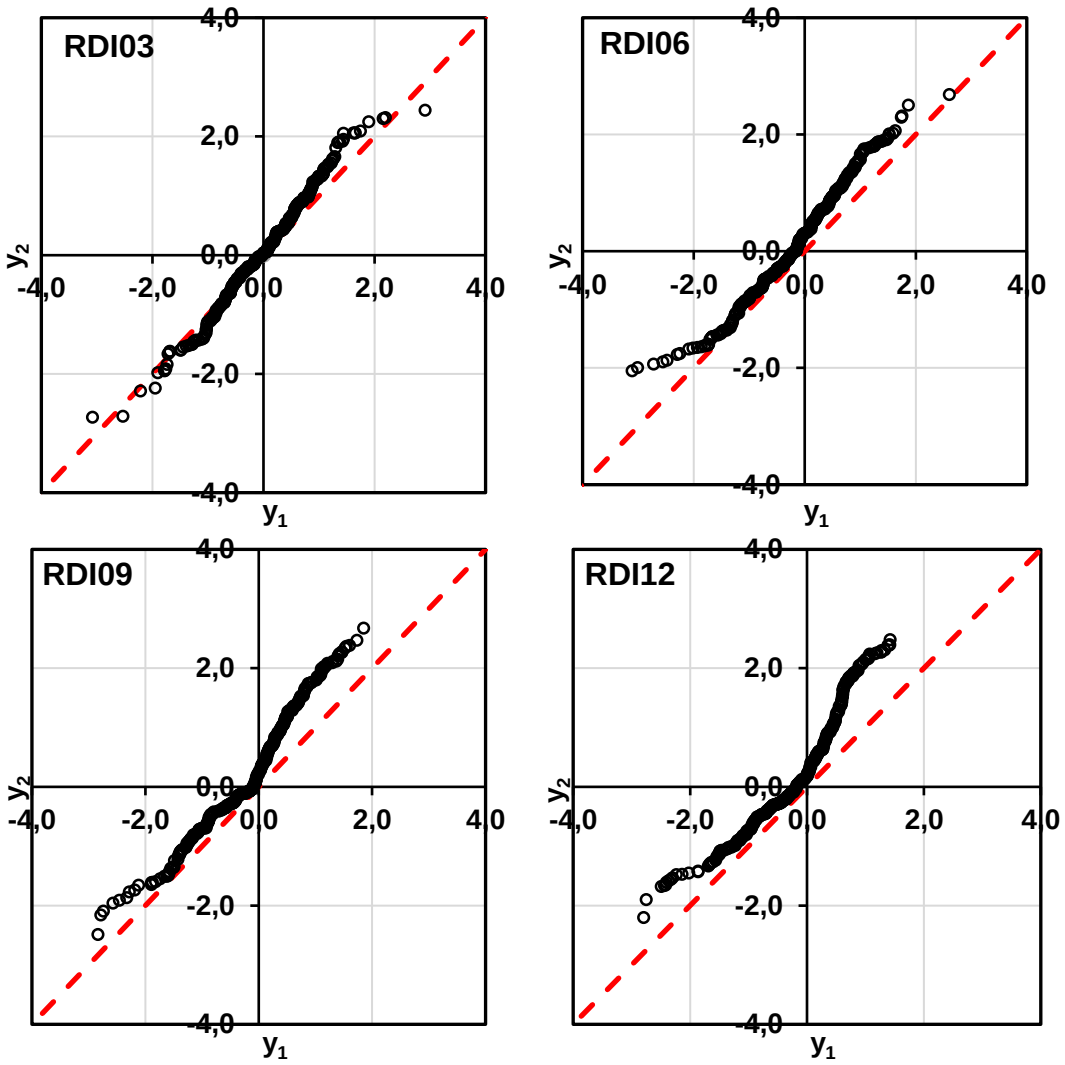
Şekil 4.5.'te, 17046-Ardahan istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçekleri için HK sınıfı haricinde diğer kuraklık sınıflarının toplamı %20'den az olmuştur. Zaman ölçeğinin artmasıyla RDI yöntemiyle elde edilen toplam kuraklık oluşum yüzdesinin arttığı ve 3 aylık zaman

ölçeği dışında %50'den büyük olduğu görülmektedir. 17046-Ardahan istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıf yaşanmıştır. 12 aylık ölçeğinde özellikle ÇY ve AY sınıfların meydana gelme oranındaki artış dikkat çekmektedir. Buradan SPI yöntemine benzer olarak yağışların oldukça şiddetli olduğu değerlendirilebilinir.



Şekil 4. 5 RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17046-Ardahan)

17046-Ardahan istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.6.'da verilmiştir. 3-aylık zaman ölçeğinde elde edilen indis sınıflarında genel olarak trend varlığından söz edilemez iken indis sınıfının 1.5'den büyük olduğu durumlarda artan trend görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla nemli ve kurak indis değerlerinde artan trend yaşanmaktadir. RDI yöntemiyle elde edilen kuraklık indis değerlerinin trend analizi sonuçlarının SPI yöntemiyle benzer olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak her iki kuraklık yöntemi ve trend analizi sonuçlarına göre 17046-Ardahan istasyonunda kuraklık riskinin oldukça kısıtlı olduğu ancak bölgede sel ve taşkın riskinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

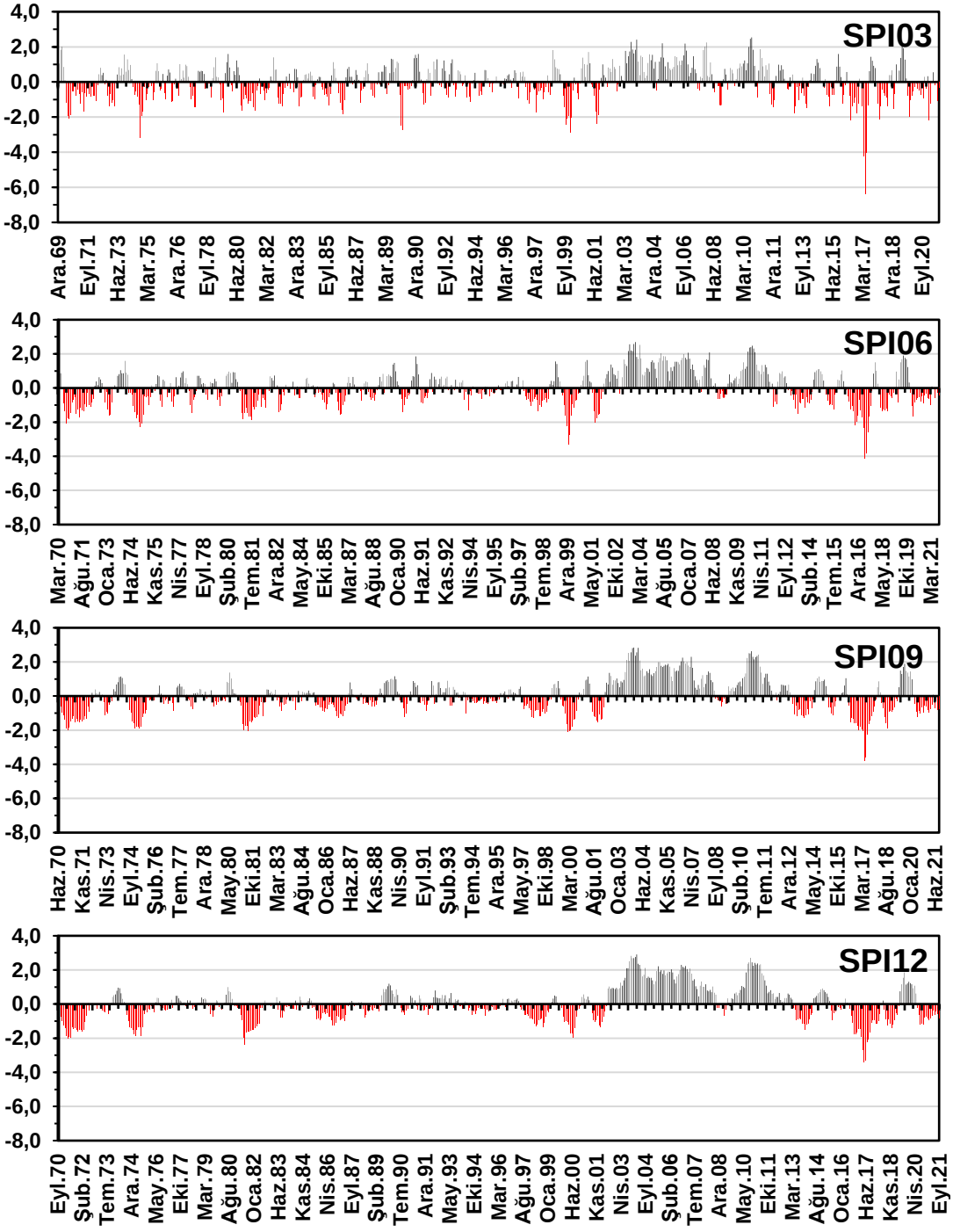


Şekil 4. 6. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17046- Ardahan)

4.1.2. 17097- Kars İstasyonu Kuraklık Analizi

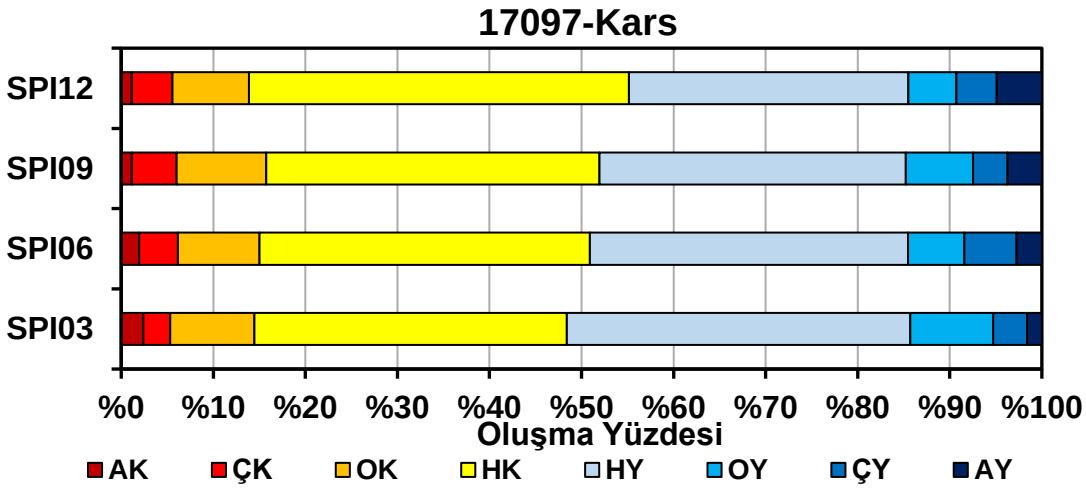
Şekil 4.7.'de, 17097-Kars istasyonu için 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişimi verilmiştir. İstasyonda 3 aylık zaman ölçeğinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği kısa bir zaman sonra yağışlı dönemin yaşandığı görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte yağışlı geçen ve kuraklık oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 17046-Ardahan istasyonuna benzer şekilde 2002 ile 2011 arasında istasyonda yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 2016-2018 yılları arasında ise kuraklığın belirgin ve şiddetinin en büyük olduğu

görülmektedir. 17046-Ardahan istasyonuna (1970 yılında) göre en şiddetli kuraklık daha yakın geçmişte yaşanmıştır.



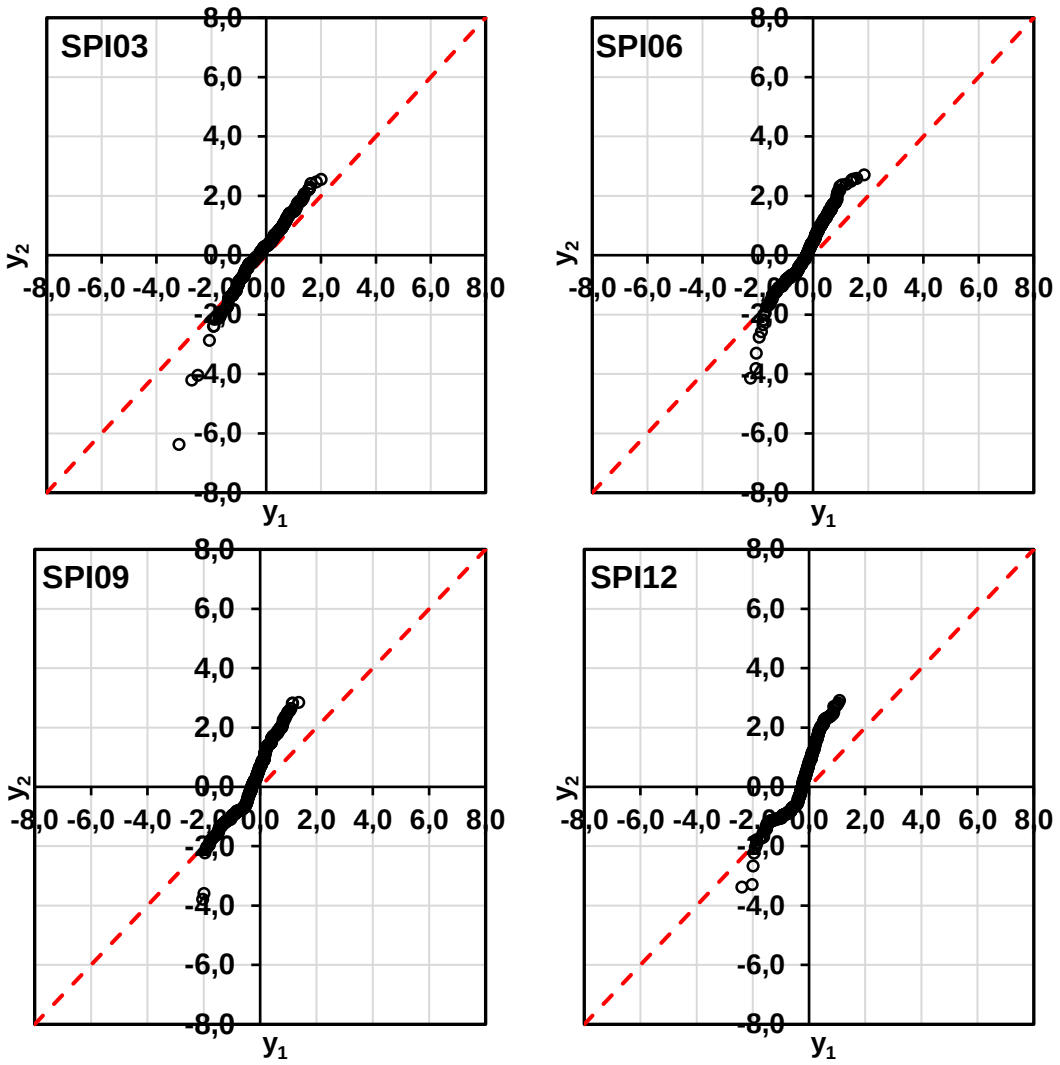
Şekil 4. 7. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17097-Kars)

Şekil 4.8.'de, 17097-Kars istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3-aylık zaman ölçeği hariç tüm zaman ölçeklerinde toplam kuraklık oluşumu %50'den fazla olmuştur. 3 aylık zaman ölçeğinde ise kuraklık oluşumu %48'dir. Zaman ölçeğinin büyümesiyle kuraklık oluşum yüzdesi artmıştır. 17097-Kars istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın baskın olarak yaşandığı görülmektedir. Ayrıca, zaman ölçeğinin büyümesiyle istasyonda meydana gelen AY ve ÇK sınıfların meydana gelme yüzdesinin arttığı buna karşılık AK sınıfının meydana gelme yüzdesinin azaldığı söylenebilir.



Şekil 4. 8. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17097-Kars)

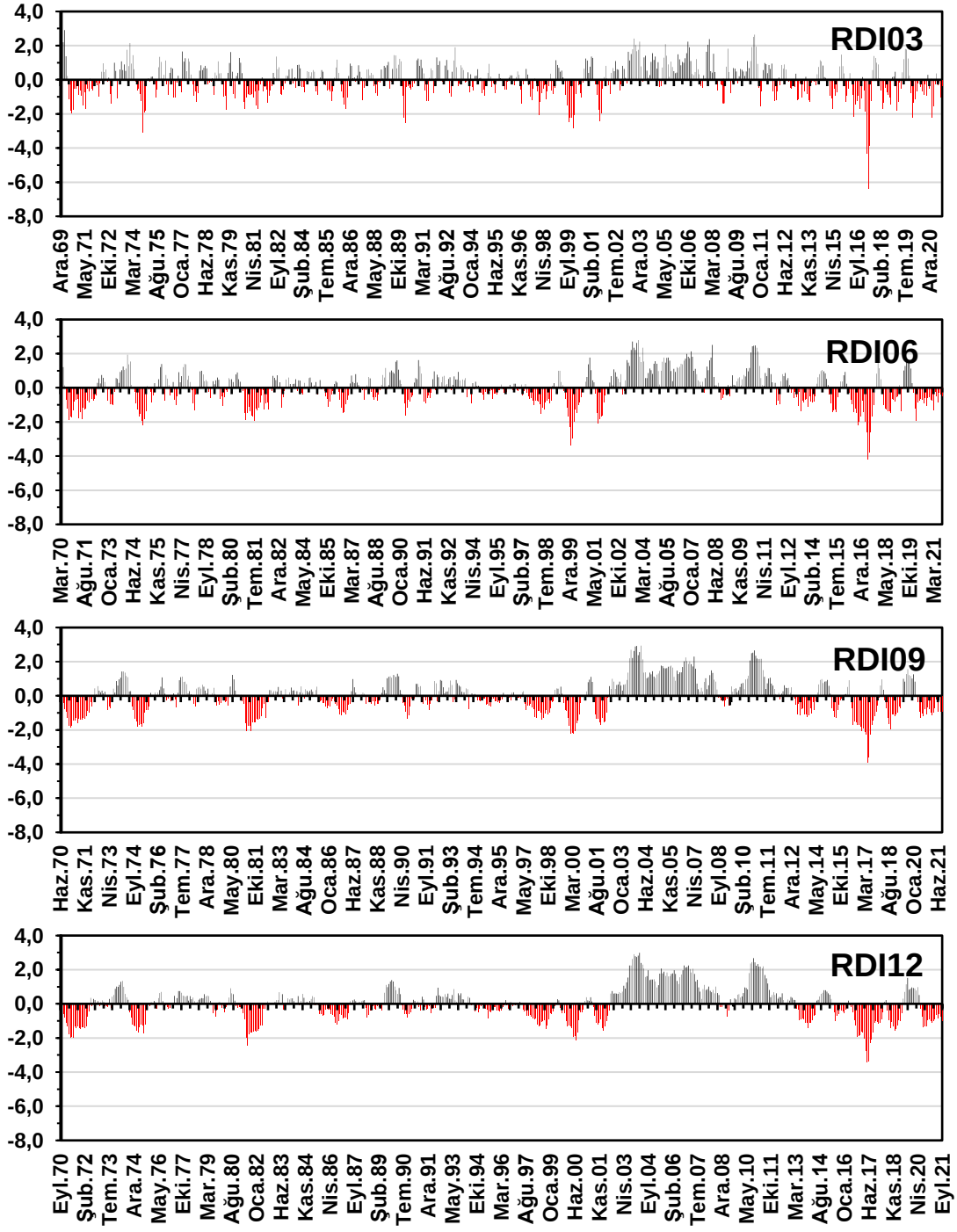
Şekil 4.9.'da, 17097-Kars istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak belirlenen trendleri artma trendi görülürken SPI değerinin –2'den küçük olduğu durumlarda belirgin bir azalma eğilimi dikkat çekmektedir. Zaman ölçeğinin büyümesine paralel olarak yağışlı döneme ait indis değerlerinde yaşanan artma trendinin daha belirginleştiği görülmektedir. Elde edilen indis değerlerinin trendinin genel olarak değerlendirilmesi gerekirse Kars istasyonunda yağışlı dönemlerde meydana gelen indis değerlerinin artmasının bölgede taşkın riski oluşturabileceği, kurak sınıfa ait indis değerlerinde ise AK (SPI<-2) değerlerde ise azalma yani kuraklığın daha şiddetli yaşanabileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu istasyonda pozitif indis değerlerindeki artış trendi oldukça dikkat çekmektedir.



Şekil 4. 9. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17097- Kars)

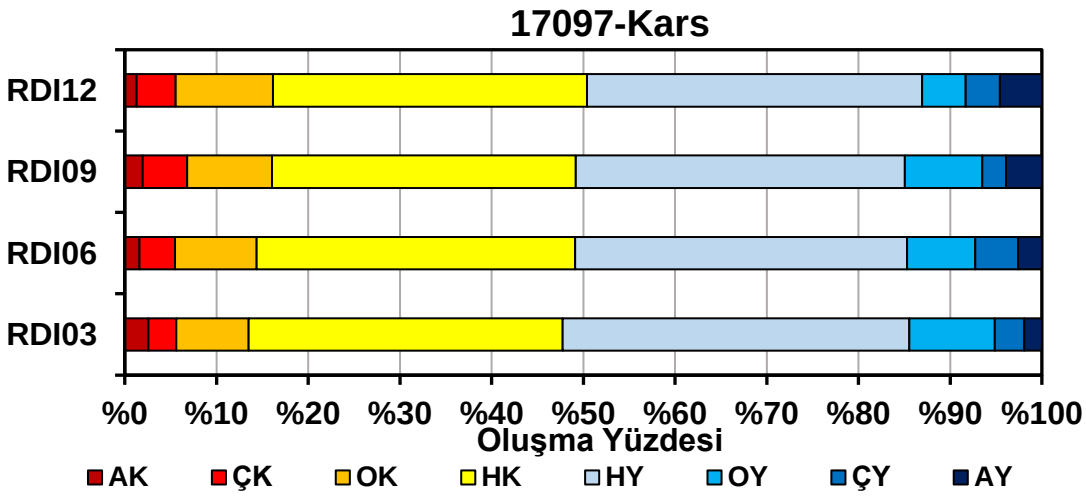
Şekil 4.10.'da, 17097-Kars istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zamansal değişimi sunulmuştur. İstasyonda tüm zaman ölçeklerinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği kısa bir zaman sonra pozitif indis değerlerinin elde edildiği görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 2002 ile 2011 arasında istasyonda önceki diğer iki istasyonda olduğu gibi oldukça yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 2016-2018 yılları arasında ise kuraklığın belirgin ve şiddetinin büyük olduğu görülmektedir. Zaman ölçeğinin büyümesiyle kurak ve yağışlı dönemlerin daha net

oluştuğu ve daha uzun zamanı kapsadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca, RDI değerlerinin zamansal değişimi SPI değerlerine benzer bir dağılım göstermektedir.



Şekil 4. 10. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17097-Kars)

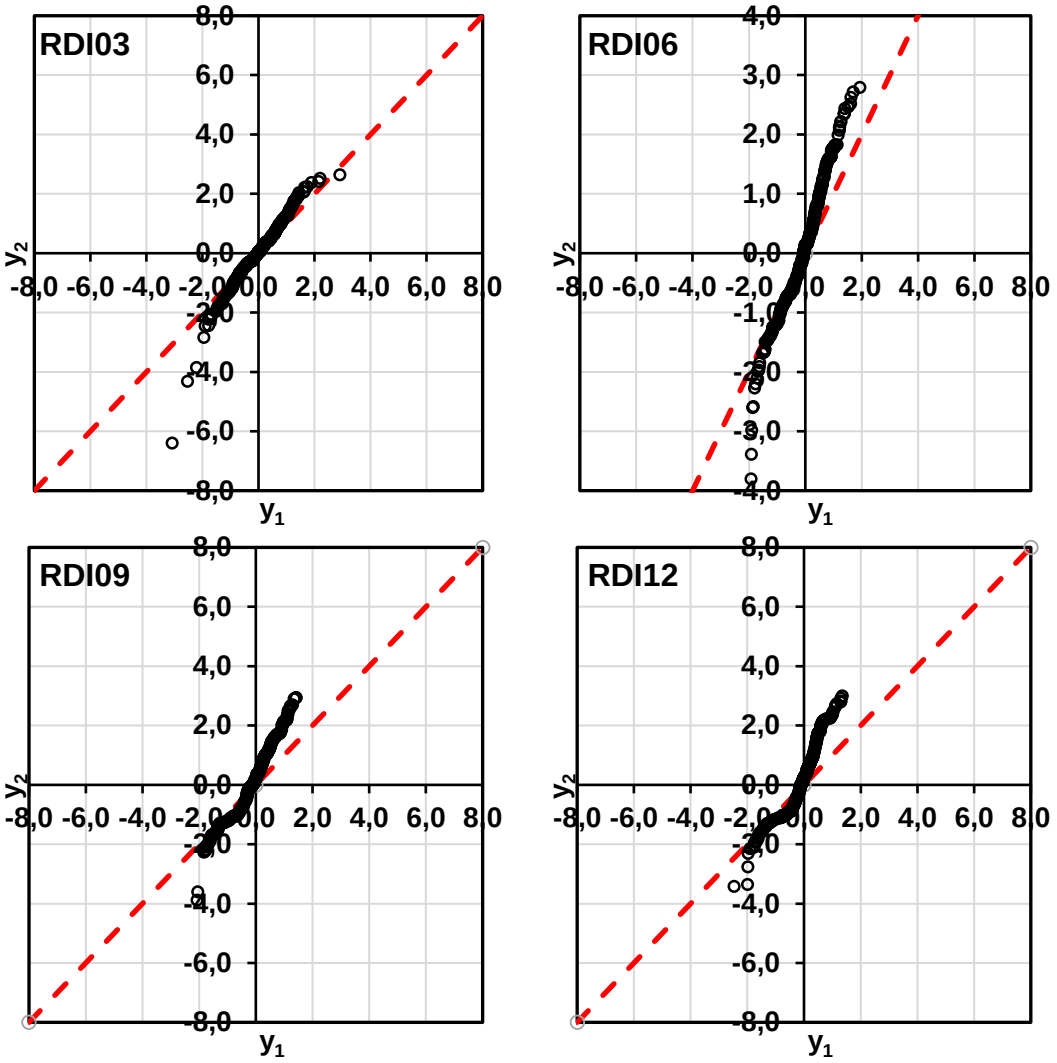
Şekil 4.11.'de, 17097-Kars istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri sunulmuştur. 3- aylık zaman ölçeği hariç tüm zaman ölçeklerinde toplam kuraklık oluşumu %50'den fazla olmuştur. 3- aylık zaman ölçeğinde ise kuraklık oluşumu %49'dur. Zaman ölçeğinin büyümesiyle kuraklık oluşum yüzdesinin azaldığı görülmektedir. Kars istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir. Ayrıca, zaman ölçeğinin büyümesiyle istasyonda meydana gelen AY meydana gelme yüzdesinin arttığı buna karşılık AK sınıfının meydana gelme yüzdesinin azaldığı söylenebilir.



Şekil 4. 11. RDI yöntemiyle uraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17097-Kars)

17097-Kars istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI değerlerinin İTA yöntemiyle trend analizi grafikleri Şekil 4.12.'de verilmiştir. 3- aylık zaman ölçeğinde indis değerinin RDI<+1 hariç ve 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde yağışlı dönemlere ait indis değerlerinde belirgin bir artan trend olduğu görülmektedir. Ayrıca, RDI değerinin –2'den küçük olduğu durumlarda belirgin bir azalma eğilimi dikkat çekmektedir. Zaman ölçeğinin büyümesine paralel olarak yağışlı döneme ait indis değerlerinde yaşanan artma trendinin daha belirginleştiği görülmektedir. Elde edilen indis değerlerinin trendinin genel olarak değerlendirilmesinden 17097-Kars istasyonunda yağışlı dönemleri temsil eden indis değerlerinin artmasının bölgede taşkın riski oluşturabileceği, kurak sınıfa ait indis değerlerinde ise AK (RDI<-2) değerlerde ise azalma yanı kuraklığın daha şiddetli yaşanabileceği sonucuna

ulaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlardan, yaşanan aşırı yağışlı ve kurak sınıflarda meydana gelen değişimin bölgede yaşanan ekstrem olayların arasındaki farkın zaman ile büyüyeceği değerlendirilmiştir.

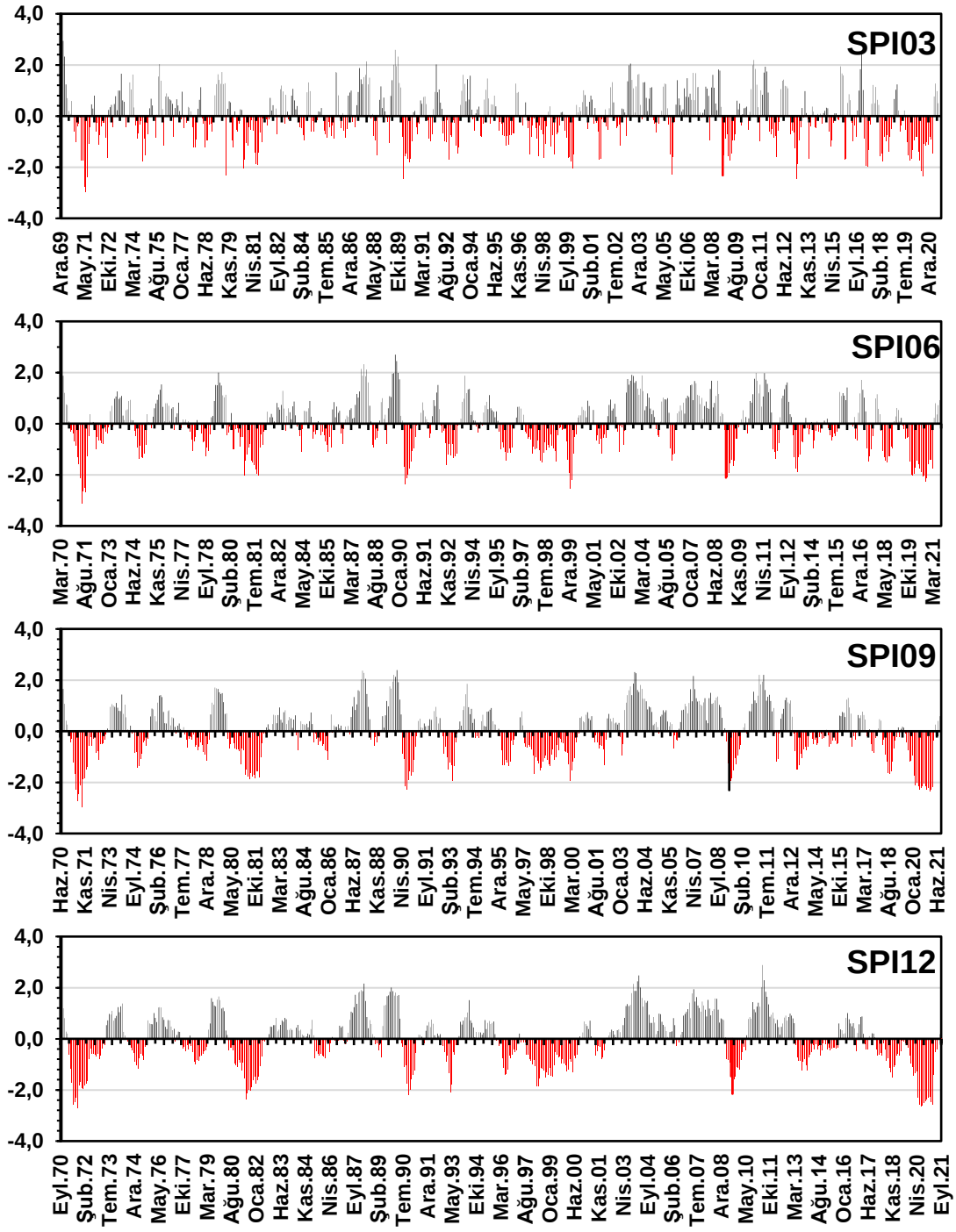


Şekil 4. 12. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17097-Kars)

4.1.3. 17100- Iğdır İstasyonu Kuraklık Analizi

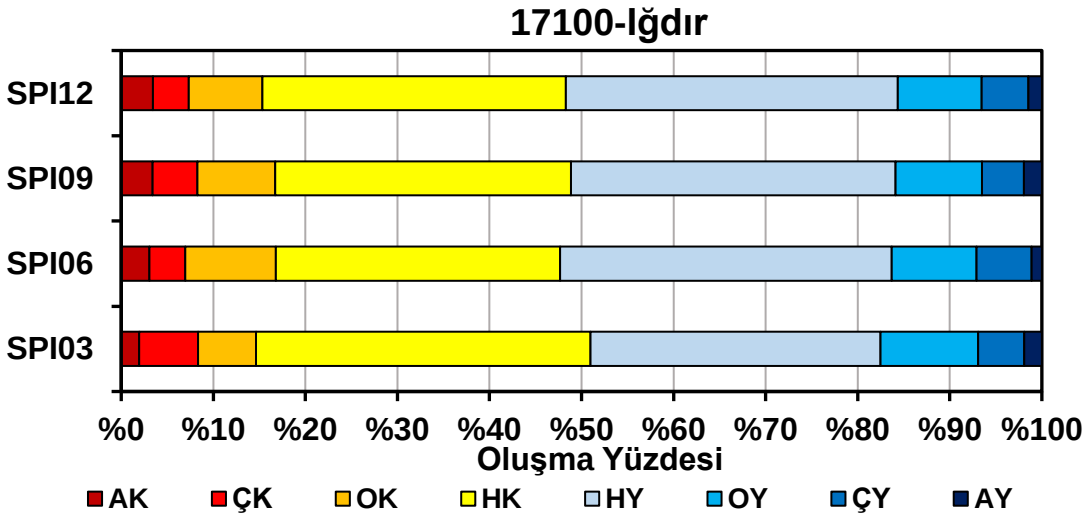
17100-Iğdır istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.13.'te verilmiştir. Kısa süreli zaman ölçeklerinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği kısa bir zaman sonra yağışlı dönemlerin yaşandığı görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık ve yağışlı dönem periyotları oldukça belirgin olmaktadır. Tüm zaman

ölçeklerinde 2002-2008 arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı, 1995-2002 yılları arasında ise kuraklığın hakim olduğu görülmektedir. Kuraklığın şiddetinin en büyük olduğu zaman ise 1971 yılıdır. Yakın geçmişte (özellikle 2017'den sonraki yıllar) istasyon kurak geçmiştir.



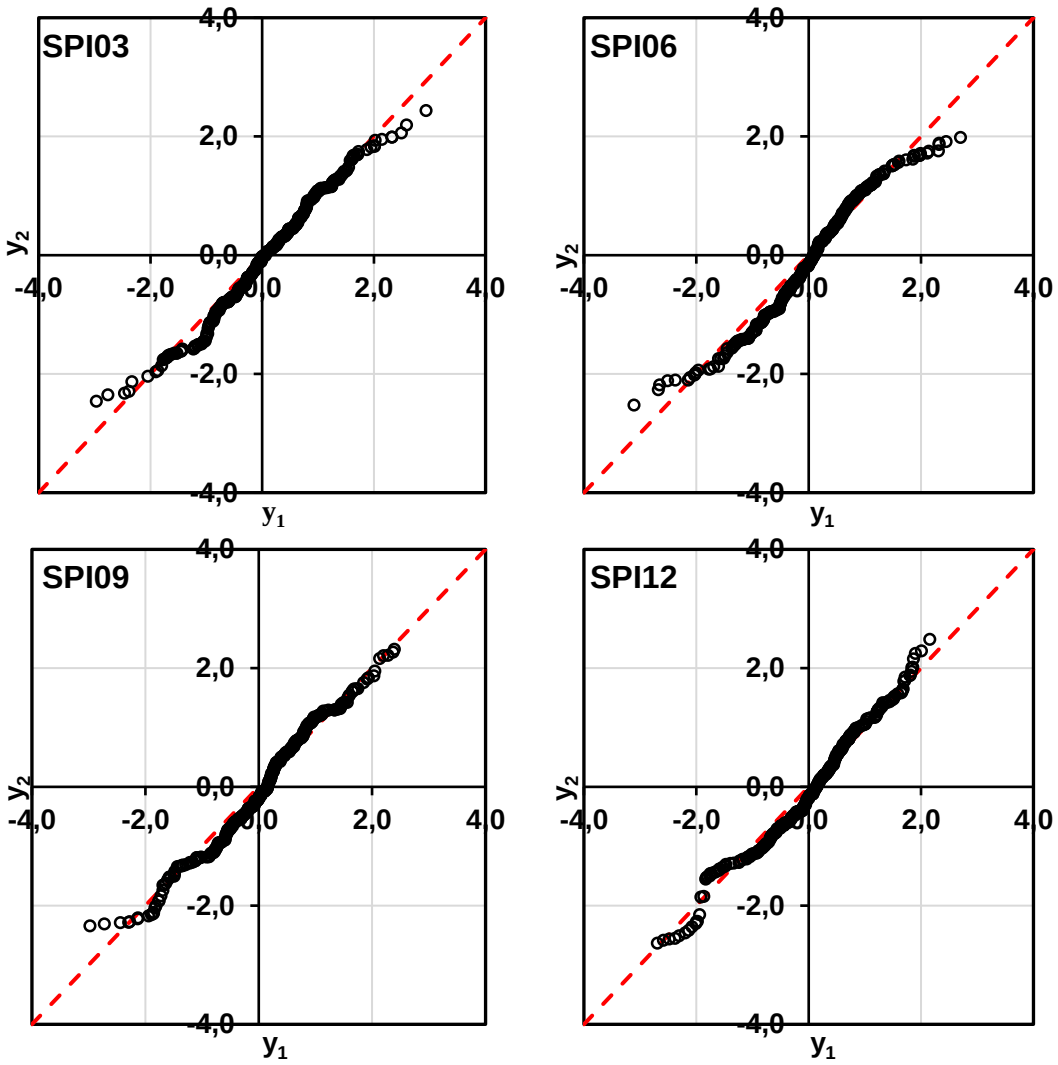
Şekil 4. 13. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17100-Iğdır)

Şekil 4.14.'te, 17100-Iğdır istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri görülmektedir. 3- aylık zaman ölçeğinde toplam kuraklık oluşumu %51, 6- aylık ve 12- aylık zaman ölçeğinde %48, 9 aylık zaman ölçeklerinde ise %49 olmuştur. 17100-Iğdır istasyonunda HY ve HK sınıfların baskın olarak yaşandığı görülmektedir. 3- ve 9- aylık zaman ölçeğinde istasyonda AY meydana gelme yüzdesi %1.9, 6- aylık zaman ölçeğinde %1.1, 12- aylık zaman ölçeğinde ise %1.5 olmuştur.



