

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KURAKLIK GÖSTERGELERİNİN BÜYÜK
ÖLÇEKLİ ATMOSFERİK PARAMETRELERLE
İLİŞKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Doğan ASLAN

Temmuz, 2020

İZMİR

KURAKLIK GÖSTERGELERİNİN BÜYÜK ÖLÇEKLİ ATMOSFERİK PARAMETRELERLE İLİŞKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı,

Hidrolik - Hidroloji ve Su Kaynakları Programı

Doğan ASLAN

Temmuz, 2020

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

DOĞAN ASLAN, tarafından **DOÇ DR. OKAN FISTİKOĞLU** yönetiminde hazırlanan **“KURAKLIK GÖSTERGELERİNİN BÜYÜK ÖLÇEKLİ ATMOSFERİK PARAMETRELERLE İLİŞKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Okan FISTİKOĞLU

Yönetici

Prof. Dr. Sevinç ÖZKUL

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ebru ERİŞ

Jüri Üyesi

Prof.Dr. Özgür ÖZÇELİK

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Öncelikle hem bu çalışmada hem de eğitim hayatımda bana yön veren, bilgi ve tecrübesini daima çok büyük destek olarak gördüğüm ve hissettiğim, birlikte çalışmaktan her zaman keyif aldığım tez danışmanım, kıymetli hocam Doç. Dr. Okan FISTIKOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatım boyunca beni destekleyen ve yanımda olan, hedeflerime ulaşmamda en büyük yardımı olan, hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan, beni yetiştiren annem Zeycan ASLAN'a ve babam Ahmet ASLAN'a, kardeşlerim Serkan ve Büşra'ya sonsuz teşekkür ederim.

Manevi olarak her zaman yanımda olan çalışma şevkimi yitirdiğim anlarda beni destekleyen ve motivasyonumu arttıran İlayda KARHAN'a çalışma süresince yanımda olduğu için gönülden teşekkür ederim.

DSİ'de birlikte çalışma şansı bulduğum, yüksek lisans eğitimime olan desteğine ve yardımlarına minnettar olduğum, İnşaat Mühendisi olarak kendimi geliştirmemde büyük yardımı olan Özgür ULUSOY'a ve hem mesleki hem akademik tecrübeleriyle yanımda olan bana bir abi gibi yol gösteren Yavuz ŞAHİN'e teşekkür ederim.

Doğan ASLAN

KURAKLIK GÖSTERGELERİNİN BÜYÜK ÖLÇEKLİ ATMOSFERİK PARAMETRELERLE İLİŞKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZ

Kuraklık indisleri; kuraklığın şiddetini ve kuraklığın ne kadar süreceğini sayısal olarak ifade eden yöntemlerdir. Farklı girdi parametreleriyle hesaplanan birçok kuraklık indisi geliştirilmiştir. Bu çalışmada; geçmiş verileri de kullanarak dünya genelinde düşük çözünürlüklü hesap hücreleri ile yağış, sıcaklık, buharlaşma gibi veri setleri oluşturan NCEP/NCAR yeniden analiz verileri ve istasyon veri setleri için kuraklık indisi hesapları yapılmış ve havzanın kuraklığı değerlendirilmiştir. Tez kapsamında, Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI), Keşif Kuraklık İndisi (RDI), Standardize Yağış İndisi (SPI) ve Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) kuraklık tanımlama yöntemleri Alt Kuzey Ege Havzasında yer alan istasyonlar ve bu havzayı kapsayan NCEP/NCAR veri seti için hesaplanmıştır.

Gelecek iklim koşullarını tahmin etmede kullanılan küresel iklim modellerinin düşük çözünürlüklü hesap hücreleri içindeki kuraklığın mekansal dağılımı çok değişken olabilmektedir. Bu nedenle, küresel modellerin atmosferik tahminlerinden elde edilen kuraklık indisleri hücre içindeki durumu yansıtmamaktadır. Bu nedenle sunulan çalışmada düşük çözünürlüklü NCEP/NCAR yeniden analiz verilerinden elde edilmiş Standardize Yağış İndisi (SPI) değerleri ile aynı bölgeye ait istasyon bazlı SPI değerleri arasındaki ilişkiler kuantil regresyon yöntemi ile incelenmiş ve bilinen atmosferik koşullar altında istasyonlardaki kuraklık indislerinin kuantilleri belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Normal yağışın yüzdesi indisi (PNPI), Keşif kuraklık indisi (RDI), Standardize yağış indisi (SPI), Standardize yağış evapotranspirasyon indisi (SPEI), kuraklık, NCEP/NCAR, kuantil regresyon

THE INVESTIGATION OF RELATIONS BETWEEN LARGE SCALE ATMOSPHERIC PARAMETERS AND DROUGHT INDICES

ABSTRACT

Drought indices are methods that quantify severity of drought and how long it will last. Various drought indices have been developed which can be calculated with different input parameters. In this study, drought indices have been calculated and drought of basin have been evaluated for stations data sets and NCEP/NCAR reanalyze data sets which use observed data to create low resolution grid data sets such as rainfall, temperature, evaporation all around the world. In this thesis, Percentage Normal Precipitation Index (PNPI), Reconnaissance Drought Index (RDI), Standardised Precipitation Index (SPI) and Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) drought definiton methods are calculated for the station based and NCEP/NCAR datasets in Lower North Aegean basin.

The spatial distribution of the drought within the low resolution grid of Global Climate Models used to predict the future climate conditions, can be very variable. Therefore, drought indices obtained from atmospheric estimates of GCMs do not reflect the exact situation within the computation grid. Because of this, the relationship between Standardized Precipitation Index (SPI) values obtained from low resolution NCEP/NCAR reanalysis data and station based SPI values of the same region was investigated by quantile regression method and quantities of drought indices at stations under specific atmospheric conditions.

Keywords: Percentage Normal Precipitation Index (PNPI), Reconnaissance Drought Index (RDI), Standardised Precipitation Index (SPI), Standardised Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI), drought, NCEP/NCAR, quantile regression

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
TABLolar LİSTESİ.....	xi
BÖLÜM BİR - GİRİŞ.....	1
BÖLÜM İKİ - AMAÇ VE KAPSAM.....	4
BÖLÜM ÜÇ - YÖNTEM.....	6
3.1 Kuraklık İndisleri	6
3.1.1 Normal Yağışın Yüzdesi Kuraklık İndisi (PNPI)	7
3.1.2 Keşif Kuraklık İndisi (RDI)	9
3.1.3 Standardize Yağış İndisi (SPI).....	11
3.1.4 Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI).....	14
3.2 Kuantil Regresyon.....	17
BÖLÜM DÖRT - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	23

BÖLÜM BEŞ - UYGULAMA..... 28

5.1 Uygulama Alanı ve Veriler 28

5.1.1 İstasyon Verileri..... 29

5.1.1.1 Potansiyel Evapotranspirasyon Verileri..... 30

5.1.2 NCEP/NCAR Verileri 32

5.2 Alt Kuzey Ege Bölgesinde Kuraklık İndisleri..... 33

5.2.1 Normal Yağışın Yüzdesi (PNPI) Hesap Yöntemi 34

5.2.2 Keşif Kuraklık İndisi (RDI) Hesap Yöntemi 39

5.2.3 Standardize Yağış Kuraklık İndisi (SPI) Hesap Yöntemi 45

5.2.4 Standardize Yağış Evapotranspirasyon Kuraklık İndisi (SPEI) Hesap Yöntemi 51

5.2.5 Kuantil Regresyon İlişkileri..... 57

BÖLÜM ALTI - SONUÇLAR..... 67

KAYNAKLAR 72

EKLER..... 79

EK 1: İstasyonların Zamana Bağlı Kuraklık Değeri Grafikleri (1963-2014) 79

EK 1.A: PNPI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık) 79

EK 1.B: RDI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık) 96

EK 1.C: SPI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık) 113

EK 1.D: SPEI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)..... 130

EK 2: NCEP/NCAR (atmosfer) Verilerinin Zamana Bağlı Kuraklık Değeri Grafikleri (1963-2014)	147
EK 2.A: PNPI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)	147
EK 2.B: RDI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)	148
EK 2.C: SPI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)	149
EK 2.D: SPEI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık).....	150
EK 3: İstasyon ve Atmosfer SPI İlişkisine Ait Kuantil Regresyon Grafikleri (1-3-6-9-12-24 aylık)	151
EK 3.A: Kuantil Regresyon Grafikleri ($\tau=0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9$)	151

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 Oluşum mekanizmalarına göre kuraklık ilişkileri	3
Şekil 3.1 EKK yöntemi hata ifadesinin gösterimi.....	19
Şekil 3.2 EKK yöntemiyle aykırı değerler bulunan doğrusal regresyon modeli	20
Şekil 3.3 EKK yönteminde aykırı değerlerin çıkarılmasıyla bulunan doğrusal regresyon modeli	20
Şekil 3.4 Kuantil regresyon doğruları	21
Şekil 5.1 Uygulama sahası	29
Şekil 5.2 Bakırçay havzası ve atmosfer verilerinin kapsadığı alan.....	33
Şekil 5.3 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık pnpı indisi grafikleri	35
Şekil 5.4 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık pnpı indisi grafikleri.....	36
Şekil 5.5 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık pnpı indisi grafikleri	37
Şekil 5.6 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık pnpı indisi grafikleri.....	38
Şekil 5.7 NCEP/NCAR 1-3-6-9-12-24 aylık pnpı indisi grafikleri	39
Şekil 5.8 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık rdi indisi grafikleri.....	41
Şekil 5.9 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık rdi indisi grafikleri	42
Şekil 5.10 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık rdi indisi grafikleri	43
Şekil 5.11 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık rdi indisi grafikleri	44
Şekil 5.12 NCEP/NCAR 1-3-6-9-12-24 aylık rdi indisi grafikleri	45
Şekil 5.13 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık spi indisi grafikleri.....	47
Şekil 5.14 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık spi indisi grafikleri.....	48
Şekil 5.15 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık spi indisi grafikleri.....	49
Şekil 5.16 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık spi indisi grafikleri	50
Şekil 5.17 NCEP/NCAR 1-3-6-9-12-24 aylık spi indisi grafikleri.....	51
Şekil 5.18 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık spei indisi grafikleri.....	53
Şekil 5.19 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık spei indisi grafikleri	54
Şekil 5.20 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık spei indisi grafikleri	55
Şekil 5.21 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık spei indisi grafikleri	56
Şekil 5.22 NCEP/NCAR 1-3-6-9-12-24 aylık spei indisi grafikleri	57

Şekil 5.23 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri	59
Şekil 5.24 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri.....	60
Şekil 5.25 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri.....	61
Şekil 5.26 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri.....	62



TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 Kuraklık indisleri ve özellikleri	7
Tablo 3.2 PNPI kuraklık sınıflandırması	9
Tablo 3.3 RDI kuraklık sınıflandırması	11
Tablo 3.4 SPI kuraklık sınıflandırması	14
Tablo 3.5 SPEI kuraklık sınıflandırması	17
Tablo 5.1 NCEP/NCAR SPI ile Aliağa SPI arasındaki kuantil regresyon katsayıları	63
Tablo 5.2 NCEP/NCAR SPI ile Dikili SPI arasındaki kuantil regresyon katsayıları	64
Tablo 5.3 NCEP/NCAR SPI ile Bergama SPI arasındaki kuantil regresyon katsayıları	65
Tablo 5.4 NCEP/NCAR SPI ile Soma SPI arasındaki kuantil regresyon katsayıları	66
Tablo 6.1 İstasyonlarda kuraklıkların en sık görüldüğü aylar.....	67
Tablo 6.2 NCEP/NCAR havzada kuraklıkların en sık görüldüğü aylar	67
Tablo 6.3 İstasyonlarda kuraklıkların en sık görüldüğü yıllar	68
Tablo 6.4 NCEP/NCAR havzada kuraklıkların en sık görüldüğü yıllar.....	69

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

Su, bir canlı olarak ihtiyaç duyduğumuz doğal kaynaklardan biridir ancak dünya üzerindeki suların sadece %3 ü tatlı sudur. Bu %3 lük tatlı su kaynaklarının sadece 1/3 lük kısmı tarım ve günlük yaşamda kullanılabilir, kalan 2/3 lük su miktarı; buzullarda donmuş halde ya da zemin seviyesinin altında; yeraltı sularında bulunmaktadır. Günümüzde birçok insan için ana su kaynağı yeraltı kaynaklarında ki tatlı sulardır.

Dünya genelinde nüfusun artışıyla birlikte sanayi suyu kullanımlarında, tarım ve hayvancılıkta kullanılan sularda, enerji üretiminde ve gündelik yaşamda su kullanımında artışlar meydana gelmiştir. Küresel olarak tatlı su kaynaklarında meydana gelen bu tüketim artışı dünyanın en büyük yeraltı sularını seviyelerini azaltmaktadır, nüfusla beraber suya olan talep arttıkça durum daha da kötüleşmektedir.

Küresel ısınma ile birlikte meydana gelen iklim değişikliği; tatlı su kaynaklarını koruyan ekosistemi ve doğal çevreyi etkilemekte, bu durumda zaten ulaşmanın zor olduğu yaşamsal su kaynaklarına erişebilmek ve kullanmak gittikçe güçleşmektedir.

İklim değişikliği ile buharlaşma oranı, yağmur ve kar yağışı, suların akışa geçişinin erken ve kısa sürmesi, su sıcaklıklarında artış ve su kalitesinin düşmesi gibi konularda su kaynaklarını önemli ölçüde etkilemektedir. Buharlaşma oranlarında ki artışın baraj, gölet, yeraltı suları, depolama ve kullanım sistemlerinde ki su miktarlarını birçok bölgede azaltması beklenmektedir (Şen, 2015).

Kuraklık; arazi ve su kaynaklarını olumsuz etkileyen ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan, normalde düşen yağış miktarının ortalamanın altına düşmesi ile meydana gelen doğal bir olaydır (UNCCD, 1994).