Şekil 4. 14. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17100-Iğdır)

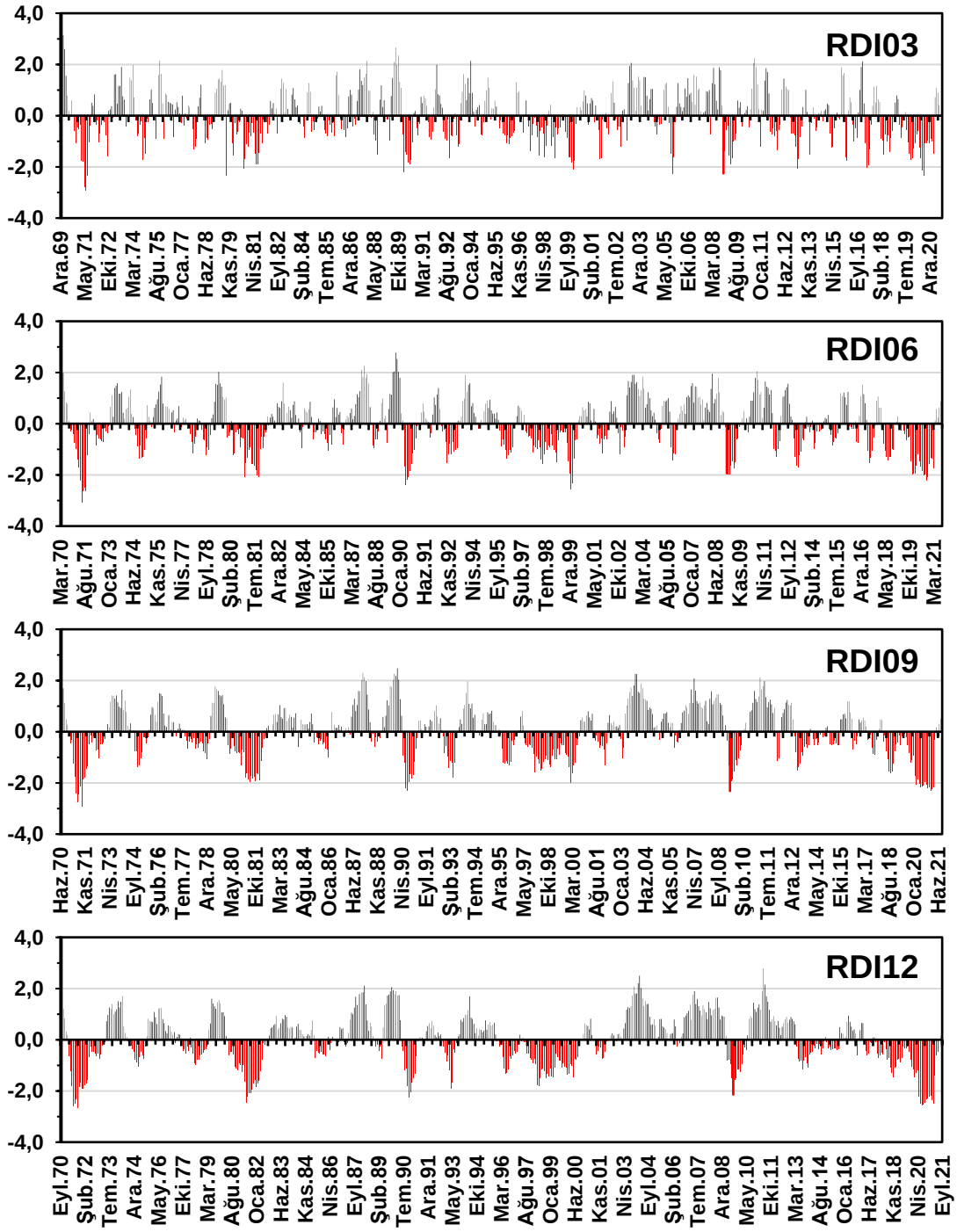
17100-Iğdır istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI indis değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.15.'te görülmektedir. SPI değerlerinde genel olarak trend varlığından söz etmek mümkün olmasa da, özellikle ÇY sınıfa ait indis değerleri 3- ve 6- aylık zaman ölçeklerinde azalan trend görülmektedir. Bunun dışındaki zaman periyotları ve indis değerlerinde belirgin bir değişim söz konusu değildir. Genel olarak bu istasyonda SPI değerlerinde meydana gelen değişimin oldukça kısıtlı olduğu ve diğer istasyonlara kıyasla kuraklık ve taşkın riski açısından tehlike düzeyinin daha az olduğu söylenebilir.



Şekil 4. 15. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17100-Iğdır)

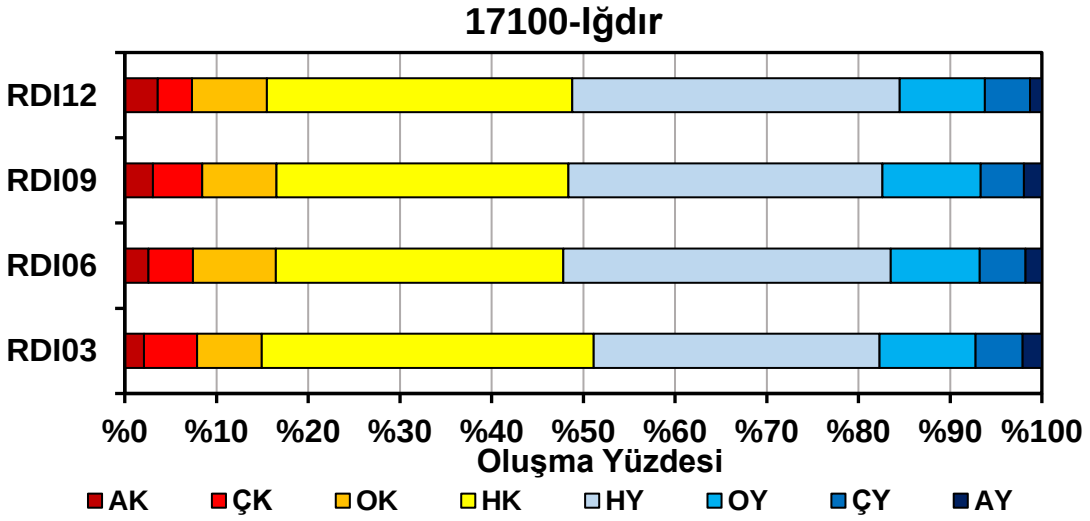
17100-Iğdır istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zaman değişimi Şekil 4.16.'da görülmektedir. 3 aylık zaman ölçeğinde kurak ve yağışlı dönemler arasında geçişlerin daha kısa zamanlı olduğu görülürken, zaman ölçeğinin büyümesiyle kurak ve yağışlı dönemlerin arasındaki geçişilerin daha uzun zamanlarda olduğu söylenebilir. Diğer bir ifadeyle, zaman ölçeğinin büyümesiyle kuraklık ve yağış oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 2002-2008 yılları arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı, 1995-2002 yılları arasında ise kuraklığın hakim olduğu görülmektedir. Kuraklığın şiddetinin en büyük olduğu zaman ise 1971 yılıdır. Diğer

istasyonlara benzer olarak 17100- Iğdır istasyonunda 2017'den sonraki yıllar oldukça kurak geçmiştir.



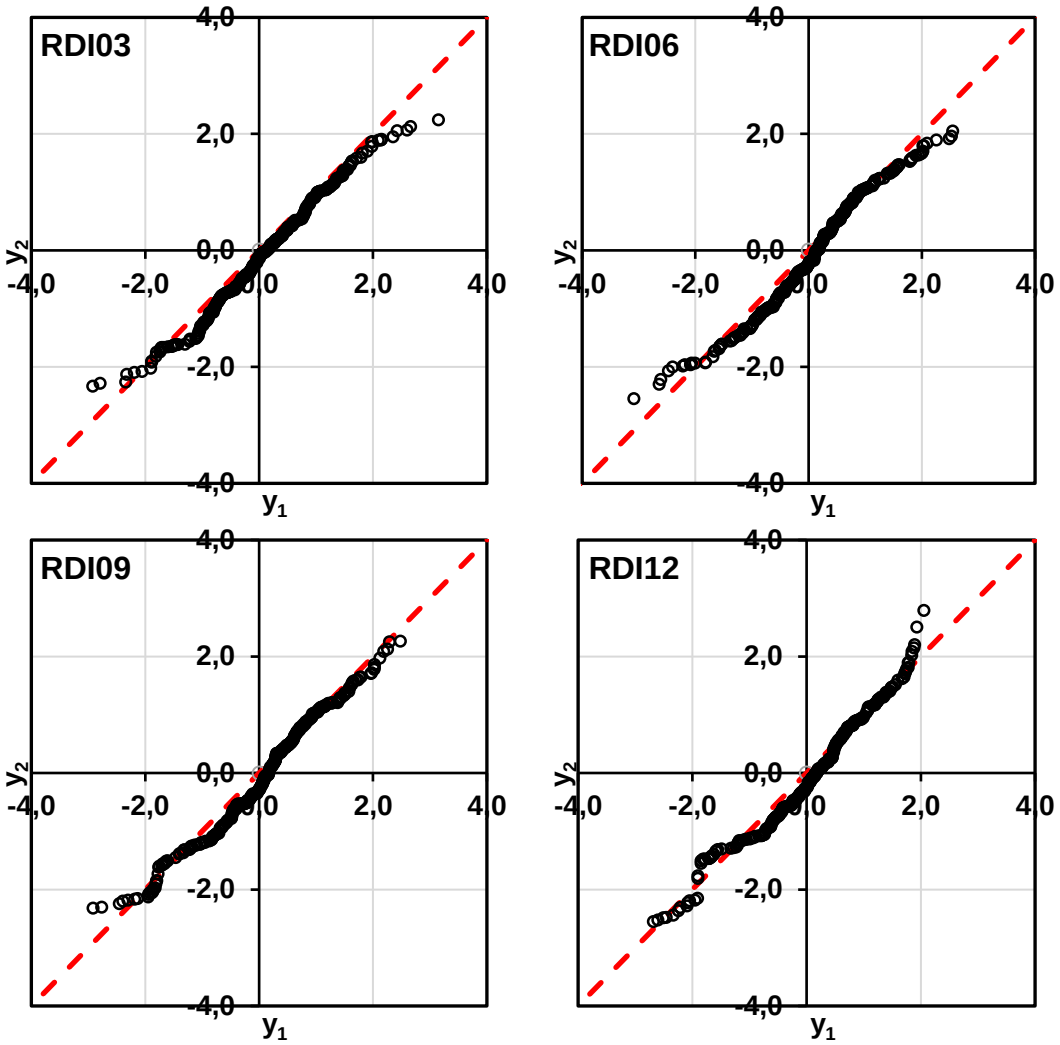
Şekil 4. 16. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17100-Iğdır)

17100-Iğdır istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri Şekil 4.17.'de verilmiştir. 3- aylık zaman ölçeğinde toplam kuraklık oluşumu %51, 6- aylık zaman ölçeğinde %47, 9- aylık ve 12- aylık zaman ölçeklerinde ise %48 olmuştur. Iğdır istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfının yaşandığı görülmektedir. 12- aylık zaman ölçeğinde AK sınıfın oluşma yüzdesinde meydana gelen artış dikkat çekmektedir. Zaman ölçeği arttıkça AK sınıfın oluşma yüzdesi artmakta, AY sınıfının oluşma yüzdesi düşmektedir.



Şekil 4. 17. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17100-Iğdır)

17100-Iğdır istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI indis değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.18.'de görülmektedir. 17100-Iğdır istasyonunda RDI indis değerlerinde meydana gelen değişim bu istasyonda SPI değerlerinde meydana gelen değişimle benzerlik göstermektedir.

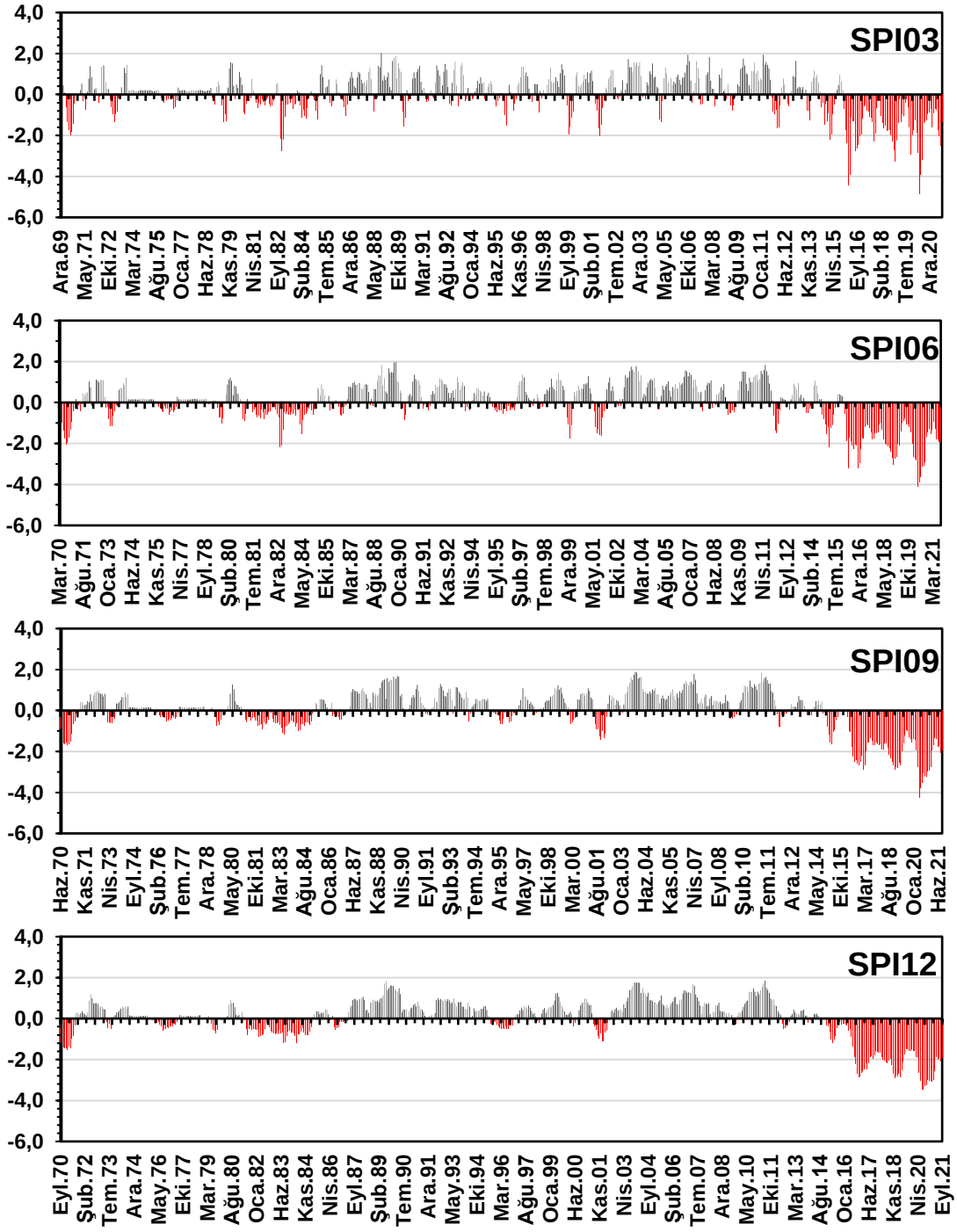


Şekil 4. 18. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17100-Iğdır)

4.1.4. 17656- Arpaçay İstasyonu Kuraklık Analizi

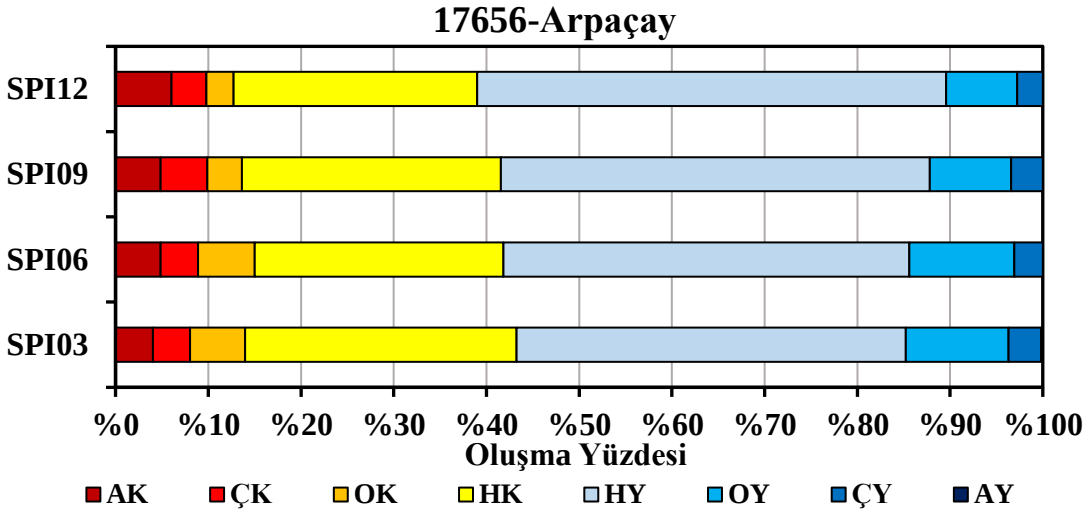
17656-Arpaçay istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal dağılımı Şekil 4.19.'da verilmiştir. Dağılım incelendiğinde 3 aylık zaman ölçeğinde pozitif indis değerlerinin daha fazla olduğu görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık ve nemliliğin oluştuğu zaman periyodu daha belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 1985-2014 yılları arasında istasyonda genel olarak yağışlı dönem yaşandığı görülmektedir. Bu yağışlı döneme karşın 2015-2021 yılları arasında ise kuraklığın oldukça belirgin ve şiddetinin büyük olduğu görülmektedir. En şiddetli kuraklık ise 2020 yılında yaşanmıştır. Bu istasyonda elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişiminden bu istasyonda yakın

geçmişte kuraklığın oldukça baskın olarak yaşandığı ve yakın geçmişte şiddetinin belirgin derecede arttığı söylenebilir. Bu dönemden önce yaşanan yağışlı döneme ait indis değerlerinde bu kadar büyük indis değerleri hesap edilmemiştir.



Şekil 4. 19. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17656- Arpaçay)

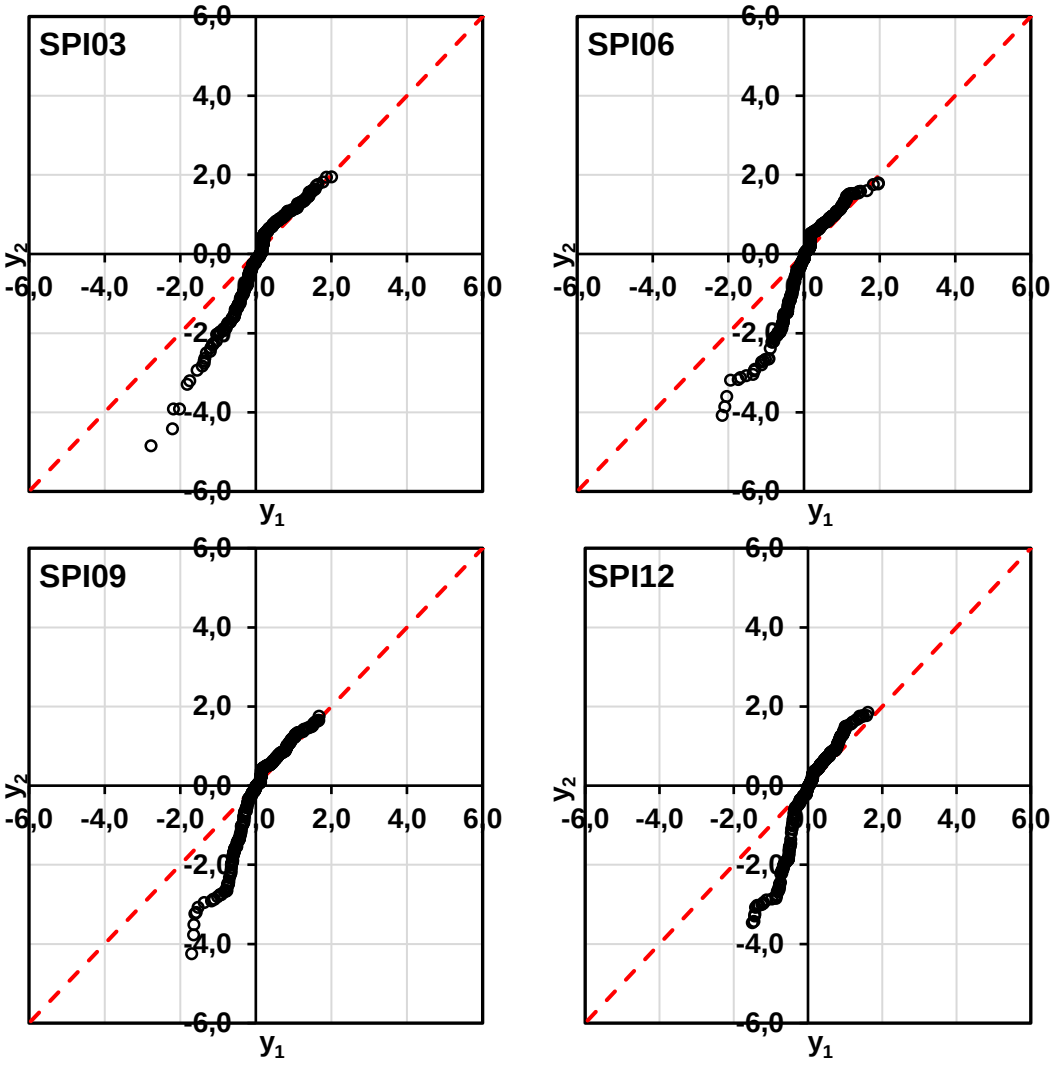
Şekil 4.20.'de, 17645-Arpaçay istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI indis değerlerinde farklı kuraklık sınıflarının meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde toplam kuraklık oluşumunun %50'den az olmuş genel olarak %42 civarında seyretmiştir. Zaman ölçeği arttıkça yağışlı dönem oluşma yüzdesi artmakta, kurak dönem oluşma yüzdesi azalmaktadır. Kuraklık oluşum yüzdesi azalmasına karşın AK sınıfın yüzdesi artmıştır. Özellikle kuraklık açısından riskli olarak değerlendirilen AK ve ÇK sınıfların toplam kuraklık oluşum yüzdesindeki oranı oldukça fazladır. 17645-Arpaçay istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir. Kuraklık oluşum yüzdelerine göre AY sınıfın hiç meydana gelmediği sonucuna varılmaktadır. Bu istasyonda kuraklık oranı her ne kadar %50'den az olsa da kuraklık açısından riskli olarak değerlendirilebileceği ve kuraklık tedbirlerinin alınması önerilmektedir.



Şekil 4. 20. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17656- Arpaçay)

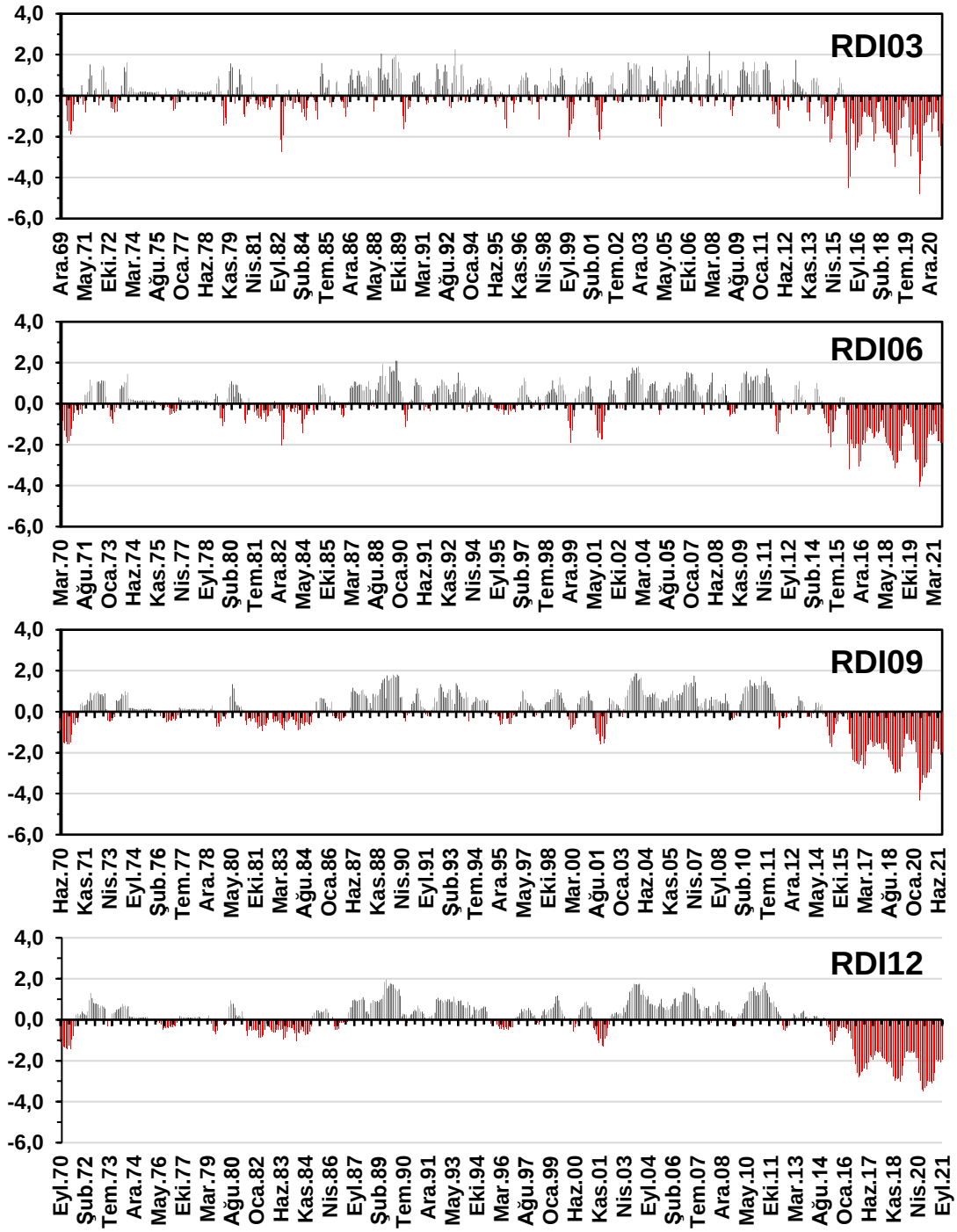
17656-Arpaçay istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.21.'de verilmiştir. Yağışlı dönemi ifade eden pozitif indis değerlerinde herhangi bir artan veya azalan trend varlığından söz etmek mümkün olmasada, kurak sınıfı temsil eden negatif indis değerlerinde azalan trend görülmektedir. Buradan da görüleceği üzere kurak sınıfa ait indis değerlerinde meydana gelen azalan trend varlığı kuraklığın artacağı ve bu istasyonun kuraklık açısından risk altında olduğu sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu

sonuç Şekil 4.20.'de verilen AK oluşum yüzdesinde meydana gelen artış ile de uyuşmaktadır.



Şekil 4. 21. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17656-Arpaçay)

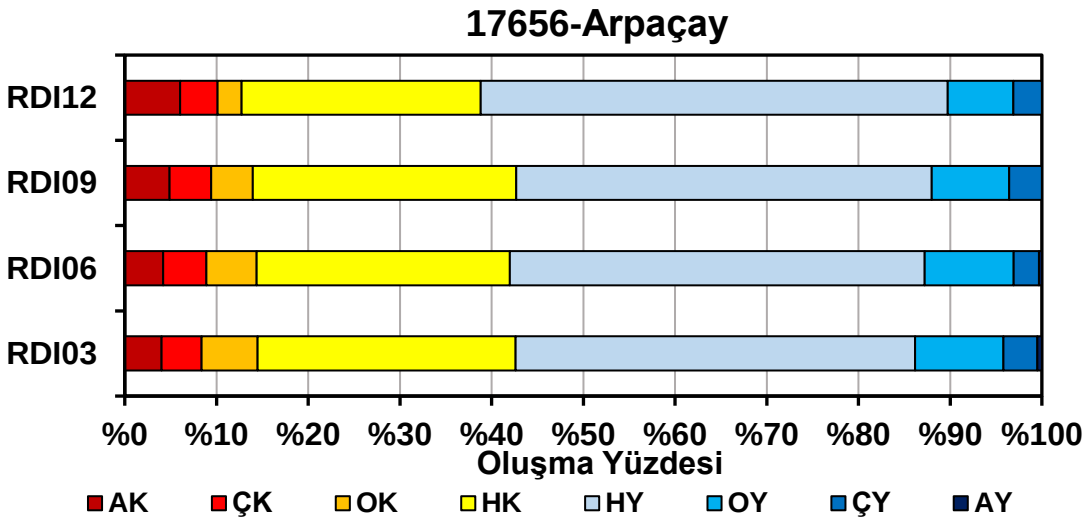
17656-Arpaçay istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zamansal dağılımı Şekil 4.22.'de verilmiştir. RDI değerlerinin zamansal dağılımının SPI değerleriyle benzer olduğu ve yakın geçmişte özellikle 2015 yılından itibaren kuraklığın etkin olduğu görülmektedir. Bu tarihten önceki dönemlerde kuraklığın oldukça az yaşanmasına karşılık yağışlı dönemlere ait indis değerlerinin de şiddetinin çoğunlukla +2'den küçük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, bu istasyonda en şiddetli ve en uzun kuraklık yakın geçmişte yaşanmıştır.



Şekil 4. 22. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17656- Arpaçay)

Şekil 4.23.'te 17645-Arpaçay istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 12- aylık zaman ölçeği hariç, diğer zaman ölçeklerinde toplam kuraklık

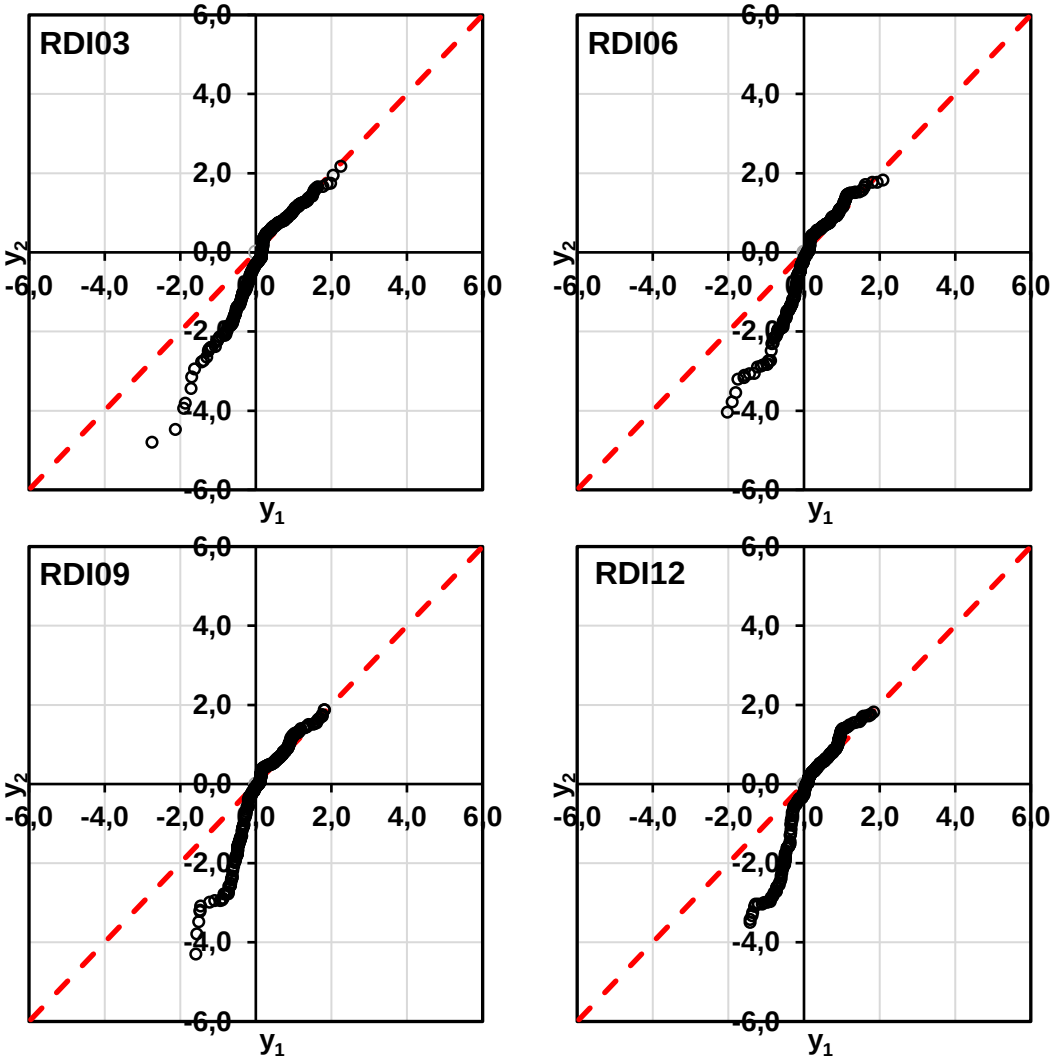
oluşumu % 42 olmuştur. 12 aylık zaman ölçeğinde ise % 38'dir. 17645-Arpaçay istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfların yaşandığı görülmektedir. Zaman ölçeği arttıkça AK sınıfının oluşum yüzdesi artmaktadır. SPI değerlerinde de olduğu gibi RDI değerlerinde de AY sınıfın oluşmadığı görülmektedir. Ayrıca, bu istasyonda zaman ölçeğinin artmasıyla OY ve ÇY sınıfların HY sınıfa geçişlerin olduğu yani pozitif indis değerlerinin şiddetinin azaldığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 23. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17656- Arpaçay)

17656-Arpaçay istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.24.'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, kuraklığı ifade eden negatif indis değerleri için azalan bir trend görülmektedir. RDI<–3 olduğu durumlarda belirgin bir azalma eğilimi dikkat çekmekte ve kuraklık şiddeti artmaktadır. Elde edilen indis değerlerinin trendinin genel olarak değerlendirilmesi gerekirse 17656-Arpaçay istasyonunda AK (RDI<-2) ait indis değerlerinde ise azalma eğilimi yanı kuraklığın daha şiddetli yaşanabileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Bu istasyonda elde edilen sonuçlardan her ne kadar kuraklık oluşumu genel olarak %50'den az olsa da kuraklık şiddeti ve negatif indis değerlerinde meydana gelen değişim dikkate alındığında kuraklık açısından bu istasyonun hassas olduğu ve izlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Özellikle meteorolojik kuraklığın yanında tarımsal kuraklığın değerlendirilmesinde kullanılabileceği belirtilen RDI

değerlerinde meydana gelen değişim bu istasyonun olduğu bölgede tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilir olması açısından önem arz etmektedir.

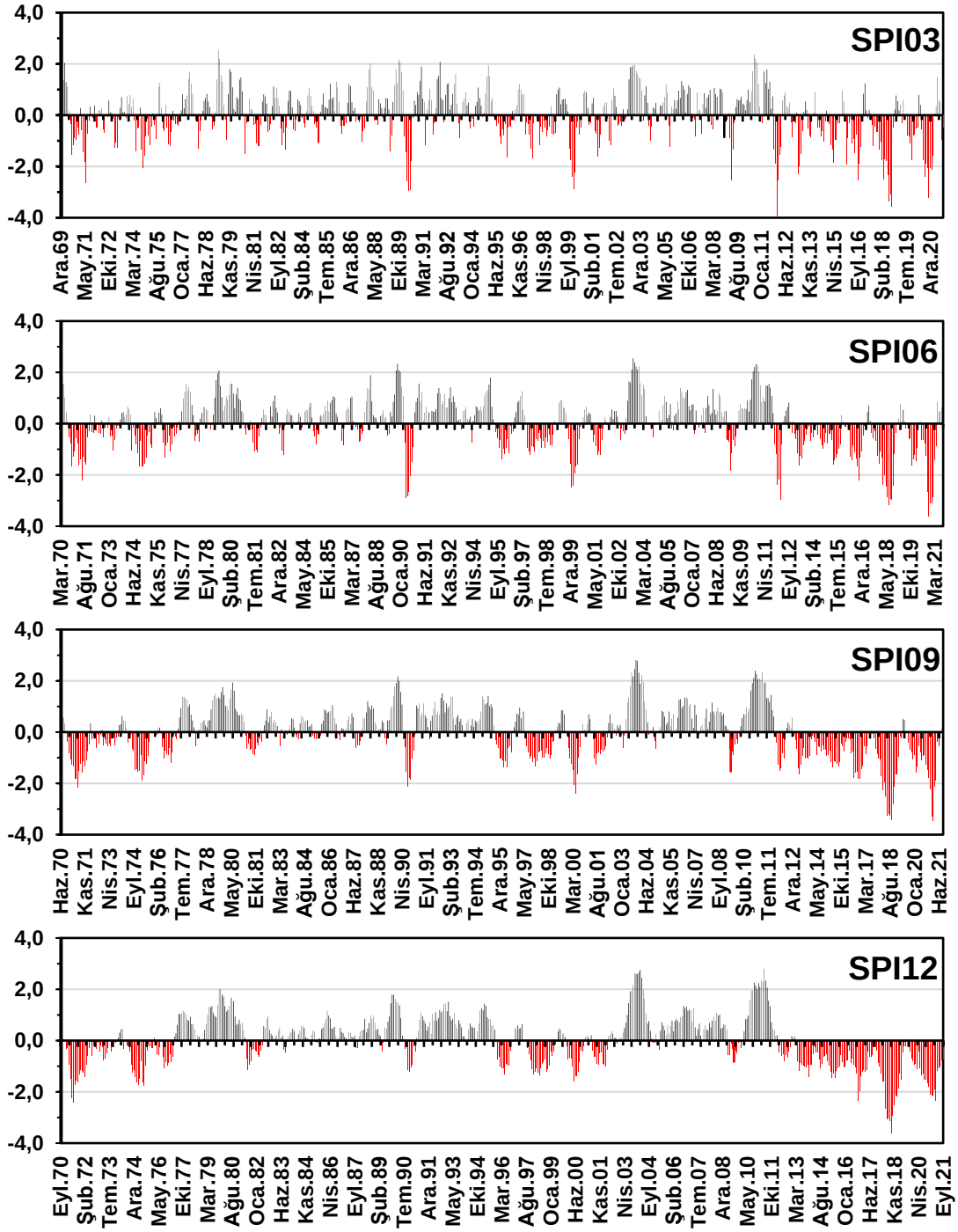


Şekil 4. 24 RDI değerleri trend analizi sonuçları (17656- Arpaçay)

4.1.5. 17690- Horasan İstasyonu Kuraklık Analizi

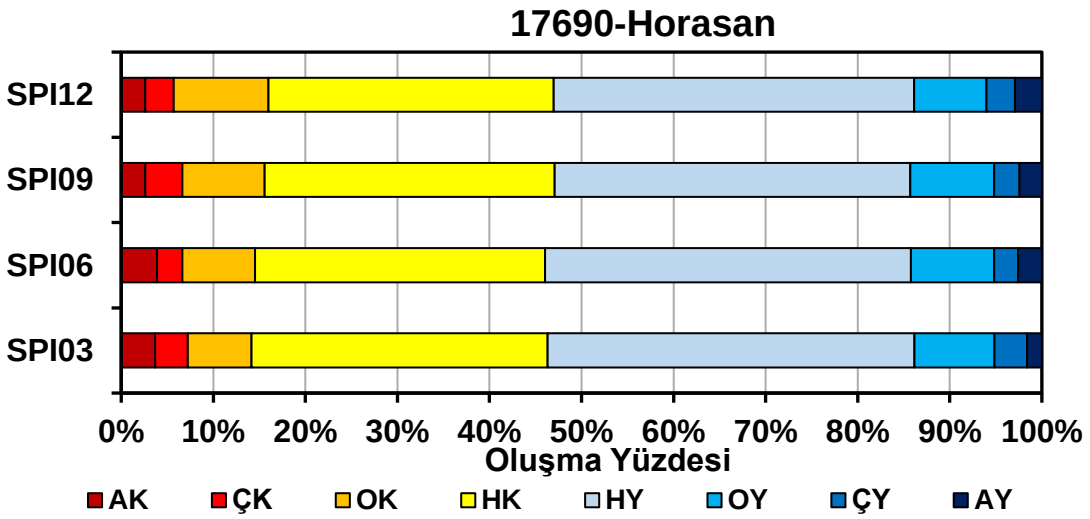
17690-Horasan istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin değişimi Şekil 4.25.'te verilmiştir. 17690-Horasan istasyonunda, 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde 2012 yılından önceki SPI değerlerinde yağışlı dönemlerin daha fazla yaşandığı belirlenirken, tüm zaman ölçeklerinde 2012 yılından itibaren kuraklığın etkin olarak yaşandığı görülmektedir. Bu istasyonda yağışlı dönemin özellikle 2002-2011 yılları arasında yaşandığı

söylenebilir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık ve yağış oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. Kuraklığın en şiddetli olduğu yıl 2018'dir.



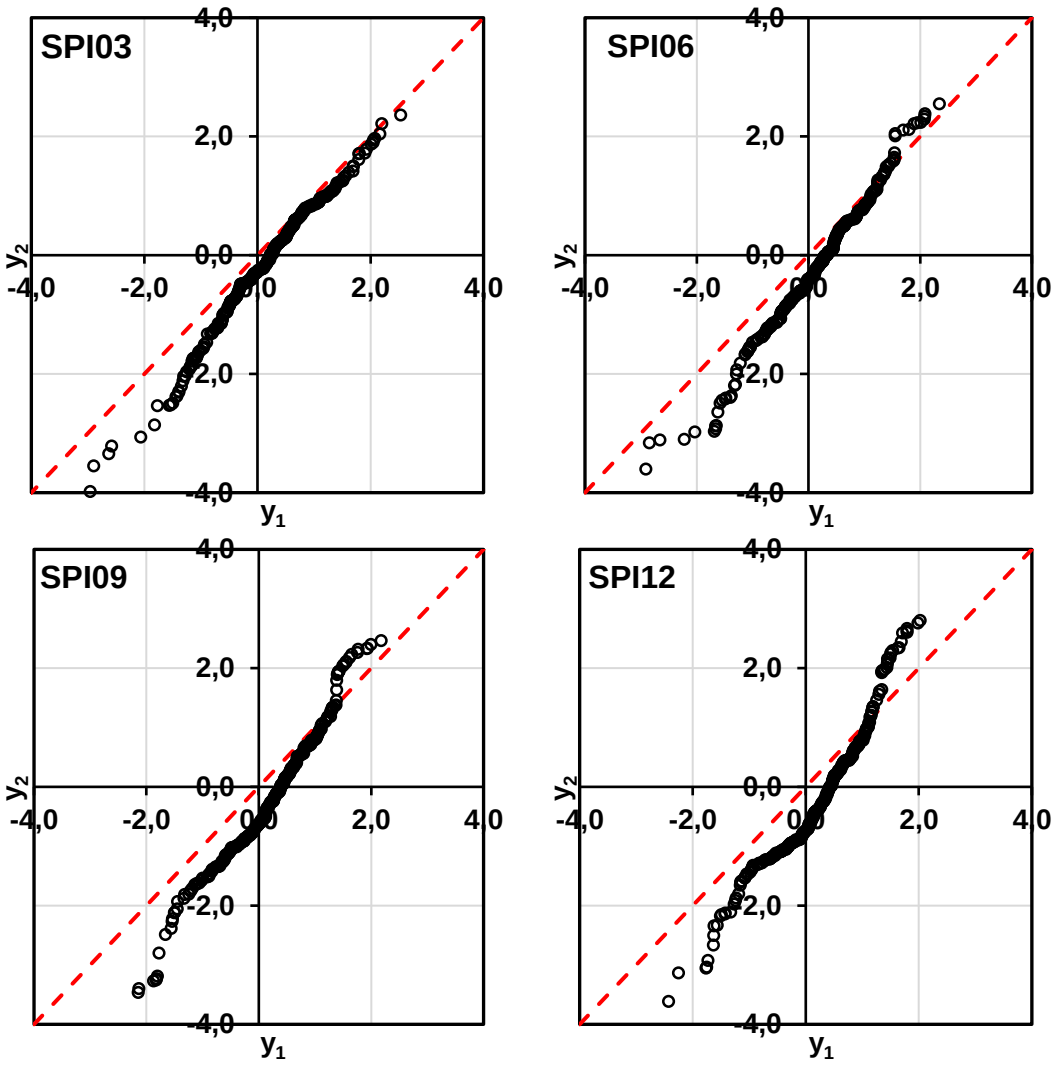
Şekil 4. 25. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17690-Horasan)

Şekil 4.26.'da 17690-Horasan istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI03, SPI06, SPI09 ve SPI12 değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde toplam kurak dönem oluşumu %46, 9 aylık ve 12 aylık zaman ölçeklerinde ise %47 olmuştur. Horasan istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir. Zaman ölçeği arttıkça istasyonda meydana gelen AY sınıfın arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4. 26. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17690- Horasan)

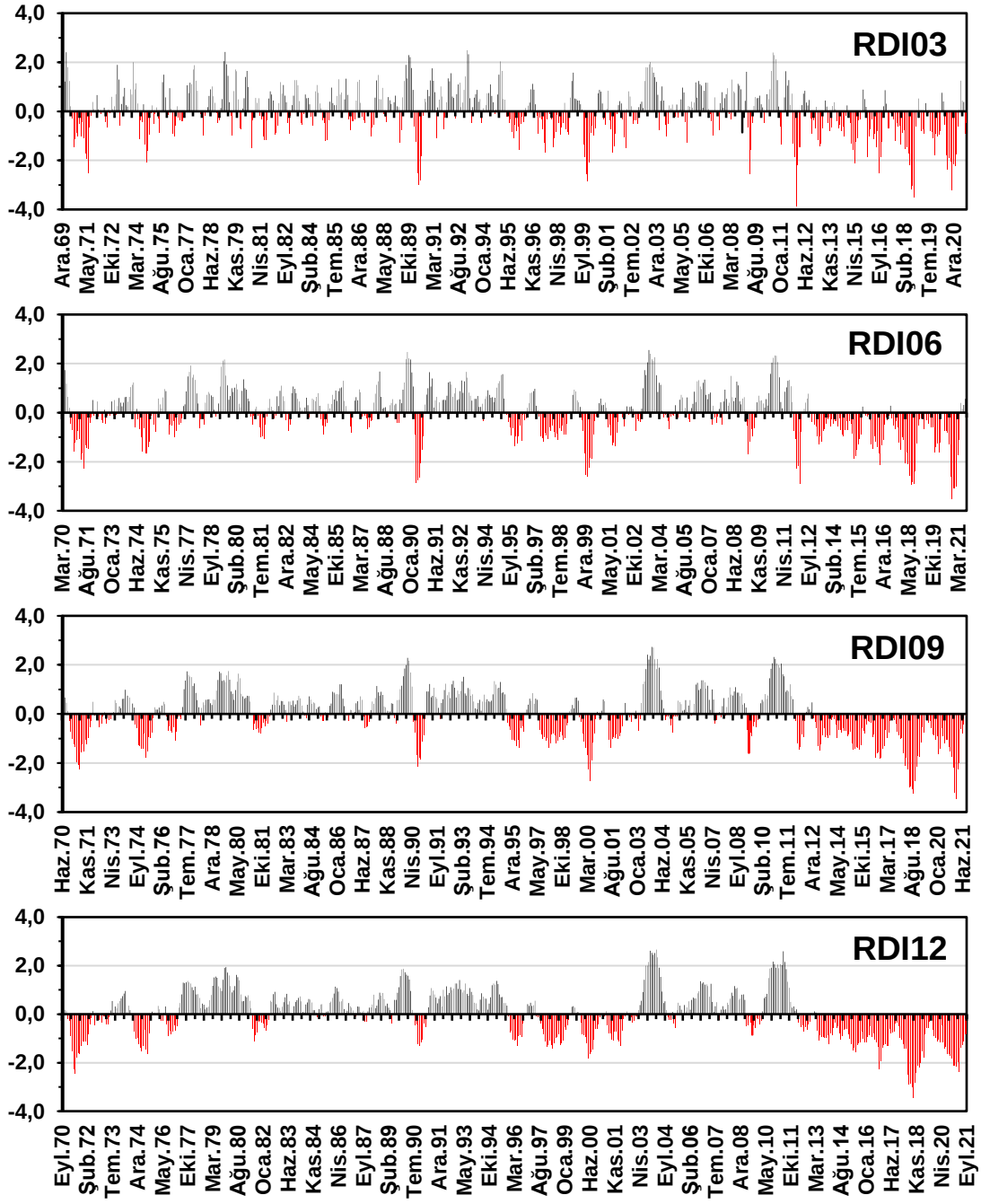
17690-Horasan istasyonunda SPI03, SPI06, SPI09 ve SPI12 değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.27.'de verilmiştir. SPI 03 ve SPI 06'da yağışlı döneme ait indis değerlerinde herhangi bir trend varlığı oluşmaz iken tüm zaman ölçeklerinde kurak döneme ait indis değerlerinde azalan trend görülmüştür. SPI09 ve SPI12'de SPI>+1.5 olduğu indis değerlerinde artan trend olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanında tüm zaman ölçekleri ve indis değerleri dikkate alındığında kurak dönemi temsil eden negatif indis değerlerindeki azalma trendi, yağışlı dönemi temsil eden pozitif indis değerlerindeki artıştan büyük olmuştur. Sonuç olarak, 17960-Horosan istasyonunda kuraklık şiddetinin artacağı söylenebilir. İstasyonun yer aldığı bölgede ilerleyen zamanlarda kuraklığın değerlendirilmesi ve kuraklık önlemlerin planlanmasının yapılması önerilmektedir.



Şekil 4. 27. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17690- Horasan)

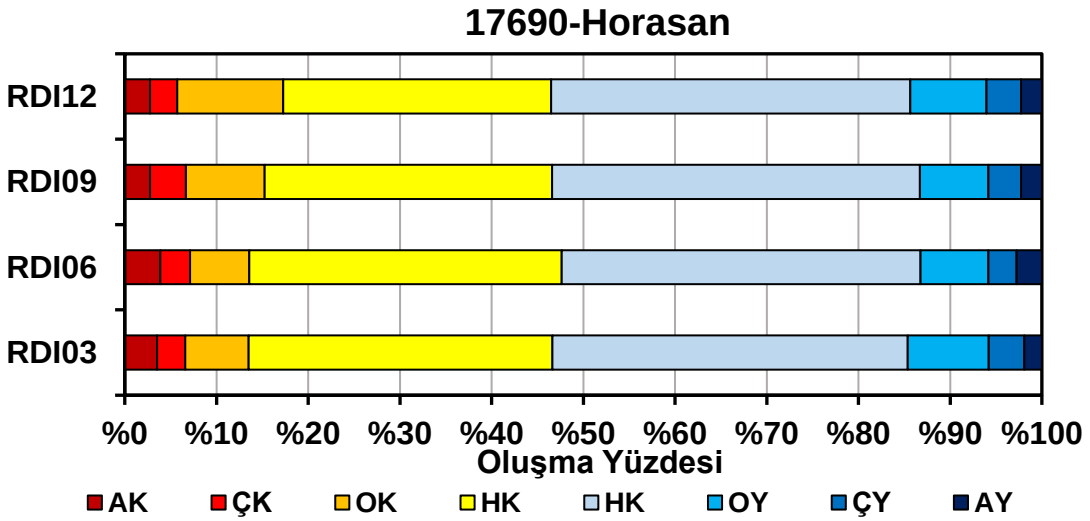
Şekil 4.28.'de, 17690-Horasan istasyonunda RDI03, RDI06, RDI09 ve RDI12 indis değerlerinin değişimi sunulmuştur. 17690-Horasan istasyonunda RDI03 indis değerlerinde genellikle kurak ve yağışlı dönemlerin birbirini takip ettiği ve yağışlı dönemin genellikle daha uzun sürdüğü görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kurak ve yağışlı geçen zaman periyotları oldukça uzamakta ve bu sınıflar arasındaki geçişler belirginleşmektedir. Tüm zaman ölçeklerinde en büyük pozitif indis değerleri +3'ten küçük olurken, en küçük negatif değer ise –3'ten küçük olmuştur. RDI03, RDI06, RDI09 ve RDI12 indis değerlerinde 2002-2011 yılları arasında istasyonda yağışlı dönem yaşandığı görülmektedir. 2011 yılından sonra ise kuraklığın belirgin şekilde kendini gösterdiği, en büyük şiddetinin de son yıllarda

yaşandığı anlaşılmaktadır. Kuraklığın en şiddetli olduğu yıllar 2011, 2018 ve 2020'dir. RDI yönteminin sonuçlarının genel olarak değerlendirilmesinden, elde edilen sonuçların SPI yöntemiyle benzer olduğu ve 17960-Horosan istasyonunun son yıllarda kuraklık etkisinde bulunduğu ve kuraklık şiddetinin yakın geçmişte arttığına ulaşılmaktadır.



Şekil 4. 28. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17690- Horasan)

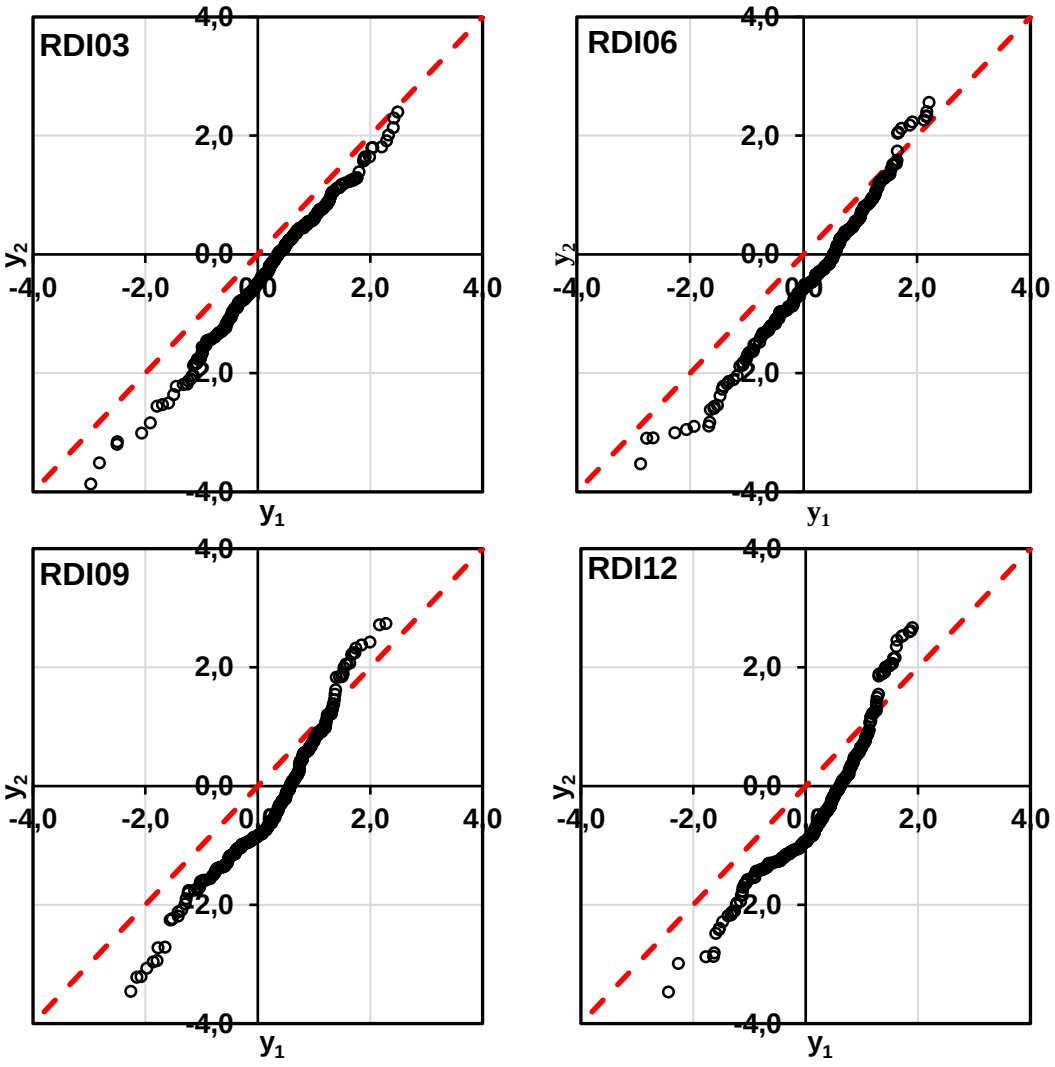
Şekil 4.29.'da, 17690-Horasan istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI03, RDI06, RDI09 ve RDI12 indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde yağışlı dönem oluşumu %50'den fazla olmuştur. Horasan istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir. Zaman ölçeği arttıkça istasyonda meydana gelen HK sınıfın oluşma yüzdesi azalmış ve AK, ÇK ve OK sınıfların toplam oluşma yüzdesi artmıştır. Bunun yanında kuraklık açısından dikkate alınması gereken sınıflar olan AK ve ÇK sınıfların oluşma yüzdeleri toplamında zaman ölçeğinin değişmesiyle kayde değer bir değişim olmamıştır.



Şekil 4. 29. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17690- Horasan)

17690-Horasan istasyonunda RDI03, RDI06, RDI09 ve RDI12 indis değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.30.'da verilmiştir. RDI03 indis değerlerinde elde edilen tüm değerlerde azalan trend görülmüştür. Bu zaman ölçeğinde indis değerinin azalmasıyla meydana azalma trnedi büyümektedir. RDI06, RDI09 ve RDI12 indis değerlerinde ise RDI>1 olduğu indis değerlerinde artan trend söz konusudur. Kurak sınıfında bulunan indis değerlerinde ise belirgin bir azalma eğilimi dikkat çekmektedir. Elde edilen indis değerlerinin trendinin genel olarak değerlendirilmesinden kurak dönemi ifade eden negatif değerlerinde azalma eğilimi dikkat çekerken, yağışlı dönemi temsil eden ve özellikle OY sınıftan daha büyük indis değerlerindeki artış eğilimi göze çarpmaktadır. Kuraklık açısından

değerlendirildiğinde negatif indis değerlerinde meydana gelen azalma eğilimi kuraklık şiddetinin ve etkisinin bu istasyonda da artacağı sonucunu ortaya çıkarmaktadır. SPI ve RDI yöntemleriyle elde edilen indis değerlerindeki değişimin zamansal değişimde olduğu gibi genel olarak paralellik göstediği belirlenmiştir.



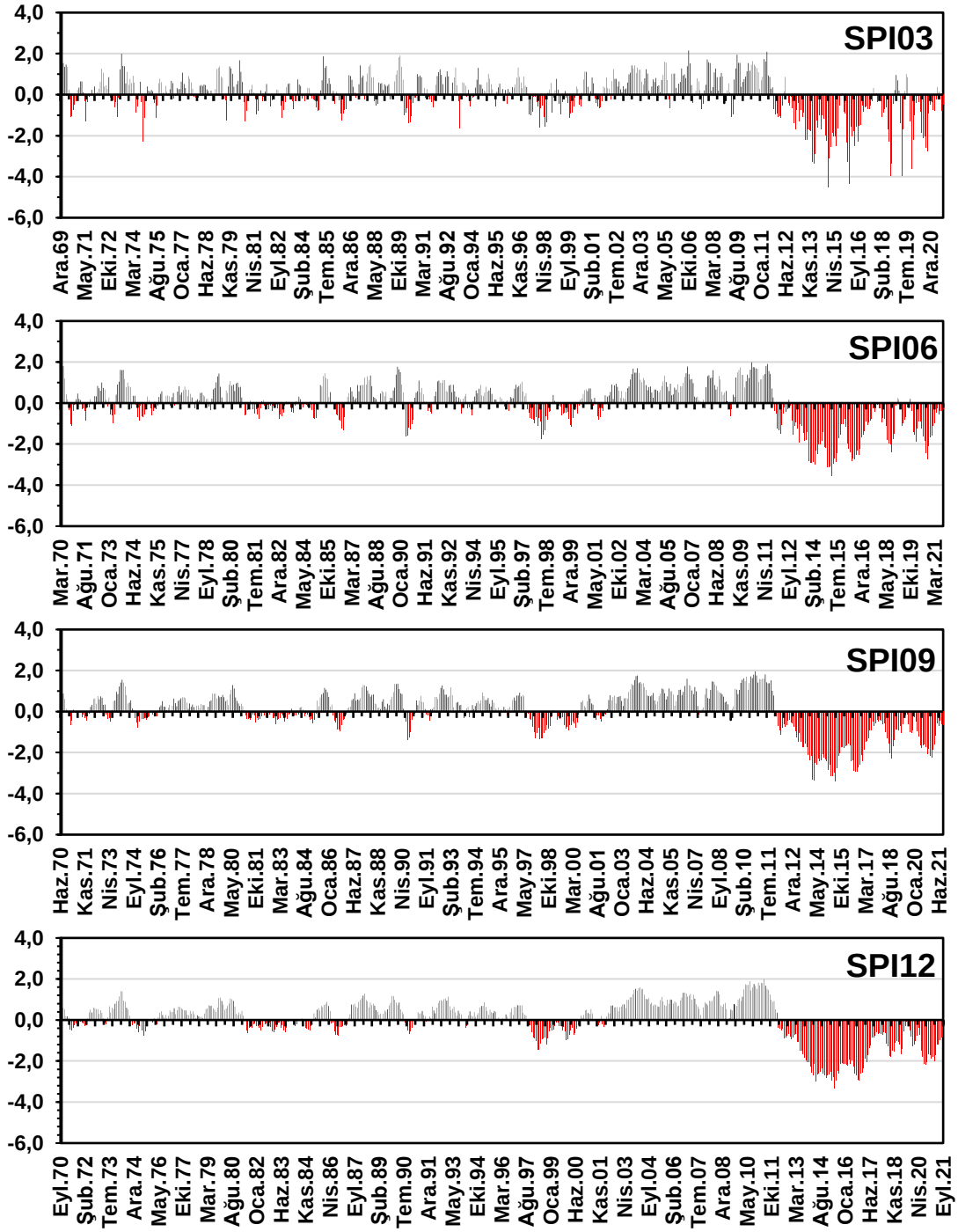
Şekil 4. 30. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17690- Horasan)

4.1.6. 17692-Sarıkamış İstasyonu Kuraklık Analizi

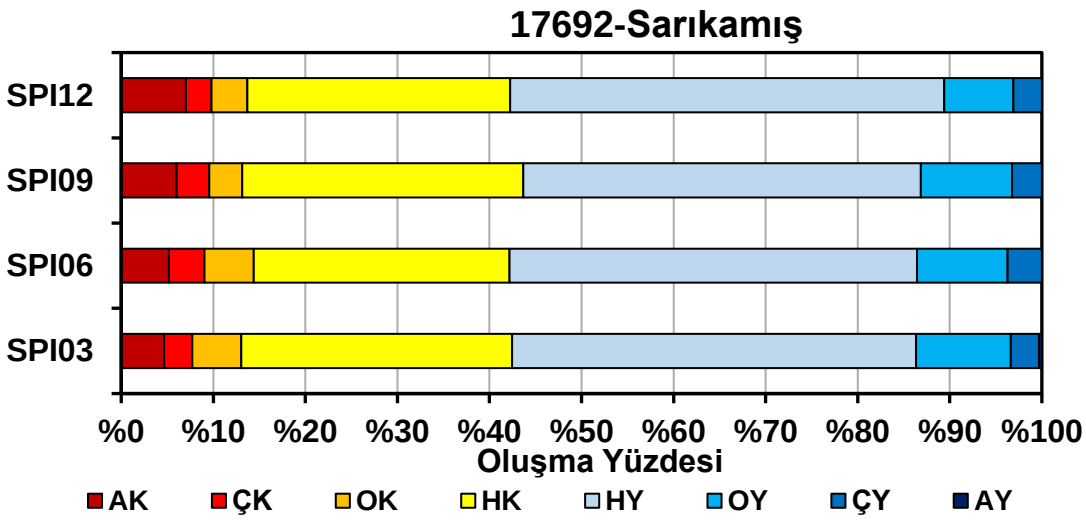
17692-Sarıkamış istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin değişimi Şekil 4.31.'de verilmiştir. 17692-Sarıkamış istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde kısa süren kuraklık sonrasında genelikle kurak döneme göre daha uzun süre yağışlı dönemlerin yaşandığı görülmektedir. Zaman

ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık ve yağış oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 2001-2011 yılları arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı (en uzun yağışlı dönem) anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 2011-2021 yılları arasında ise kuraklığın oldukça belirgin ve şiddetinin büyük olduğu görülmektedir. En şiddetli kuraklık 2015 yılında meydana gelmiş ve daha sonraki yıllarda -2'den küçük indis değerleri hesap edilmiştir. Bunun yanında oldukça uzun ve yağışlı geçtiği verilen şekillerden görülen istasyonda yağışlı dönemlerde elde edilen indis değerleri +2'nin altında kalmıştır. Sonuç olarak her ne kadar yağışlı olasa da istasyonda yaşanan kuraklıkların oldukça şiddetli olduğu, buna karşılık yağışlı dönemlerin ise şiddetinin az olduğu belirlenmiştir.

Şekil 4.32.'de 17692-Sarıkamış istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde toplam kuraklık oluşumu %50'den az olmuştur. 3, 6 ve 12- aylık zaman ölçeği için kuraklık oluşum %42, 9 aylık zaman ölçeği için kuraklık oluşum %44 olmuştur. İstasyonda genel olarak yağışlı dönem kurak dönemden daha fazla oluşmuştur. Zaman ölçeğinin artmasıyla istasyonda meydana gelen AK sınıfının meydana gelme yüzdesinin arttığı söylenebilir. 3-, 6-, 9- ve 12-aylık zaman ölçeklerinde AY sınıfı meydana gelmemiştir. Tüm zaman ölçeklerinin ortalamasına göre yaklaşık %44 ile HY en çok oluşan sınıf olmuştur.

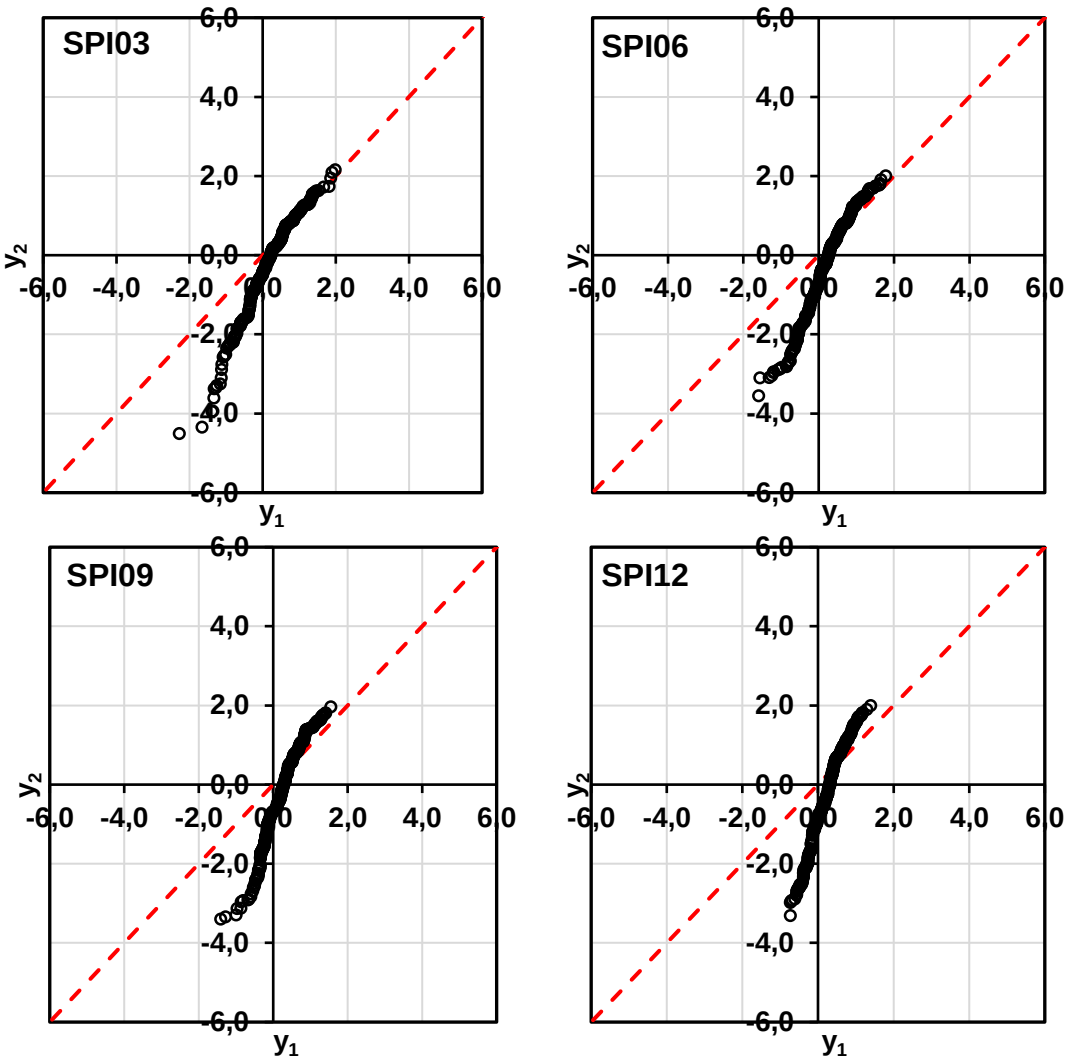


Şekil 4. 31. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17692-Sarıkamış)



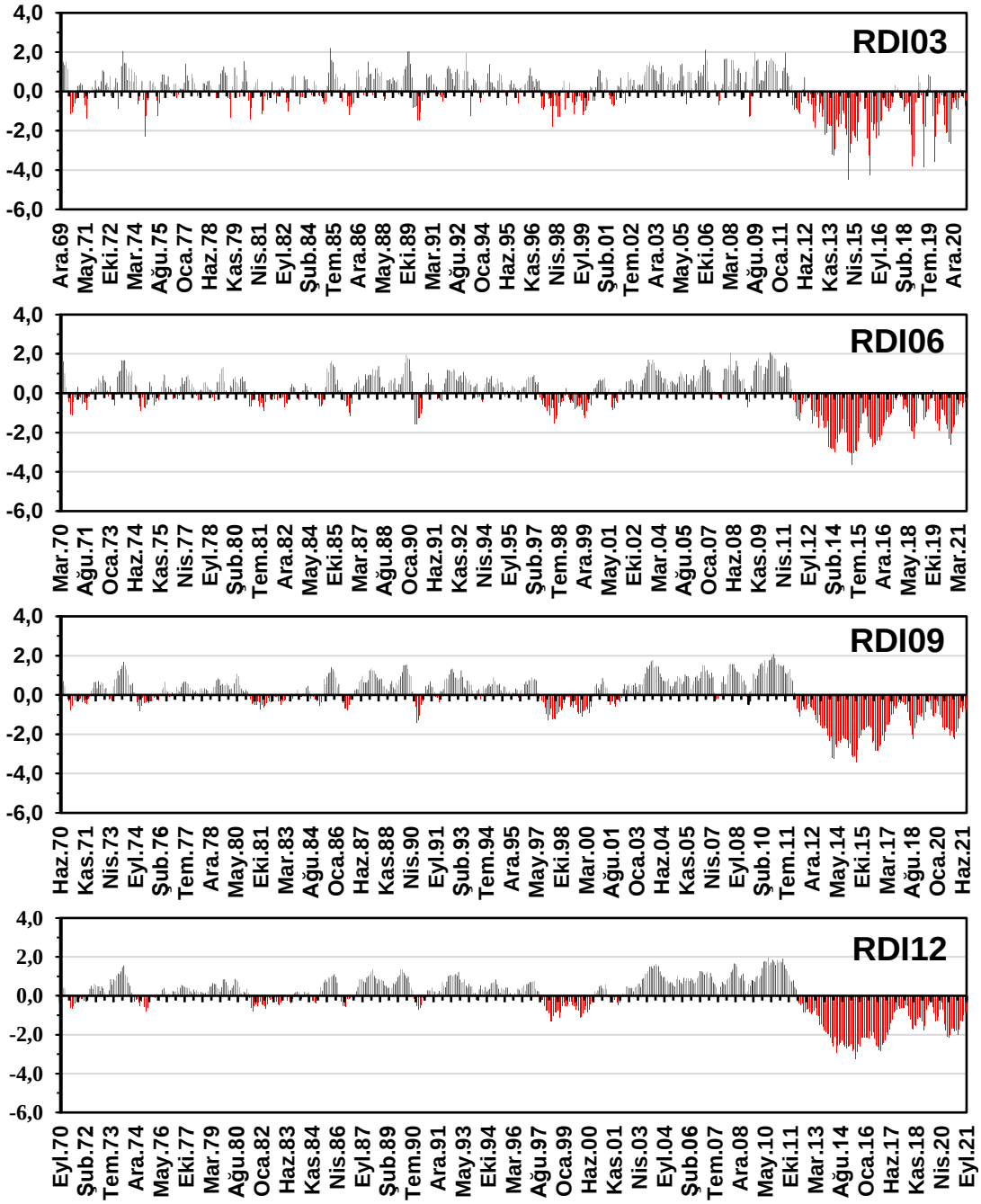
Şekil 4. 32. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17692- Sarıkamış)

17692-Sarıkamış istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.33.'te verilmiştir. Pozitif indis değerlerinde artma trendi görülürken negatif indis değerlerinde azalan trendin varlığı dikkat çekmektedir. SPI değerinin –2'den küçük olduğu durumlarda belirgin bir azalma eğilimi mevcuttur. Zaman ölçeğinin büyümesine paralel olarak yağışlı döneme ait indis değerlerinde yaşanan artma trendinin daha belirginleştiği görülmektedir. Elde edilen indis değerlerinin trendinin genel olarak değerlendirilmesi gerekirse 17692-Sarıkamış istasyonunda yağışlı dönemlerde meydana gelen indis değerlerinin artmasının bölgede taşkın ve sel riski oluşturabileceği, kurak sınıfa ait indis değerlerinde ise AK (SPI<-2) değerlerde ise azalma yanı kuraklığın daha şiddetli yaşanabileceği sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca, 17692- Sarıkamış istasyonunda SPI değerlerinin trend analizi sonuçları 17690- Horasan istasyonuyla oldukça fazla benzerlik göstermektedir.