Kuraklık; şiddetine ve süresine bağlı olarak ölümcül sonuçlara yol açabilen bir doğal afet olarak tanımlanabilir (August ve Geiger, 2008). Kuraklık ani gelişen bir afet

olmamakla birlikte meydana geldiği durumlarda kıtlıkla sonuçlanabilen ciddi ve ekonomik zararlar vermektedir. Dünya'nın birçok bölgesinde tarım yapılan topraklar, kuraklık tehlikesi ile yüzleşmiştir. Tüm dünyada etkileri yaygın olarak gözlenen kuraklık olayı, oluşumlarına göre dört farklı şekilde ele alınmalıdır bunlar; Meteorolojik Kuraklık, Tarımsal Kuraklık, Hidrolojik Kuraklık, Sosyoekonomik Kuraklık olarak adlandırılmaktadır (Tate ve Gustard, 2000).

Meteorolojik Kuraklık; bir bölgede belli sürelerde, yağışın ortalama yağışlardan daha düşük olduğu durumları esas alan kuraklık çeşididir. Meteorolojik kuraklık belirlenirken kullanılan istatistik yöntemler ve yağış sınır değerleri çalışılan alana ve bu alanın bulunduğu ülkeye göre dahi farklılık gösterebilmektedir (Türkeş, 1990).

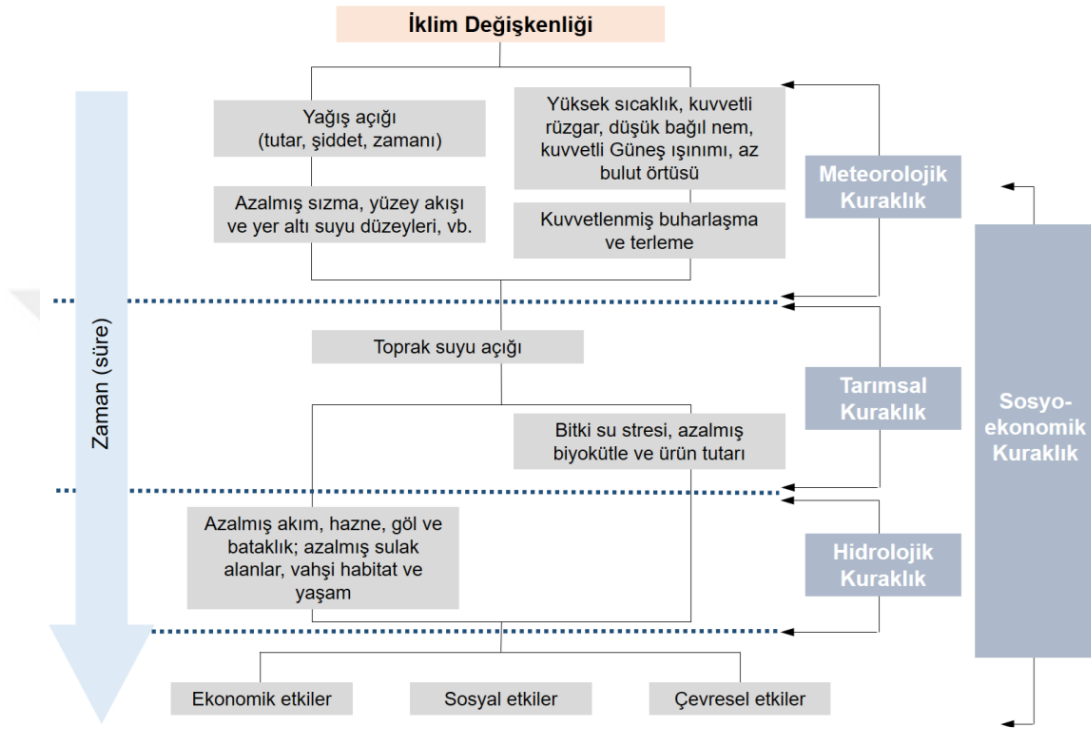
Tarımsal Kuraklık; bitkinin büyümesi için ihtiyacı olan su miktarının toprakta yeterli miktarda bulunmadığı durumlarda ortaya çıkan kuraklık türüdür. Bitkiler özellikle yetiştirme dönemlerinde suya çok ihtiyaç duymaktadırlar, bu dönemde bitkinin ihtiyacı olan su miktarını topraktan elde edememesi ile tarımsal kuraklık meydana gelmektedir (Wilhite ve Glantz, 1985).

Hidrolojik Kuraklık; uzun süre yağış düşmemesi ya da yağışların azalması sonucunda akışa geçen yağış, kaynak suları, yeraltı suyu ve toprak neminde görülen eksilmeler ile meydana gelir. Hidrolojik kuraklığın etkisiyle akarsularda bunun sonucunda da baraj ve gölet haznelerinde zamana bağlı olarak su seviyelerinde azalmalar meydana gelmektedir bu durum göz önüne alındığında, hidrolojik kuraklık kuraklığın neticesi olarak değerlendirilmeli, kuraklığın ilk göstergesi olarak incelenmemelidir. Yine bu sebeple meteorolojik kuraklığın son bulmasından sonra bile hidrolojik kuraklık çalışılan bölgenin özelliklerine de bağlı olarak daha uzun süre etkili olabilmektedir (Türkeş, 1990).

Sosyoekonomik Kuraklık; üstte belirtilen kuraklıkların şiddetli olarak ve uzun süre devam etmesi sonucu, meydana gelen kuraklıkların insan yaşamını etkilemeye başlaması (enerji üretimi, tarım, çevre, ekonomi vb.), kuraklık eylem planları veya kuraklığın önlenmesine yönelik çalışmaların yetersiz olmasıyla bu kuraklıklar

sosyoekonomik kuraklığa yol açabilmektedir (Türkeş, 2017).

Üstte oluşum mekanizmalarına göre açıklanan kuraklık olaylarının birbiriyle ilişkileri Şekil 1.1 de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 Oluşum mekanizmalarına göre kuraklık ilişkileri (Türkeş, 2014)

Kuraklığı sayısal olarak tanımlayabilmek, ne kadar süreceğini, şiddetini, türünü belirlemek, bu doğal afete karşı tedbirler alınmasını sağlayabilecektir. Kuraklığın erken tahmin edilmesi; kıtlıkla sonuçlanabilecek olan, yetismekte olan ekin kayıplarını önlemek ya da en azından kayıpları azaltmak, kuruyan ekin ya da bitki örtüsü sebebiyle yangınların artmasını önlemek için önemlidir.

BÖLÜM İKİ

AMAÇ VE KAPSAM

İklim; yaşamın tüm faaliyetleri ile etkileşimde olan bir doğa olayıdır. İklimin bu denli önemli olması ve bu doğa olayında meydana gelen değişimlerin insan yaşamını doğrudan ve dolaylı olarak etkilemesinden dolayı geleceğe yönelik iklimin tahmin edilmesi de aynı ölçekte önemlidir. Bilimsel çalışmalar ışığında karşılaşılan problemleri çözmekte kullanılan bir yöntem de modeller oluşturmaktır. Belirli bir durum gerçekleşmeden önce etkilerini görmek ya da konu üzerinde deneyler, gözlemler yapılması amacıyla modelleme kavramı ortaya çıkmıştır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015).

İnsan yaşamını ve yaşadığı çevreyi etkileyen iklim değişikliğinde meydana gelecek değişimler ve bu değişimlerin insan yaşamına ve doğal yaşama etkilerini belirlemek amacıyla farklı kurum ve kuruluşlar ulusal ve uluslararası, sivil toplum örgütleri çalışmalar yapmaktadır. Yapılan çalışmaların başında modelleme gelmektedir. Geçmişten günümüze bilgisayarların gelişmesine paralel olarak çok daha fazla değişken ve girdi parametresiyle çalışabilen modeller geliştirilmiştir. Bu gelişmelere bağlı olarak iklim modelleri oluşturulmaya başlanmıştır (Demircan ve diğer.,2014, s. 110).

İklim modelleri; küresel iklim modelleri (Global Climate Models-GCM) ya da genel sirkülasyon modelleri (General Circulation Models-GCM) olarak adlandırılmaktadır. GCM'ler geçmiş verileri kullanarak girilen parametrelere göre ileriye dönük, iklimde meydana gelebilecek değişimleri ifade edebilmektedir. Oluşturulan modele göre önümüzde ki yılların sıcaklık, yağış değerleri ve bu değerlerin geçmiş verilerle olan farkları iklimde meydana gelen değişikliklerin yorumlanmasına imkan sağlamaktadır (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2015).

GCM'ler oluşturulmuş modele göre geriye dönük verileri de modellemekte aynı zamanda gelecek tahminleri de yapabilmektedir. Bu küresel modelleri oluşturmak, parametreleri tanımlamak ve kalibre etmek oldukça zordur (Meteoroloji Genel

Müdürlüğü, 2015).

Kuraklık indisleri gibi içinde birçok değişken (yağış, sıcaklık, buharlaşma vb.) barındıran ve kendine özgü hesap yöntemleri olan indislerin geleceğe dönük tahminleri yapılamamaktadır. Geleceğe dönük kuraklık tahminleri ancak GCM verilerinin kuraklık indisleriyle irdelenmesiyle verilebilecektir.

Bu çalışma kapsamında Bakırçay ve Güzelhisar Havzalarını kapsayan NCEP/NCAR geçmişe dönük yağış ve Potansiyel Evapotranspirasyon (PET) model verileriyle kuraklık indisleri hesaplanmış ve yorumlanmıştır. Kuraklık indisleri istasyonlar ve NCEP/NCAR verileri için ayrı ayrı hesaplanmış ve her iki veri seti için hesaplanan bu indisler arasındaki ilişki yorumlanmıştır.

GCM verilerinin alansal çözünürlükleri çok büyüktür, bu kadar büyük bir alanda istasyon bazında değişimler ancak istasyonların alan ortalamalarıyla ilişkilerinin teker teker incelenmesiyle ortaya konabilecektir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü).

Çalışma kapsamında, istasyonların kuraklık indisi sonuçlarıyla, atmosfer parametreleri kullanılarak havzanın geneli için hesaplanmış olan kuraklık indisi sonuçları arasındaki ilişkiyi ve bölgedeki kuraklıkları yorumlanmış, Alt Kuzey Ege bölgesindeki uzun süreli gözlemlere sahip meteoroloji istasyonlarından elde edilmiş SPI kuraklıklarının, aynı alanı kapsayan düşük çözünürlüklü atmosferik yağış değerlerinden elde edilmiş SPI kuraklıklarıyla kuantil ilişkileri incelenmiş, düşük çözünürlüklü kuraklık koşullarının istasyonlardaki olası en yüksek kuraklıklar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen kuantil regresyon denklemleri kullanılarak, GCM modelleriyle geleceğe yönelik sıcaklık ve yağış tahminleri kuraklık bilgisine dönüştürebilecektir.

BÖLÜM ÜÇ

YÖNTEM

3.1 Kuraklık İndisleri

Kuraklık indisleri, kuraklık çeşitlerini (meteorolojik kuraklık- yağışlarda meydana gelen azalma, hidrolojik kuraklık- dere yataklarında ve işletme rezervuarlarında normalde olması gereken hidrolojik seviyelerin düşmesi, tarımsal kuraklık- ekimi yapılan ürünlerin yetişmesi için ihtiyaç duydukları toprak neminin azalması, sosyoekonomik kuraklık- insanların gereksinimlerinin karşılandığı su kaynaklarının azalması) tanımlamakta kullanılabilir (DOLSAR, 2015).

İndislerin kuraklığın tespitinde kullanılmasıyla, geçmiş dönemde meydana gelmiş olan meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ya da sosyoekonomik kuraklıkların ne kadar sürdüğü, kuraklığın hangi dönemlerde meydana geldiği gibi değerlendirmeler yapılabilir. Ayrıca kuraklık indislerinin incelendiği alanda, kuraklığın çevreye etkisiyle ilgili çalışmalar yapılabilmektedir (Türkeş, 1990).

Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından 2016 yılında yayınlanan Kuraklık İndis ve İndikatörleri El Kitabında bu tez kapsamında kullanılan indisler ile ilgili Tablo 3.1’de bulunan bilgiler yer almaktadır.

Tablo 3.1 Kuraklık indisleri ve özellikleri

İndis Adı	Kuraklık Türü	Girdi Parametreleri	Ek Bilgi
Normal Yağışın Yüzdesi (PNPI)	Meteorolojik	Yağış (P)	Hesap yöntemi basittir
Standardize Yağış İndisi (SPI)	Meteorolojik	Yağış (P)	Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO), meteorolojik kuraklığın izlenmesine SPI indisi ile başlanılmasını önermektedir
Keşif Kuraklık İndisi (RDI)	Meteorolojik	Yağış (P), Sıcaklık (T)	Aylık yağış ve sıcaklık değerleri kullanılmaktadır
Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)	Meteorolojik	Yağış (P), Sıcaklık (T)	Tam bir veri setine ihtiyaç vardır, sonuçları SPI ile benzerlik gösterir aralarındaki fark sıcaklık parametresini içermesidir

Havzada yapılan hesaplar neticesinde Aliğa, Dikili, Bergama ve Soma istasyonlarının etraflarında bulunan istasyonlarla benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Bölgeyi temsil etmesi için bu dört istasyonun grafikleri seçilmiş uygulama başlığı altında ait oldukları indisler ile birlikte verilmişlerdir. Tüm istasyonlara ait kuraklık indisi değerlerinin grafikleri Ek 1’de, NCEP/NCAR verilerine ait kuraklık indisi değerlerinin grafikleri Ek 2’de, SPI sonuçlarına ait kuantil regresyon ilişkilerinin grafikleri Ek 3’te sunulmuştur.