Şekil 4. 33. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17692- Sarıkamış)

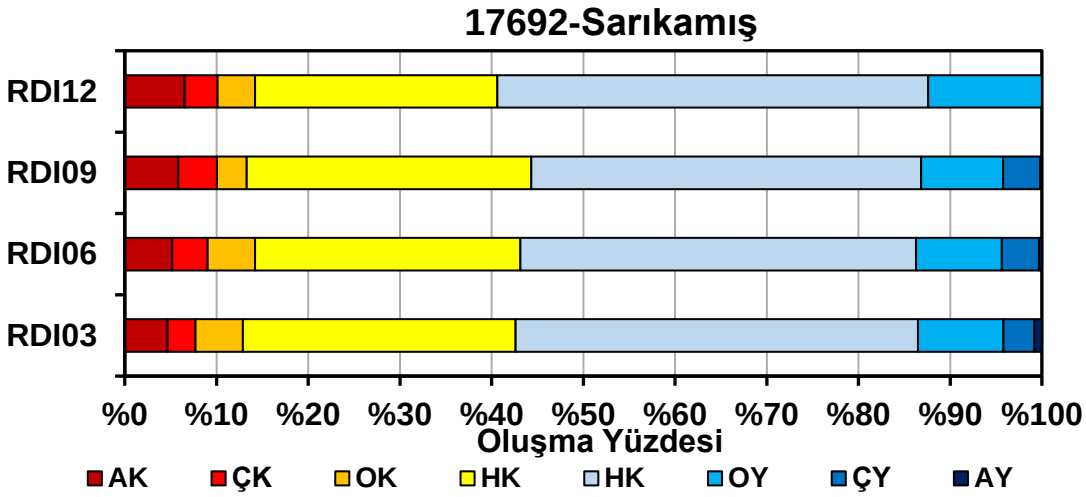
17692-Sarıkamış istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.34.'te verilmiştir. 17692-Sarıkamış istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde kurak ve yağışlı dönemler arasında kısa ve uzun süreli geçişlerin olduğu görülmektedir. RDI değerlerinin zamansal değişiminin SPI değerleriyle oldukça fazla benzerlik göstermektedir. Tüm zaman ölçeklerinde 2001-2011 yılları arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 2011-2021 yılları arasında ise kuraklığın oldukça belirgin ve şiddetinin büyük olduğu görülmektedir. Kuraklığın en şiddetli olduğu yıl 2015'tir.



Şekil 4. 34. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17692- Sarıkamış)

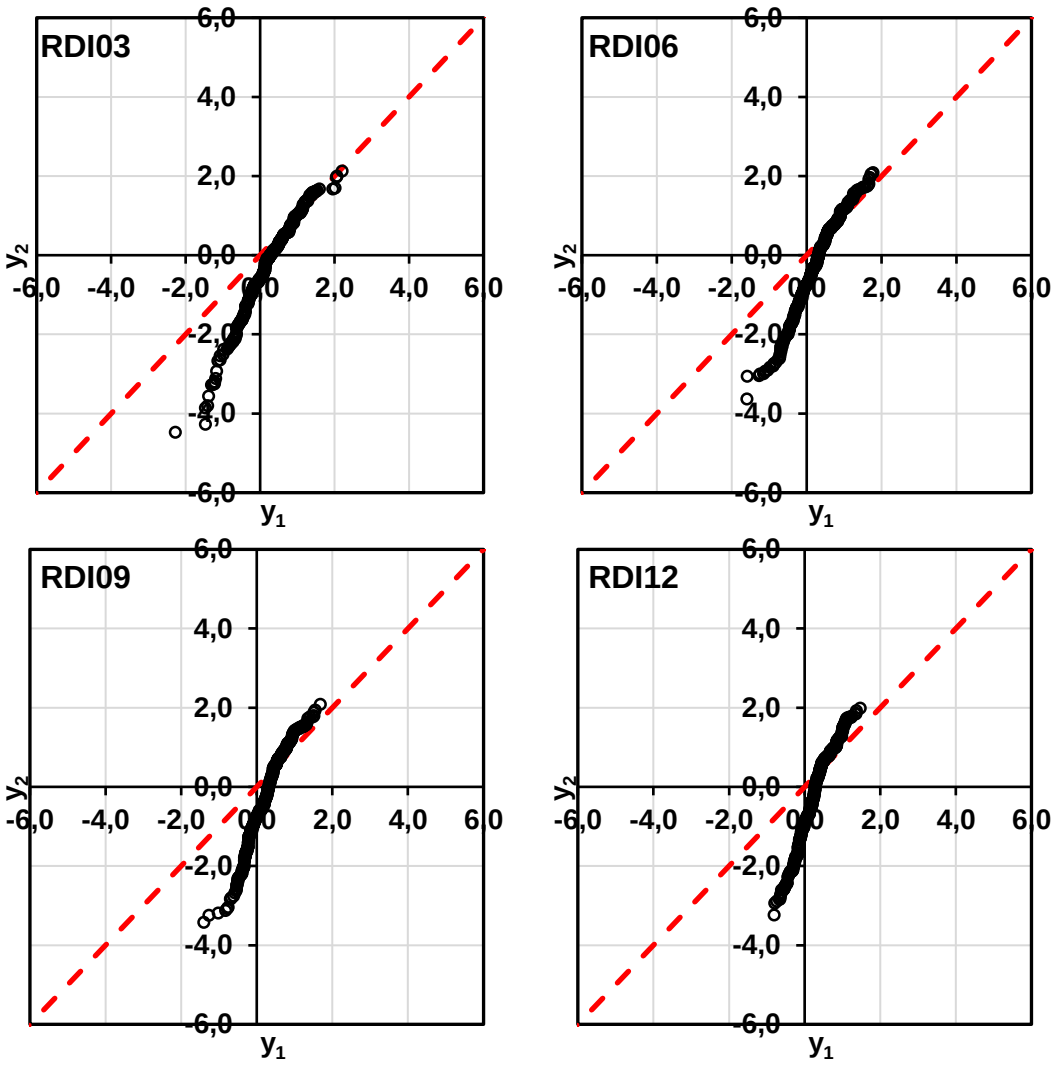
Şekil 4.35.'te 17692-Sarıkamış istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki oluşma yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde toplam kuraklık oluşumunun %50'den az olurken, kuraklık oluşumu RDI03 ve RDI06'da %43, RDI09'da %44 ve RDI12'de %40 olmuştur. Zaman ölçeğinin büyümesiyle istasyonda meydana gelen AK sınıfının

meydana gelme yüzdesinin arttığı söylenebilir. 12 aylık zaman ölçeği için AY ve ÇY sınıfları meydana gelmemiştir.



Şekil 4. 35. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17692-Sarıkamış)

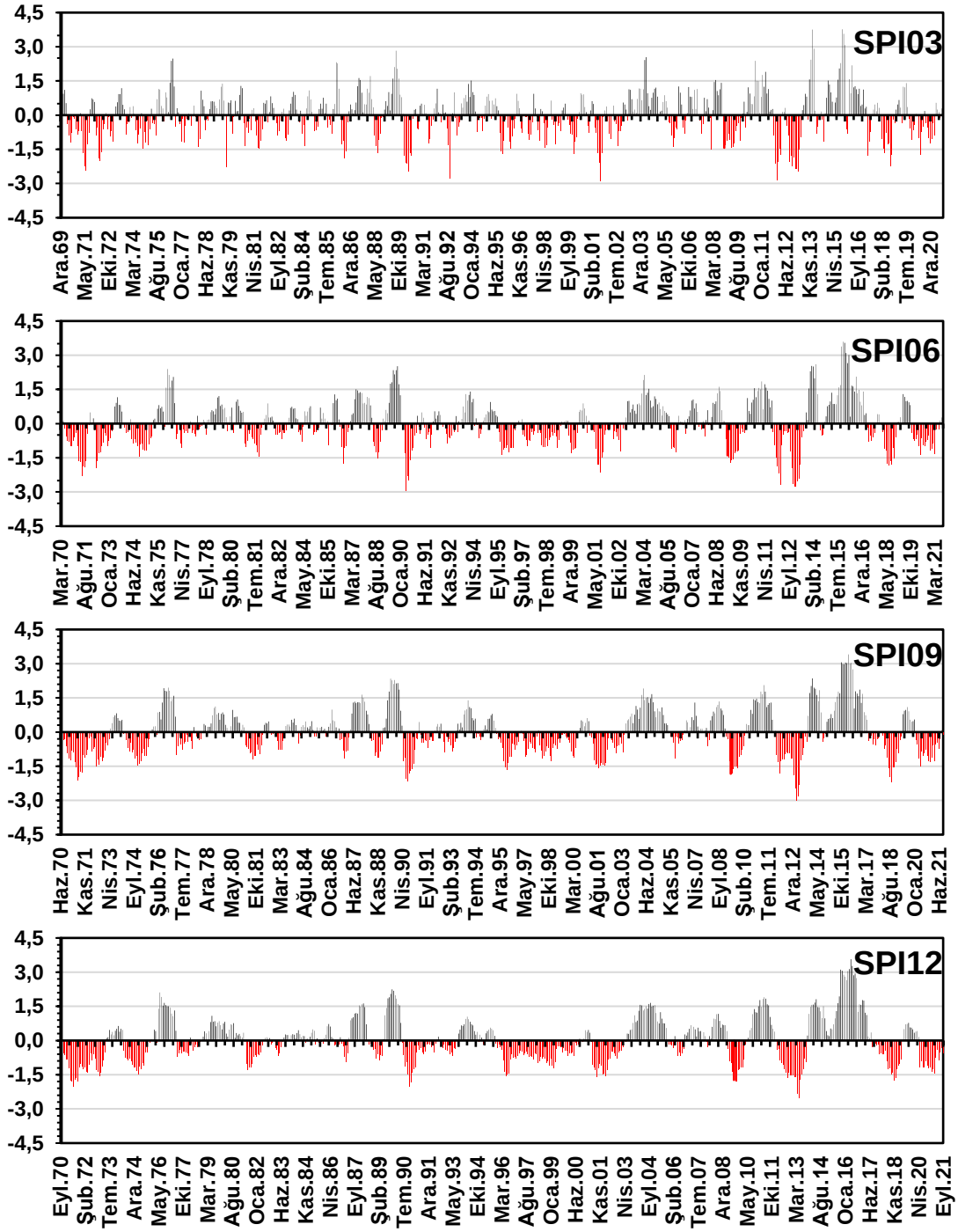
17692-Sarıkamış istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.36.'da verilmiştir. SPI değerlerinde olduğu gibi RDI değerlerinde de benzer trend oluşumu görülmektedir. Bu istasyonda özellikle kurak döneme ait negatif indis değerlerinde meydana gelen azalan trend göze çarpmaktadır. RDI09 ve RDI12'de yağışlı dönemi gösteren ve OY sınıftan daha büyük indis değerlerinde artış trendi söz konusudur. Bunun yanında, kurak ve yağışlı dönemlere ait indis değerlerinin genel değerlendirilmesinden kuraklık şiddetinin artacağı ancak yağışlı dönemlere ait indis değerlerinde kurak döneme ait indis değerlerinde meydana gelen bu azalışa kıyasla daha küçük artışların olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak ele alınan istasyonda kuraklığın gelecek yıllarda ektisini artıracağı düşünülmektedir.



Şekil 4. 36. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17692- Sarıkamış)

4.1.7. 17720-Doğu Beyazıt İstasyonu Kuraklık Analizi

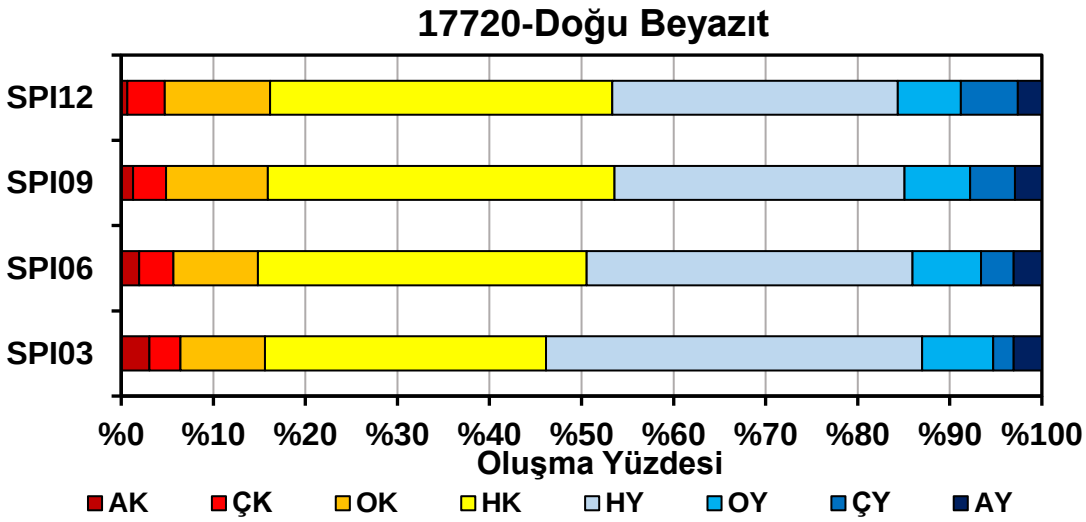
17720-Doğu Beyazıt istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.37.'de verilmiştir. 17720-Doğu Beyazıt istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde yağışlı ve kurak dönemlerin genel olarak birbirini takip ettiği ve genel olarak dengede olduğu görülmektedir. Verilen şekillerden görüldüğü üzere en şiddetli yağışlı dönem 2013-2017 yılları arasında yaşanmıştır. Ayrıca, son yıllarda yaşanan yağışlı dönemler daha uzun sürmüştür. En şiddetli kuraklık ise 2013 yılında meydana gelmiştir.



Şekil 4. 37. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17720-Doğu Beyazıt)

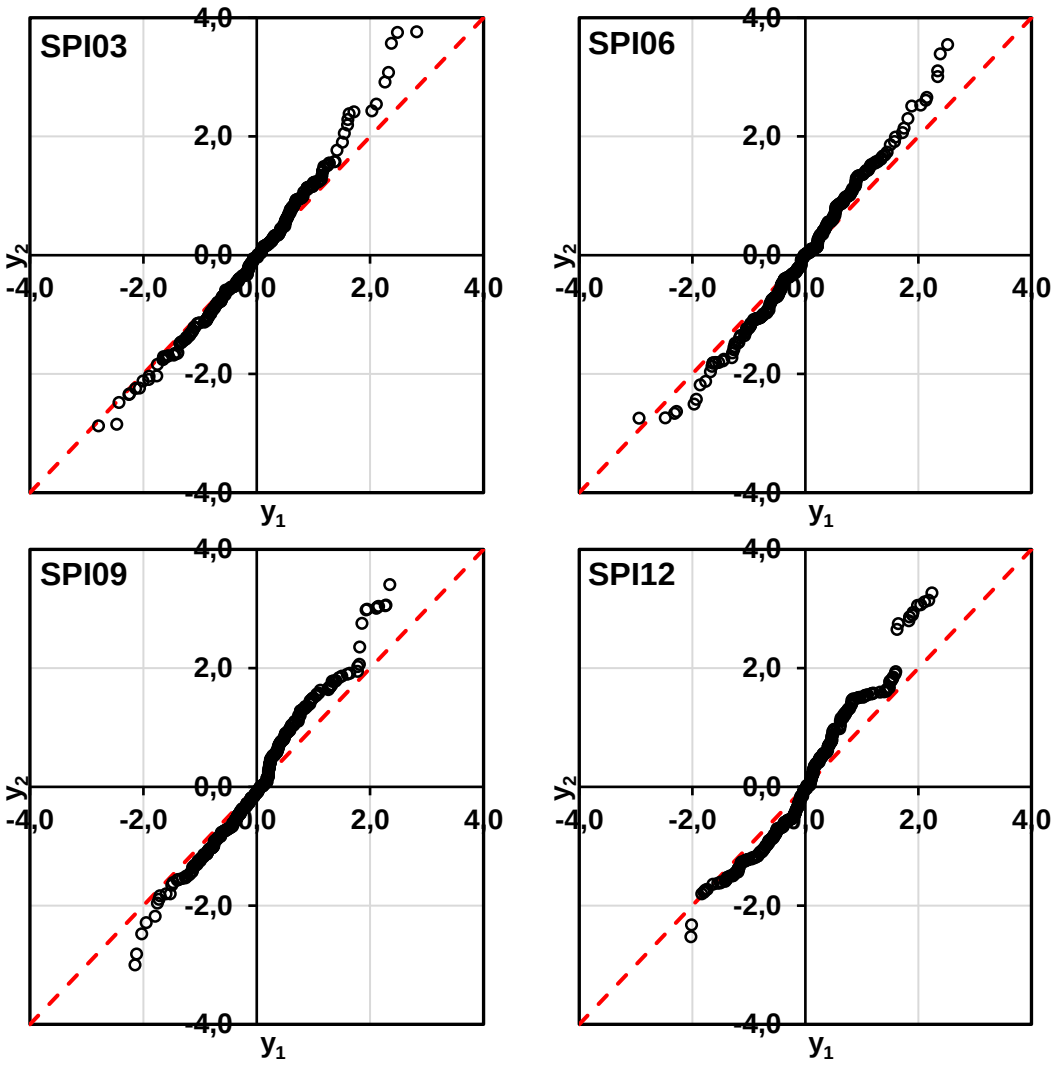
Şekil 4.38.'de 17720-Doğu Beyazıt istasyonunda SPI03, SPI06, SPI09 ve SPI12 değerlerinde farklı kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri verilmiştir. SPI03 dışında diğer zaman ölçeklerinde kurak sınıfların toplam oluşma yüzdesi %50'den daha büyük olmuştur. SPI03 için kurak dönem oluşumu %46, SPI06 için kurak dönem

oluşumu %51, SPI09 için kurak dönem oluşumu %54 ve SPI12 için kurak dönem oluşumu %53 olmuştur. Zaman ölçeğinin büyümesiyle genel olarak kuraklık oluşum yüzdeleri artmıştır. Ancak, AK oluşum yüzdesi azalmıştır. Bunun yanında zaman ölçeğinin büyümesiyle AY'dan ÇY'a geçişler görülmektedir. Ayrıca, bu istasyonda tüm zaman ölçeklerinde HK ve HY sınıfın en büyük oluşma yüzdesine sahip olduğu görülmektedir.



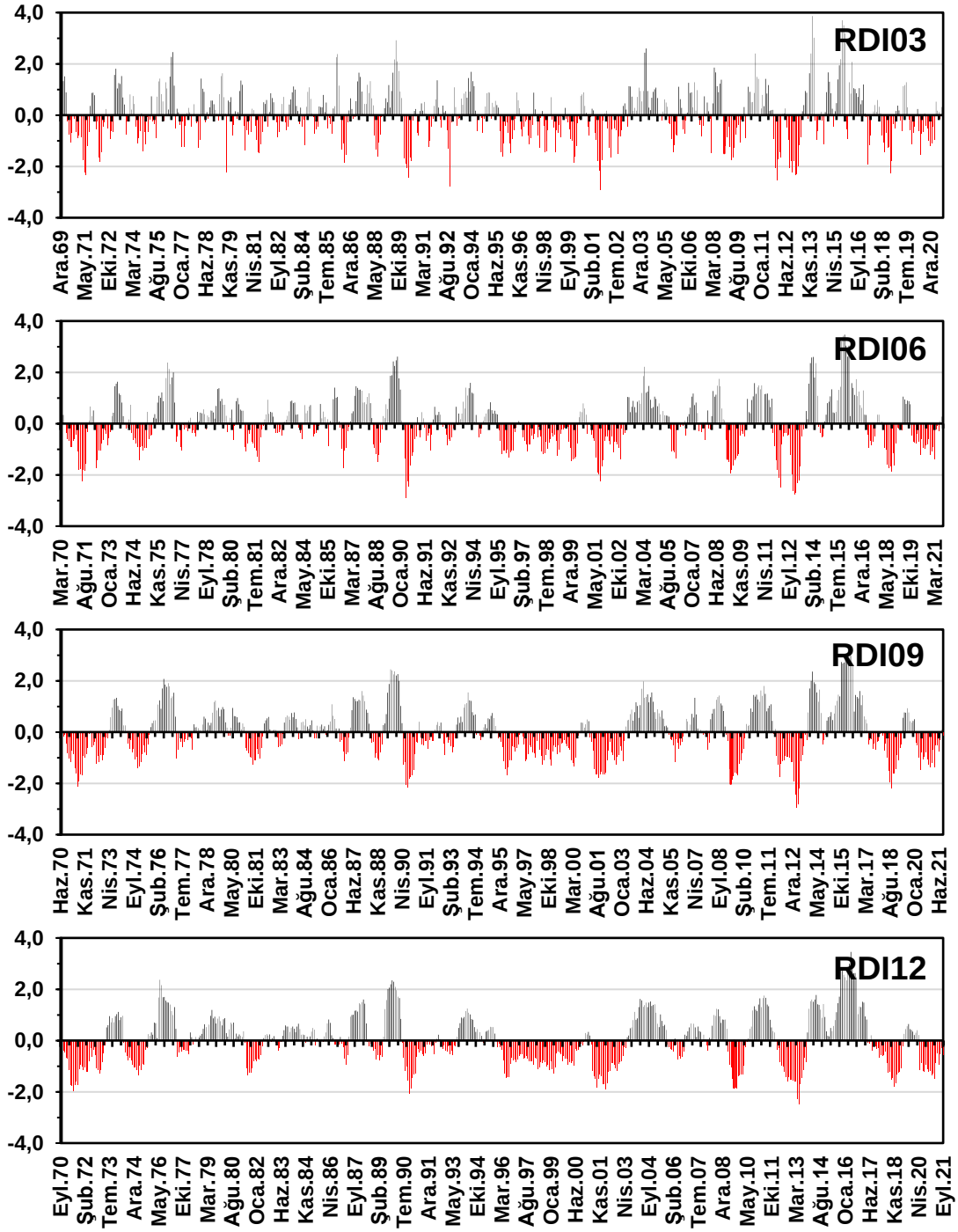
Şekil 4. 38. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17720- Doğu Beyazıt)

Şekil 4.39'da, 17720-Doğu Beyazıt istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI değerlerinin İTA yöntemi sonuçları verilmiştir. 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerleri için 0.5'ten büyük SPI değerinde artan trend, -0.5'ten küçük SPI değerinde ise azalan trend belirlenmiştir. Zaman ölçeğinin artmasıyla kuraklık sınıfındaki indis değerlerinde azalma miktarı daha belirgin olmuştur. 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin trendleri de 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerine benzer trend görülmektedir. Trend analizi sonucunda bölgede aşırı yağışlı (SPI>2) sınıfında artan yönde, aşırı kurak (SP<-2) sınıfında azalan yönde trend belirlenmiştir. Ayrıca, AK sınıfında azalan yönde trend daha dikkat çekicidir. Sonuç olarak istasyonun bulunduğu bölgede meydana gelebilecek sel ve taşkın gibi afetlerin daha şiddetli yaşanacağı söylenebilir.



Şekil 4. 39. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17720-Doğu Beyazıt)

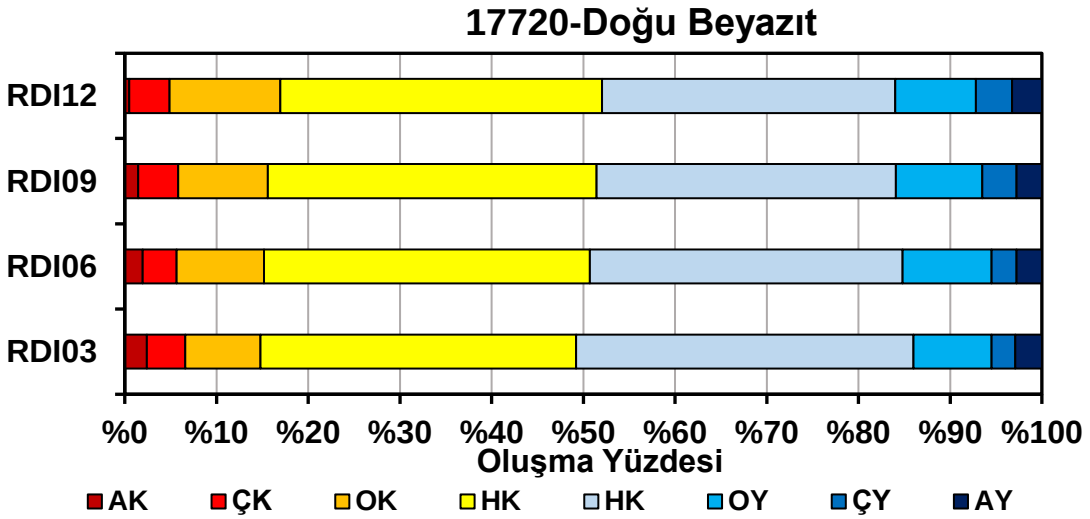
17720-Doğu Beyazıt istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.40.'ta verilmiştir. 17720-Doğu Beyazıt istasyonunda kısa zaman ölçeklerinde kısa ve uzun süreli dalgalanmalar görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık ve yağış oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde 2008 yılından itibaren en uzun kurak dönem yaşanmıştır. 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde en küçük indis değeri 2013 yılında tespit edilmiştir.



Şekil 4. 40. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17720- Doğu Beyazıt)

Şekil 4.41.'de 17720-Doğu Beyazıt istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde kurak sınıfların toplam oluşma yüzdesi yağışlı dönemlerin toplamından daha büyük olmuştur. Kuraklık oluşumu 3 aylık

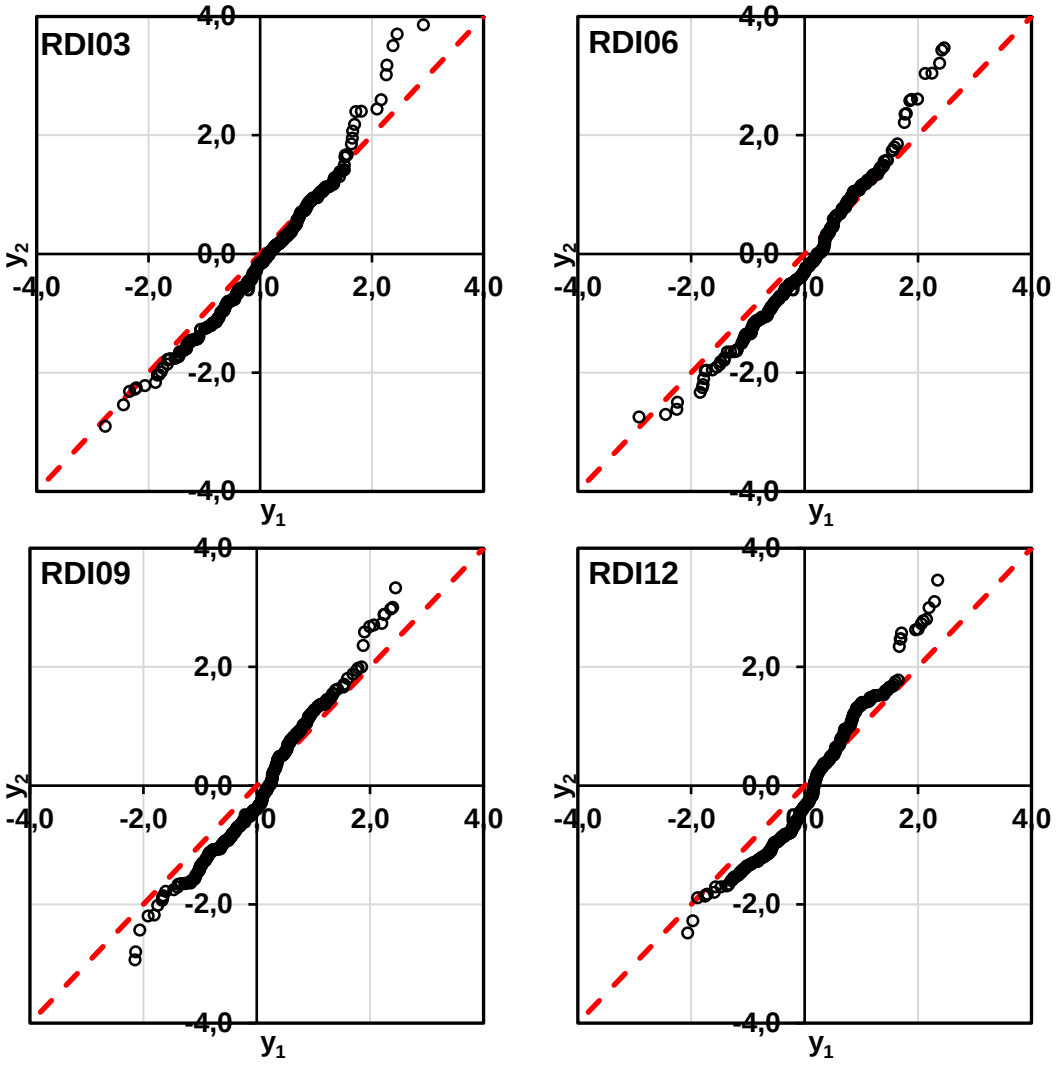
zaman ölçeği için %50, 6 aylık zaman ölçeği için %51, 9 aylık zaman ölçeği için %51 ve 12 aylık zaman ölçeği için %52 olarak elde edilmiştir. Zaman ölçeğinin artmasıyla genel olarak toplam kuraklık oluşum yüzdesi artmıştır. Ancak, AK sınıfın oluşma yüzdesi azalmış, AY sınıfın oluşma yüzdesi artmıştır. İstasyonda tüm zaman ölçeklerinde HK ve HY sınıfın en büyük oluşma yüzdesine sahip olduğu görülmektedir. Sonuç olarak ele alınan zaman periyodunda kuraklık oluşumu yüksek olsa da kuraklık şiddetinin azaldığı ve yağış şiddetinin arttığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4. 41. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17720-Doğu Beyazıt)

17720 Doğu Beyazıt istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI indis değerlerinin grafiksel Şen yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi grafikleri Şekil 4.42'de verilmiştir. 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerleri için 0.5'ten büyük SPI değerinde artan trend, -0,5'ten küçük RDI değerinde ise azalan trend belirlenmiştir. Zaman ölçeğinin artmasıyla kuraklık sınıfındaki indis değerlerinde azalma miktarı daha belirgin olmuştur. 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin trendleri de 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerindekine benzer trend görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla özellikle pozitif indis değerlerinde artan trend daha belirgin hale gelmiştir. Trend analizi sonucunda bölgede aşırı yağışlı (RDI>2) sınıfında artan yönde, aşırı kurak (RDI<-2) sınıfında azalan yönde trend belirlenmiştir. Ayrıca, AK sınıfında azalan yönde trend daha dikkat çekçidir. Sonuç olarak negatif indis değerlerinde azalma, pozitif indis değerlerinde artan trend

belirlenmiştir. Buradan bölgede meydana gelebilecek kuraklık, sel, taşkın gibi afetlerin daha şiddetli yaşanacağı söylenebilir.



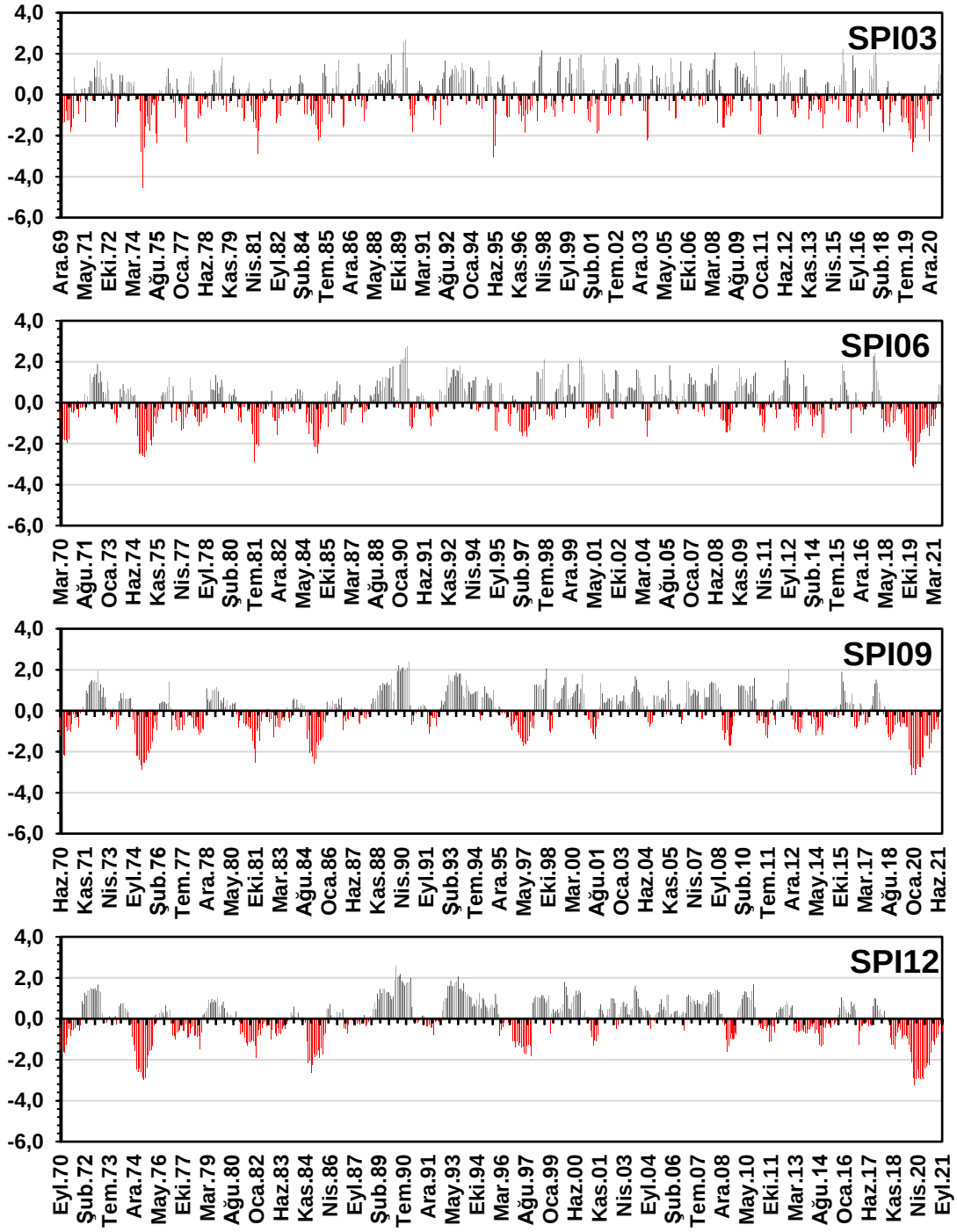
Şekil 4. 42. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17720- Doğu Beyazıt)

4.2.Çoruh Havzası Kuraklık Analizi

4.2.1. 17045-Artvin İstasyonu Kuraklık Analizi

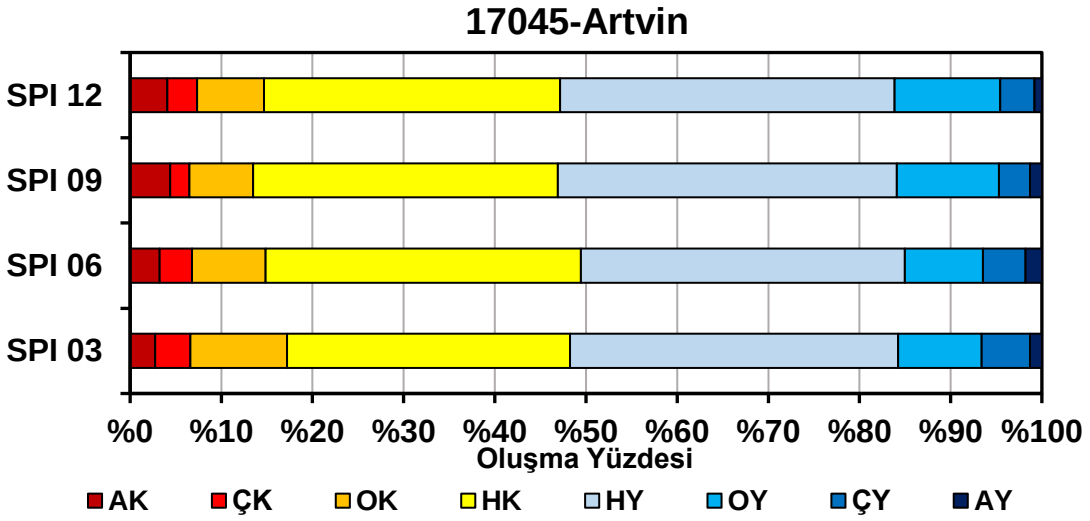
17045-Artvin istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.43.'te verilmiştir. 17045-Artvin istasyonunda 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde kurak ve yağışlı dönemler arasında geçiş oldukça kısa zaman içinde gerçekleşirken zaman ölçeğinin büyümesiyle bu geçiş

süresinde artış meydana gelmiş ve böylece yağışlı ve kurak dönemler daha belirgin yaşanmıştır. 17045-Artvin istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde son yıllarda kuraklığın yaşandığı verilen şekillerden anlaşılmaktadır.