3.1.1 Normal Yağışın Yüzdesi Kuraklık İndisi (PNPI)

Normal yağışın yüzdesi kuraklık indisi (PNPI), kuraklığın belirlenmesinde kullanılan en basit yöntemlerden biridir. PNPI yöntemi, hesap yapılacak periyotlar için yağışlı zaman serileri kullanılarak hesaplanır (Willeke, Hosking, Wallis ve Guttman, 1994). Hesap yöntemi şu şekildedir:

$$Pnpi = \frac{Pi}{\bar{P}} \times 100 \quad (3.1)$$

Denklem 3.1’de, P_i kuraklık analizinin yapılacağı zaman aralığında gözlenmiş toplam yağış yüksekliği değeridir, $\bar{P}$ değeri ise aynı zaman aralığı için tüm zaman serisinde gözlenmiş yağış yüksekliklerinin ortalamasıdır. PNPI hesaplanırken farklı periyotlar için hesap yapılabilmektedir ancak veri setinin uzunluğu en az 30 yıl ve üzeri olmalıdır. Aylık, mevsimlik ya da yıllık periyotlarla kuraklık analizi yapılabilir. Bu tez kapsamında yapılan çalışmalarda 1, 3, 6, 9, 12, 24 aylık periyotlar için PNPI hesaplanmıştır.

PNPI, kuraklık analizinde kullanılan indisler arasında en basit hesap yöntemine sahip indislerden biridir. Bu indis hesaplanırken kullanılan formülasyon sebebiyle şiddetli kuraklıklar (hiç yağış düşmemiş aylar bulunması ya da ortalamadan çok altında bir yağış düşmesi) indisin sonuçlarını çok fazla etkilemektedir. Standardize yağış indisi (SPI) gibi normal dağılıma dönüştürülmüş benzer indisler ile PNPI indisinin karşılaştırılması, yağış verilerinin genellikle normal dağılıma uymamasından dolayı, yapılamamaktadır. Bu sorunlar gözönüne alındığında PNPI indisinin kuraklık değerlendirmelerinde tek başına kullanılmaması gerektiği görülmektedir (Willeke ve diğer.,1994).

Kuraklık indislerinin hesaplanması neticesinde elde edilen sonuçların değerlendirilmesi gerektiğinden her indis için kuraklık sınıflanlandırması yapılmaktadır. PNPI kuraklık sınıflanlandırması Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2 PNPI kuraklık sınıflandırması

PERİYOT (AY)	NORMAL VE ÜZERİ	HAFİF KURAK	ORTA ŞİDDETE KURAK	AŞIRI KURAK
1	>%75	%65 – %75	%55 – %65	<%55
3	>%75	%65 – %75	%55 – %65	<%55
6	>%80	%70 – %80	%60 – %70	<%60
9	>%83,5	%73,5 – %83,5	%63,5 – %73,5	<%63,5
12	>%85	%75 – %85	%65 – %75	<%65
24	>%85	%75 – %85	%65 – %75	<%65

3.1.2 Keşif Kuraklık İndisi (RDI)

Kuraklık indisleri içerisinde SPI, hesap yönteminin kolay olması ve tek bir girdi parametresine (yağış) sahip olması sebebiyle kuraklık değerlendirmelerinde birçok indisten daha çok tercih edilmiştir. Kuraklık tanımlama ve değerlendirme de kullanılmak üzere alternatif bir kuraklık indisi olan keşif kuraklık indisi (RDI), Akdeniz Kuraklığa Hazırlık ve Önlem Planı (MEDROPLAN) koordinasyon toplantısında sunulmuştur (Tsakiris, 2004). İndisin hesap şekli ve tanıtılması ile ilgili Tsakiris ve Vangelis (2005); Tsakiris ve diğer., (2006) yayınlar yapmışlardır.

Keşif kuraklık indisi (RDI) hesap şekli Tsakiris ve diğer. (2007) tarafından yıllık değerler için şu şekilde hesaplanmıştır; öncelikle formülde yer alan α_0 hesaplanmalıdır bu değer hesaplanırken aylık değerlerin kullanılmasıyla, aylık değerlendirme yapılabilir. α_0 i.yıl için yıllık verilerle şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\alpha_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} PET_{ij}}, i = 1: N \text{ ve } j = 1: 12 \quad (3.2)$$

Denklem 3.2’de ifade edilen; P_{ij} ve PET_{ij} sırasıyla i’inci yılın j’inci ayının yağış ve

potansiyel evapotranspirasyon değerleri, Akdeniz ülkelerinde su yılının genellikle Ekim ayından başladığına dikkat edilmelidir, N hesabı yapılacak veri setindeki yıl sayısı olarak ifade edilmektedir.

Hesaplanması gereken ikinci ifade, Normalleştirilmiş RDI (RDI_n) ifadesidir yine yıllık olarak Denklem 3.3 ile hesaplanabilmektedir. Denkleminde yer alan $\bar{\alpha}_0$, N yıllık veri için hesaplanmış olan α_o değerlerinin aritmetik ortalamasıdır.

$$RDI_n^{(i)} = \frac{\alpha_0^{(i)}}{\bar{\alpha}_0} - 1 \quad (3.3)$$

Üçüncü olarak hesaplanacak ifade standardize RDI (RDI_{st})'dır. RDI_{st} parametresinin hesabı SPI hesap yöntemine benzer şekilde yapılmaktadır Denklem 3.4;

$$RDI_{st(k)}^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\hat{\sigma}_{y_k}} \quad (3.4)$$

$y_k^{(i)}$ ifadesi $\ln(\alpha_0^{(i)})$, $\bar{y}_k$ bu $y_k^{(i)}$ değerlerinin aritmetik ortalaması, $\hat{\sigma}_{y_k}$ ise standart sapmasıdır.

Yukarda verilen ifadede, α_o değerlerinin lognormal dağılıma uyduğu varsayılmıştır. Standardize RDI, SPI'ya benzer sonuçlar vermektedir. Bu sebeple aynı bölgede yapılan çalışmalarda SPI ve RDI_{st} indisleri kıyaslanabilmektedir. RDI kuraklık indisinin sınıflandırılması Tablo 3.3'te verilmiştir;

Tablo 3.3 RDI kuraklık sınıflandırması

<i>RDI değeri</i>	<i>Kuraklık Sınıfı</i>
$RDI > 2$	Aşırı nemli
$1,5 \leq RDI \leq 2$	Çok nemli
$1 \leq RDI < 1,5$	Orta düzeyde nemli
$-1,0 \leq RDI < 1,0$	Normale yakın nemli
$-1,5 \leq RDI < -1,0$	Normale yakın kurak
$-2,0 \leq RDI < -1,5$	Şiddetli Kurak
$RDI < -2,0$	Aşırı kurak

Kuraklığın meydana geldiği dönemlerde, sıcaklık değerleri yüksek çıkmaktadır. Bu dönemlerde sıcaklığın yüksek olmasının etkisiyle evapotranspirasyon değerleri de yükselmektedir. Kuraklığın hesaplanması ve sınıflandırması yapılırken yağışın dışında evapotranspirasyon değerinin de girdi parametresi olarak kullanıldığı RDI indisinin, kuraklık analizlerinde hassas sonuçlar vereceği yorumu yapılabilir.

3.1.3 Standardize Yağış İndisi (SPI)

Standardize Yağış İndisi (SPI), kuraklığın takip edilebilmesi için McKee ve diğer. (1993) tarafından geliştirilmiş bir boyutsuz göstergedir. SPI standart normal dağılımlı (Gaussian) yağış verileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Ancak yağış verilerinin olasılık dağılım fonksiyonu (ODF) çoğu zaman normal dağılıma uymamaktadır.

Bu durum sebebiyle, SPI hesaplanırken ilk olarak mevcut yağış verilerinin ODF'sinin Gamma ODF'ye çevrilmesi gerekmektedir (McKee, Doesken ve Kleist 1993, 1995; Wilks, 1999; Guttman, 1998, 1999). Thom (1966) yağış veri setleriyle yapılacak çalışmalarda Gamma olasılık dağılımının kullanılması, başka dağılımlara kıyasla daha uygun olduğunu ifade etmiştir Denklem 3.5;

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} \exp \frac{-x}{\beta} \quad (3.5)$$

Burada, x yağış miktarlarını (mm/ay), α ve β , gamma OYF'nin şekil ve ölçek parametreleri, $\Gamma(\alpha)$ ise Gamma fonksiyonudur. Gamma fonksiyonunun denklemi Denklem 3.6 ile verilmiştir,

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (3.6)$$

şeklinde tanımlıdır.

Gamma dağılımının α ve β şekil ve ölçek parametreleri veri sayısına göre Denklem 3.7 kullanılarak Denklem 3.8 ve Denklem 3.9'da verilen formüller kullanılarak hesaplanır (Thom, 1966; Wilks, 1999):

$$D = \ln(\bar{x}) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3.7)$$

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

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

α ve β parametreleri hesaplandıktan sonra yağışın herhangi bir aydaki kümülatif olasılık değeri Denklem 3.10 ile hesaplanabilmektedir.

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} \exp^{-x/\beta} dx \quad x > 0 \quad (3.10)$$

Gamma Fonksiyonu x 'in 0 olduğu değerler için tanımsız olduğundan, yağış olmayan periyotlara ait kümülatif olasılık değerleri Denklem 3.11 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$H(x) = q + (1 - q)F(x) \quad (3.11)$$

Denklemde q; veri setinde yağışsız verilerin sayısının, toplam veri sayısına bölünmesi ile hesaplanmaktadır. H(x) değerleri Denklem 3.12 ve 3.13 ile ortalaması 0 varyansı 1 olan SPI değerlerini gösteren standart normal Z değişkenine dönüştürülmektedir.

$$t = \begin{cases} \sqrt{\left\{ \ln \left(\frac{1}{H(x)^2} \right) \right\}} & 0 < H(x) \leq 0,5 \\ \sqrt{\left\{ \ln \left(\frac{1}{1 - H(x)^2} \right) \right\}} & 0,5 < H(x) \leq 1 \end{cases} \quad (3.12)$$

$$SPI = \begin{cases} - \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) & 0 < H(x) \leq 0,5 \\ \left(t - \frac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) & 0,5 < H(x) \leq 1,0 \end{cases} \quad (3.13)$$

Üstte verilen denklemlerde H(x) yağış verilerinin kümülatif olasılık değerlerini; c₀, c₁, c₂, d₁, d₂, d₃ katsayıları ise eşdeğer normal dağılımlı standartize değişken dönüşümünü gerçekleştiren katsayılardır. Bu katsayılar sırasıyla, 2,515517; 0,802853; 0,010328; 1,432788; 0,189269 ve 0,001308 sabit değerlerini almaktadır (Gümüş ve Algin 2017); (Wu ve diğer. 2005).

Mckee ve diğer. (1993) hesaplanmış olan standardize yağış indisi değerlerinin kuraklık sınıflandırmasını Tablo 3.4’de gösterilen şekilde belirlemişlerdir.

Tablo 3.4 SPI kuraklık sınıflandırması

<i>SPI değeri</i>	<i>Kuraklık Sınıfı</i>
$SPI \geq 2$	Aşırı nemli
$1,5 \leq SPI < 2$	Çok nemli
$1 \leq SPI < 1,5$	Orta düzeyde nemli
$0,5 \leq SPI < 1$	Normale yakın nemli
$-0,5 \leq SPI < 0,5$	Normal
$-1 \leq SPI < -0,5$	Normale yakın kurak
$-1,5 \leq SPI < -1$	Orta düzeyde kurak
$-2 \leq SPI < -1,5$	Şiddetli kurak
$SPI < -2$	Aşırı kurak

3.1.4 Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI)

Standardize yağış evapotranspirasyon indisi (SPEI) Vicente Serrano ve diğer. tarafından (2010) yılında geliştirilmiştir. Kuraklık şiddeti tanımlanırken hangi iklim parametrelerinin kullanılması gerektiği konusunda görüş ayrılıkları olsada kullanılacak başka parametrelerin yanında yağış parametresinin de kuraklık değerlendirmelerine dahil edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

SPI yöntemi daha önce bahsedildiği üzere girdi parametresi olarak yağış verilerini kullanması ve hesap yönteminin karmaşık olmaması sebebiyle kuraklık analizlerinde en çok kullanılan indisler arasındadır. Ancak SPI yönteminin sadece yağışı girdi parametresi olarak kullanması, kuraklığa etkiyen başka parametreleri göz ardı etmesine sebep olmaktadır. Bu şekilde sadece yağış verilerinin kullanılması kuraklığı yalnızca zamansal yağış verileri ile ifade etmek anlamına gelmektedir (Serrano ve diğer. 2012) .

Hu ve Wilson (2000) yağış ve sıcaklığın rolünü Palmer Kuraklık Şiddeti İndisiyle (PDSI) değerlendirmiş ve indisin her iki değişkende de, kuraklık için eşit büyüklükte değişimler gösterdiğini keşfetmişlerdir. Eğer sıcaklıkta meydana gelen dalgalanmalar,

yağışta meydana gelen dalgalanmalardan daha küçük ise kuraklığın yağış verileriyle değerlendirilmesinin uygun olacağı sonucuna ulaşmışlardır.

Amprik çalışmalar sonucunda sıcaklık değerlerinde meydana gelen artışların kuraklığın şiddetini etkilediği belirlenmiştir. Örneğin Abramopoulos ve diğer. (1988) bir genel sirkülasyon modeli deneyi kullanarak buharlaşma ve terlemenin, yağışın %80'ini tükettiğini göstermişlerdir. Yapılan çalışmalara göre sıcaklıktan kaynaklanan kuraklığın, yağıştan kaynaklanan kuraklık kadar şiddetli olduğu görülmüştür.

SPI yönteminin zayıf yönlerinin aşılabilmesi amacıyla geliştirilmiş olan SPEI indisi; PDSI yönteminin sıcaklık ve buharlaşma hassasiyetini ve SPI yönteminin farklı periyotlarda çalışabilmesi özelliklerini kapsayan bir indistir (Serrano ve diğer., 2012).

SPEI, SPI yönteminin hesap şeklini temel almaktadır. İndisin SPI yönteminden farkı yağış parametresine ek olarak potansiyel evapotranspirasyon değerlerini de kullanmasıdır. Yağış verileri ODF olarak ifade edilir ve ham veri seti böylelikle standart hale getirilerek farklı bölgeler ve zamanlar için çoklu zamansal yapısıyla farklı periyotlarda değerlendirme yapılabilmektedir (Es Proje Mühendislik, 2015).

Yağış verilerinin standart şekilde ifade edilmesi için log-lojistik dağılımının kullanılması önerilmektedir. Dünya genelinde yapılmış olan çalışmalarda farklı zamanlarda ve iklim bölgelerinde, yağış verilerine log-lojistik dağılımın en iyi uyduğu görülmüştür. SPEI yönteminin daha verimli kullanılması için indis hesaplanırken log-lojistik dağılım kullanılarak hesap yapılması önerilmektedir (Vicente Serrano ve diğer., 2010).

SPEI hesap yöntemini Vicente ve diğer. (2010) formülde şöyle açıklamışlardır; kullanılacak olan potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerlerinin yağış değerlerinden çıkarılmasıyla D_i değerleri bulunur;

$$D_i = P_i - PET_i \quad (3.14)$$

Denklem 3.14 ile hesaplanan D_i değerleri yardımıyla SPEI farklı periyotlar için SPI ile aynı formülasyon ile hesaplanabilmektedir. SPEI indisini belirlerken standardize D serisi için log-lojistik dağılım kullanılması önerilmektedir. Üç parametrelili log-lojistik dağılımlı değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF) Denklem 3.15 ile ifade edilir;

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \left(1 + \left(\frac{x - \gamma}{\alpha} \right)^{\beta} \right)^{-2} \quad (3.15)$$

Bu ifadede α , β , γ , D değerlerinin $\gamma > D < \infty$ aralığında ölçek, şekil ve orjin parametreleridir. Log-lojistik dağılımın parametreleri farklı formüllerle hesaplanabilir. Bu hesap yöntemleri içerisinde en kolay ve güçlü sonuçları L-moment yaklaşımı vermektedir (Ahmad ve diğer. 1988). L mometleri hesaplanırken Pearson III dağılımı parametreleri elde edilebilir Denklem 3.16, 3.17, 3.18;

$$\beta = \frac{2w_1 - w_0}{6w_1 - w_0 - 6w_2} \quad (3.16)$$

$$\alpha = \frac{(w_0 - 2w_1)\beta}{\Gamma(1 + 1/\beta)\Gamma(1 - 1/\beta)} \quad (3.17)$$

$$\gamma = w_0 - \alpha \Gamma\left(\frac{1 + 1}{\beta}\right) \Gamma\left(\frac{1 - 1}{\beta}\right) \quad (3.18)$$

Denklem de bulunan $\Gamma(\beta)$ β 'nın gamma fonksiyonudur. Denklem 3.19'da; $F(x)$ kümülatif olasılık değeri, Denklem 3.20'de ise SPEI değeri verilen şu formülasyonlarla ile hesaplanır;

$$F(x) = \left[1 + \left(\frac{\alpha}{x - \gamma} \right)^{\beta} \right]^{-1} \quad (3.19)$$

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3} \quad (3.20)$$

$P=1-F(x)$ belirli bir yağış değişimi değerinin aşılma olasılığıdır. $P \leq 0,5$ iken $W = (-2 \ln(P))^{0,5}$; $P > 0,5$ iken P yerine $1-P$ kullanılır ve SPEI değerinin işareti değiştirilir. $C_0 = 2,515517$; $C_1 = 0,802853$; $C_2 = 0,010328$; $d_1 = 1,432788$; $d_2 = 0,189269$; $d_3 = 0,001308$.

Verilen hesap yöntemi sonucunda ortalama değeri sıfır, standart sapma değeri 1 olan SPEI değerleri elde edilir ve Tablo 3.5'e göre kuraklık sınıflandırılır.

Tablo 3.5 SPEI kuraklık sınıflandırması

<i>SPEI değeri</i>	<i>Kuraklık Sınıfı</i>
$SPEI \geq 2$	Aşırı nemli
$1,5 \leq SPEI < 2$	Çok nemli
$1 \leq SPEI < 1,5$	Orta düzeyde nemli
$0,5 \leq SPEI < 1$	Normale yakın nemli
$-0,5 \leq SPEI < 0,5$	Normal
$-1 \leq SPEI < -0,5$	Normale yakın kurak
$-1,5 \leq SPEI < -1$	Orta düzeyde kurak
$-2 \leq SPEI < -1,5$	Şiddetli kurak
$SPEI < -2$	Aşırı kurak

3.2 Kuantil Regresyon

Mühendislik ile ilgili bilimsel çalışmalarda istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de Regresyon Analizi'dir. Regresyon analizi; bir bağımlı değişkenin, bağımsız değişken ya da değişkenlerle ilişkisinin bir denklem şeklinde ifade edilmesidir (Gujarati, 2004).

Regresyon analizinde değişkenler arasındaki ilişki En Küçük Kareler (EKK) yöntemi kullanılarak belirlenir. EKK yönteminde amaç veri setine en iyi uyan doğruyu oluşturmaktır, EKK yöntemiyle oluşturulan bu doğrunun matematiksel ifadesi kullanılarak bağımsız değişkenler yardımıyla bağımlı değişken tahminlerinin yapılabilmesini sağlar.

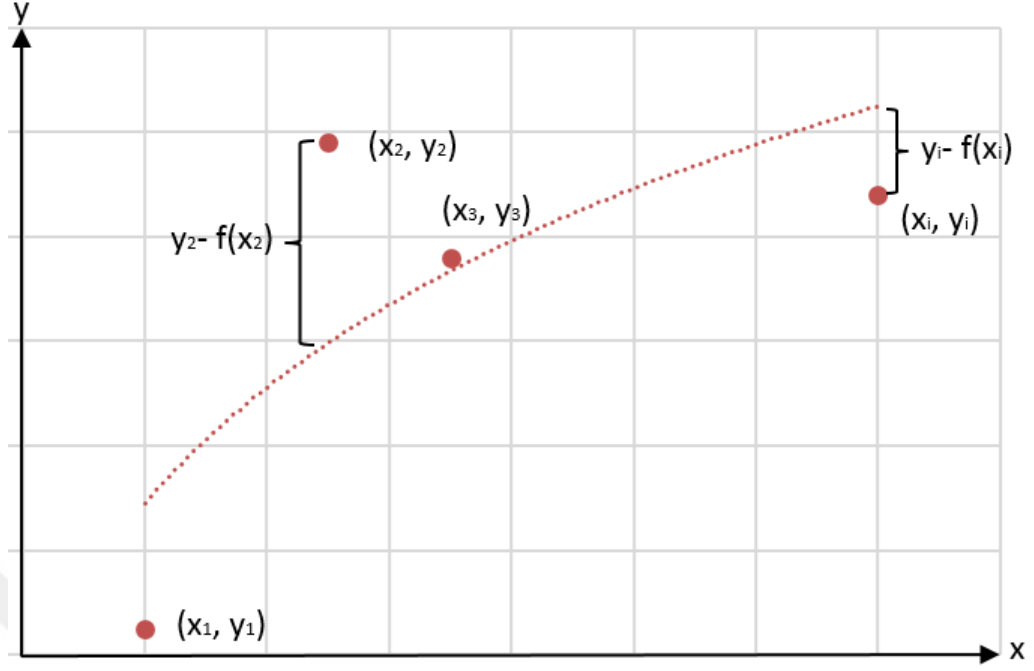
Yapılan ölçümler neticesinde $i=1:N$ için x_i, y_i verileri elde edilmiş olsun. Verilen ifadede, her bir y_i değerinin x_i bağımsız değişkenleriyle değiştiği varsayılmaktadır. Bu değerler düzlemde işaretlenmiş noktalar olarak düşünüldüğünde, bu (x_i, y_i) noktaları bilinen bir fonksiyon grafiği üzerinde bulunmazlar. Ancak yapılan ölçümler sonucunda her $i=1:N$ için $y_i=f(x_i)$ biçiminde fonksiyonun bulunduğu, hatalı ölçümlerden dolayı bu fonksiyonların bir kısmının veya tamamının sağlanmadığı kabul edilebilir. Bu sebeple ölçülen y_i değeri $f(x_i)$ fonksiyonuna yaklaşık eşit kabul edilerek, denklemdeki hatayı en küçük yapan f fonksiyonu belirlenir. F fonksiyonun denklem parametrelerini belirlemek için veri setinde değerler kullanılır. Örneğin f fonksiyonu;

$$y = f(x) = mx + b \quad (3.21)$$

Denklem 3.21 gibi doğrusal bir fonksiyon;

$$y = f(x) = ax^2 + bx + c \quad (3.22)$$

Ya da Denklem 3.22 deki gibi parabolik bir fonksiyon olabilir, iki durumda da a, b, c ve m katsayıları bulunmalıdır. y_i 'nin $f(x_i)$ 'ye yaklaşık eşit olduğu kabulüyle $f(x_i) \cong y_i$, burada hata $y_i-f(x_i)$ ifadesidir. EKK yönteminde bu hataları en küçük yapan f fonksiyonunun bulunması amaçlanmaktadır.

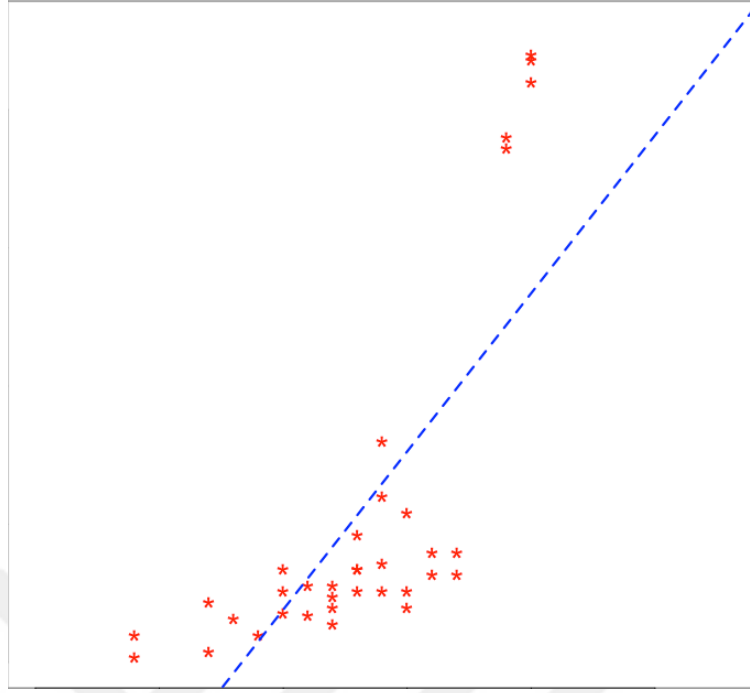


Şekil 3.1 EKK yöntemi hata ifadesinin gösterimi

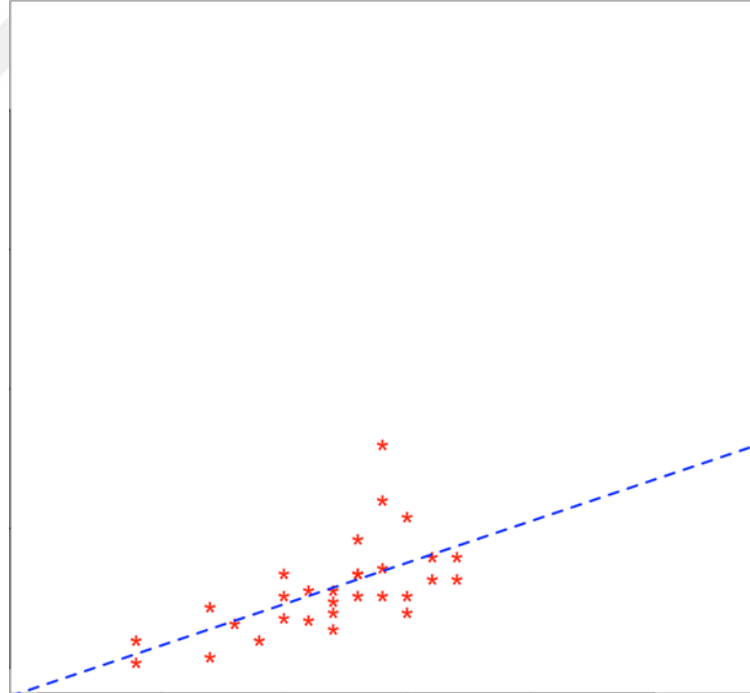
Şekil 3.1 de gösterilen $y_i - f(x_i)$ değerlerine hata, artık değer denir. EKK yönteminde aranan fonksiyon ya da bu fonksiyonun parametrelerinin belirlenmesinde, tüm bu artık değerlerin karelerinin toplamını minimum yapacak olan Denklem 3.23 kullanılır;

$$\sum (y_i - f(x_i))^2 = (y_1 - f(x_1))^2 + \dots + (y_n - f(x_n))^2 \quad (3.23)$$

Yukarda verilen ifadede görüldüğü üzere denklemin minimum değerini bulmak için artık değerlerin, hataların küçük değerler olması gerekmektedir. Ancak EKK yönteminin zayıf yanı, hataları minimize etmeye çalışan bu yöntemin aykırı değerlerden etkilenmesi ve bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi tanımlayan fonksiyonun denkleminin iyi sonuçlar vermemesidir. Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'te veri setinde aykırı değer bulunması durumunda EKK yöntemiyle oluşturulmuş Doğrusal Regresyon modelinin, bu değerlerden ne kadar çok etkilendiği, bağımlı ve bağımsız değişken arasında ki ifadeyi tanımlamakta zorlandığı görülmektedir. Aykırı değerlerin veri setinden çıkarıldığı durumda elde edilmiş olan doğrusal regresyon modelinin verilere çok daha uygun olduğu görülmektedir.