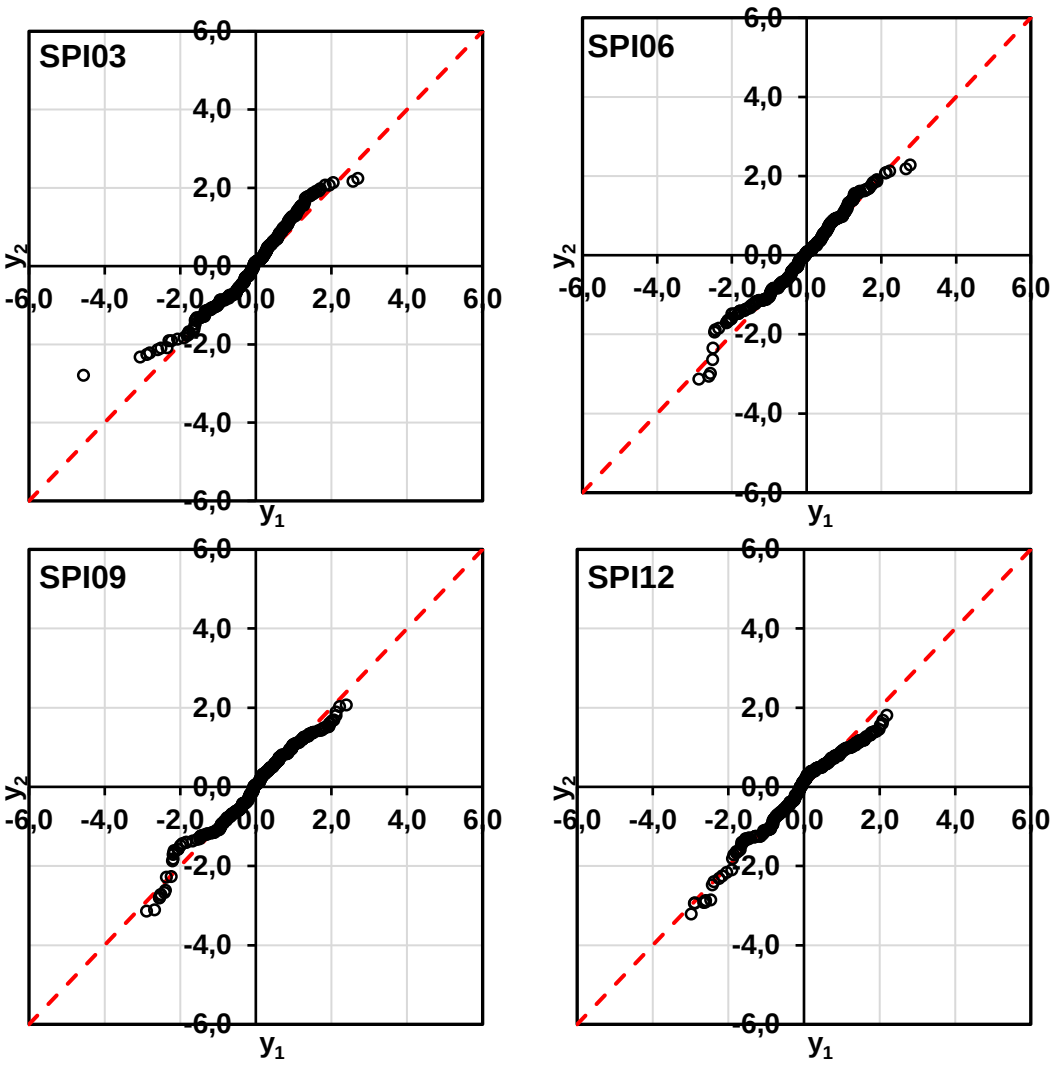
Şekil 4. 43. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17045-Artvin)

Şekil 4.44.'te 17045-Artvin istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3- aylık zaman ölçeğinde kuraklık oluşum yüzdesi %48, 6- aylık zaman ölçeğinde kurak dönem oluşumu %49 olmuştur. 9- aylık ve 12- aylık zaman ölçeklerinde ise kurak dönem oluşumu %47'dir. Genel olarak tüm zaman ölçeklerinde kuraklık oluşumu % 50'den daha az olmuştur. Her ne kadar kuraklık oluşum yüzdesi yağışlı indis değerlerinden az olsa da zaman ölçeğinin büyümesiyle ÇK sınıfın oluşum yüzdesi artmış ve ÇY sınıfın oluşma yüzdesi azalmıştır.



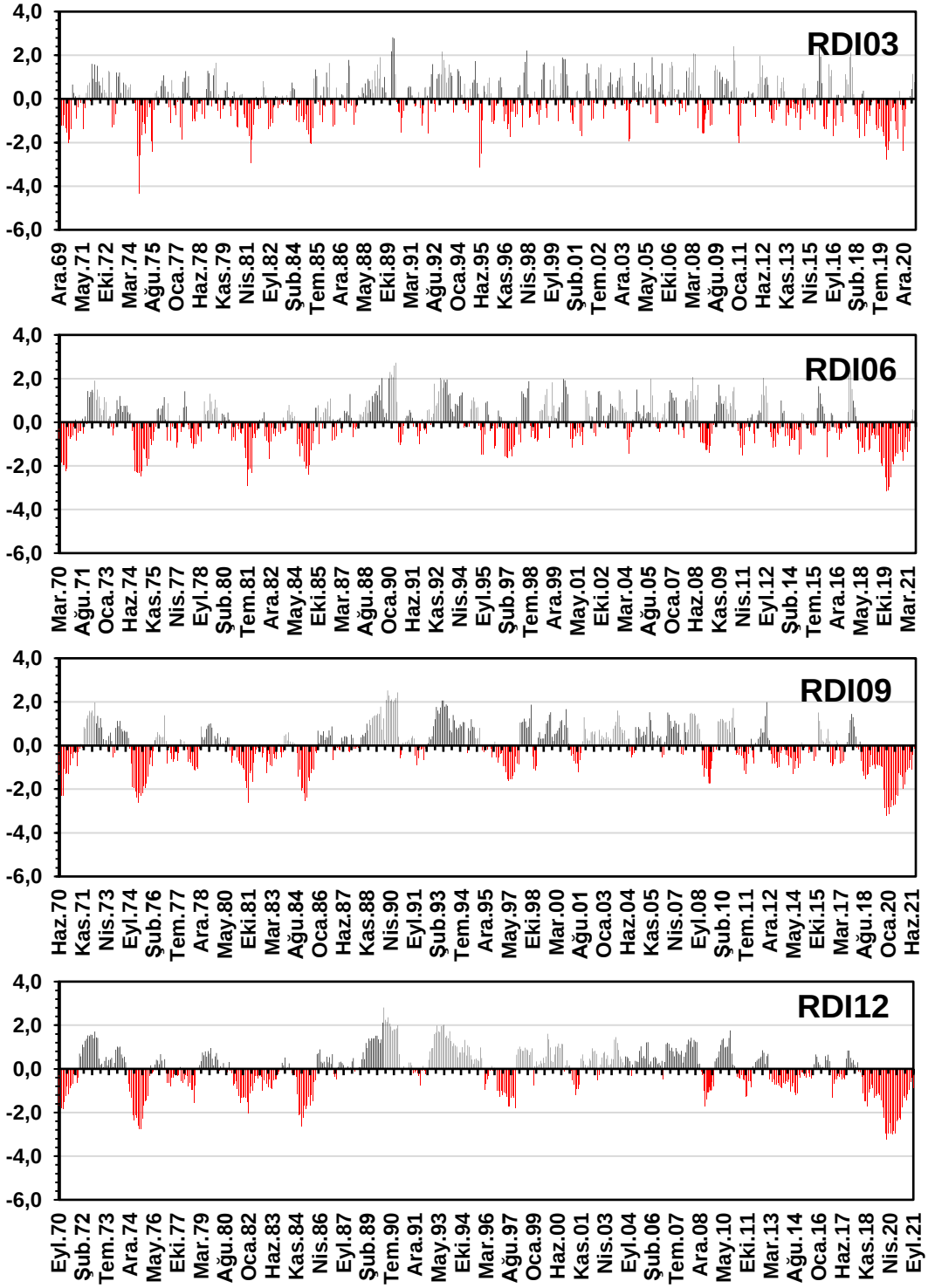
Şekil 4. 44. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17045-Artvin)

17045-Artvin istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI değerlerinin yenilikçi trend analizi sonuçları Şekil 4.45.'te verilmiştir. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen indis değerlerinin trend analizi sonuçlarından bu istasyonda belirgin bir trend varlığından söz etmek mümkün değildir. Ancak, 9 ve 12 aylık SPI değerlerinde indis değerlerinin +1'den büyük olduğu durumlarda azalan trend görülmektedir.



Şekil 4. 45. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17045- Artvin)

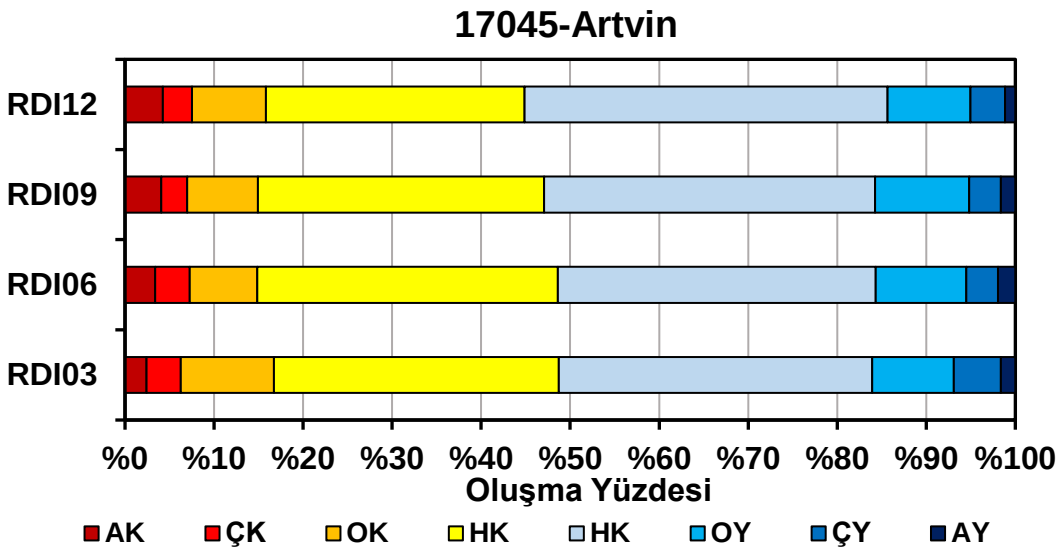
17045-Artvin istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin değişimi Şekil 4.46.'da verilmiştir. 17045 Artvin istasyonunda 3 ve 6 aylık kısa zaman ölçeğinde indis değerleri 0'ın altında ve üstünde çok fazla değişkenlik göstermektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık ve yağış oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 1988-1995 yılları arasında istasyonda yağışlı dönemin varlığı söz konusudur. 2017 yılından sonra kurak dönemin varlığı belirgin bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4. 46. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17045- Artvin)

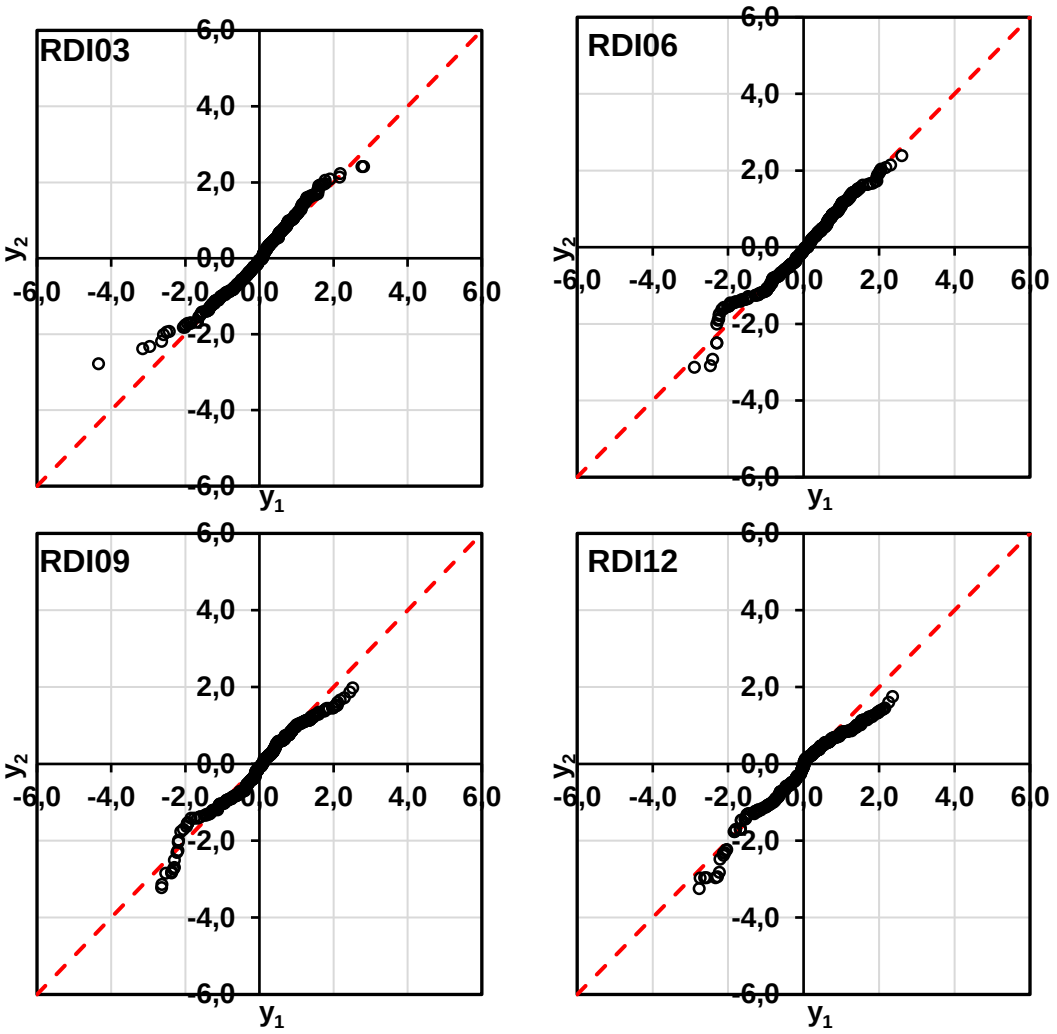
Şekil 4.47.'de 17045-Artvin istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3 aylık zaman ölçeğinde kurak dönem oluşumu %49, 6 aylık zaman

ölçeğinde kurak dönem oluşumu %48 ve 9 aylık zaman ölçeğinde kurak dönem oluşumu %46'dir. 12 aylık zaman ölçeğinde ise kurak dönem oluşumu %44 olmuştur. Zaman ölçeği arttıkça AK sınıfın oluşma yüzdesi artmıştır. RDI değerlerinin tüm zaman ölçeklerinde genellikle ±1 aralığında yani HK ve HY sınıfta olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4. 47. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17045- Artvin)

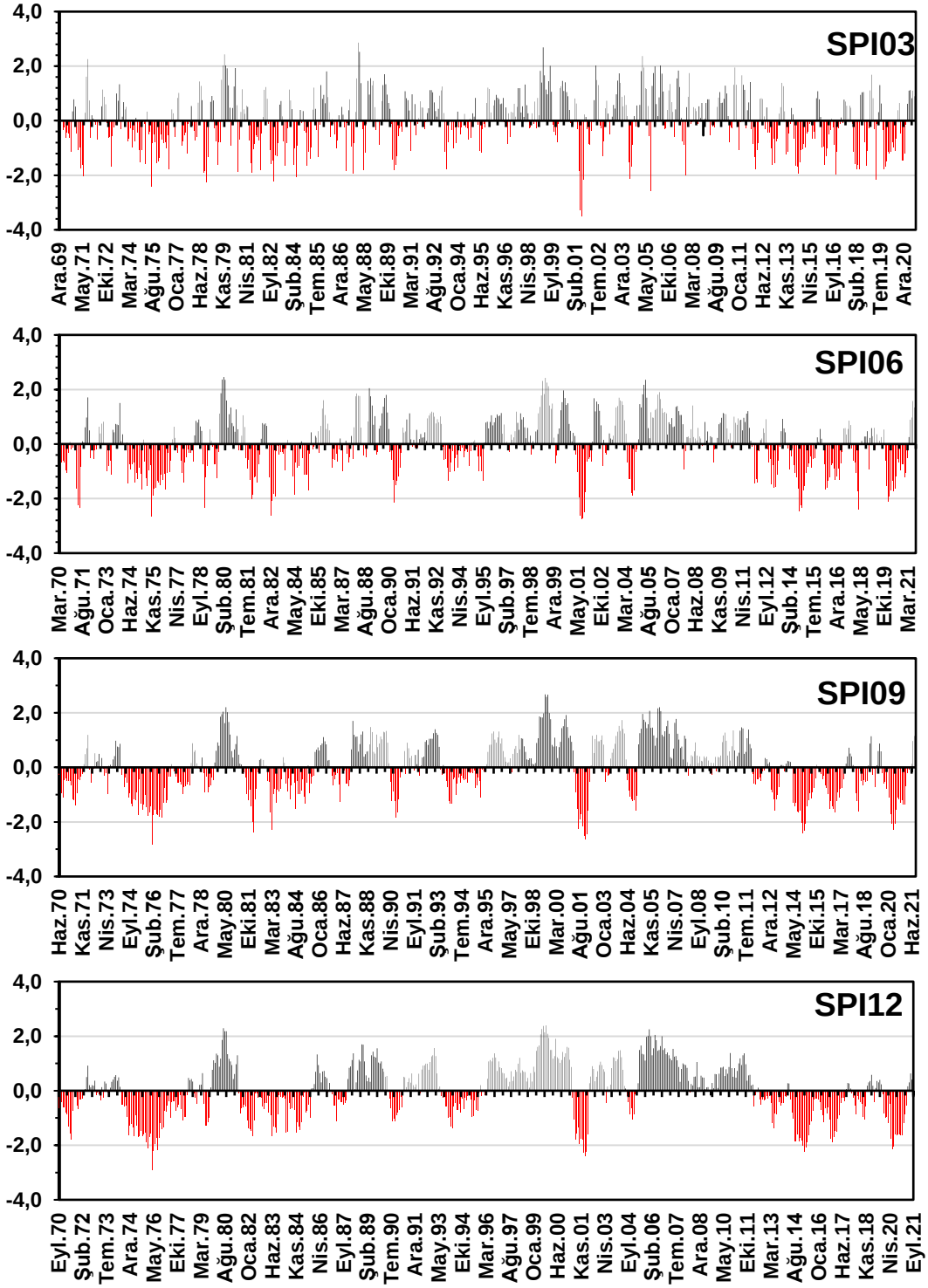
17045-Artvin istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI değerlerinin yenilikçi trend analizi sonuçları Şekil 4.48.'de verilmiştir. 3- ve 6- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerleri için yağışlı dönemlere ait indis değerlerinde belirgin bir trend varlığından söz edilemez iken, RDI 03'te -2'den küçük indis değerlerinde ise artan trend belirlenmiştir. Zaman ölçeğinin artmasıyla +2'den büyük indis değerlerinde azalan trend elde edilmiştir. RDI 12'de -2'den küçük indis değerlerinde belirgin olarak azalan trendin olduğu dikkat çekmektedir.



Şekil 4. 48. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17045-Artvin)

4.2.2. 17089-Bayburt İstasyonu Kuraklık Analizi

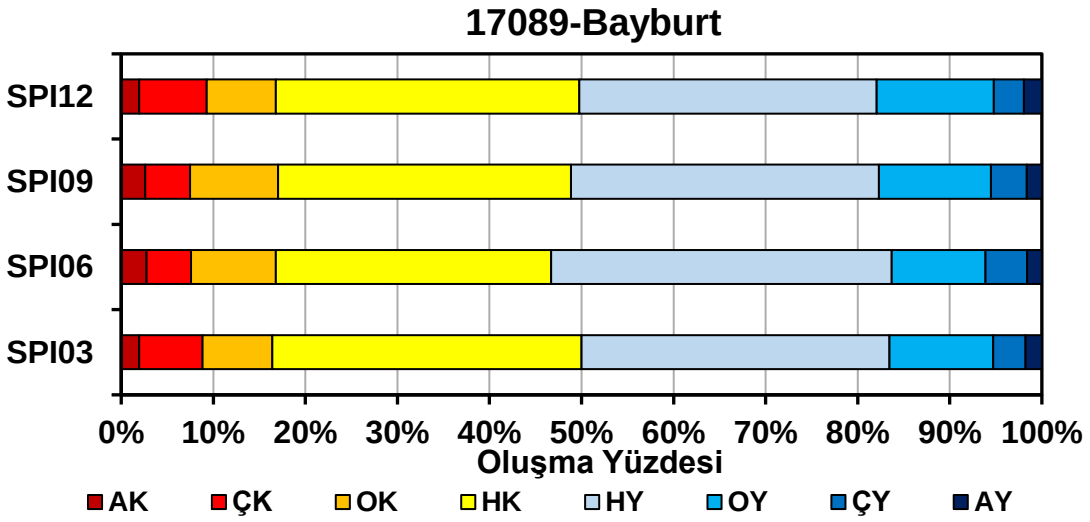
17089-Bayburt istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.49.'da verilmiştir. 17089 Bayburt istasyonunda 3 aylık zaman ölçeğinde kurak dönemlerin belirgin olmadığı, bununla birlikte zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin belirginleştiği görülmektedir. Ayrıca, tüm zaman ölçeklerinde yağışlı dönemlere ait indis değerlerinin çoğunlukla +2'den küçük olduğu söylenebilir. Tüm zaman ölçeklerinde 1995-2001 ve 2005-2013 yılları arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 1973-1978, 1981-1986, 2013-2021 yılları arasında ise kuraklığın daha belirgin ve şiddetinin büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 4. 49. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17089-Bayburt)

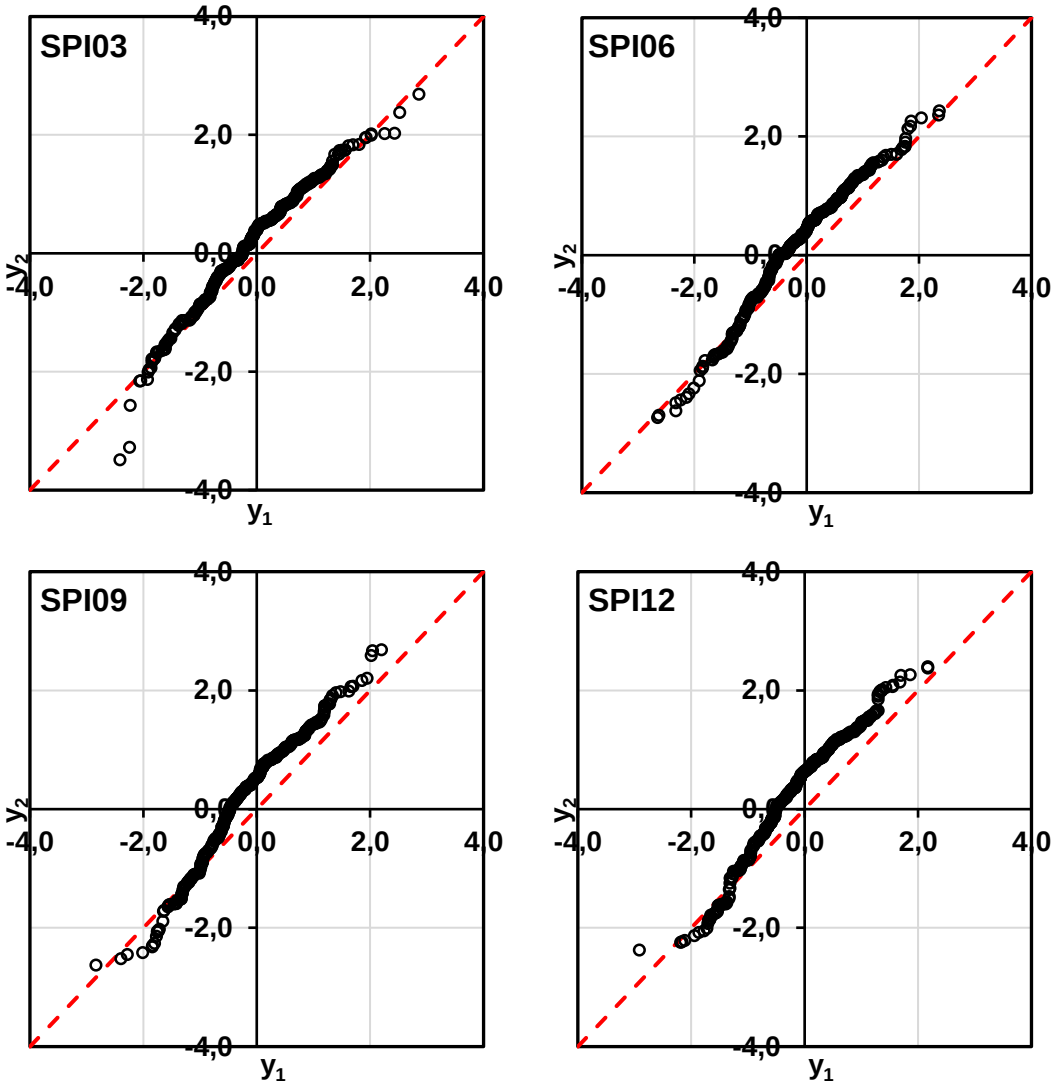
Şekil 4.50.'de 17089-Bayburt istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki oluşma yüzdeleri verilmiştir. Kuraklık oluşumu SPI03 ve SPI12 için %50, SPI06 için %47 iken SPI09 için ise %49

olarak hesap edilmiştir. Sonuç olarak kurak ve yağışlı dönemlerin gerçekleşme oranlarının birbirine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. 17089-Bayburt istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşanmıştır. Zaman ölçeğinin artmasıyla istasyonda meydana gelen HK ve HY sınıfların oluşum yüzdeleri arasında geçişlerin olduğu bu sınıflar dışındaki sınıfların oluşumun yüzdelerininde çok küçük farklılıklar olmuştur.



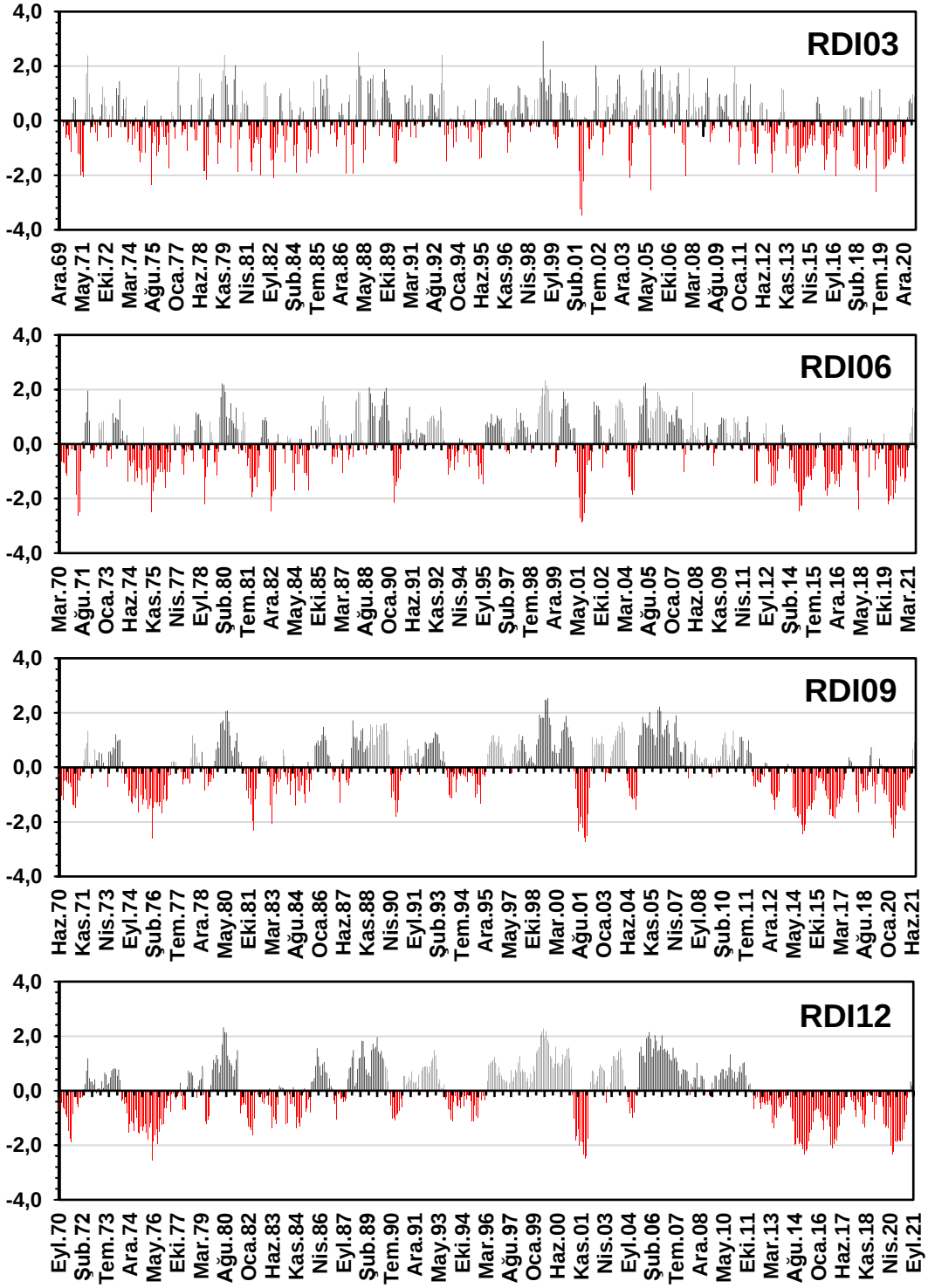
Şekil 4. 50. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17089-Bayburt)

17089-Bayburt istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI indis değerlerinin yenilikçi trend analizi sonuçları Şekil 4.51.'de verilmiştir. Özellikle 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde SPI>-1 olan indis değerlerinde artış trendi görülmektedir. Kurak döneme ait negatif indis değerlerinde belirgin artan veya azalan trend varlığından söz etmek mümkün değildir.



Şekil 4. 51. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17089- Bayburt)

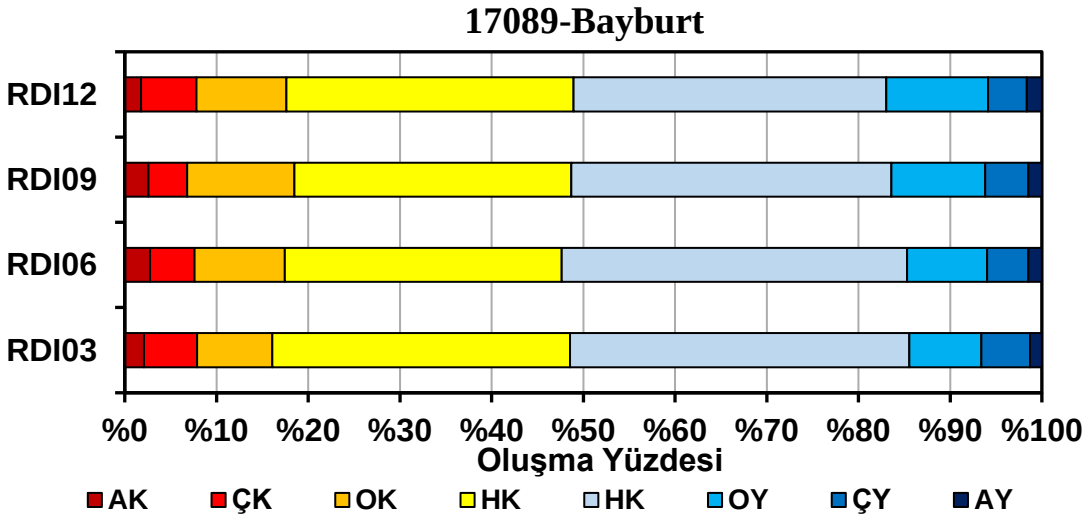
17089-Bayburt istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.52.'de verilmiştir. 17089-Bayburt istasyonunda 3 aylık zaman ölçeğinde kurak dönemlerin belirgin olmadığı, bununla birlikte zaman ölçeği arttıkça kurak ve yağışlı dönemlerin arasındaki geçişin belirginleştiği görülmektedir. 17089-Bayburt istasyonunda 2011 yılından itibaren kuraklığın yaşandığı ve en uzun kuraklığın bu zaman periyodunda yaşandığı söylenebilir. RDI değerlerinin 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman periyotlarında çoğunlukla ±2 değerini aşmadığı anlaşılmaktadır. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinden en şiddetli kuraklık çoğunlukla 2001 yılında yaşandığı söylenebilir.



Şekil 4. 52. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17089- Bayburt)

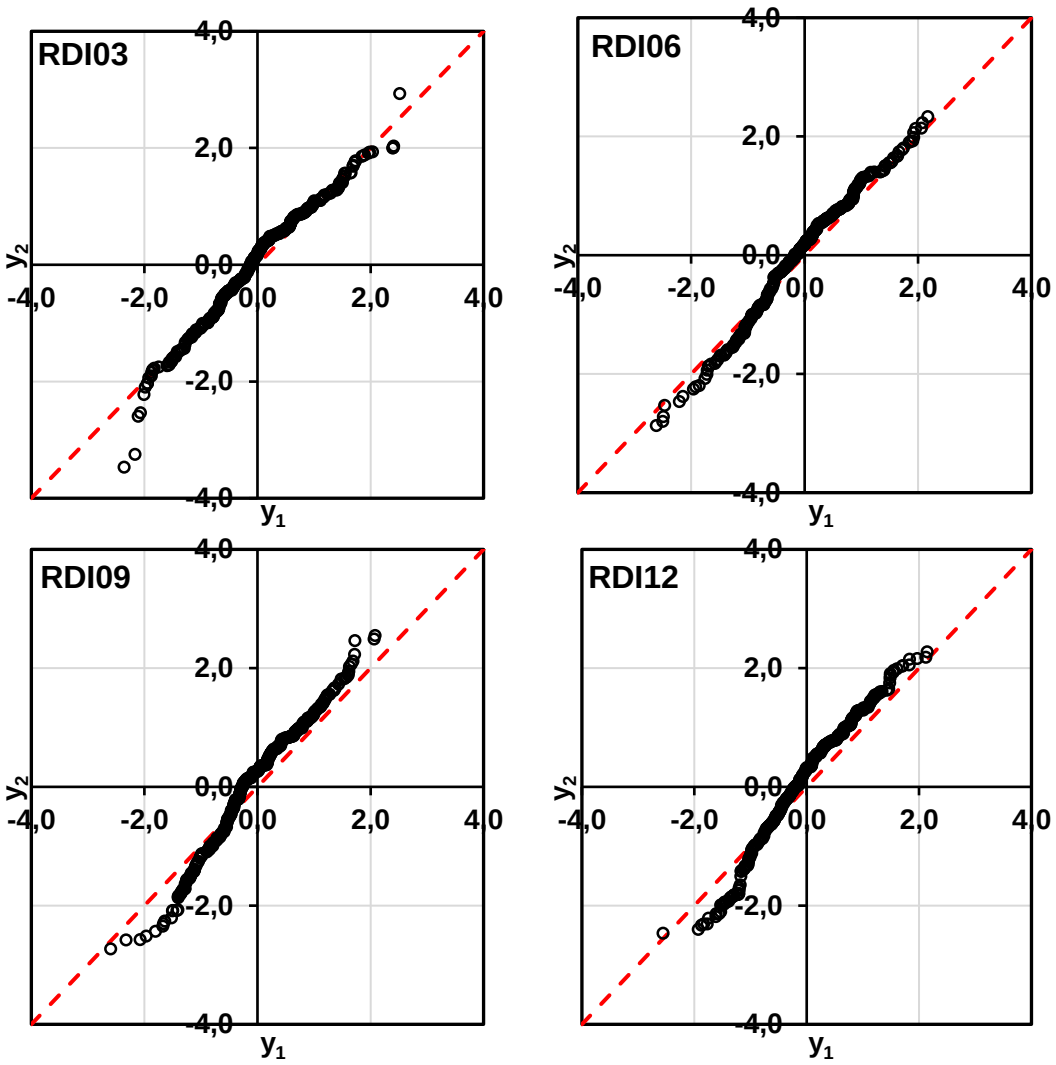
Şekil 4.53.'te, 17089-Bayburt istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki oluşma yüzdeleri verilmiştir. 3-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde kuraklık oluşumu % 48, 6 aylık zaman ölçeğinde

ise % 47 olmuştur. Genel olarak kuraklık oluşumu % 50'nin altında gerçekleşmiştir. 17089-Bayburt istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir. Zaman ölçeğinde meydana gelen değişimin kuraklık sınıflarının oluşumunda önemli bir değişime neden olmadığı söylenebilir.