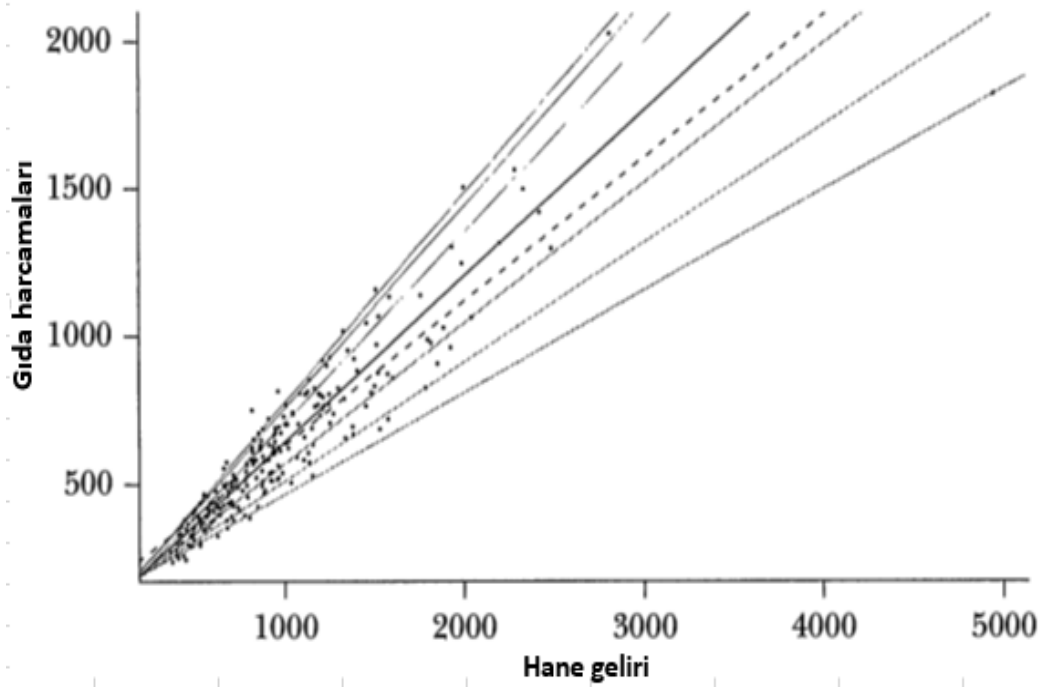
Şekil 3.2 EKK yöntemiyle aykırı değerler bulunan doğrusal regresyon modeli (Prabhakaran, 2016)



Şekil 3.3 EKK yönteminde aykırı değerlerin çıkarılmasıyla bulunan doğrusal regresyon modeli (Prabhakaran, 2016)

Regresyon analizi; bağımlı bir değişkenin, bağımsız değişken ya da değişkenlerle ilişkisinin En Küçük Kareler (EKK) yöntemiyle matematiksel bir fonksiyon şeklinde

ifade edilmesi olarak tanımlanabilir. Bu fonksiyonlar bağımlı değişkenin koşullu beklenen değerlerinin ifade eden fonksiyonlardır. Regresyon analizinde değişkenlerin normal dağılımlı olduğu, hata terimlerinin varyansının sabit olduğu (homoskedastik) kabul edilmektedir. Ancak pratikte çoğu zaman hata varyansı değişken olmakla birlikte (heteroskedastik), değişkenlerin dağılımları çoğunlukla normal dağılımlı değildir. Koenker ve Basset tarafından (1978) alternatif bir regresyon modeli olarak geliştirilmiş kuantil regresyon yönteminde; bağımlı değişkenlerin koşullu kuantilleri, gözlenmiş bağımsız değişkenler ile ifade edilebilen bir fonksiyon olarak tanımlanmıştır. Şekil 3.4'te Koenker ve Hallock (2001) tarafından yayınlanan örnek bir kuantil regresyon grafiği sunulmuştur. Grafikte kullanılan veriler; Engel (1857) tarafından hazırlanmış olan gelir ve yemek harcamaları verilerinden temin edilmiştir.



Şekil 3.4 Kuantil regresyon doğruları (Koenker ve Hallock, 2001)

Şekil 3.4'te $\{0,05; 0,1; 0,25; 0,5; 0,75; 0,9; 0,95\}$ kuantil oranları (τ) aynı grafik üzerinde gösterilmiştir. Koyu düz doğru medyanı ($\tau=0,5$), kesikli doğru EKK yönteminin koşullu ortalama fonksiyonunu göstermektedir.

Kuantil regresyon olarak isimlendirilen bu yöntemde; Y'nin farklı X değerleri için ($X=x_i$) koşullu kuantilleri hesaplanmaktadır Denklem 3.24 ve Denklem 3.25.

$$P(Y|X = x_i) = \tau \quad (3.24)$$

$$Y = P^{-1}(\tau|X=x_i) \quad (3.25)$$

Kuantil regresyon modelinin τ değerleri için denklemleri şu şekilde bulunur;

$$Q_\tau(y_i) = \beta_{0(\tau)} + \beta_{1(\tau)}x_{i1} + \dots + \beta_{j(\tau)}x_{ij}, i = 1:n \quad (3.26)$$

Denklem 3.26'da bulunan $\beta_{j(\tau)}$ katsayıları aşağıda verilen ifadenin minimize edilmesiyle bulunur;

$$\min_{(\beta_\tau)} = \sum_{i:y_i \geq x_i\beta}^n \tau |y_i - x_i\beta_\tau| + \sum_{i:y_i \leq x_i\beta}^n (1 - \tau)|y_i - x_i\beta_\tau| \quad (3.27)$$

$$\min_{(\beta_\tau)} = \sum_{\epsilon_i \geq 0}^n \tau |\epsilon_i| + \sum_{\epsilon_i \leq 0}^n (1 - \tau)|\epsilon_i| \quad (3.28)$$

Yukarda verilen Denklem 3.27 ve Denklem 3.28 yardımıyla farklı kuantil oranlarına karşılık gelen denklemler elde edilmiş olur (Rodriguez ve Yao, 2017). Kuantil regresyon yöntemi farklı kuantil oranlarına karşılık bağımlı ve bağımsız değişken arasında ilişkiyi tanımlayabilmesi, normal dağılıma uymayan verilerle de çalışabilmesi, aykırı değerlerden etkilenmemesi sebebiyle bu tez kapsamında atmosfer parametreleri yardımıyla hesaplanmış olan kuraklık indisleri ile istasyon kuraklık indisleri arasında ki ilişkiyi tanımlamakta kullanılmıştır.

BÖLÜM DÖRT

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Morid ve diğer. (2006) Tahran’da kuraklığın izlenmesi amacıyla; yedi farklı indisin performanslarını birbirleriyle kıyaslamış, farklı meteorolojik kuraklık indislerini karşılaştırmıştır. Çalışma neticesinde PNPI indisinin aşırı kurak sınıflandırmasının sebepsiz ve sık şekilde (normal kuraklık ifadelerinden 3, 4 kat daha fazla) sonuçlarda yer alması sebebiyle çalışma yapılan alanda kuraklık izleme çalışmalarında kullanılması önerilmemiştir (ülkenin tüm bölgeleri için aynı öneri yapılmaktadır). Aynı çalışmada standardize yağış (SPI) ve etkin kuraklık (EDI) indislerinin Tahran’da kuraklık izlemede kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Tadić ve diğer. (2015) Hırvatistan’ın kıtasal alanında 15 istasyonda 1981-2011 tarihleri için Standardize Yağış İndisi (SPI), Ondalıklar İndisi (DI), Normal Yağışın Yüzdesi İndisi (PNPI), Yağış Anomalisi İndisi (RAI) hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Her bir yöntemin kendine has özellikleri bulunmasına rağmen, çalışmada kullanılan indislerin Kıtasal Hırvatistan’da kuraklık değerlendirmelerinde kullanılabileceği önerilmiştir.

Efe ve Özgür (2019) tarafından Konya ve çevresinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan veriler kullanılarak SPI ve PNPI indisleri 1972-2013 yılları arasında yirmi istasyona ait aylık ve yıllık kuraklık analizleri yapılmış, SPI metoduna göre çalışma alanındaki istasyonların genelinde Nisan ayının, PNPI metoduna göre ise özellikle Ağustos ayı başta olmak üzere yaz aylarının en kurak dönemler olduğu belirlenmiştir.

Çelik ve Gürsoy (2018) tarafından yapılan çalışmada Mersin istasyonu için 1965-2014 yılları arasında incelenen kuraklık analizi çalışmalarında SPI, PNPI ve Erinç Kuraklık İndisleri kullanılmıştır. Erinç kuraklık indisine göre son 15 yılda kuraklıklar daha sık görülmüştür. Aynı çalışmada 2008 yılının tüm aylarında SPI indisine göre yağışlarda azalma olduğu ve 2009 yılınınsa en çalışılan yıllar arasında en kurak yıl olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada incelenen bir diğer kuraklık indisi ise PNPI

olmuştur ve bu indisinde SPI ve Erinç indisleri ile benzer sonuçlar verdiği ve üç indisin sonuçlarının birbiriyle uyumlu olduğu belirtilmiştir.

Tsakiris ve diğer. (2006) yaptıkları çalışma ile Yunanistan'da bulunan Mornos ve Nestos havzalarının kuraklık değerlendirmesi; Keşif Kuraklık İndisi (RDI) ve SPI indisleri ile teşkil edilmiştir. RDI sonuçlarının genellikle SPI sonuçlarına benzer sonuçlar verdiği ancak RDI'nın değişen çevre şartlarına daha hassas ve uygun olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Akdeniz de kuraklık yüksek sıcaklık ile birlikte meydana gelmekte, bu yüksek sıcaklıklar da yüksek evapotranspirasyon oranlarına yol açmaktadır. Bu sebeple RDI indisinin sadece yağış ile ilişkisi olan indislere göre daha hassas bir indis olduğu (SPI gibi) belirtilmiştir. Çalışma sonucunda RDI indisinin meteorolojik kuraklık değerlendirmelerinde kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Thomas ve diğer. (2016) Hindistan'ın Bundelkhand bölgesinde meteorolojik kuraklığı incelemek amacıyla RDI indisini kullanmışlardır. İndisin hesaplanmasında kullanılan Pet değerlerini belirlemekte Penman-Monteith yöntemini kullanılmıştır. Bölgede 13 istasyon için yapılan çalışmalarda Bundelkhand gibi yarı kurak bölgeler için kuraklık tahmininde RDI indisinin kullanılmasının uygun olduğu gözlenmiştir.

Buttafuoco ve diğer. (2016) güney İtalya'nın Calabria bölgesinde kuraklık şiddetini belirlemek ve haritalandırmak için RDI indisi kullanılmış ve indisin sonuçları SPI ile karşılaştırılmıştır. RDI indisinin seçilmesinde yağış verilerinin ile birlikte pet değerlerini de kullanması, standartlaştırılmış RDI sonuçlarının SPI indisıyla kolaylıkla karşılaştırılması gözönünde bulundurulmuştur. Çalışma neticesinde Calabria bölgesinde RDI indisinin kuraklık değerlendirmelerinde kullanılabileceği belirtilmiş ayrıca standardize RDI sonuçlarının SPI ile benzer sonuçlar verdiği belirtilmiştir.

Ansarifard ve Shamsnia (2018) kuraklığın değerlendirilmesinde, RDI ve SPI indislerini güneybatı İran'da yer alan Şiraz şehri için 1982-2017 yıllarında hesaplamış ve değerlendirmişlerdir. İndisler hesaplanırken DrinC programı kullanılmıştır. Yapılan çalışma ile RDI ve SPI indislerinin sonuçları kıyaslanmıştır. RDI ve SPI yıllık sonuçlarına göre 1983-1984 ve 2008-2009 yıllarının her iki indiste aşırı kurak olduğu

görülmüş ancak indislerin aldığı değerlerin farklı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 1999-2000 yılı SPI indisinde normale yakın kuraklık gösterirken, RDI indisinde orta şiddette kurak olarak sınıflandırılmıştır. Benzer bir durum 1995-1996 yılında da tespit edilmiş, SPI indisinin aşırı nemli olarak sınıflandırdığı yıl RDI indisinde orta düzeyde nemli olarak sınıflandırmıştır. Sonuçlar değerlendirildiğinde, RDI indisinin pet değerlerini hesaba dahil etmesinden dolayı, kurak ve yarı kurak bölgelerde daha iyi sonuçlar verdiği ve bu bölgelerde kuraklığın izlenmesinde kullanılması önerilmiştir.

Kumanlıoğlu ve Fıstıkoğlu (2019) Yukarı Gediz Havzasında SPI yöntemi ile meteorolojik kuraklığı incelemiştir. Çalışmada Demirci, İcikler, Kula, Selendi, Gediz ve Uşak istasyonlarına ait 1960-2017 yıllarının aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Kuraklık aylık, mevsimlik ve yıllık olarak incelenmiş; incelenen 58 yıllık tarih aralığında kış mevsiminde meydana gelen kuraklıkların yıllık kuraklıkları etkilediği, son yıllarda kuraklık şiddetinde ve sürelerinde artış olduğu belirtilmiştir.

Shah ve diğer. (2015) Hindistan'ın Gujarat eyaletinin Surat bölgesinde SPI indisi ile kuraklığı gözlemek ve tanımlayabilmek için 1971-2010 yılları arasında 40 yıllık yağış verisi kullanılmış; 12 ay (yıllık) periyotlu SPI sonuçları istasyonda gerçekte meydana gelen kuraklıklar ile kıyaslanmıştır. SPI ile hesaplanan kuraklıkların aşırı kurak durumlar haricinde istasyonda gözlenmiş kuraklıklara benzer sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır. SPI indisinin yağış parametresi dışında başka iklim parametresi kullanmamasına rağmen doğru kuraklık tahminleri yaptığı görülmüştür. Hesap yönteminin basit ve etkili olmasından dolayı tarımsal uygulamalarda kullanılması önerilmiştir.

Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (2018) tarafından hazırlanan Kuzey Ege Havzası Kuraklık Yönetim Planı raporu kapsamında Kuzey Ege Havzası'nın kuraklığını incelemek, haritalandırmak ve sonuçlarına internet erişimiyle ulaşılabilen CBS sistemine yüklemek amacıyla bazı indis ve indikatörler kullanılmıştır. Havzada meteorolojik kuraklığın incelemesinde kullanılan indislerden ikisi SPEI ve SPI olmuştur. 1981-2017 zaman aralığında 19 istasyon için 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48 aylık periyotlarda hesaplanan SPEI ve SPI değerleri, alansal olarak havzanın tümünü

kapsayacak şekilde dağıtılmıştır. Havzanın tamamını kapsayan bu değerlerinin ortalaması alınarak zamana göre değişen SPEI ve SPI değerleri hesaplanmıştır. İndislerden elde edilen sonuçlara göre çalışılan periyotlara ait kuraklık değerleri tablolanmış ve bu değerlere karşılık kurak dönemlerin haritaları oluşturulmuştur.

Wang ve diğer. (2014) Çin’de bulunan 633 meteoroloji gözlem istasyonunda ki aylık veriler kullanılarak 1961-2012 tarihlerinde kuraklık değerlendirmeleri yapılmıştır. Hesaplarda SPI ve SPEI kullanılmıştır. SPEI hesaplanırken kullanılan pet değerleri, Penman-Monteith yöntemi ile hesaplanmıştır. Ülkenin kuzeybatısında bulunan Xinjiang Bölgesinin özellikle kış mevsiminde nemli olduğu, Tibet Platosunun merkezinden kuzeydoğusuna kadar 52 yıllık veri seti için nemli koşullar gözlenmiştir. Çinin merkezinde ve güneybatısında ise ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinin kurak olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak Çin’in tamamı için genelleme yapılacak bir kuraklık artışının bulunmadığı diğer SPEI ve SPI sonuçlarına göre çok kurak ve kurak bölgelerde son 52 yılda nemliliğin arttığı belirlenmiştir.

Gurrapu ve diğer. (2014) çalışma kapsamında özellikle Kanada’nın bozkır kesimlerinde SPEI ve SPI kuraklık analizleri yapılmış ve her iki indisin sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu iki indisten hangisinin bu bozkırların kurak koşullarını daha iyi ifade edebildiğini ve hangisinin hidrolojik kuraklık ile ilişkisi olduğunu araştırmışlardır. Kanada iklim sınıflandırmasında kurak ve yarı nemli olarak sınıflandırılmıştır. Çalışma neticesinde SPI ve SPEI indislerinin tüm periyotlarda ilişkisi olduğu ve bu ilişkinin 0.85’den büyük bir korelasyon katsayısına sahip olduğu belirlenmiştir. SPI ve SPEI yöntemleri arasında küçük farklılıklar olsada, sıcaklıklarda meydana gelen yükselme gözününde bulundurulduğunda sıcaklığın etkisini de hesaplarına dahil eden SPEI yönteminin kuraklık değerlendirme de daha kullanışlı bir indis olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Hidrolojik kuraklık ile olan ilişki değerlendirildiğinde ise SPEI yönteminin Batı Kanada’da bulunan nehirlerin akışında kuraklık sonucu meydana gelen seviye değişikliklerini incelemekte kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Yu ve diğ. (2003) Kuantil Regresyon yönteminin uygulanması ve mevcut araştırma alanlarında kullanımı üzerine yaptıkları çalışma ile yöntemin lineer ve lineer olmayan modellere kapsamlı bir yaklaşım sunduğu belirtilmiştir. Çalışmada sağlık ve yaşam süresi, finans ve ekonomik istatistikler, çevresel modellemeler gibi kapsamlı ve önemli konularda Kuantil Regresyon yöntemi kullanılmış ve kullanım alanları örneklendirilmiştir, yöntemin üç kullanışlı istatistiksel kavramla (regresyon, sağlamlık, uç değerler) güçlü ilişkileri bulunduğu ifade edilmiştir.

Yavuz ve Aşık (2017) yapmış oldukları çalışmada kuantil regresyon yöntemini tanıtmış ve uygulamada; beton kırma deneyi verilerini kullanarak, en küçük kareler yöntemi (EKK) ile kuantil regresyon sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Deney sonucunda elde edilen verilere göre aykırı değerlerin bulunması ve deney verilerinin normal dağılıma uymamasından dolayı, EKK yönteminin çıkarsama amaçlı kullanılmaması gerektiği, kuantil regresyon yöntemi ile kurulan denklemlerin aykırı değerlere karşı güçlü olması ve normal dağılıma uymayan verilerle de çalışabilmesi sebebiyle, bu deneyde çıkarsama amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir.

BÖLÜM BEŞ

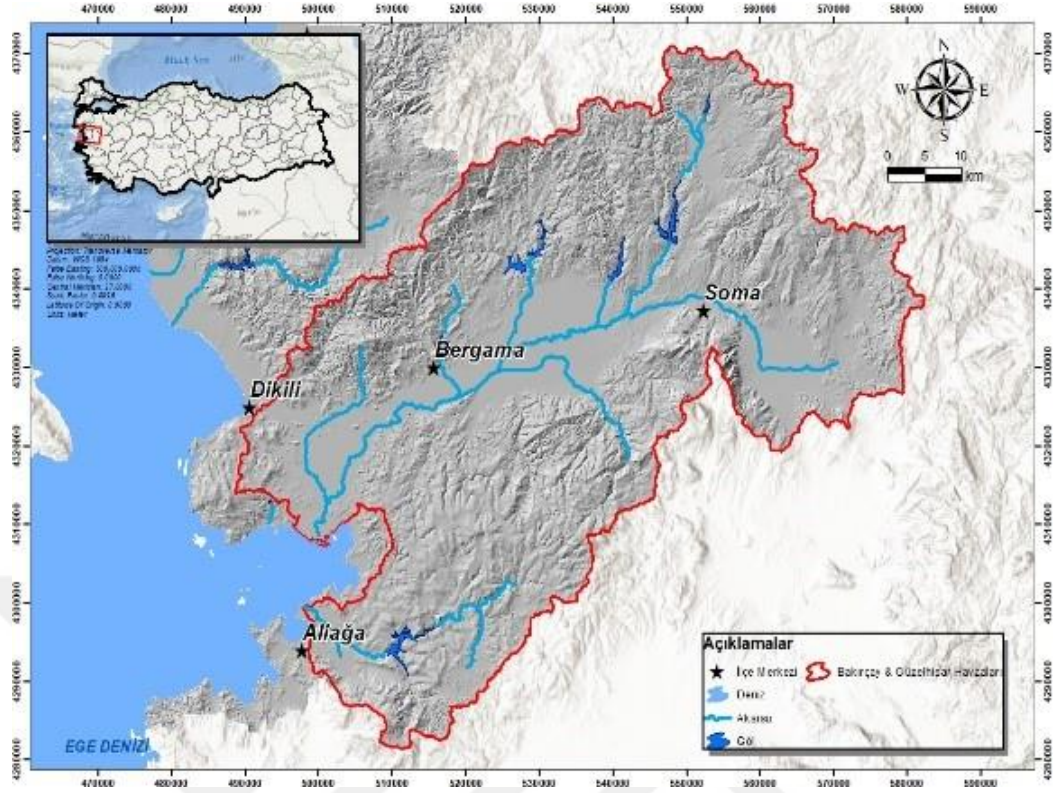
UYGULAMA

5.1 Uygulama Alanı ve Veriler

Bu çalışma kapsamında Türkiye’de bulunan havzalar arasında 4 numaralı havza olarak numaralandırılmış olan Kuzey Ege Havzası’nın alt havzalarından Bakırçay ve Güzelhisar Havzaları için kuraklık indisleri hesaplanmış, havzada SPI yöntemi ile hesaplanmış olan istasyon kuraklık değerleri ve atmosfer verilerine ait kuraklık değerleri arasında ki ilişki kuantil regresyon yöntemiyle incelenmiştir.

Kuzey Ege Havzası DSİ Genel Müdürlüğü 1963 yılında hazırlanmış olan “Kuzey Ege Havzası İstikşaf Raporu”nda Edremit Körfezi Bölgesi ve Bakırçay Bölgesi olmak üzere iki alt havzaya ayrılmıştır, çalışma kapsamında Bakırçay Havzası’na ait istasyonların aylık ortalama yağış verileri kullanılmıştır.

Alt Kuzey Ege Havzasının en önemli akarsuyu, Bakırçaydır. İkinci önemli akarsu ise Güzelhisar çayıdır. Bakırçay havzasının kuzeyinde Güzelhisar havzası ile Gediz havzası, doğusunda Susurluk havzası ve batısında da Ege Denizi bulunmaktadır. Bakırçay, havzanın doğusunda Gelenbe mahallesi kuzeyindeki Kazan dağı eteklerinden doğmaktadır. Kuzeyden güneye akıp batıya doğru bir karp yaparken mevsimsel ve sürekli yan derelerle beslenerek Kırkağaç Ovası’na ulaşır. Kırkağaç Ovası’ndan batıya doğru giderken önce Yağcılı Deresini, Cumalı mahallesi civarında Cumalı Deresini, kuzeyden İlyas Deresini içine alarak Kınık Ovasını kateder. Bakırçayın batıya doğru ilerken beslendiği en önemli diğer kollar ise sağ sahilde Menteşe Deresi ve Bergama Deresi; sol sahilde Kara Dere, Kırkgeçit Deresi, Koca Dere ve Sınır Deresidir. Bakırçay Çandarlı körfezinden Ege Denizine dökülmektedir. Şekil 5.1’de çalışma kapsamında çalışılan uygulama sahası gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Uygulama sahası

Bakırçay ve Güzelhisar Havzaları; Kuzey Ege Havzası en güney kısmını kapsayan alt havzalardır, $26^{\circ}43'48''$ - $27^{\circ}57'18''$ doğu boylamları ile $38^{\circ}41'6''$ - $39^{\circ}29'18''$ kuzey enlemleri arasında yer almakta, 4 476 km²'lik bir alanı kapsamaktadırlar. Doğu-batı yönünde 110 km, kuzey-güney yönünde 90 km genişliğe sahiptir.

5.1.1 İstasyon Verileri

Kuzey Ege Havzasında, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden elde edilmiş olan yağış, sıcaklık, buharlaşma verileri kullanılmıştır. Bu veriler yardımıyla PNPI, SPI, RDI, SPEI kuraklık tanımlama yöntemlerinin hesapları tamamlanmıştır. İstasyon verilerinde eksik veriler; eksik veri bulunan istasyona en yakın tam ve en uzun veri dizisine sahip istasyon kullanılarak Microsoft Excel ile oluşturulmuş regresyon denklemleriyle tamamlanmıştır.

5.1.1.1 Potansiyel Evapotranspirasyon Verileri

Potansiyel evapotranspirasyon yeterli doygunluğa sahip zemin ve bitki yüzeylerinden buharlaşma ve terleme yoluyla atmosfere geri dönebilecek su miktarını ifade etmektedir. Yüzey ve atmosferik koşullara bağlı bir su talebi olarak ifade edilebilen potansiyel evapotranspirasyon (PET) için bugüne kadar literatürde pek çok tahmin yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemleri, solar radyasyon esaslı, sıcaklık esaslı ve karma (radyasyon ve aerodinamik) olmak üzere sınıflandırmak mümkündür. Yeterli meteorolojik verilerin olması halinde radyasyon ve aerodinamik esaslı yöntemler en doğru sonuçları vermekle birlikte bu yöntemler net solar radyasyon ölçümü, rüzgar hızı ve nem gibi alansal değişkenliği yüksek ölçümlere ihtiyaç duyarlar. Örneğin bu gruba giren Penman-Monteith yönteminde, ölçülmüş solar radyasyon yerine enleme bağlı atmosfer dışı radyasyon değerlerini kullanmak gereğinden büyük PET değerlerinin hesaplanmasına neden olmaktadır. Ayrıca, bu yöntemlerde ihtiyaç duyulan atmosferik parametrelerin, gözlem değerleri yerine düşük korelasyonlarla tamamlanmış verilerinin kullanılması tahmin belirsizliğini önemli oranda arttırmaktadır. Böyle durumlarda, PET değerlerinin açık yüzey buharlaşma değerlerinin çok üzerinde hesaplandığı görülmektedir. Bu değerler, evapotranspirasyon olayının fiziğine aykırı bir durumu ifade etmektedir.

Verilerin yeterli olmadığı durumlar için literatürde çok sayıda PET hesaplama yöntemi önerilmiştir. Yöntemlerin çoğu çim bitkisi için potansiyel evapotranspirasyonu hesaplamakta olup, bazıları standart çim özelliklerini kullanarak referans evapotranspirasyon değerlerini hesaplamaktadır (Penman-Monteith, FAO-56). Eğer potansiyel evapotranspirasyon referans çim için hesaplandıysa bu değer bitki katsayıları ile (yıllık değerleri 0.9-1.15 arasında değişen) çarpılarak hesap yapılan bitki örtüsüne göre potansiyel evapotranspirasyona geçilmesi gerekmektedir. Öte yandan, bitki katsayıları yıllık olarak 1 civarında değiştiği için model sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olmayacaktır. Bu nedenle, hidrolojik modelleme çalışmalarında evapotranspirasyonun ister referans evapotranspirasyon yoluyla, isterse doğrudan potansiyel evapotranspirasyon olarak hesaplanmasının model sonuçları üzerinde önemli bir etkisi olmamaktadır. Bu etki ancak, sulama suyu ihtiyacı için önem

arz etmektedir. Bu iki farklı durum modelleme uygulamalarında genellikle karışıklığa neden olmaktadır.

Net radyasyon ve aerodinamik faktörlere ilişkin verilerin elde edilememesi durumunda sıcaklığın PET üzerinde çok etkili olması, kolay bulunması ve alansal sürekliliği olması nedeniyle, evapotranspirasyon için önerilen yöntemlerin tamamında sıcaklık değerleri ön plana çıkmaktadır (Thornthwaite, Blaney Criddle vb.). Bu yöntemlere ek olarak literatürde hem atmosfer dışı radyasyon hem de sıcaklık verisini dikkate alan karma yöntemler de önerilmektedir (Kimberly-Penmann, Jensen–Haise, McGuinness vb.). Bu yöntemler, PET sürecinde ana girdi olan atmosfer dışı solar radyasyonu, sıcaklık ile birlikte değerlendirilerek PET değerlerini daha başarılı bir biçimde tahmin etmektedirler.