Şekil 4. 53. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17089- Bayburt)

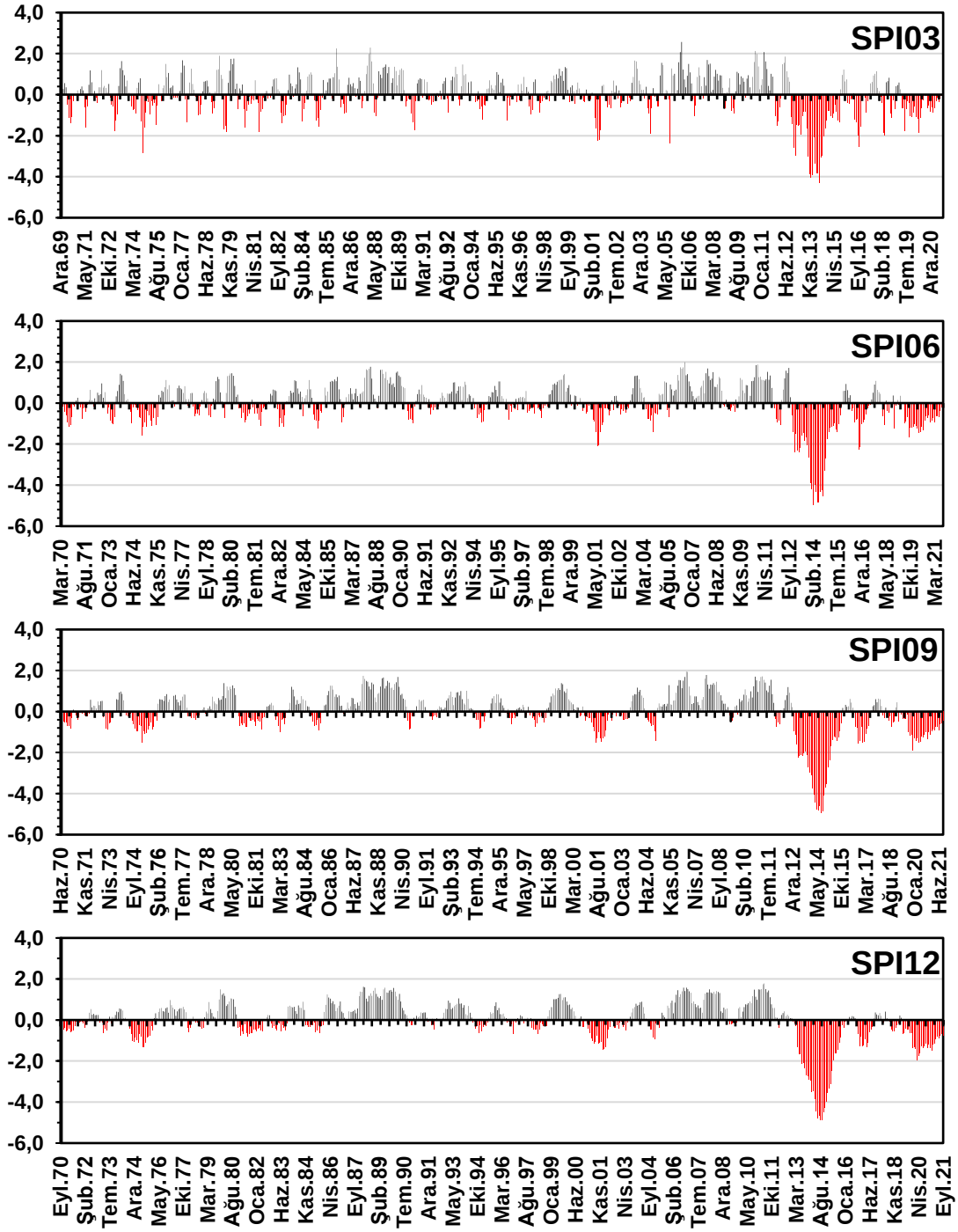
17089-Bayburt istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.54.'te verilmiştir. RDI03, RDI 06, RDI09 ve RDI12'de yağışlı döneme ait indis değerlerinde herhangi bir trend görülmemiştir. Tüm zaman ölçeklerinde RDI<-1.5 olduğu indis değerlerinin azalan trende sahip olduğu söylenebilir.



Şekil 4. 54. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17089-Bayburt)

4.2.3. 17666-İspir İstasyonu Kuraklık Analizi

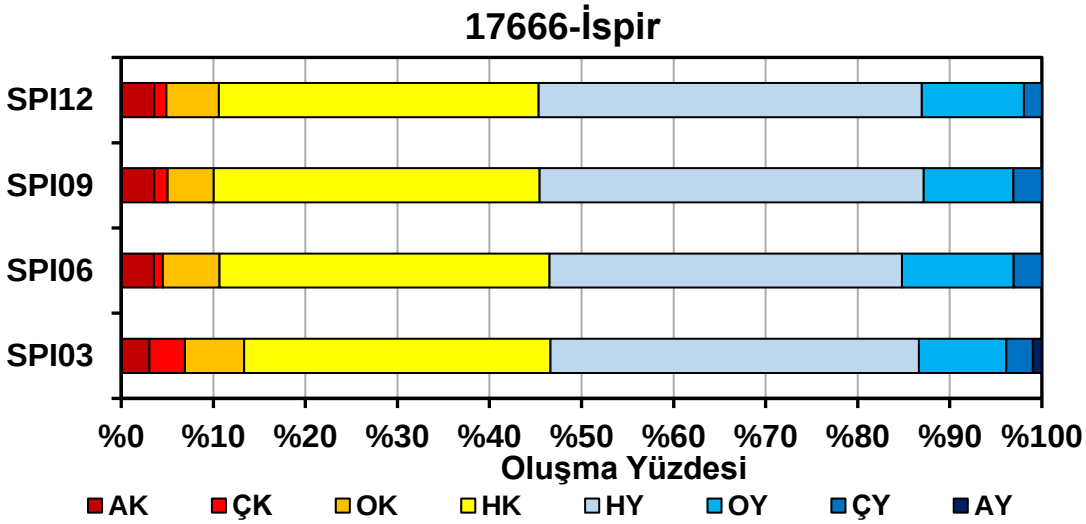
17666-İspir istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.55.'te verilmiştir. 17666-İspir istasyonunda 3 aylık zaman ölçeğinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği kısa bir zaman sonra yağışlı dönemlerin yaşandığı görülmektedir. Özellikle 2013 yılından önceki zaman periyodunda istasyonda yağışların etkisinde olduğu anlaşılırken, 2013 yılından itibaren istasyonun kuraklık etkisinde olduğu söylenebilir. Ayrıca, 17666-İspir istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerine göre 2014 yılında en şiddetli kuraklık yaşanmıştır.



Şekil 4. 55. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17666- İspir)

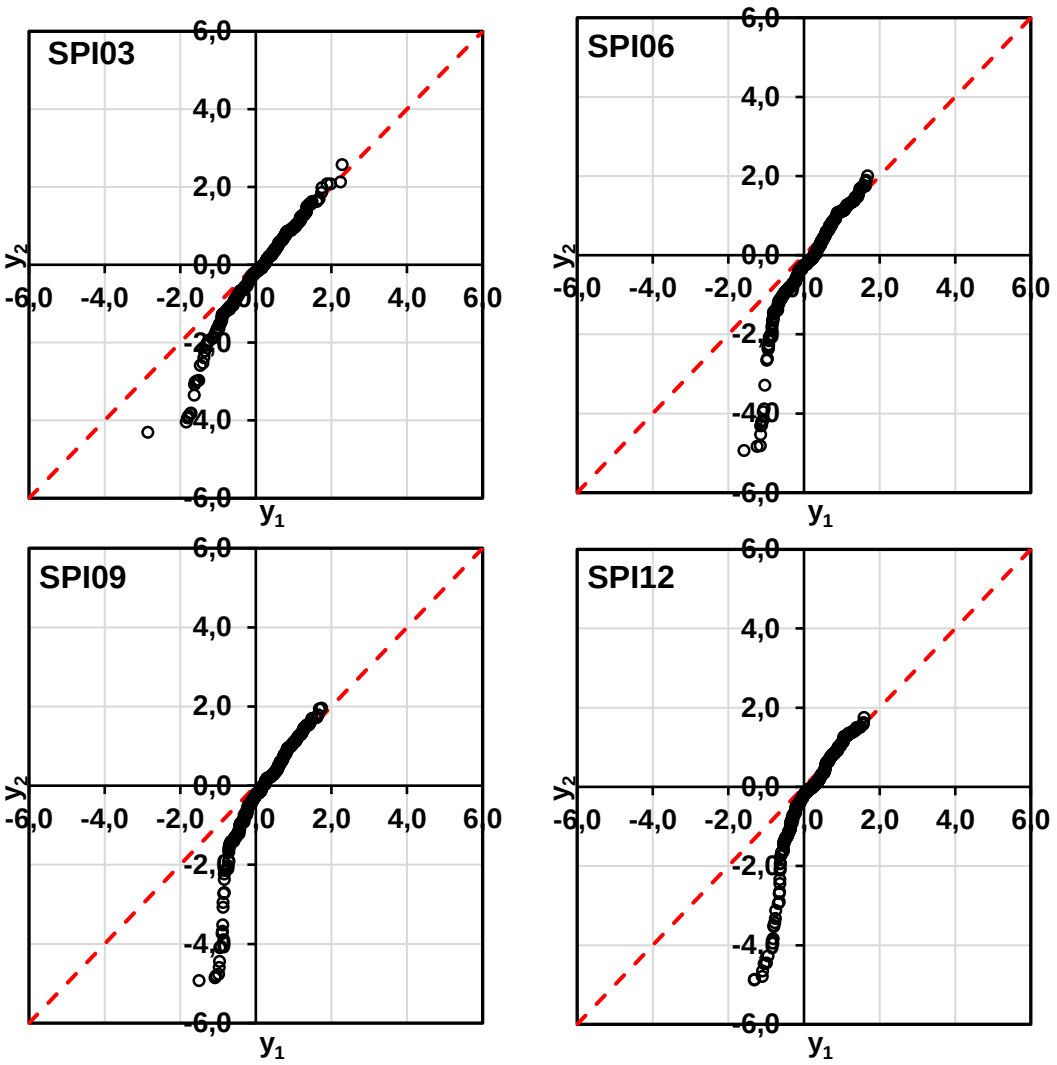
Şekil 4.56.'da 17666-İspir istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde % 47 oranında kuraklık oluşurken, 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde bu oran azalarak %45 olmuştur. 17666-İspir istasyonunda çoğunlukla HY

ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir. 3 aylık zaman ölçeği dışında diğer zaman ölçeklerinde AY sınıfı oluşmamıştır. HK dışındaki diğer kuraklık sınıflarının toplamı en büyük değerine %13.4 ile 3 aylık zaman ölçeğinde sahip olmuştur.



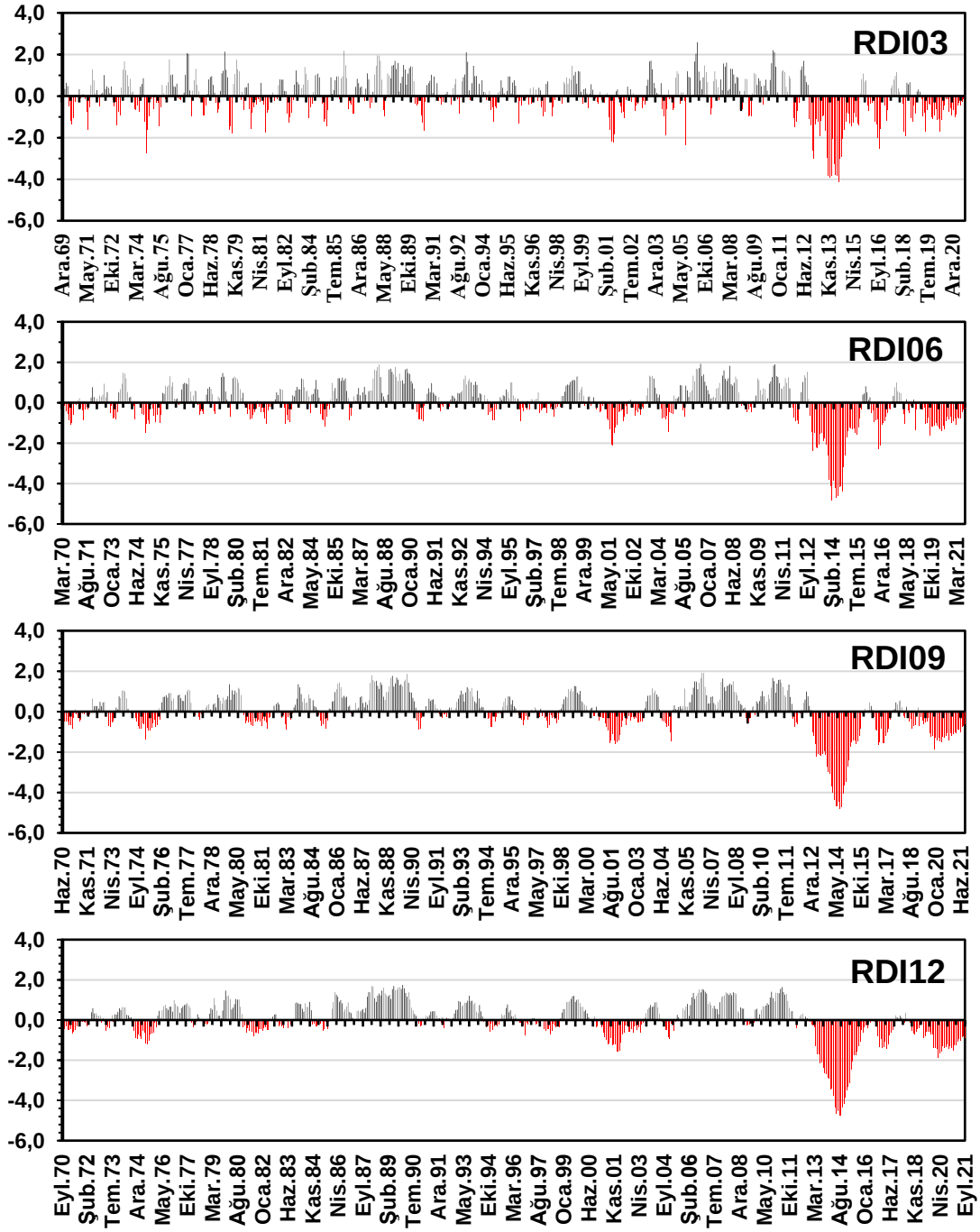
Şekil 4. 56. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17666- İspir)

17666-İspir istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık SPI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.57.'de verilmiştir. Pozitif indis değerlerinde herhangi bir trend varlığından söz etmek mümkün olmasa da kuraklığı temsil eden negatif değerlerde azalan trend vardır. Ayrıca, negatif indis değerlerinin küçülmesiyle trend daha belirginleşmektedir. Sonuç olarak bu istasyonda kuraklığın önemli düzeyde risk oluşturabileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 4. 57. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17666- İspir)

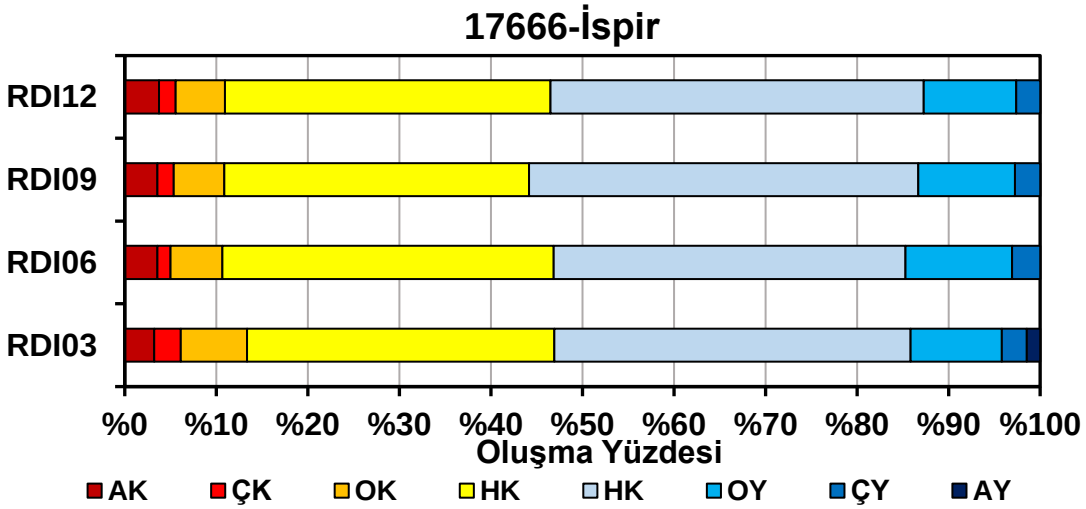
17666-İspir istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.58.'de verilmiştir. 17666-İspir istasyonunda 3- aylık zaman ölçeğinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği ancak son yıllarda belirgin bir şekilde kuraklığın oluştuğu göze çarpmaktadır. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. Tüm zaman ölçeklerinde 2011-2015 ve 2018-2021 yılları arasında istasyonda oldukça kurak dönem yaşandığı ve şiddetinin büyük olduğu anlaşılmaktadır. En şiddetli kuraklık 2014 yılında yaşanmıştır.



Şekil 4. 58. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17666- İspir)

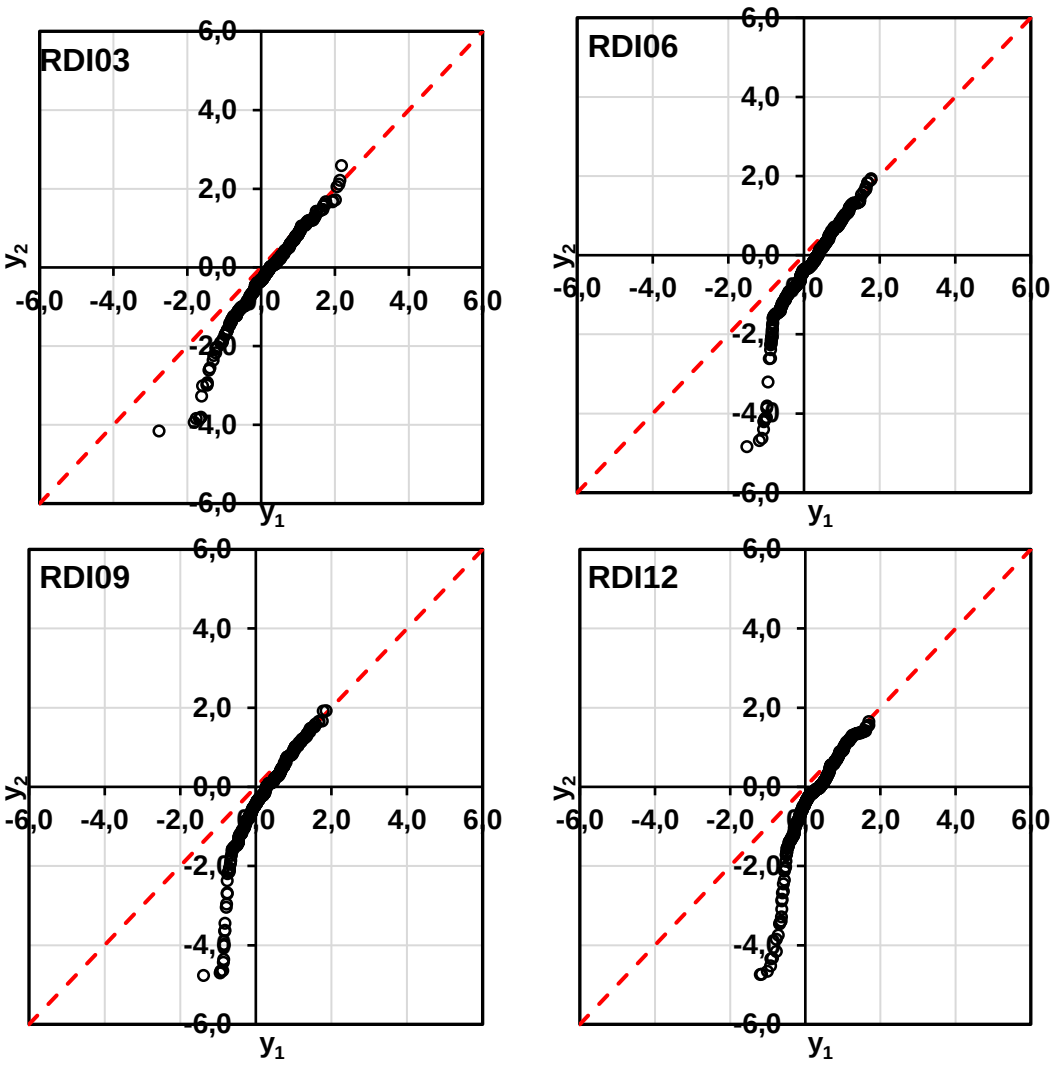
Şekil 4.56.'da 17666-İspir istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki oluşma yüzdeleri verilmiştir. SPI03'te kuraklık oluşum oranı % 47, SPI06 ve RDI12'de kurak oluşum oranı %46, SPI09'da kuraklık oluşum oranı % 44 olmuştur. 17666-İspir istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir. 3- aylık zaman ölçeği dışında istasyonda

AY sınıfı oluşmamıştır. Ayrıca, zaman ölçeğinin büyümesiyle AK sınıfının meydana gelme yüzdesinde değişiklik meydana gelmemiştir.



Şekil 4. 59. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17666-İspir)

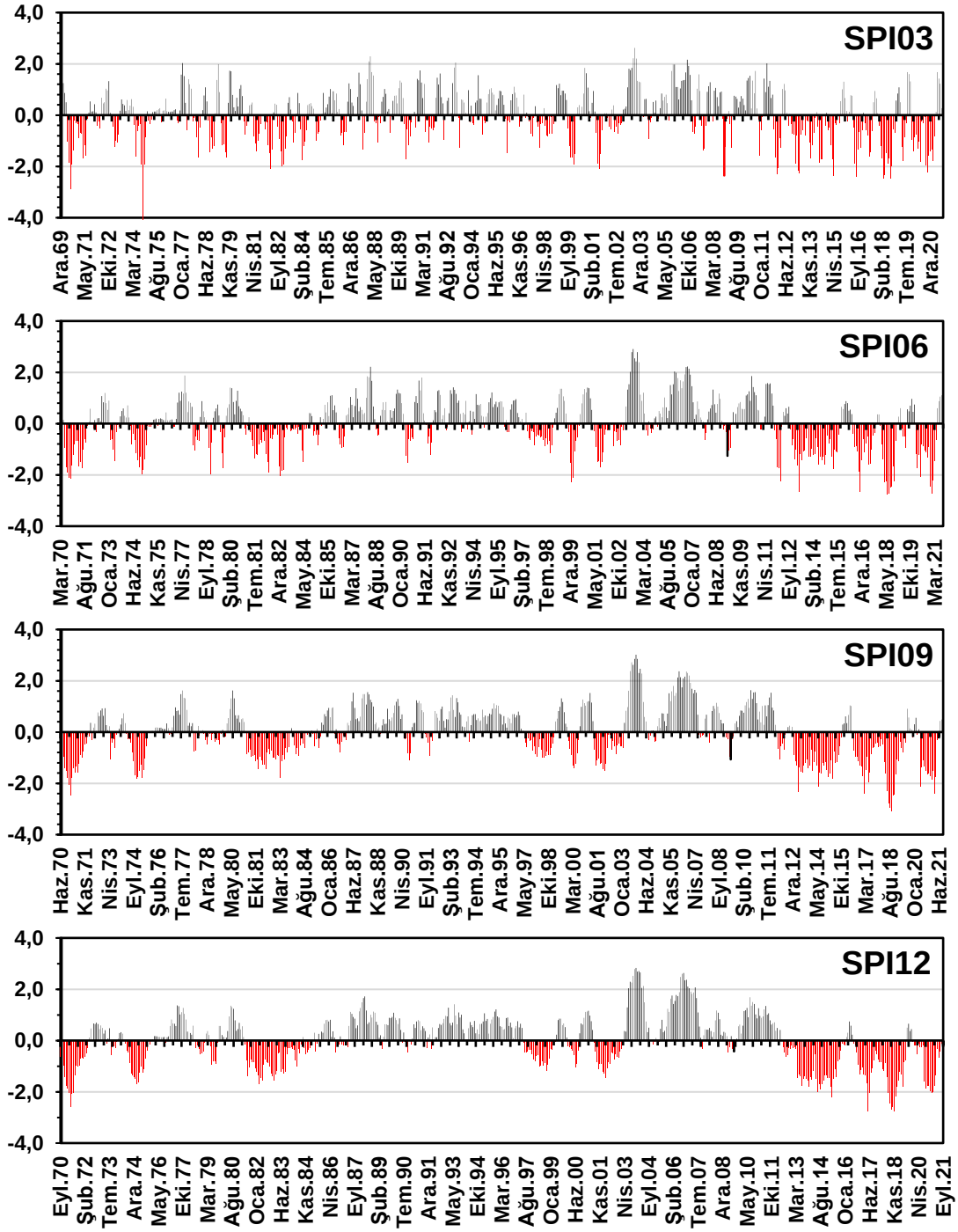
17666-İspir istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI indis değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.60.'da verilmiştir. RDI değerlerinin trend analizi sonuçlarının SPI değerlerinin trend analizi sonuçları benzerlik göstermektedir. Pozitif indis değerlerinde trend oluşmaz iken, negatif indis değerlerinde belirgin olarak azalan trend oluşmuştur. Özellikle RDI değerlerinin -2'den küçük olduğu indis değerlerinde azalan trend varlığı dikkat çekmektedir. Sonuç olarak bölgede yağışlı dönemlerde önemli bir değişiklik olmamasına karşılık, kuraklıkta ciddi artışların olacağı değerlendirilmektedir.



Şekil 4. 60. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17666- İspir)

4.2.4. 17668-Oltu İstasyonu Kuraklık Analizi

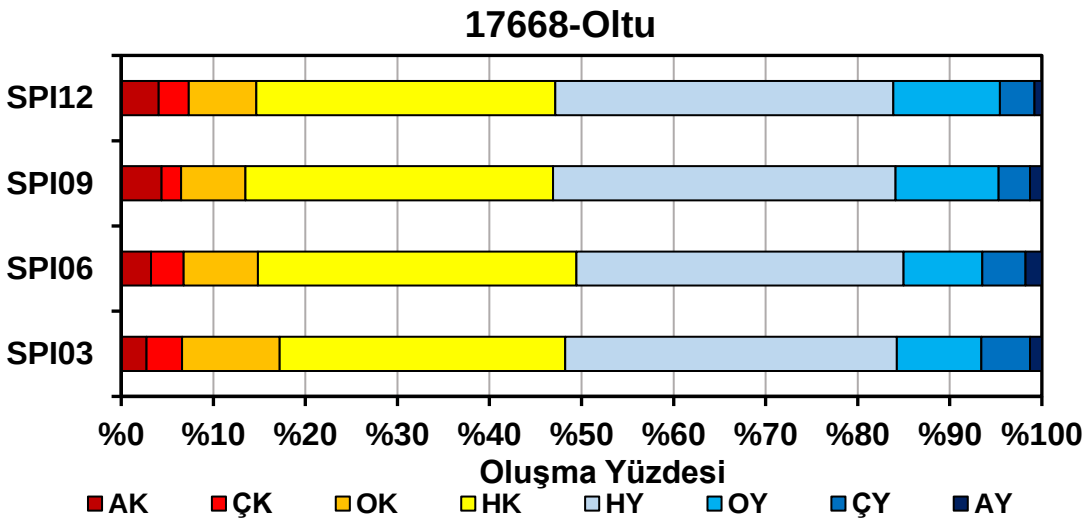
17668-Oltu istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin değişimi Şekil 4.61.'de verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde 17668-Oltu istasyonunda çoğunlukla yağışlı geçmiştir. En uzun kuraklık yakın geçmişte yaşanmıştır. Son yıllarda yaşanan kurak ve yağışlı dönemlerdeki indis değerlerinin şiddeti geçmişe göre daha büyük olmuştur.



Şekil 4. 61. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17668-Oltu)

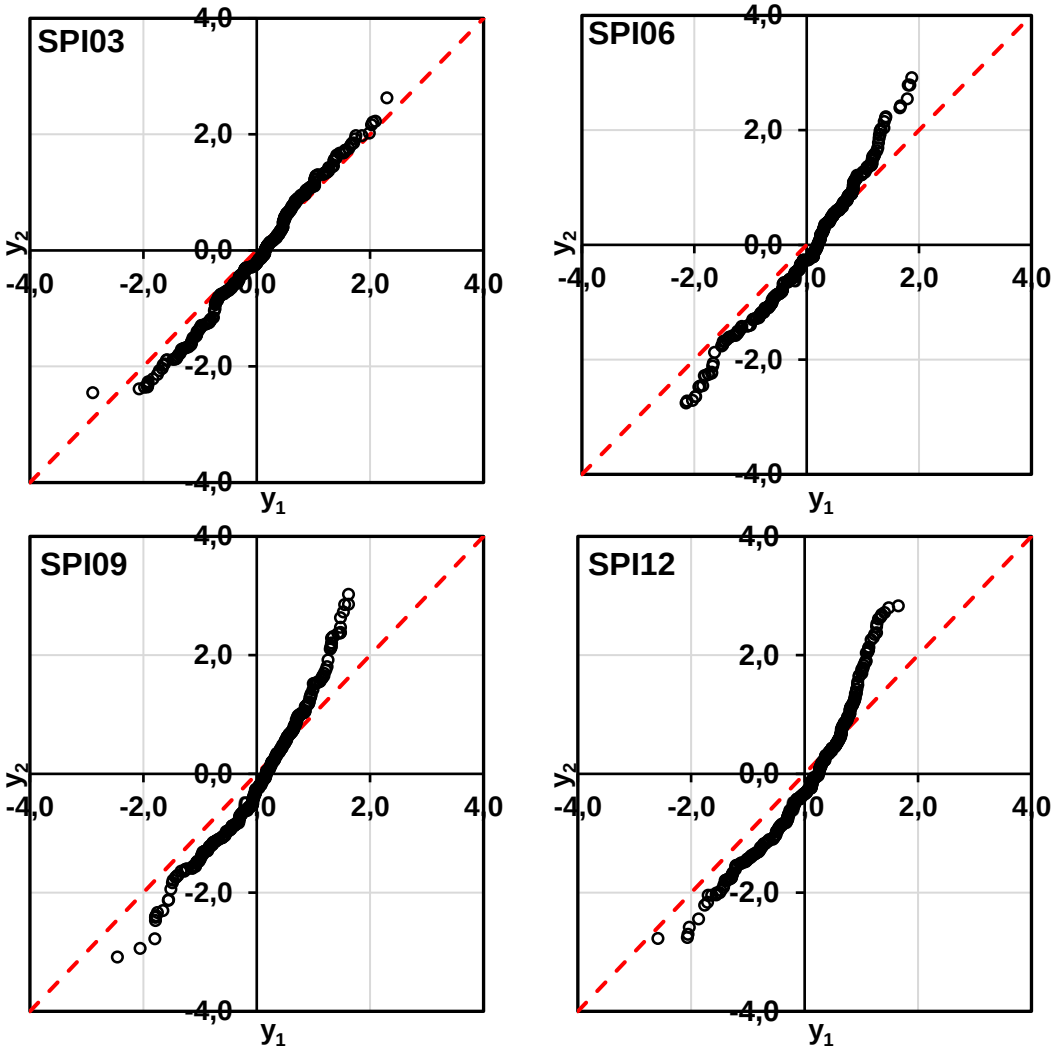
Şekil 4.62.'de, 17668-Oltu istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. SPI03 ve SPI12'de yağışlı dönem oluşumu %53, SPI06 ve SPI09'de ise bu oran %52 olarak elde edilmiştir. 17668-Oltu istasyonunda çoğunlukla kuraklık açısından risk

temsil etmeyen indis değerinin -1 ile +1 arasında değiştiği HY ve HK sınıfın oluştuğu görülmektedir. Ayrıca, zaman ölçeğinin artmasıyla AK'nın oluşma yüzdesi artarken AY'nın oluşma yüzdesi azalmaktadır.



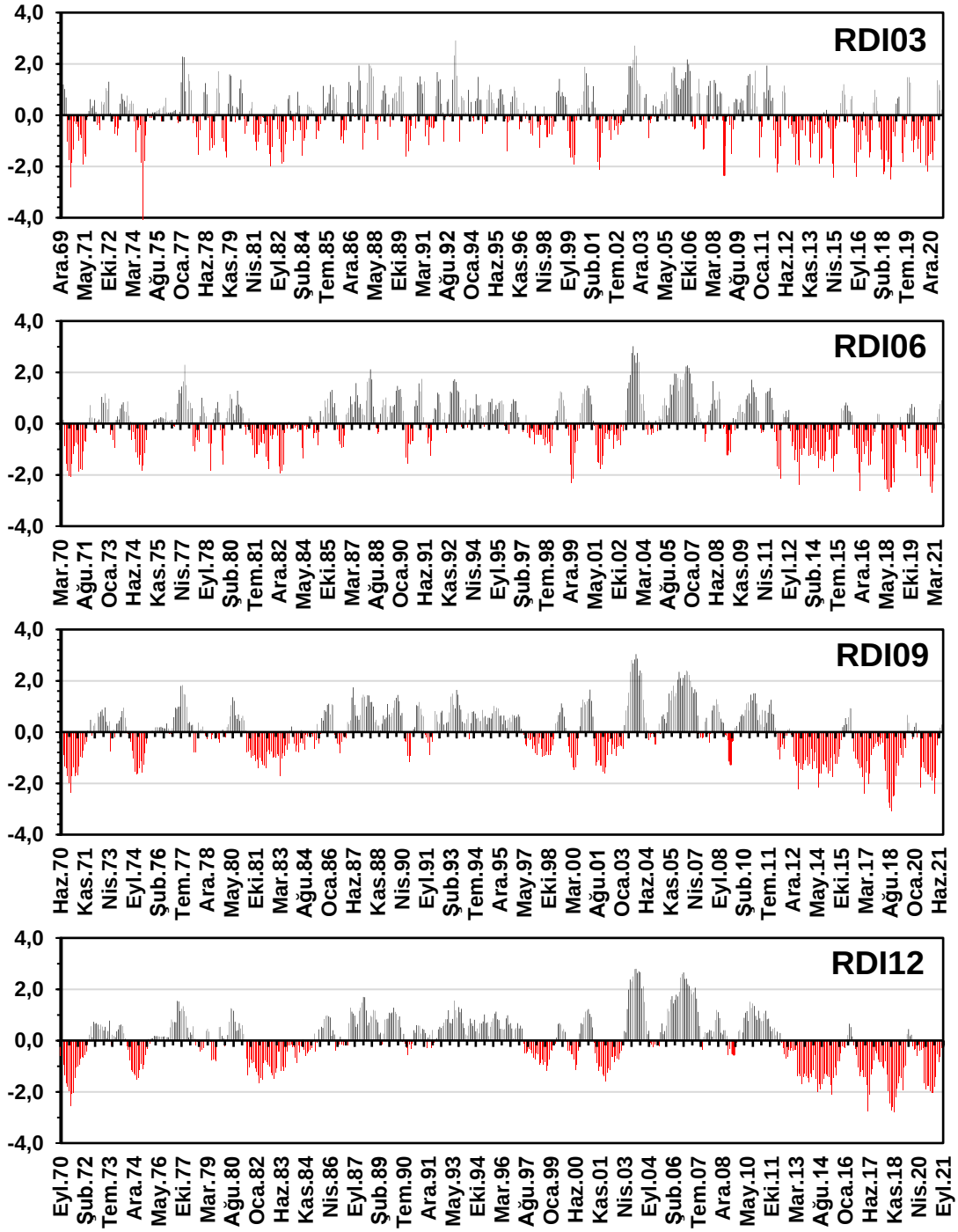
Şekil 4. 62. SPI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17668- Oltu)

17668-Oltu istasyonunda SPI03, SPI06, SPI09 ve SPI12 değerlerinin yenilikçi trend analizi sonuçları Şekil 4.63.'te sunulmuştur. SPI03'te pozitif indis değerlerinde tren oluşmaz iken, -1'den daha küçük indis değerlerinde azalan trend görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla pozitif indis değerlerinde özellikle indis değerlerinin +1'den büyük olduğu değerlerde artan trend vardır. SPI06, SPI09 ve SPI12'de kurak dönemi temsil eden negatif indis değerlerinde azalma trendi görülmektedir. Sonuç olarak, İTA yöntemi sonuçlarına göre kuraklıkta artış görülürken, yağışlı dönemlerde yaşanan özellikle AY sınıfına giren indis değerlerinde artış eğilimi istasyonun bulunduğu bölgede taşkın ihtimalinin değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir.



Şekil 4. 63. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17668-Oltu)

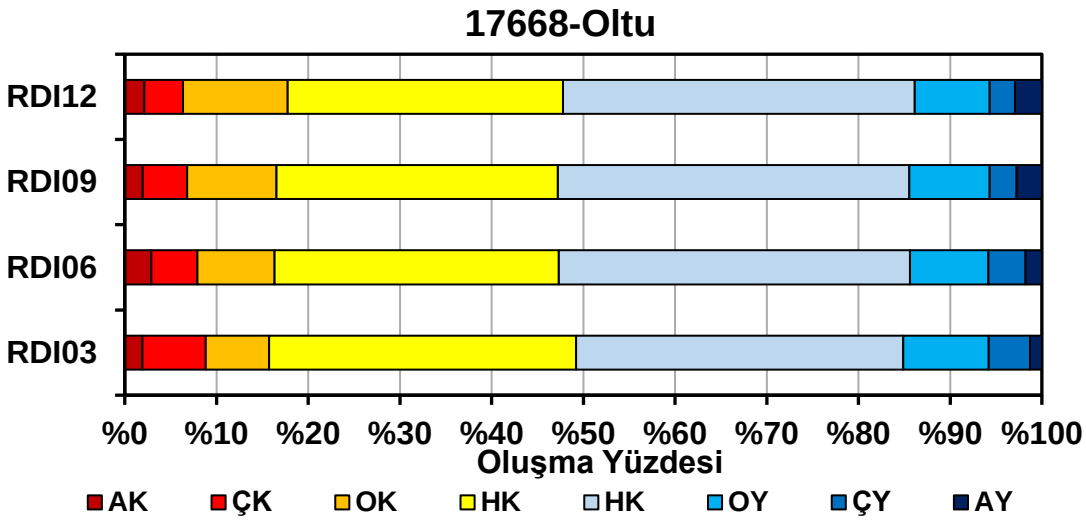
17668-Oltu istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.64.'te verilmiştir. 17668-Oltu istasyonunda 3 aylık zaman ölçeğinde meteorolojik kuraklığın çok uzun yıllar sürmediği ancak zaman ölçeğinin artmasıyla kurak ve nemli dönemler daha belirgin bir şekilde göze çarpmaktadır. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin çoğunlukla +2 ile -2 arasında değiştiği verilen şekillerden açıkça görülmektedir. Tüm zaman ölçeklerinde 1985-1998 ve 2002-2013 yılları arasında istasyonda çoğunlukla yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Ele alınan verilerin elde edildiği yıllar arasında kuraklık özellikle son yıllarda hissedilmeye başlanmıştır.



Şekil 4. 64. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17668- Oltu)

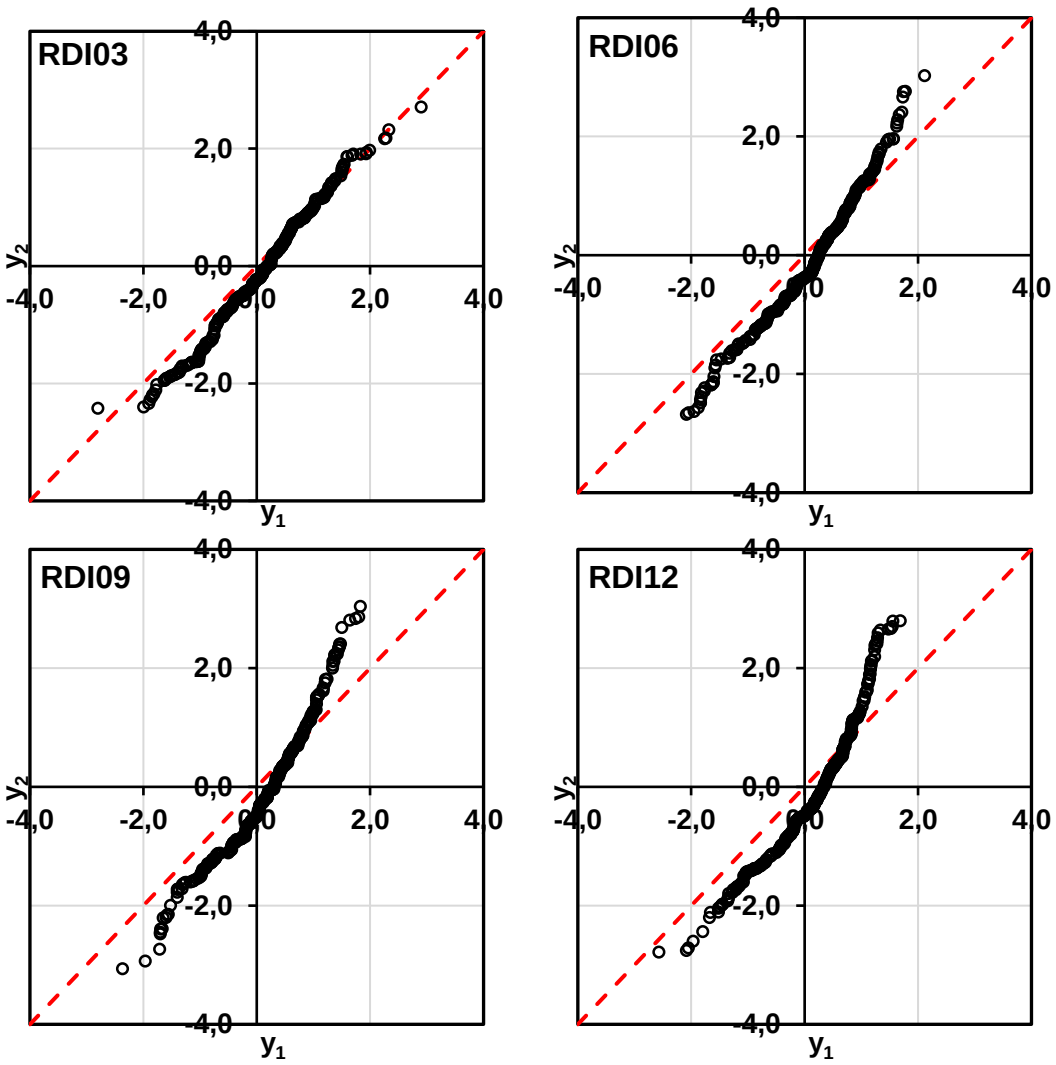
Şekil 4.65.'te, 17668 Oltu istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde yağışlı dönem oluşumu sırasıyla %51, %53, %53 ve %53 olmuştur. 17668-Oltu istasyonunda zaman ölçeğinin

artmasıyla AY'nin oluşma oranı artmıştır. Ayrıca, AK, ÇK ve OK sınıfların toplam oluşma yüzdeleri de zaman ölçeğinin büyümesiyle artmıştır.



Şekil 4. 65. RDI yöntemiyle kuraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17668- Oltu)

17668-Oltu istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI değerlerinin yenilikçi trend analizi sonucunda elde edilen sonuçlar Şekil 4.66.'da verilmiştir. 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen indis değerlerinin trend analizi sonuçlarının SPI yöntemiyle elde edilen indis değerleriyle oldukça benzer olduğu görülmektedir. 17668-Oltu istasyonunda genel olarak yağışlı dönemlerde artış trendi, kurak dönemlerde ise azalma trendi görülürken dengeli bir durumun yaşandığı değerlendirilmiştir. Sadece, bölgede yaşanan sel, taşkın ve kuraklık gibi afetlerin daha şiddetli gerçekleşe bileceği ön görülmektedir.

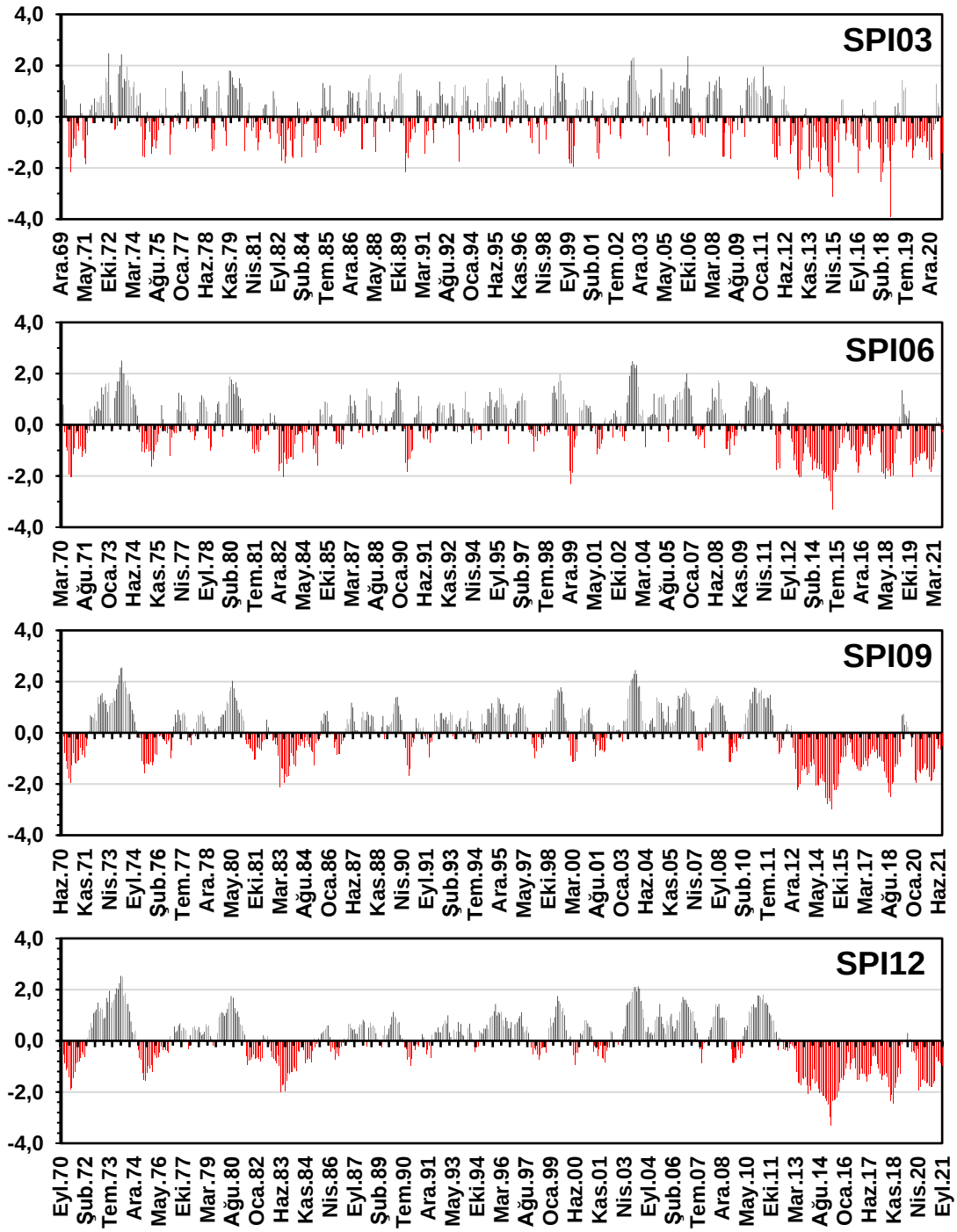


Şekil 4. 66. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17668- Oltu)

4.2.5. 17688-Tortum İstasyonu Kuraklık Analizi

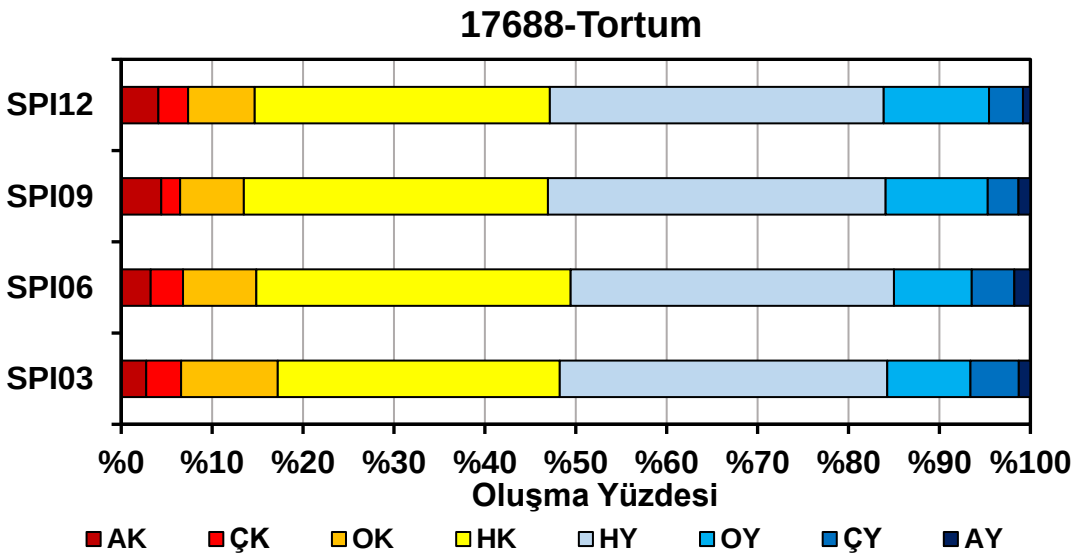
17688-Tortum istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin zamansal değişimi Şekil 4.67.'de verilmiştir. 17688-Tortum istasyonunda 3- aylık zaman ölçeğinde yağşlı ve kurak dönemler arasındaki geçişler çok kısa sürelerde olmuştur. Zaman ölçeğinin 3'ten 12'e artmasıyla bu dönemler arasındaki geçiş zamanı büyümüş ve dönemler daha uzun yaşanmıştır. Tüm zaman ölçeklerinde 2001-2013 arasında istasyonda oldukça yağışlı dönem yaşandığı anlaşılmaktadır. Bu yağışlı döneme karşın 2012-2021 yılları arasında ise gene olarak kuraklığın belirgin ve şiddetinin büyük olduğu görülmektedir. İncelenen zaman

ölçeklerinde en şiddetli kuraklık 2014-2018 yılları arasında yani yakın geçmişte yaşanmıştır.



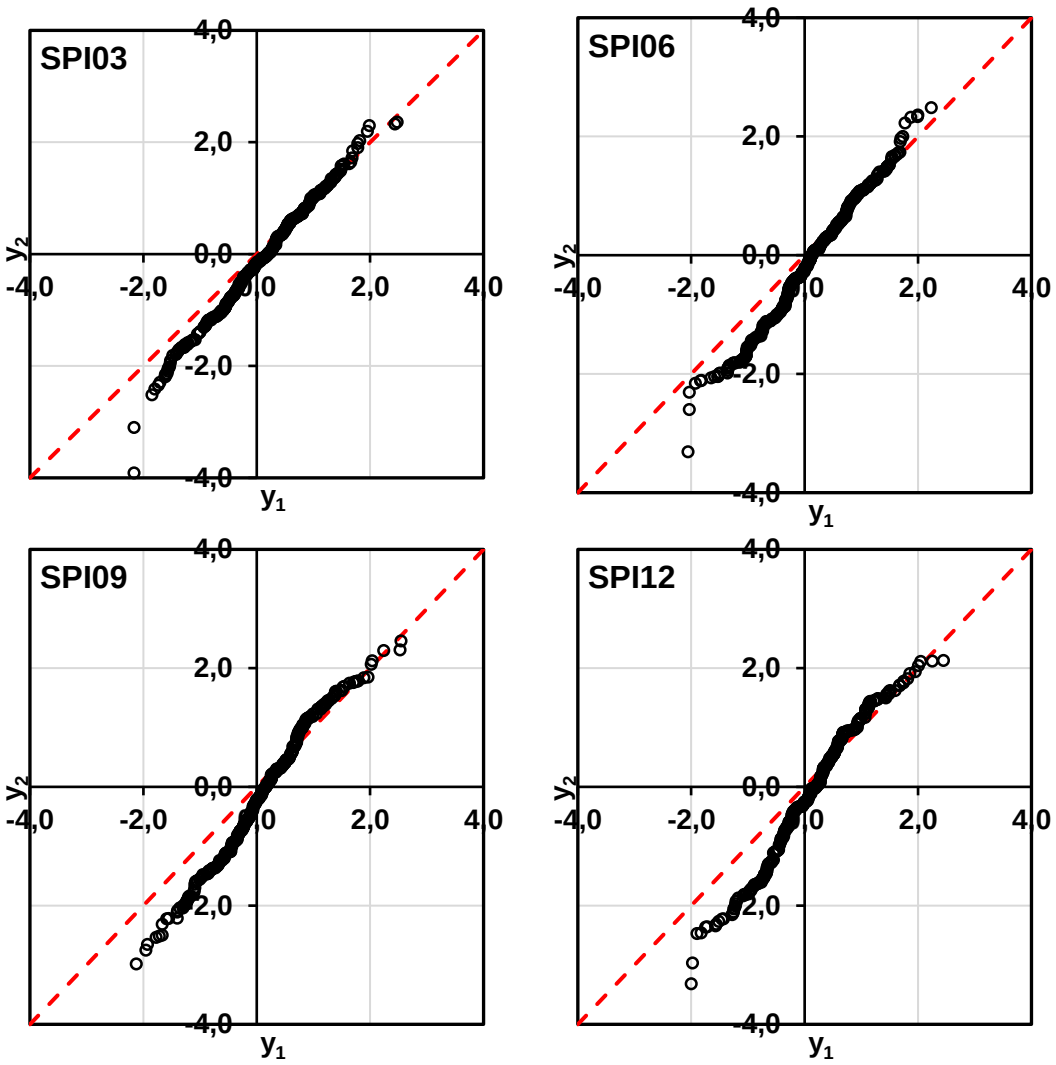
Şekil 4. 67. SPI değerlerinin zamansal değişimi (17688- Tortum)

Şekil 4.68.'de 17688-Tortum istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki oluşum yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde toplam kuraklık oluşumunun %50'den az olmuştur. 3 ve 9 aylık zaman ölçeğinde kuraklık oluşumu % 48 iken 6 aylık zaman ölçeğinde %49, 12 aylık zaman ölçeğinde %47 olmuştur. 17688 Tortum istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşandığı görülmektedir.



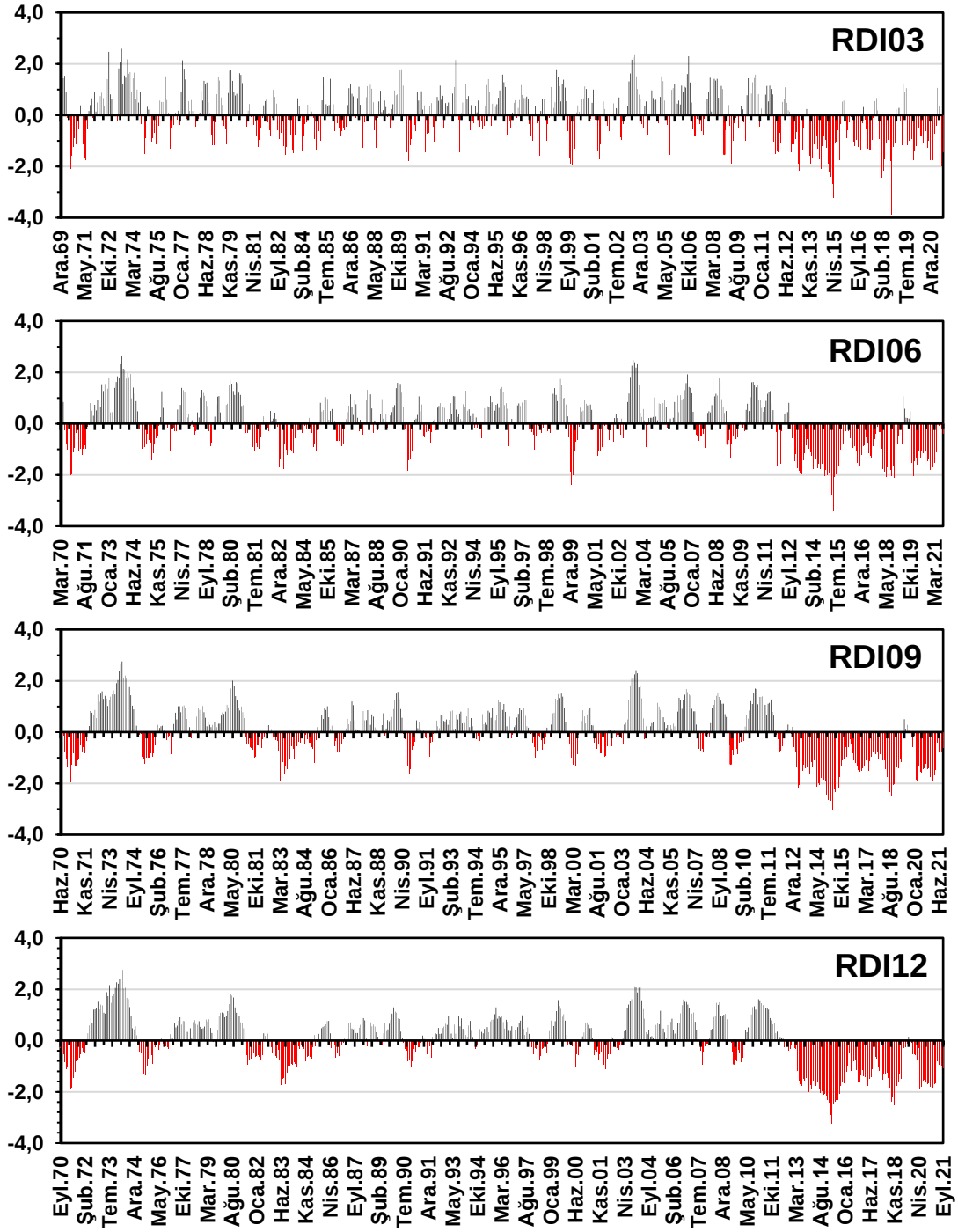
Şekil 4. 68. SPI yöntemiyle uraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17688- Tortum)

17688-Tortum istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.69.'da verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde 17688-Tortum istasyonunda pozitif değerlerde herhangi bir değişim yaşanmazken, negatif indis değerlerinde azalma trendi görülmektedir. Sonuç olarak 17688-Tortum istasyonunda kuraklığın artma eğiliminde olduğu değerlendirilmiştir.



Şekil 4. 69. SPI değerleri trend analizi sonuçları (17688- Tortum)

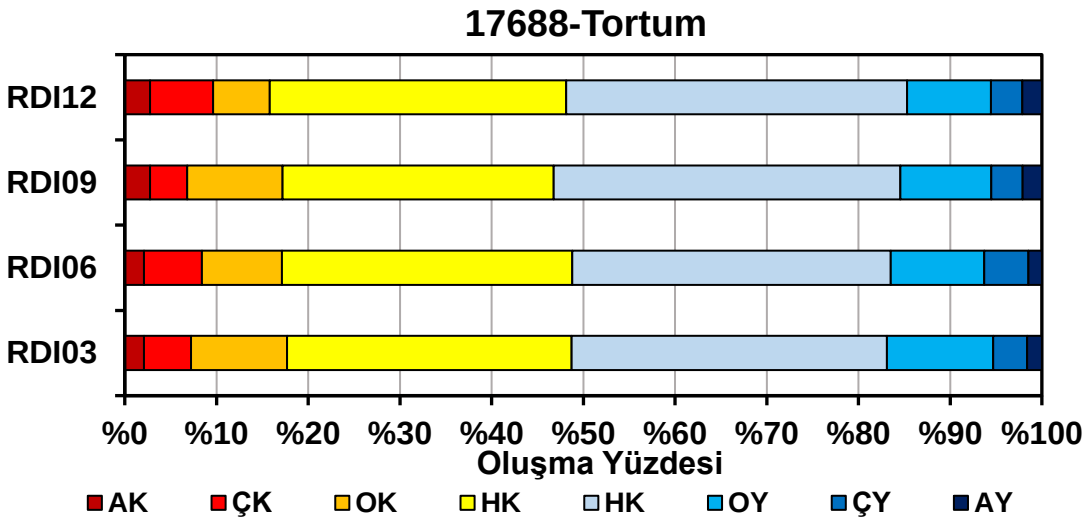
17688-Tortum istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerlerinin değişimi Şekil 4.70.'de verilmiştir. 17688-Tortum istasyonunda 3 aylık zaman ölçeğinde pozitif ve negatif indis değerlerinin geçişlerinin çok kısa zamanlarda olduğu görülmektedir. Zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte kuraklık oluşan zaman periyodu oldukça belirgin olmaktadır. 17688-Tortum istasyonunda RDI değerlerinin zamansal değişiminin SPI değerleriyle benzer olduğu belirlenmiştir. 17688-Tortum istasyonunda son yıllarda kuraklık etkisinin hissedilmeye başlandığı anlaşılmaktadır. SPI değerlerinde olduğu gibi RDI değerlerinde de en küçük indis değerleri son yıllarda elde edilmiştir.



Şekil 4. 70. RDI değerlerinin zamansal değişimi (17688- Tortum)

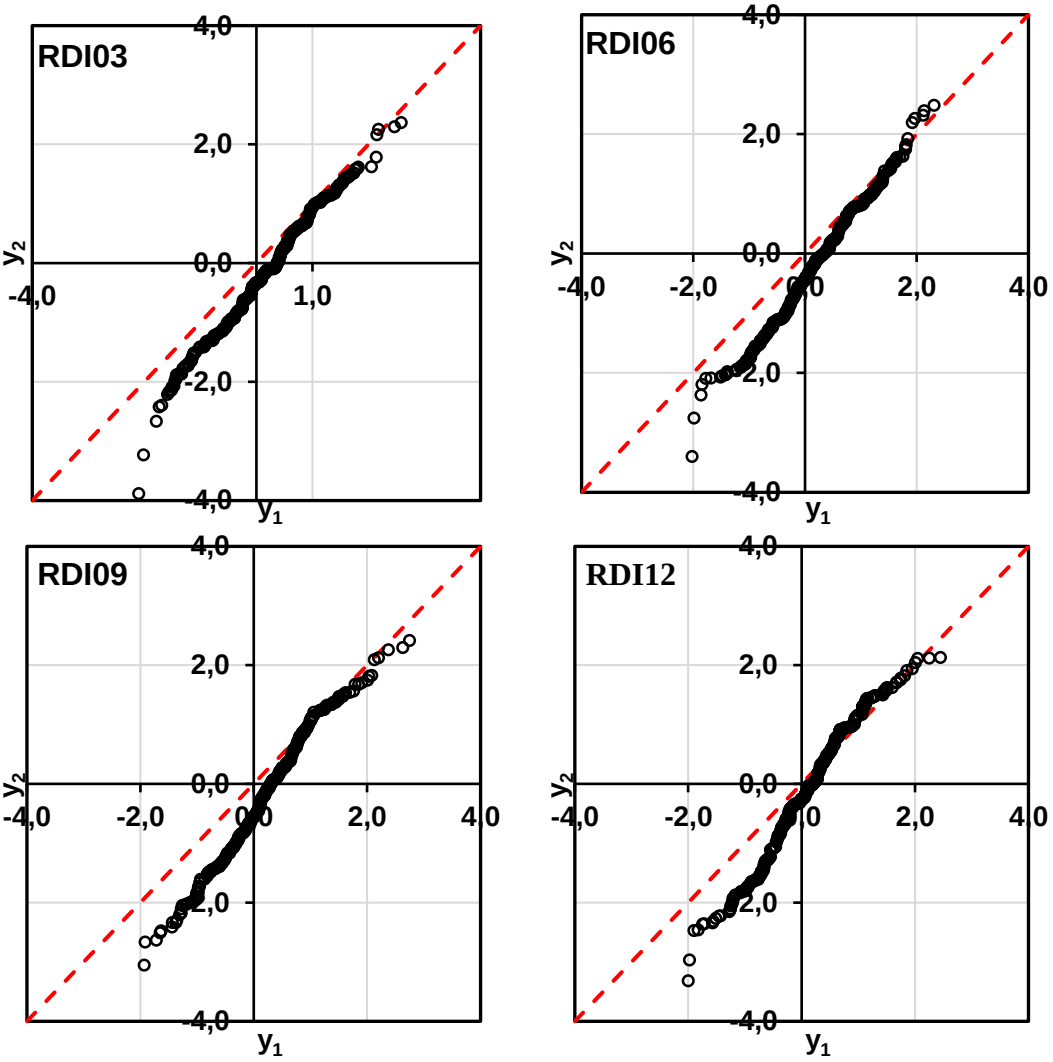
Şekil 4.71.'de 17688 Tortum istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI indis değerlerinin farklı kuraklık sınıflarındaki meydana gelme yüzdeleri verilmiştir. Tüm zaman ölçeklerinde toplam kuraklık oluşumunun %50'den az olmuştur. 3 aylık zaman ölçeğinde meydana gelen kuraklık oluşumu %49, 6-, 9- ve

12- aylık zaman ölçekleri için %47'dir. Kurak ve yağışlı dönemlerin gerçekleşme oranının birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. 17688-Tortum istasyonunda çoğunlukla HY ve HK sınıfın yaşanmıştır. Ayrıca, zaman ölçeğinin büyümesiyle istasyonda meydana gelen AK ve AY meydana gelme yüzdesinin arttığı söylenebilir.



Şekil 4. 71. RDI yöntemiyle uraklık sınıflarının oluşma yüzdeleri (17688- Tortum)

17688-Tortum istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık RDI değerlerinin İTA yöntemi kullanılarak elde edilen trend analizi sonuçları Şekil 4.72.'de verilmiştir. RDI değerlerine ait trend analizi sonuçlarının SPI yöntemiyle elde edilen indis değerlerinin trend analizi sonuçlarıyla benzer olduğu görülmektedir. Sonuç olarak 17688-Tortum istasyonunda kuraklığın artacağı belirlenmiştir.



Şekil 4. 72. RDI değerleri trend analizi sonuçları (17688-Tortum)

4.3. Kuraklık Bileşenlerinin Analizi

Aras havzasında bulunan yedi farklı meteoroloji gözlem istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde SPI yöntemi için en uzun süren kurak dönemin başlangıç, bitiş, süre ve şiddet ve en şiddetli kuraklığa ait indis değeri ve oluştuğu tarih bilgileri Çizelge 4.1.'de verilmiştir. SPI yöntemiyle elde edilen kuraklık bileşenlerine ait bilgiler incelendiğinde 17046-Ardahan istasyonunda en kurak dönem çoğunlukla 1980 yılında başlayıp 1984 yılında sona ermiştir. Bu istasyonda en uzun kuraklık SPI12'de 47 ay yaşanmış ve şiddeti 44.48 olmuştur. Ayrıca, bu istasyonda en küçük indis değeri ise 1970 yılında elde edilmiş ve zaman ölçeğinin artmasıyla indis değeri

azalmıştır. 17097-Kars istasyonunda en uzun kuraklık 17046-Ardahan istasyonundan daha kısa sürmüş ve ortalama olarak 23 ay yaşanmıştır. 17097-Kars istasyonunda en küçük indis değeri tüm zaman ölçeklerinde 2017-Mayıs'ta elde edilmiştir. 17097-Kars istasyonunda en uzun kuraklık süresi ve şiddeti 17046-Ardahan istasyonundan küçük olsa da en küçük indis değeri Ardahan istasyonundan daha küçük olmuştur. Bu istasyonda da zaman ölçeğinin artmasıyla en küçük indis değerinde azalma görülmüştür. 17100-Iğdır istasyonunda en şiddetli kuraklık 1971 yılında oluşmuştur. 17656-Arpaçay istasyonunda en uzun kurak dönem ve en şiddetli kuraklık son yıllarda yaşanmıştır. Ayrıca, bu istasyonda en uzun süren kurak dönemde kuraklık şiddeti oldukça büyük olmuştur. 17690-Horasan istasyonunda 6 aylık zaman ölçeği dışında diğer zaman ölçeklerinde en uzun kuraklık 2010 yılından sonra oluşmuştur. 17692-Sarıkamış istasyonunda en uzun kurak dönem tüm zaman ölçeklerinde 2012 yılında başlamış, ortalama olarak yaklaşık 79 ay yaşanmış ve ortalama şiddeti 129.18 olmuştur. 17692-Sarıkamış istasyonunda en şiddetli kuraklık ise en uzun kuraklık döneminin içinde olan 2014 ve 2015 yıllarında meydana gelmiştir. Aras Havzasında SPI değerleriyle elde edilen kuraklık bileşenlerinin ortalama olarak değerlendirilmesinden en uzun kuraklık 3 aylık zaman ölçeğinde 28.43 ay sürmüş ve şiddeti 40.23 olmuş, 6 aylık zaman ölçeğinde ise 39.43 ay sürmüş ve şiddeti 56.55 olmuş, 9 aylık zaman ölçeğinde 50.29 ay sürmüş ve şiddeti 63.76 olmuş ve 12 aylık zaman ölçeğinde ise 63.43 ay sürmüş ve şiddeti 82.20 olmuştur.

Çizelge 4.2.'de, Aras Havzasında bulunan 7 farklı meteoroloji gözlem istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde RDI yöntemi için en uzun süren kurak dönemin başlangıç, bitiş, süre ve şiddet ve en şiddetli kuraklığa ait indis değeri ve oluştuğu tarih bilgileri verilmiştir. 17046-Ardahan istasyonunda en şiddetli kuraklık indis değeri 1970-1971 yıllarında elde edilmiştir. Bu istasyonda en uzun kurak dönem tüm zaman ölçeklerinin ortalaması olarak 29.5 ay sürmüş ve şiddeti 20.01 olmuştur. 17097-Kars istasyonundan en uzun kurak dönem 3-, 6- ve 9- aylık zaman ölçeklerinde 1970 yılında başlamış ve ortalama olarak 20 ay sürmüş, 12 aylık zaman ölçeğinde ise bu dönem 1985 yılında başlamış ve 24 ay yaşanmıştır. 17097-Kars istasyonunda en şiddetli kuraklık tüm zaman ölçeklerinde Mayıs- 2017'de oluşmuş ve zaman ölçeğinin artmasıyla en şiddetli kuraklığa ait indis değeri azalmıştır. 17100-Iğdır istasyonunda

en şiddetli kurak indis değeri 1971 yılında elde edilmiştir. 17656-Arpaçay istasyonunda en uzun kurak dönem 2014-2016 yıllarında başlamış ve 2021 yılında sona ermiştir. 17656-Arpaçay istasyonunda en uzun kurak dönemde kuraklık süresi ve şiddeti diğer istasyonlara göre daha uzun ve fazla olmuştur. Bu istasyonda en şiddetli kurak indis değeri tüm zaman ölçeklerinde 2020 yılında hesap edilmiştir. 17690-Horasan istasyonunda en uzun kurak dönem tüm zaman ölçeklerin ortalaması dikkate alındığında 61.5 ay yaşanmış ve şiddeti 73.24 olmuştur. 17692-Sarıkamış istasyonunda en uzun kurak dönem tüm zaman ölçeklerinde 2012 yılında başlamıştır. En şiddetli kuraklık değeri ise 2014-2015 yıllarında elde edilmiştir. 17720-Doğu Beyazıt istasyonunda en şiddetli kuraklık indis değeri diğer istasyonlara göre daha küçük olmuştur. Bu istasyonda en uzun kuraklık ortalama 35.75 ay sürmüş ve şiddeti ortalama 26.4 olarak hesap edilmiştir.