Oudin ve diğer. (2005) Avrupa, Amerika ve Avustralya’da bulunan irili ufaklı toplam 308 havzada 17 farklı potansiyel evapotranspirasyon modelini denemişler ve aylık yağış-akış modellemesinde diğer yöntemlere kıyasla kolayca kullanılabilecek sıcaklık ve radyasyon esaslı karma bir PET tahmin modeli önermişlerdir. Modifiye edilmiş Jensen–Haise (1963) ve McGuinness (1972) yöntemlerine dayanan bu karma modelde aylık potansiyel evapotranspirasyon, aylık ortalama sıcaklık ve atmosfer dışı radyasyon değerleriyle başarılı bir biçimde hesaplanabilmektedir (Oudin ve diğer., 2005).

$$\left(\begin{array}{l} PE = \frac{R_e T_a + 5}{\lambda_\rho 100}; T_a + 5 > 0 \\ PE = 0 \end{array} \right) \quad (5.1)$$

PE: Günlük potansiyel evapotranspirasyon (mm/gün)

Re: Günlük atmosfer dışı güneş radyasyonu ($\text{MJm}^{-2}\text{gün}^{-1}$)

λ : Gizli ısı akısı (MJkg^{-1})

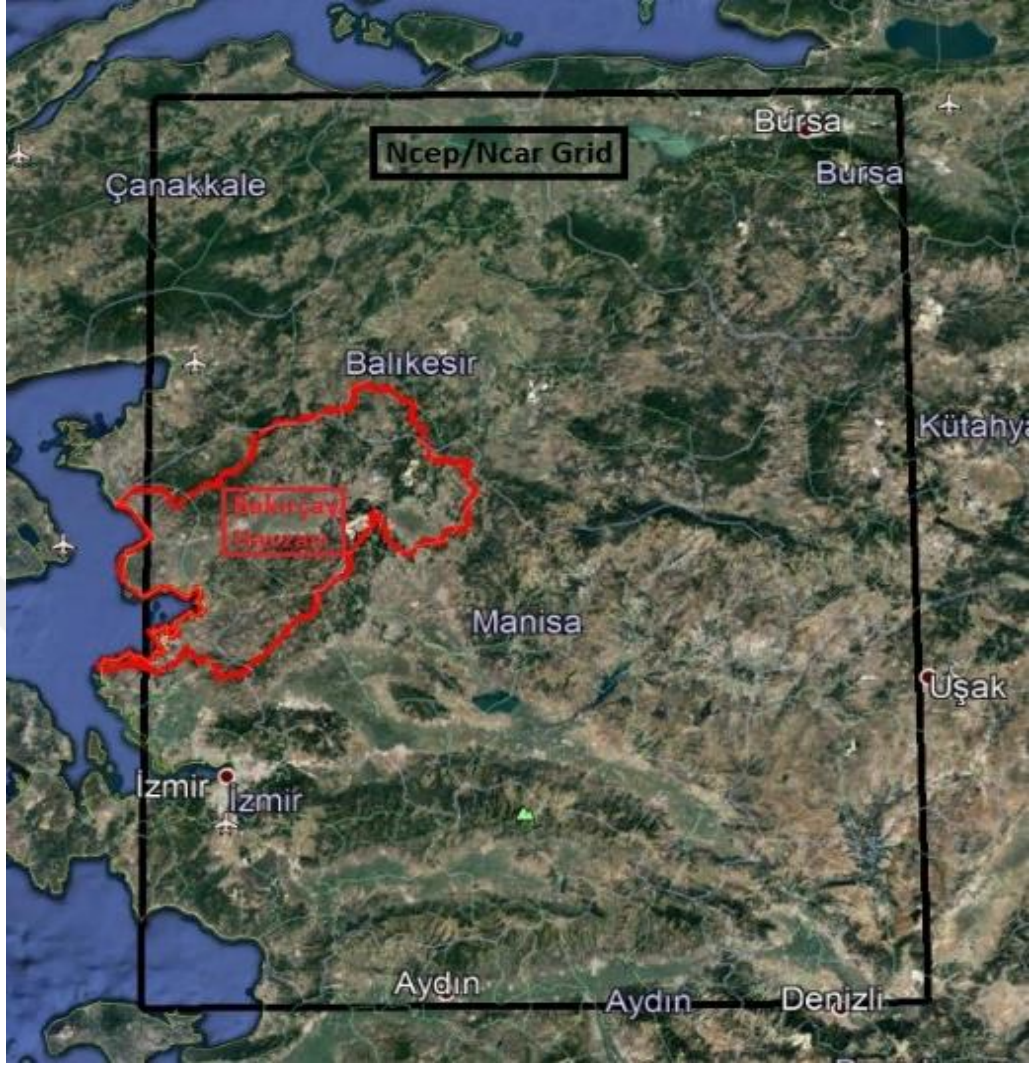
ρ : Suyun yoğunluğu (kgm^{-3})

Ta: Günlük ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C/gün}$)

Proje kapsamında aylık ortalama sıcaklık değerleri belirlenen 21 istasyon için atmosfer dışı solar radyasyon değerleri hesaplanmış ve bu değerler üzerinden aylık potansiyel evapotranspirasyon değerleri Denklem 5.1’de verilen Modifiye Jensen–Haise (1963)/McGuinness (1972) modeliyle hesaplanmıştır.

5.1.2 NCEP/NCAR Verileri

NCEP/NCAR yeniden analiz veri setleri 1948 yılından günümüze küresel olarak sürekli güncellenmektedir. Dünya atmosferinin durumunu gözlenmiş veriler ve sayısal iklim modeliyle (NWM) birlikte düşük çözünürlükte temsil etmektedir. Bu alışmada NCEP/NCAR yeniden analiz verilerinden yağış ve pet değerleri NOAA’nın internet sitesinden temin edilmiştir. Bu atmosfer parametreleri yardımıyla Alt Kuzey Ege bölgesini kapsayan NCEP/NCAR veri setleri yüklenmiş bu veri seti için SPI hesaplanarak atmosfer ile istasyonlar arasında ki kuraklık ilişkisi incelenmiştir. Atmosfer verilerinin kapsadığı alan ve uygulama alanı sınırları şekil 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.2 Bakırçay havzası ve atmosfer verilerinin kapsadığı alan

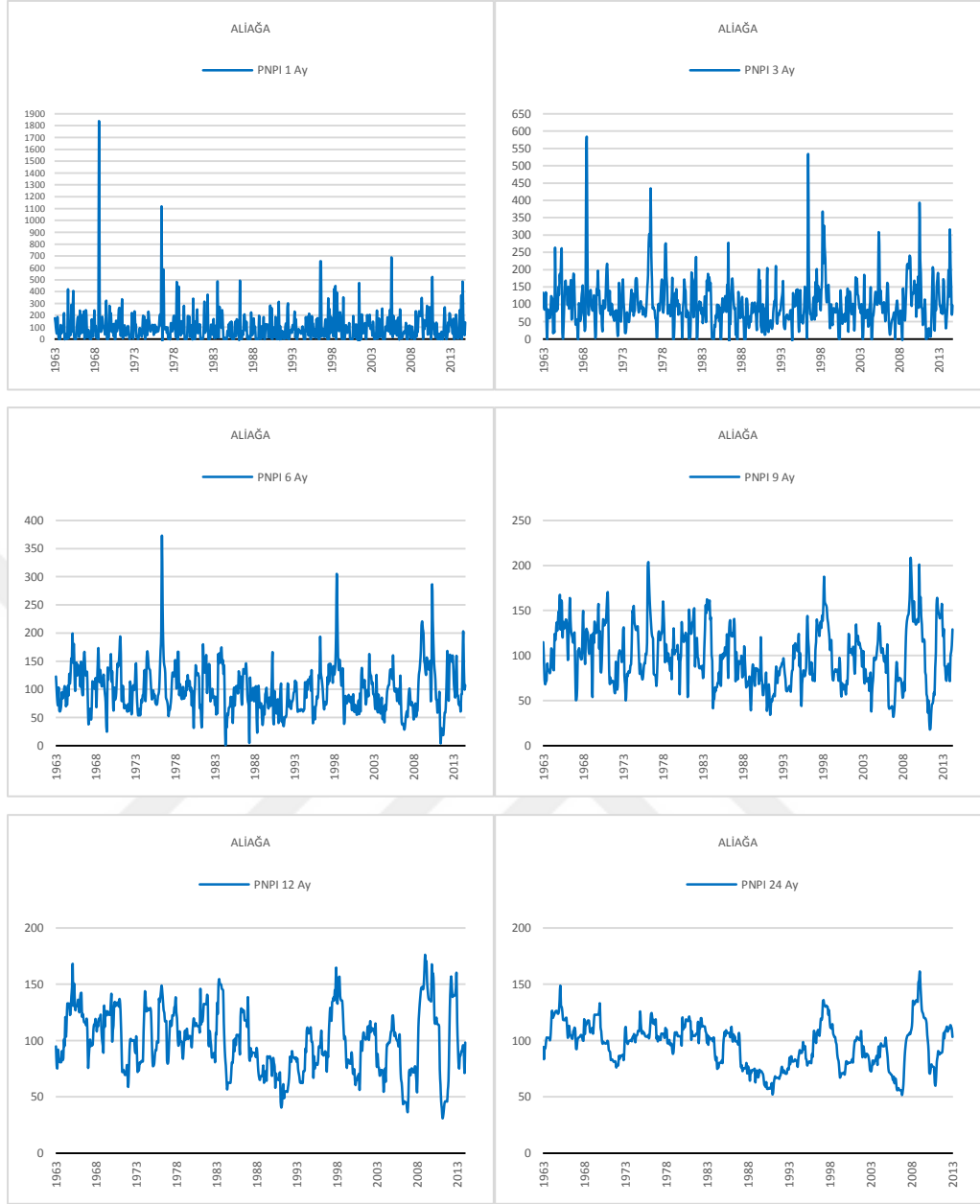
5.2 Alt Kuzey Ege Bölgesinde Kuraklık İndisleri

Bu tez kapsamında Bakırçay ve Güzelhisar Havzalarında; Normal Yağışın Yüzdesi (PNPI), Keşif Kuraklık İndisi (RDI), Standardize Yağış İndisi (SPI), Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) şeklinde dört kuraklık indisi ile havzanın kuraklık değerlendirmesi 1963-2014 tarihleri için 1, 3, 6, 9, 12, 24 aylık periyotlarda yapılmıştır. İndislerin seçiminde veri temini ve hesap yöntemi gibi hususlar gözönüne alınmıştır. İndislerin hesabında tez kapsamında excel yardımı ile oluşturulan formülasyonlar ve bazı bilgisayar programlar kullanılmıştır. Kuraklık indislerinin bu çalışma kapsamında nasıl ve hangi yöntemler kullanılarak hesaplandığı detaylarıyla birlikte verilmiştir.

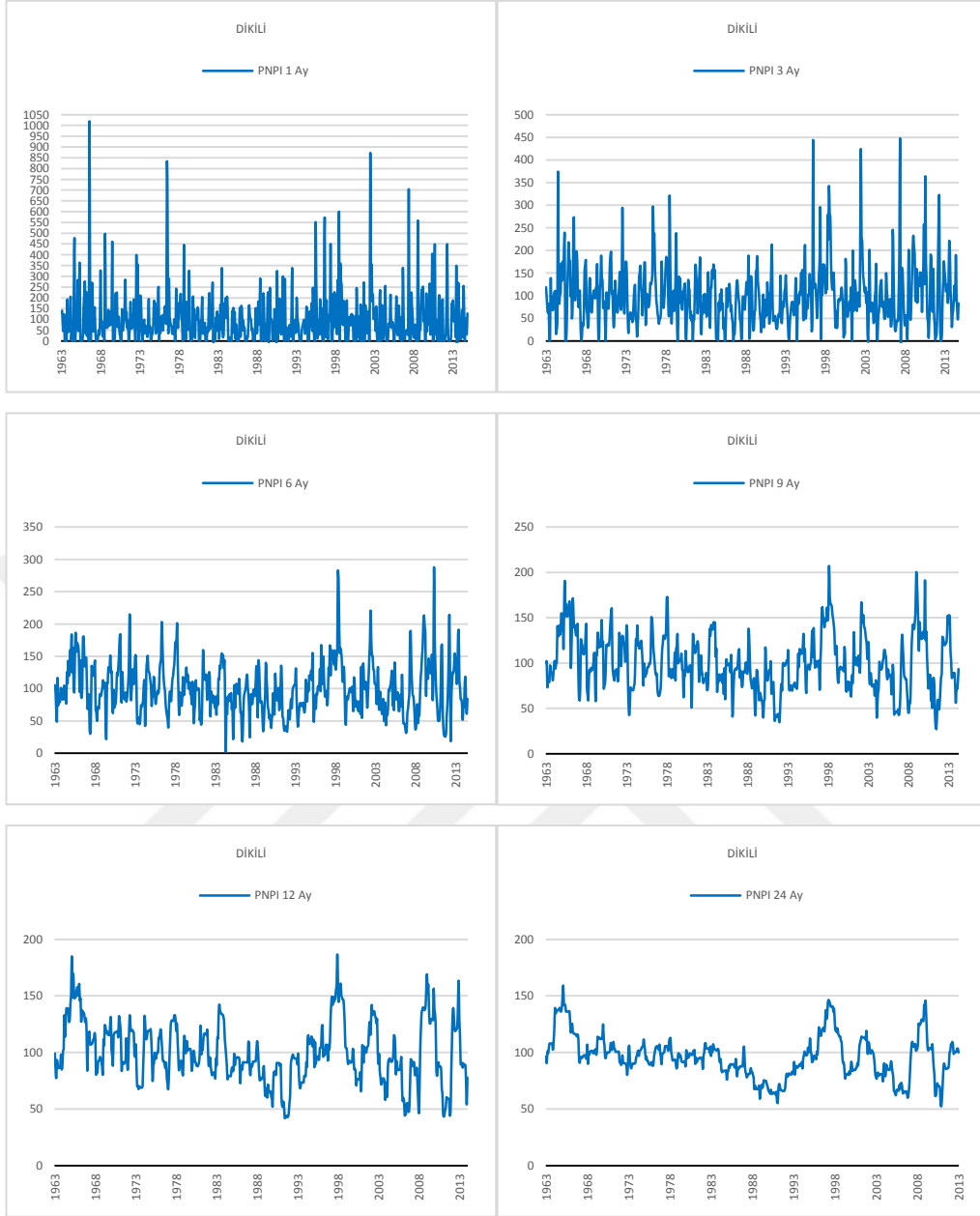
5.2.1 Normal Yağışın Yüzdesi (PNPI) Hesap Yöntemi

PNPI kuraklık indisi, hesap yöntemin basit olması sebebiyle herhangi bir paket yada programa ihtiyaç duyulmadan hesaplanmıştır. Tez kapsamında PNPI yöntemini her istasyon ve atmosfer verileri (NCEP/NCAR) için 1, 3, 6, 9, 12, 24 aylık periyotlar da hesapladıktan sonra kuraklık sınıflandırması yapılarak indisin hesabı tamamlanmıştır. Hesap yöntemi olarak Denklem 3.1 de verilen formülasyon kullanılmıştır. Örneğin 1 aylık periyotlar için hesap yöntemi şu şekildedir; veri setinde seçilen ayın tüm yıllardaki değerleri toplanır ve toplam, tüm yıllarda seçilmiş olan ayların sayısına bölünerek bir ortalama hesabı yapılır, elde edilen ortalama değeri 100 ile çarpılarak PNPI değeri bulunur. Tüm periyotlar için bu hesaplar tamamlanmış ve havzanın PNPI yöntemi ile kuraklığı tanımlanmıştır.