Çizelge 4. 1. Aras Havzası SPI yöntemiyle kuraklık bileşenleri

İstasyon	Ölçek	Başlangıç	Bitiş	Süre	Şiddet	Min. değer	Min. değer tarihi
17046 ARDAHAN	3	Şubat 74	Ağustos 75	19	20.36	3.45	Haziran 70
	6	Kasım 80	Nisan 83	30	33.94	3.11	Ağustos 70
	9	Ocak 81	Ağustos 84	44	39.93	2.87	Ağustos 70
	12	Ekim 80	Ağustos 84	47	44.48	2.68	Mart 71
17097 KARS	3	Haziran 70	Nisan 72	23	19.7	6.38	Mayıs 17
	6	Haziran 70	Nisan 72	23	25.66	4.15	Mayıs 17
	9	Nisan 94	Şubat 96	24	6.86	3.79	Mayıs 17
	12	Haziran 85	Mayıs 87	24	18.05	3.39	Mayıs 17
17100 IĞDIR	3	Ağustos 19	Mart 21	20	25.46	2.96	Haziran 71
	6	Mayıs 97	Mayıs 00	37	32.35	3.1	Haziran 71
	9	Haziran 97	Ağustos 00	39	37.71	2.97	Eylül 71
	12	Aralık 17	Haziran 21	43	50.27	2.69	Eylül 71
17656 ARPAÇAY	3	Ocak 16	Eylül 21	70	115.6	4.85	Mayıs 20
	6	Ocak 16	Eylül 21	69	130.7	4.08	Mayıs 20
	9	Şubat 16	Eylül 21	68	139	4.25	Mayıs 20
	12	Ocak 15	Eylül 21	81	152.2	3.47	Ağustos 20
17690 HORASAN	3	Temmuz 17	Ekim 18	16	26.1	3.98	Aralık 11
	6	Haziran 97	Aralık 98	19	14.6	3.61	Ekim 20
	9	Ocak 13	Mayıs 17	53	44.67	3.47	Şubat 21
	12	Nisan 13	Temmuz 19	76	89.11	3.62	Eylül 18
17692 SARIKAMIŞ	3	Temmuz 12	Ağustos 15	38	61.93	4.51	Aralık 14
	6	Ekim 12	Aralık 18	75	127.25	3.56	Mart 15
	9	Ocak 12	Mayıs 19	89	144.92	3.4	Haziran 15
	12	Mart 12	Eylül 21	115	182.62	3.31	Haziran 15
17720 DOĞU BEYAZIT	3	Kasım 08	Kasım 09	13	12.45	2.88	Ağustos 01
	6	Ekim 11	Ağustos 13	23	31.36	2.94	Mayıs 90
	9	Haziran 70	Nisan 73	35	33.2	3.00	Mart 13
	12	Kasım 95	Ağustos 00	58	38.68	2.53	Mayıs 13

Çizelge 4. 2. Aras Havzası RDI yöntemiyle kuraklık bileşenleri

İstasyon	Ölçek	Başlangıç	Bitiş	Süre	Şiddet	Min. değer	Min. değer tarihi
17046 ARDAHAN	3	Kasım 19	Mart 21	17	19.05	3.44	Haziran 70
	6	Kasım 82	Nisan 83	30	30.49	3.11	Ağustos 70
	9	Temmuz 94	Mart 97	33	13.74	2.83	Ağustos 70
	12	Temmuz 94	Ağustos 97	38	16.76	2.79	Nisan 71
17097 KARS	3	Haziran 70	Ağustos 71	15	15.08	6.39	Mayıs 17
	6	Temmuz 70	Nisan 72	22	23.39	4.2	Mayıs 17
	9	Temmuz 70	Mayıs 72	23	25.41	3.89	Mayıs 17
	12	Haziran 85	Mayıs 87	24	14.39	3.43	Mayıs 17
17100 IĞDIR	3	Ağustos 19	Mart 21	20	25.01	2.92	Haziran 71
	6	Mayıs 97	Mayıs 00	37	33.74	3.08	Haziran 71
	9	Haziran 97	Ağustos 00	39	36.68	2.91	Eylül 71
	12	Kasım 17	Eylül 21	45	51.02	2.68	Eylül 71
17656 ARPAÇAY	3	Aralık 15	Eylül 21	70	116.68	4.81	Mayıs 20
	6	Ocak 16	Eylül 21	69	131.64	4.04	Mayıs 20
	9	Ekim 14	Eylül 21	84	148.54	4.3	Mayıs 20
	12	Ocak 15	Eylül 21	81	153.71	3.5	Ağustos 20
17690 HORASAN	3	Mart 17	Ekim 18	20	24.6	3.87	Aralık 11
	6	Haziran 17	Nisan 21	47	60.56	3.53	Kasım 20
	9	Ocak 13	Mayıs 19	77	82.1	3.46	Şubat 21
	12	Nisan 13	Eylül 21	102	125.69	3.47	Eylül 18
17692 SARIKAMIŞ	3	Temmuz 12	Eylül 15	39	62.4	4.48	Aralık 14
	6	Ekim 12	Ekim 17	61	111.11	3.64	Mart 15
	9	Ocak 12	Eylül 21	117	175.78	3.43	Haziran 15
	12	Mayıs 12	Eylül 21	115	181.68	3.25	Haziran 15
17720 DOĞU BEYAZIT	3	Ekim 08	Kasım 09	14	12.78	2.91	Ağustos 01
	6	Mart 97	Mayıs 20	39	27.04	2.92	Mayıs 90
	9	Nisan 98	Temmuz 20	28	20.89	2.94	Mart 13
	12	Kasım 95	Aralık 00	62	44.87	2.28	Mayıs 13

Çoruh Havzasında bulunan 5 farklı meteoroloji gözlem istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde SPI yöntemi için en uzun süren kurak dönemin başlangıç, bitiş, süre ve şiddet ve en şiddetli kuraklığa ait indis değeri ve oluştuğu tarih bilgileri Çizelge 4.3.'te verilmiştir. 17045-Artvin istasyonunda en uzun kuraklık 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde 2018 yılında başlayıp 2021 yılında sona ermiştir. Bu zaman ölçeklerinde en şiddetli kuraklık değeri ise 2019-2020 yıllarında elde edilmiştir. 17089-Bayburt istasyonunda zaman ölçeğinin artmasıyla en uzun süren kuraklığın süresi artmış ve en uzun kurak dönemlerde kuraklık şiddeti ortalama 30 olmuştur. 17666-İspir istasyonunda en uzun kurak dönem ortalama olarak 36 ay sürmüş ve 2015-2016 yıllarında sona ermiştir. En şiddetli kuraklık ise tüm zaman ölçeklerinde 2014 yılında yaşanmış ve şiddeti 4'ten büyük olmuştur. 17668-Oltu istasyonunda en uzun kurak dönem ortalama 33.25 ay sürmüş ve şiddeti ortalama 38 olmuştur. 17688-

Tortum istasyonunda en uzun kurak dönem ortalama 56.25 ay yaşanmış ve şiddeti ortalama 78.56 olarak gerçekleşmiştir. En şiddetli kuraklık 3 aylık zaman ölçeğinde 2018 yılında diğer zaman ölçeklerinde ise 2014 yılında elde edilmiştir. Çoruh Havzası genelinde en uzun kuraklık ortalama SPI03'te 22 ay, SPI06'da 32.6 ay, SPI09'da 43.8 ay ve SPI12'de 52 sürmüştür. Çoruh Havzasında en uzun kuraklık şiddeti ortalama SPI03'te 32.548, SPI06'da 48.48, SPI09'da 67.972 ve SPI12'de ise 70.628 olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4. 3. Çoruh Havzası SPI yöntemiyle kuraklık bileşenleri

İstasyon	Ölçek	Başlangıç	Bitiş	Süre	Şiddet	Min. değer	Min. değer tarihi
17045 ARTVİN	3	Mayıs 74	Eylül 75	17	23.43	4.55	Ekim 74
	6	Kasım 18	Mayıs 21	31	40.08	3.13	Ocak 20
	9	Haziran 18	Temmuz 21	38	53.24	3.15	Aralık 19
	12	Haziran 18	Eylül 21	40	57.21	3.22	Şubat 20
17089 BAYBURT	3	Mayıs 75	Eylül 76	17	15.89	2.41	Temmuz 75
	6	Ocak 14	Eylül 15	21	21.56	2.44	Eylül 14
	9	Mayıs 74	Şubat 77	34	43.43	2.83	Ocak 76
	12	Haziran 81	Eylül 85	52	39.08	2.91	Nisan 76
17666 İSPİR	3	Ekim 12	Ağustos 15	35	70.76	4.31	Haziran 14
	6	Kasım 12	Ekim 15	36	85.67	4.94	Şubat 14
	9	Ocak 13	Ekim 15	34	89.59	4.93	Ağustos 14
	12	Ocak 13	Mart 16	39	91.83	4.88	Eylül 14
17668 OLTU	3	Kasım 19	Mart 21	17	19.73	4.37	Ekim 74
	6	Ekim 12	Ağustos 15	35	38.19	2.65	Nisan 13
	9	Temmuz 16	Temmuz 19	37	45.92	3.09	Eylül 18
	12	Haziran 12	Ocak 16	44	48.29	2.78	Kasım 18
17688 TORTUM	3	Ekim 13	Eylül 15	24	32.93	3.91	Eylül 18
	6	Ekim 12	Ocak 16	40	56.9	3.31	Nisan 15
	9	Ocak 13	Nisan 19	76	107.68	2.99	Nisan 15
	12	Temmuz 12	Temmuz 19	85	116.73	3.32	Nisan 15

Çoruh Havzasında bulunan beş farklı meteoroloji gözlem istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde RDI yöntemi için en uzun süren kurak dönemin başlangıç, bitiş, süre ve şiddet ve en şiddetli kuraklığa ait indis değeri ve oluştuğu tarih bilgileri Çizelge 4.4.'te verilmiştir. 17045-Artvin istasyonunda elde edilen kuraklık bileşenleri SPI yöntemiyle elde edilen kuraklık bileşenleriyle benzer olduğu görülmektedir. 17089-Bayburt istasyonunda en uzun kuraklık 2013 ve 2014 yıllarında başlayıp 2015 ve 2017 yıllarında sona ermiştir. En uzun kuraklık RDI03 ve RDI06'da 22 ay, RDI09 ve RDI12'de 40 ay sürmüştür. En şiddetli kuraklık genellikle 2001 yılında yaşanmıştır. 17666-İspir istasyonunda en şiddetli kuraklık tüm zaman

ölçeklerinde 2014 yılında gerçekleşmiş ve indis değeri 4'ten büyük olmuştur. 17668-Oltu istasyonunda en uzun kuraklık ortalama 33.75 ay sürmüş ve şiddeti ortalama 38.6 olmuştur. 17688-Tortum istasyonunda en uzun kuraklık ortalama 56.5 ay gerçekleşmiş ve şiddeti ortalama 81.8 olmuştur. Çoruh Havzasında ele alınan beş istasyonda kuraklık bileşenlerinin genel olarak değerlendirilmesinden, en uzun kuraklığın süresi ve şiddeti sırasıyla 3 aylık zaman ölçeğinde 23 ay ve 34.068, 6- aylık zaman ölçeğinde 34.6 ay ve 52.162, 9- aylık zaman ölçeğinde 45.6 ay ve 71.864 ve 12 aylık zaman ölçeğinde ise 51 ay ve 76.35 olarak elde edilmiştir.

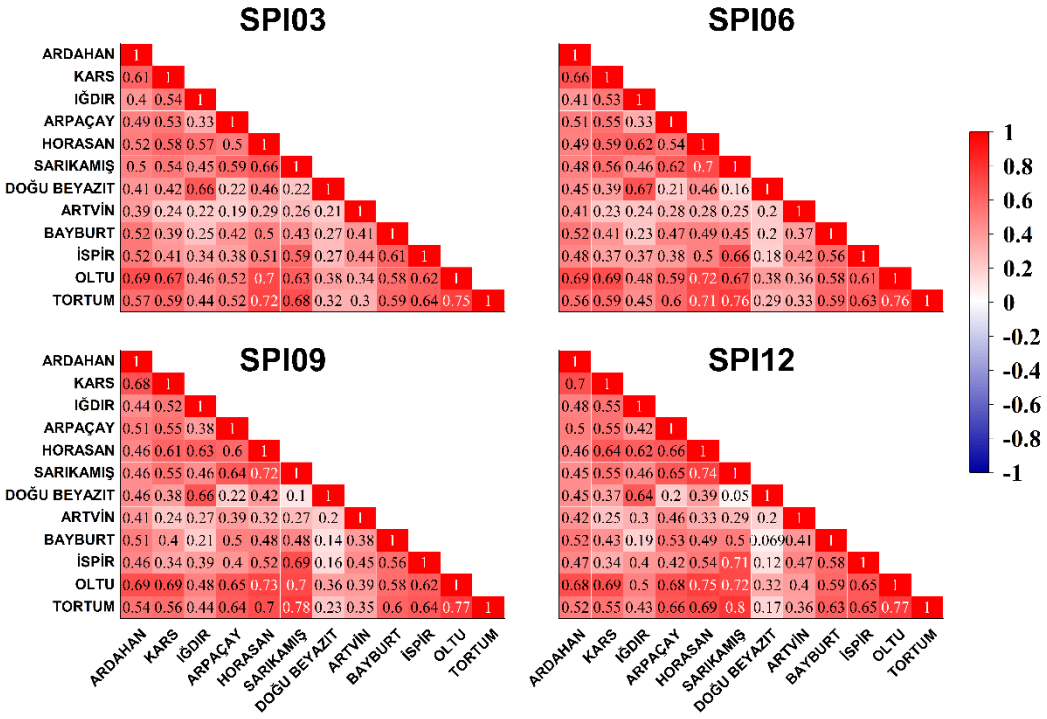
Çizelge 4. 4. Çoruh Havzası RDI yöntemiyle kuraklık bileşenleri

İstasyon	Ölçek	Başlangıç	Bitiş	Süre	Şiddet	Min. değer	Min. değer .arihi
17045 ARTVİN	3	Nisan 19	Ağustos 20	17	24.19	4.34	Ekim 74
	6	Mart 18	Mayıs 21	39	52.16	3.14	Aralık 19
	9	Haziran 18	Ağustos 21	39	59.08	3.22	Aralık 19
	12	Haziran 18	Eylül 21	40	63.55	3.24	Şubat 20
17089 BAYBURT	3	Kasım 13	Ağustos 15	22	19.78	3.47	Temmuz 01
	6	Aralık 13	Eylül 15	22	25.94	2.87	Ağustos 01
	9	Nisan 14	Temmuz 17	40	50.11	2.73	Aralık 01
	12	Mayıs 14	Eylül 17	41	55.08	2.47	Şubat 02
17666 İSPİR	3	Ekim 12	Ağustos 15	35	71.48	4.16	Haziran 14
	6	Kasım 12	Ekim 15	36	86.26	4.85	Şubat 14
	9	Ocak 13	Aralık 15	36	89.95	4.78	Ağustos 14
	12	Kasım 12	Mayıs 16	43	93.01	4.75	Eylül 14
17668 OLTU	3	Kasım 19	Mart 21	17	20.5	4.23	Ekim 74
	6	Ekim 12	Eylül 15	36	37.94	2.68	Ocak 21
	9	Temmuz 16	Temmuz 19	37	47.82	3.07	Eylül 18
	12	Mayıs 12	Ocak 16	45	48.08	2.79	Kasım 18
17688 TORTUM	3	Ekim 13	Eylül 15	24	34.39	3.89	Eylül 18
	6	Ekim 12	Ocak 16	40	58.51	3.4	Nisan 15
	9	Ocak 13	Nisan 19	76	112.36	3.06	Nisan 15
	12	Temmuz 12	Ağustos 19	86	122.03	3.25	Nisan 15

4.4. Kuraklık ve Kuraklık Trendinin Genel Değerlendirilmesi

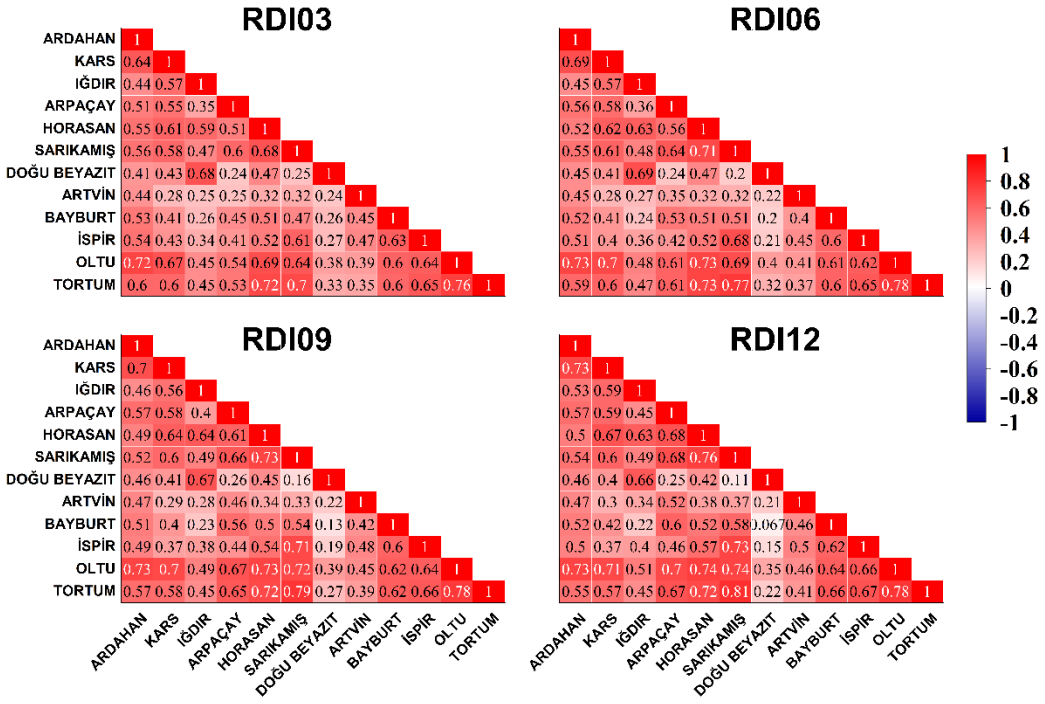
Aras ve Çoruh havzalarında ele alınan toplam 12 adet meteoroloji gözlem istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerinin istasyonlar arasındaki Pearson korelasyon katsayıları Şekil 4.73.'te verilmiştir. SPI03 değerlerine ait korelasyon katsayılarından Aras havzasında bulunan meteorolojik gözlem istasyonları arasında en büyük korelasyon katsayısı, Sarıkamış ile Horasan ve Iğdır ile Doğubeyazıt istasyonları arasında 0.66 olarak elde dilmiştir. Aynı zaman

ölçeğinde Çoruh havzasında ise en büyük korelasyon katsayısı Oltu ile Tortum istasyonları arasında 0.75 olarak belirlenmiştir. Farklı havzalarda bulunan istasyonlar arasındaki korelasyon katsayıları göz önüne alındığında, en büyük korelasyon katsayısı (0.72) Çoruh havzasında bulunan Tortum istasyonu ile Aras havzasında bulunan Horasan istasyonu arasında hesap edilmiştir. 6 aylık zaman ölçeğinde Aras ve Çoruh havzasında bulunan istasyonlar arasındaki en büyük korelasyon katsayısının 3 aylık zaman ölçeğine göre daha büyük olduğu ve 0.76 olarak Tortum ile Sarıkamış istasyonları arasında olduğu anlaşılmaktadır. 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde en büyük korelasyon katsayısının 6 aylık zaman ölçeğinde olduğu gibi Tortum ile Sarıkamış istasyonları arasında elde edilmiştir. Tüm zaman ölçekleri genel olarak değerlendirildiğinde en büyük korelasyon katsayısı SPI12'de Tortum ile Sarıkamış istasyonları arasında 0.8 olmuştur. Bu istasyonlar arasında en büyük korelasyon katsayısının oluşmasında istasyonların farklı havzalarda bulunmasına rağmen birbirine yakın olması etkili olmuştur. Sonuç, olarak iki istasyonun benzer yağış özelliklerine sahip olması elde edilen SPI değerleri arasındaki korelasyonun büyük olmasını sağlamıştır.



Şekil 4. 73. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerleri için korelasyon katsayıları

Aras ve Çoruh havzalarında ele alınan istasyonlarda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Şekil 4. 74.'te verilmiştir. Korelasyon katsayıları incelendiğinde, istasyonlar arasında elde edilen RDI değerleri arasında SPI değerlerine ait korelasyon katsayılarına oldukça benzer olduğu görülmektedir. En büyük korelasyon katsayısı RDI03'te Tortum istasyonu ile Horasan istasyonları arasında 0.76 olarak, RDI06'da Tortum istasyonu ile Oltu istasyonu arasında 0.78 olarak, RDI09'da Tortum istasyonu ile Sarıkamış istasyonları arasında 0.79 olarak ve RDI12'de ise Tortum istasyonu ile Sarıkamış istasyonları arasında 0.81 olarak hesap edilmiştir.



Şekil 4. 74. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen RDI değerleri için korelasyon katsayıları

Aras havzasında bulunan meteoroloji gözlem istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde SPI ve RDI değerlerinin farklı kuraklık sınıfları için İTA yöntemiyle elde edilen trend durumları Çizelge 4.5.'te verilmiştir. 17046-Ardahan istasyonunda farklı zaman ölçeklerinde SPI ve RDI değerlerinin AK, ÇK, OK ve HK kuraklık sınıflarında çoğunlukla artan veya trend yok sonucu elde edilmiştir. 17097-Kars istasyonunda AK ve ÇK sınıflarda SPI ve RDI değerlerinde azalan trend belirlenmiştir. Bu istasyonda SPI yöntemiyle OK ve HK sınıflarda artan trend, RDI

yöntemiyle aynı kuraklık sınıflarında azalan trend olduğu görülmektedir. 17100-Iğdır istasyonunda SPI ve RDI yöntemleriyle elde edilen indis değerlerinde 3-, 6-, 9- ve 12-aylık zaman ölçeklerinde AK ve ÇK sınıflarında artan trend görülürken, OK ve HK sınıflarda azalan trend görülmüştür. 17656-Arpaçay istasyonunda AK, ÇK ve OK sınıflarında dört farklı zaman ölçeğinde trend yok belirlenirken, HK sınıfta azalan trend varlığı tespit edilmiştir. 17690-Horasan istasyonunda SPI ve RDI yöntemleriyle elde edilen indis değerlerinde farklı kuraklık sınıflarının trend analizi sonucunda, azalan veya trend yok olarak belirlenmiştir. 17692-Sarıkamış istasyonunda sadece HK sınıfta her iki yöntem ve tüm zaman ölçeklerinde azalan trend belirlenmiş, diğer kuraklık sınıflarında ise herhangi bir trend varlığı belirlenmemiştir. 17720-Doğu Beyazıt istasyonunda SPI ve RDI yönteminin her ikisiyle elde edilen indis değerlerinde tüm kuraklık sınıflarında azalan trend olduğu söylenebilir. Aras havzasında SPI ve RDI yöntemleriyle elde edilen farklı kuraklık sınıflarını temsil eden indis değerlerinin trend analizi sonucunun benzer olduğu söylenebilir. Aras havzasında ele alınan istasyonlar arasında kuraklık açısından 17046-Ardahan istasyonunun en düşük riske sahip olduğu değerlendirilmiştir. Ayrıca, 17720-Doğu Beyazıt istasyonunda azalan trend varlığı kuraklığın artacağı sonucunu bildirmektedir. Bu istasyonun kuraklık açısından incelenmesi ve kuraklık önleyici veya azaltıcı tedbirlerin alınması önerilmektedir. Ayrıca, Aras havzasında indis değerlerinde çoğunlukla azalan trend belirlenmiştir.

Çoruh havzasında bulunan meteoroloji gözlem istasyonunda 3-, 6-, 9- ve 12-aylık zaman ölçeklerinde SPI ve RDI değerlerinin farklı kuraklık sınıfları için İTA yöntemiyle elde edilen trend durumları Çizelge 4.6.'da verilmiştir. 17045-Artvin istasyonunda SPI ve RDI değerlerinde AK ve HK sınıflarında azalan trend belirlenmemiştir. 17089-Bayburt istasyonunda HK sınıfta her iki yöntem ve tüm zaman ölçeklerinde artan trend belirlenirken, diğer kuraklık sınıflarında azalan trend belirlenmiştir.1766-İspir istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde ve her iki yöntemde AK, ÇK ve OK sınıflarında artan veya azalan trend belirlenmez iken, HK sınıflarında azalan trend oluşmuştur. 17668-Oltu istasyonunda tüm kuraklık sınıflarında genellikle azalan trend vardır. 17688-Tortum istasyonunda SPI yöntemiyle tüm zaman ölçeğinin artmasıyla HK hariç tüm kuraklık sınıflarında "azalan" trend "trend yok" olarak

değişmektedir. RDI yöntemiyle farklı kurak sınıfların trend sonuçlarından sadece HK sınıfta tüm zaman ölçeklerinde azalan trend var iken, diğer kuraklık sınıflarında ve tüm zaman ölçeklerinde çoğunlukla herhangi bir trend belirlenememiştir. Çoruh havzasında ele alınan meteoroloji gözlem istasyonlarında genellikle azalan trendin olduğu görülmektedir. Bu sonuç, Aras havzası ile benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4. 5. Aras havzası için farklı kuraklık sınıflarının trend analizi sonuçları

		SPI				RDI			
İstasyon	**Ölçek**	**AK**	**ÇK**	**OK**	**HK**	**AK**	**ÇK**	**OK**	**HK**
17046 ARDAHAN	**3**	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN
	6	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN
	9	ARTAN	TREND YOK	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN
	12	ARTAN	TREND YOK	TREND YOK	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN
17097 KARS	**3**	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	AZALAN	TREND YOK	AZALAN	AZALAN
	6	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	TREND YOK	AZALAN	AZALAN	AZALAN
	9	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN
	12	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN
17100 IĞDIR	**3**	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN
	6	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN
	9	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN
	12	AZALAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN
17656 ARPAÇAY	**3**	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	6	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	9	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	12	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
17690 HORASAN	**3**	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	6	AZALAN	TREND YOK	AZALAN	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	9	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	12	AZALAN	TREND YOK	AZALAN	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
17692 SARIKAMIŞ	**3**	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	6	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	9	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	12	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
17720 DOĞU BEYAZIT	**3**	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN
	6	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN
	9	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN
	12	AZALAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN

Çizelge 4. 6. Çoruh havzası için farklı kuraklık sınıflarının trend analizi sonuçları

		SPI				RDI			
İstasyon	Ölçek	AK	ÇK	OK	HK	AK	ÇK	OK	HK
17045 ARTVİN	3	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN
	6	AZALAN	TREND YOK	ARTAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN
	9	AZALAN	TREND YOK	ARTAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN
	12	AZALAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN
17089 BAYBURT	3	AZALAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN
	6	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN
	9	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	AZALAN	TREND YOK	AZALAN	ARTAN
	12	AZALAN	AZALAN	ARTAN	ARTAN	ARTAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN
17666 İSPİR	3	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	6	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	9	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	12	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
17668 OLTU	3	ARTAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	AZALAN	TREND YOK	AZALAN
	6	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	ARTAN	AZALAN
	9	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	12	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	ARTAN	AZALAN
17688 TORTUM	3	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	AZALAN	AZALAN
	6	AZALAN	AZALAN	AZALAN	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	9	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN
	12	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN	TREND YOK	TREND YOK	TREND YOK	AZALAN

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, Türkiyenin kuzey doğusunda yeralan Aras Havzasında bulunan Ardahan, Kars, Iğdır, Arpaçay, Horasan, Sarıkamış ve Doğu Beyazıt meteoroloji gözlem istasyonları ve Çoruh Havzasında bulunan Artvin, Bayburt, İspir, Oltu ve Tortum meteoroloji gözlem istasyonlarının meteorolojik kuraklık değerlendirilmesi ve trend analizi yapılmıştır. Meteorolojik kuraklığın analizinde 12 istasyonda ait 1969-2020 yılları arasındaki 52 yıllık iklim parametreleri kullanılarak meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Meteorolojik kuraklığın 3-, 6-, 9- ve 12-aylık zaman ölçeklerinde değerlendirilmesinde Standartlaştırılmış Yağış Indeksi (SPI) ve Keşif Kuraklık Indeksi (RDI) yöntemlerinden yararlanılmıştır. Her iki yöntemle ile elde edilen kuraklık indis değerlerinde oluşan en uzun kuraklığın başlangıç ve süreleri, ayrıca en şiddetli kuraklığın indis değeri ve yaşandığı tarih belirlenmiştir.

SPI ve RDI yöntemleriyle 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeklerinde elde edilen indis değerlerinde meydana gelen değişimin belirlenmesi için grafiksel değerlendirme imkanı sunan Yenilikçi Trend Analizi (Innovative Trend Analysis-İTA) kullanılmış ve ele alınan tüm istasyonlarda farklı kuraklık sınıflarında meydana gelen değişim detaylıca değerlendirilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir.

- Aras Havzasında bulunan meteoroloji gözlem istasyonlarında Iğdır istasyonu hariç diğer istasyonlarda SPI03'te kuraklık oluşma yüzdesi yağışlı dönemden küçüktür.
- Aras Havzasında bulunan Arpaçay, Horasan ve Sarıkamış istasyonlarında SPI ve RDI yöntemleriyle tüm zaman ölçeklerinde kuraklık oluşma yüzdesi %50'den az olmuştur.
- Aras havzasında ele alınan 7 meteoroloji gözlem istasyonunda kuraklık ortalaması SPI ve RDI yöntemleri için sırasıyla 3 aylık zaman ölçeği için %47 ve%48, 6 aylık zaman ölçeğinde %47 ve %48, 9 aylık zaman ölçeğinde %48ve %48 ve 12- aylık zaman ölçeğinde ise %48 ve %47 olmuştur.

- Aras Havzasında ele alınan tüm istasyonlarda ve zaman ölçeklerinde AK oluşum yüzdesi %3.2, ÇK oluşum yüzdesi %3.9, OK oluşum yüzdesi %8.0 ve HK oluşum yüzdesi %32.2 olmuştur. RDI yöntemiyle de kurak sınıfların oluşum yüzdesi SPI yöntemi sonuçlarıyla benzerdir.
- Aşırı kuraklık en büyük oluşma yüzdesine (%7) Sarıkamış istasyonunda SPI12'de oluşmuştur.
- Ardahan istasyonunda tüm zaman ölçeklerinde ve kuraklık sınıflarında artan trend belirlenmişitr.
- 17656- Arpaçay ve 17690- Horasan istasyonlarında tüm zaman ölçeklerinde RDI ve SPI yöntemiyle elde edilen negatif indis değerlerinde azalan trend oluşmuştur. Kuraklık riski bulunmaktadır.
- 17692-Sarıkamış istasyonunda kuraklık oluşma oranı oldukça küçük olsa da kurak dönemi temsil eden negatif indis değerlerinde belirgin azalan trend vardır. Sonuç olarak gelecek yıllarda kuraklığın şiddetinin artacağı ön görülmektedir.
- Çoruh Havzasında ele alınan zaman ölçekleri ve istasyonlarda SPI ve RDI yöntemleriyle elde edilen kuraklık oluşumunun ortalaması %50'den az olmuştur.
- Çoruh Havzasında Bayburt istasyonunda SPI yöntemiyle 3- ve 12- aylık zaman ölçeği hariç ve RDI yöntemiyle tüm zaman ölçeklerinde ve tüm istasyonlarda kuraklık oluşma oranı %50'den az olmuştur.
- Çoruh Havzasında ele alınan tüm istasyonlarda SPI yöntemiyle 3-, 6-, 9- ve 12- aylık zaman ölçeğinde AK sınıfın oluşma oranının ortalaması sırasıyla %2.5, %2.9, %3.1 ve %3.0 olmuştur. Bu kuraklık sınıfı RDI03'te %2.0, RDI06'da %2.5, RDI09'da %2.5 ve RDI12'de %2.4 olarak hesap edilmiştir.
- Çoruh Havzasında kuraklık açısından riskli veya dikkat edilmesi gereken kuraklık sınıfları olarak ifade edilen AK ve ÇK sınıfların oluşma yüzdesi toplamı SPI ve RDI yöntemleri için sırasıyla 3 aylık zaman ölçeğinde %7.8 ve %6.1, 6 aylık zaman ölçeğinde %7.0 ve %6.0, 9 aylık zaman ölçeğinde %6.7 ve %5.5, 12 aylık zaman ölçeğinde ise %7.5 ve%6.1 olarak oluşmuştur.
- Artvin istasyonunda SPI ve RDI yöntemiyle tüm zaman ölçeklerinde elde edilen indis değerlerinde herhangi bir trend belirlenmemiştir.

- İspir ve Tortum istasyonlarında SPI ve RDI yöntemleriyle tüm zaman ölçeklerinde negatif indis değerlerinde azalış trendi görülmüştür.
- Oltu istasyonunda negatif indis değerlerinde azalış trendi görülürken, pozitif indis değerlerinde artış trendi görülmektedir. Genel olarak istasyonda indis değerlerinde meydana gelen trend varlığının denge durumunu sağladığı söylenebilir.
- Aras ve Çoruh Havzalarında SPI ve RDI yöntemi kullanılarak 3-, 6-, 9- ve 12-aylık zaman ölçeklerinde elde edilen indis değerlerinin birbiriyle genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir.
- Aras ve Çoruh Havzalarında en uzun ve en şiddetli kuraklıklar çoğunlukla yakın geçmişte yaşanmıştır.
- Aras ve Çoruh havzalarında SPI ve RDI yöntemleriyle farklı zaman ölçeklerinde elde edilen indis değerleri arasında en büyük korelasyon katsayısı RDI12'de ise Tortum istasyonu ile Sarıkamış istasyonları arasında 0.81 olarak elde edilmiştir. Bu istasyonların birbirine yakın yerlerde bulunmasından dolayı aynı iklim özeliklerine sahip olduğunu göstermektedir.

Türkiyenin en yağışlı bölgesini kapsayan Çoruh ve Aras Havzalarının meteorolojik kuraklık analizi sonucunda, bölgenin her ne kadar yağışlı bir iklime sahip olsada bölgede bazı istasyonlarda kuraklık oluşumunun %50'den büyük olduğu ve küçük kuraklık oranlarına rağmen kuraklık açısından risk teşkil edebileceği değerlendirilen kuraklık sınıflarının oluşum yüzdesinin dikkat çekici olduğu belirlenmiştir. Özellikle bazı istasyonlarda negatif indis değerlerinde meydana gelen azalma trendi bölgede kuraklık riskinin artacağı anlamına gelmektedir. Bu çalışma sonucunda ele alınan bölgede kuraklıkla ilgili çalışmaların yaygınlaştırılması ve risklerin değerlendirilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Türkiye'nin ihracatında oldukça yüksek oranlara sahip tarım ürünlerin yetiştiği bölgede meteorolojik kuraklığın değerlendirmesinde kullanılmasının yanında tarımsal kuraklığın da değerlendirilmesine olanak sağladığı belirtilen RDI yönteminin yerine SPI yönteminde kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, grafiksel bir yöntem

olan İTA yönteminin zaman serisinde meydana gelen değişimin değerlendirilmesinde genel olarak yararlı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda ele alınan bölgede meteorolojik ve tarımsal kuraklıkların farklı kuraklık yöntemleriyle değerlendirilmesi ve farklı trend belirleme yöntemleriyle bu kuraklık türlerinin trendinin belirlenmesi ve sonuçların karşılaştırılması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

AGHA, O. M. A. M., 2017. İklim eğilimleri ve kuraklık indisleri davranışı: çalışma alanı Irak. Gaziantep Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep, 144s.

AĞUN, B., 2018. Gap bölgesindeki kuraklığın trend analizi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, MSc., Şanlıurfa, 133s.

AKCAPıNAR, M. C. ve ÇALMAK, B., 2021. Ankara İli Ayaş İlçesinde Kuraklığın Değerlendirilmesi. Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi, 2(2): 119-130.

AKTÜRK, G. ve YILDIZ, O., 2018. The Effect Of Precipitation Deficits On Hydrological Systems In The Çatalan Dam Basin, Turkey. Uluslararası Muhendislik Arastirma ve Gelistirme Dergisi: 10-28.

ASSEMBLY, U. N. G., 1994. Elaboration of an international convention to combat desertification in countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa. 58.

ATMACA, D., 2011. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) yöntemi ile Konya ili bölgesel kuraklık analizi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat, 50s.

CANGEL, T., 2010. İstanbul Yağışlarının Gidişler Analizi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 162s.

DAHAMSHEH, A., 2003. Monitoring meteorological drought in Jordan. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, İstanbul, 61s.

DOĞAN, S., 2013. Konya Kapalı Havzası Kuraklık Karakterizasyonunun Zamansal-Konumsal Analizi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 110s.

DUKAT, P., BEDNORZ, E., ZIEMBLIŃSKA, K. ve URBANIAK, M., 2022. Trends in drought occurrence and severity at mid-latitude European stations (1951–2015) estimated using standardized precipitation (SPI) and precipitation and evapotranspiration (SPEI) indices. Meteorology and Atmospheric Physics, 134(1).

ERSOY, T., 2019. Konya ili meteorolojik kuraklık analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 60s.

FAYE, C., 2022. Comparative Analysis of Meteorological Drought based on the SPI and SPEI Indices. HighTech and Innovation Journal, 3: 15-27.

GÜLSEVER, H., 2017. Dicle havzasında sıcaklık-yağış ve kuraklık analizi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır, 61s.

GÜMÜŞ, V., BAŞAK, A. ve ORUÇ, N., 2016. Standartlaştırılmış yağış indeksi (SYİ) yöntemi ile Şanlıurfa istasyonunun kuraklık analizi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 1(1): 36-44.

GÜNAY, Ü., ÇAY, T. ve DURSUN, Ş., 2022. Kırsal Kalkınma Politikalarına ve Çevresel Etkilerine Genel Bir Bakış. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, 5(1): 1-10.

GÜNGEN, Y., 2019. Standart yağış indisi (SPI) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesinde kuraklık analizi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa, 54s.

HARGREAVES, G. H. ve SAMANI, Z. A., 1982. Estimating Potential Evapotranspiration. Water Resource Management, 21: 821-833.

HASSAN, S. M., OMAR, A. A., KÜÇÜKTOPCU, E., CEMEK, B. ve MOHAMED, M. J., 2022. Drought Analysis in Somalia Using GIS - Based on Reconnaissance Drought Index (RDI) and Standardized Precipitation Index (SPI). African Journal of Climate Change and Resource Sustainability, 1(1): 62-75.

ISIA, I., HADIBARATA, T., JUSOH, M. N. H., BHATTACHARJYA, R. K., SHAHEDAN, N. F., BOUAISSI, A., FITRIYANI, N. L. ve SYAFRUDIN, M., 2022. Drought Analysis Based on Standardized Precipitation Evapotranspiration Index and Standardized Precipitation Index in Sarawak, Malaysia. Sustainability, 15(1).

KARADAŞ, S. ve İMAMOĞLU, A., 2019. Drought Analysis in the Gaziantep Province Based on the Standard Precipitation Index. In *1st Istanbul International Geography Congress Proceedings Book*. 1119-1126s.

KÖKSOY, E., 2012. TR52 Bölgesi (Konya Karaman) Kuraklık İndeksi. Konya: Mevlana Kalkınma Ajansı.

KÜÇÜKYAMAN, D., 2010. Kovada Gölü'nün hidrolojik ve meteorolojik kuraklık analizi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.

KUZAY, M., 2019. Türkiyede 1901-2015 Yılları Arasında Standart Yağış İndeksine (Spi) Göre Trend Analizi. Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 64s.

KUZUCU, A., 2016. Seyhan Havzası'nda Kuraklığın Zamansal ve Alansal Değişiminin İncelenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 179s.

MCKEE, T. B., DOESKEN, N. J. ve KLEIST, J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology*. 179-183.

MEHTA, D. J. ve YADAV, S. M., 2023. Meteorological drought analysis in Pali District of Rajasthan State using standard precipitation index. International Journal of Hydrology Science and Technology, 15(1).

OĞUZTÜRK, G., 2010. Kızılırmak Havzası'nda SYİ ile kuraklık analizi ve YSA yöntemi ile kuraklık tahmini. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 192s.

ORUÇ, N., 2017. Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kuraklık analizi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Pamukkale, 98s.

POYRAZ, A. Y., 2018. Drought analysis using CORDEX simulations over the mediterranean climate regions of Turkey. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 154s.

ŞEN, Z., 2012. Innovative Trend Analysis Methodology. Journal of Hydrologic Engineering, 17: 1042-1046.

ŞENER, E., 2021. Standartlaştırılmış Yağış İndisi ile Kuraklık İndislerinin Eğilim Analizi: Akşehir Örneği. Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering, 21(6): 1470-1484.

ŞIMŞEK, O., 2010. Türkiye'de tarım yılı kuraklık değerlendirmesi ve bitki gelişim modeli ile buğdayda kuraklık-verim analizi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 145s.

TOPÇU, E., 2013. L-Momentler ve standart yağış indeksi (SYİ) yardımıyla Seyhan Havzası kuraklık analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 167s.

TOPÇU, E., 2018. Doğu Akdeniz, Seyhan, Ceyhan ve Asi havzalarında farklı yöntemler kullanılarak kuraklık analizi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 346s.

TRAORE, E. Y., 2016. Drought and trend analysis in Trarza region in Mauritania. İzmir Yüksek Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 68s.

TSAKIRIS, G., PANGALOU, D. ve VE VANGELIS, H., 2007. Regional Drought Assessment Based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). Water Resource Management, 21: 821–833.

TSAKIRIS, G. ve VANGELIS, H., 2005. Establishing a Drought Index Incorporating Evapotranspiration. European Water, 9(10): 3-11.

YEĞNIDEMIR, K., 2005. İç Anadolu bölgesinin standartlaştırılmış yağış indisi (SYİ) ile kuraklık analizi. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale, 173s.

YILDIZ-BOZKURT, S., 2022. Karadeniz bölgesindeki tarihsel meteorolojik kuraklıkların farklı yöntemlerle değerlendirilmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 275s.

YÜCEERIM, G., YıLMAZ, G., ETÖZ, M. ve ACAR, C. O., 2019. Kocadere Havzasında Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Farklı Zaman Ölçeğinde Kuraklık Analizi. Soil Water Journal, (Özel Sayı): 70-76.