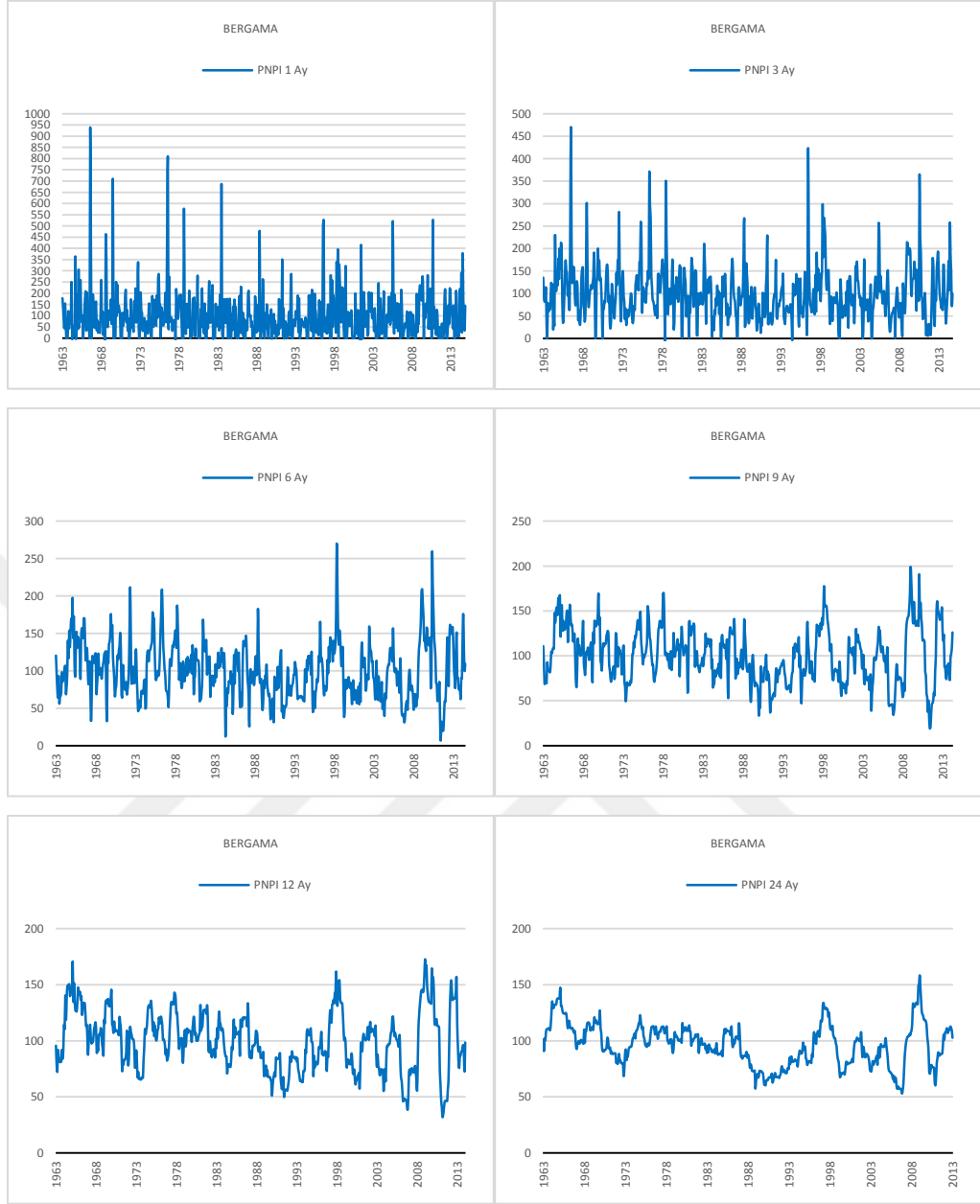
Havzada PNPI değerlendirmesinde Aliğa, Dikili, Bergama ve Soma istasyonlarına ait grafikler Kuraklık İndisleri başlığı altında yapılan açıklama doğrultusunda verilmiştir. Aliğa istasyonunun tüm periyotlarına ait PNPI grafikleri Şekil 5.3'te, Dikili istasyonunun tüm periyotlarına ait PNPI grafikleri Şekil 5.4'te, Bergama istasyonunun tüm periyotlarına ait PNPI grafikleri Şekil 5.5'te ve Soma istasyonunun tüm periyotlarına ait PNPI grafikleri Şekil 5.6'da verilmiştir. Şekil 5.7'de ise NCEP/NCAR verileri ile havza için hesaplanmış olan PNPI grafikleri verilmiştir.



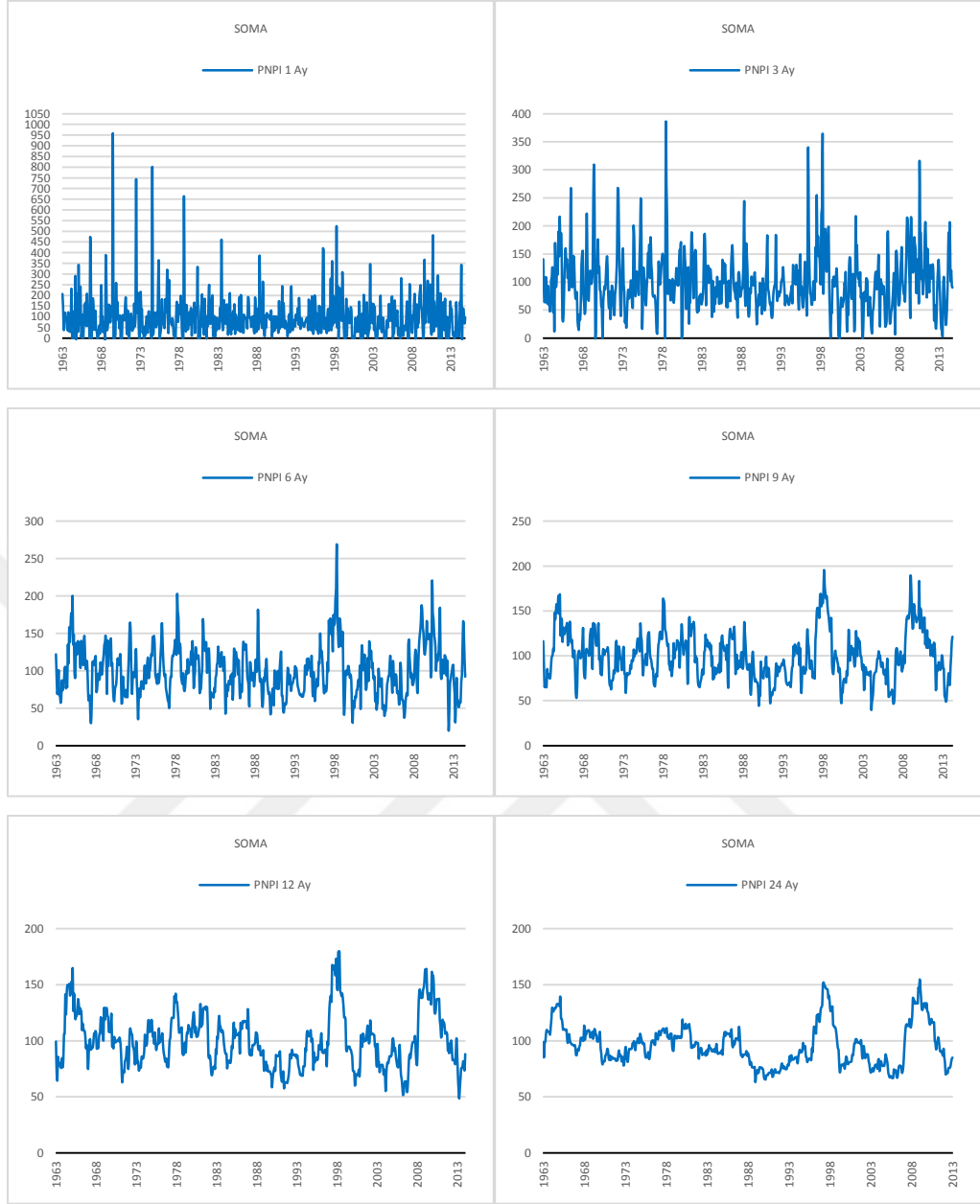
Şekil 5.3 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI indisi grafikleri



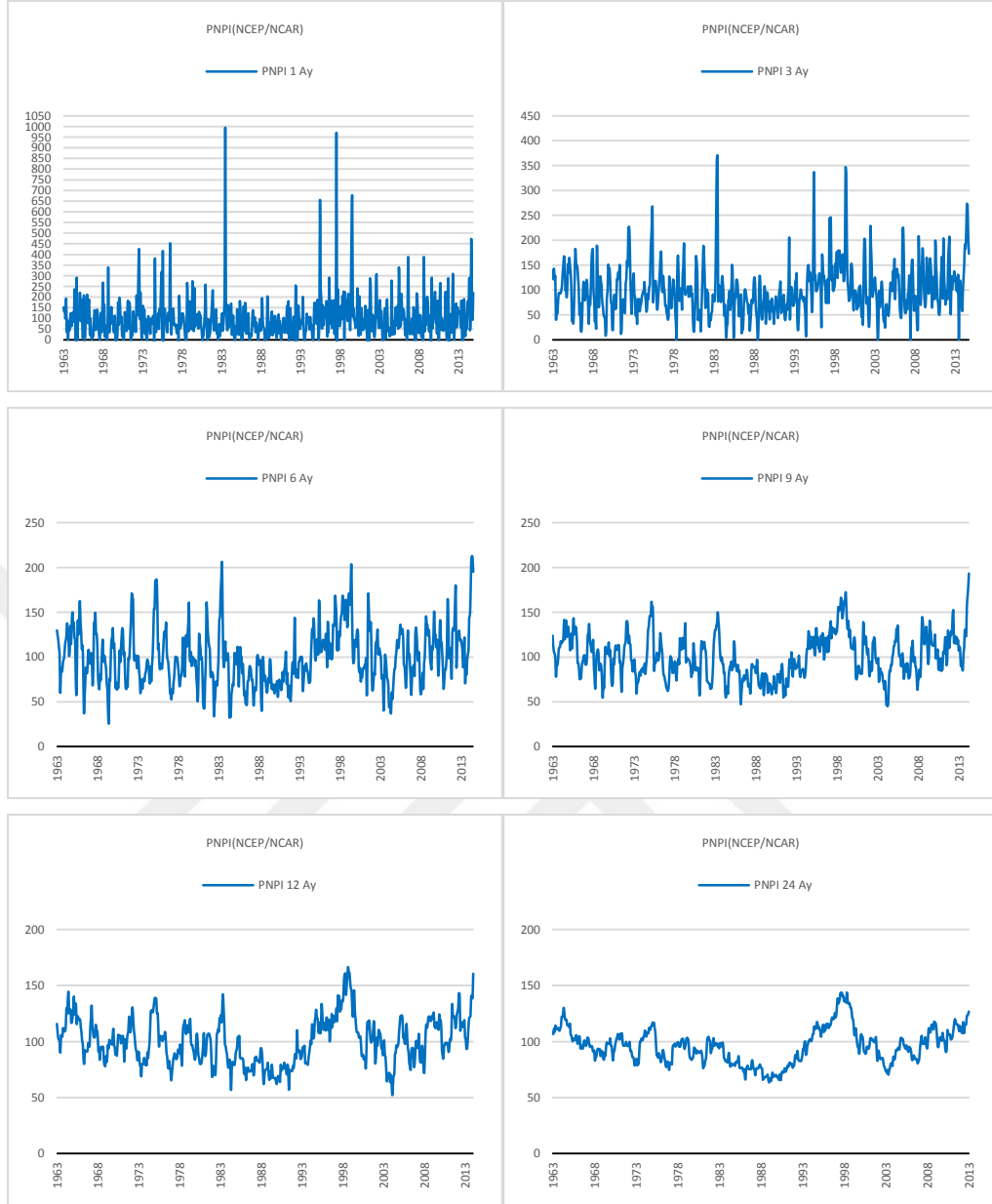
Şekil 5.4 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI indisi grafikleri



Şekil 5.5 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI indisi grafikleri



Şekil 5.6 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI indisi grafikleri



Şekil 5.7 NCEP/NCAR 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI indisi grafikleri

5.2.2 Keşif Kuraklık İndisi (RDI) Hesap Yöntemi

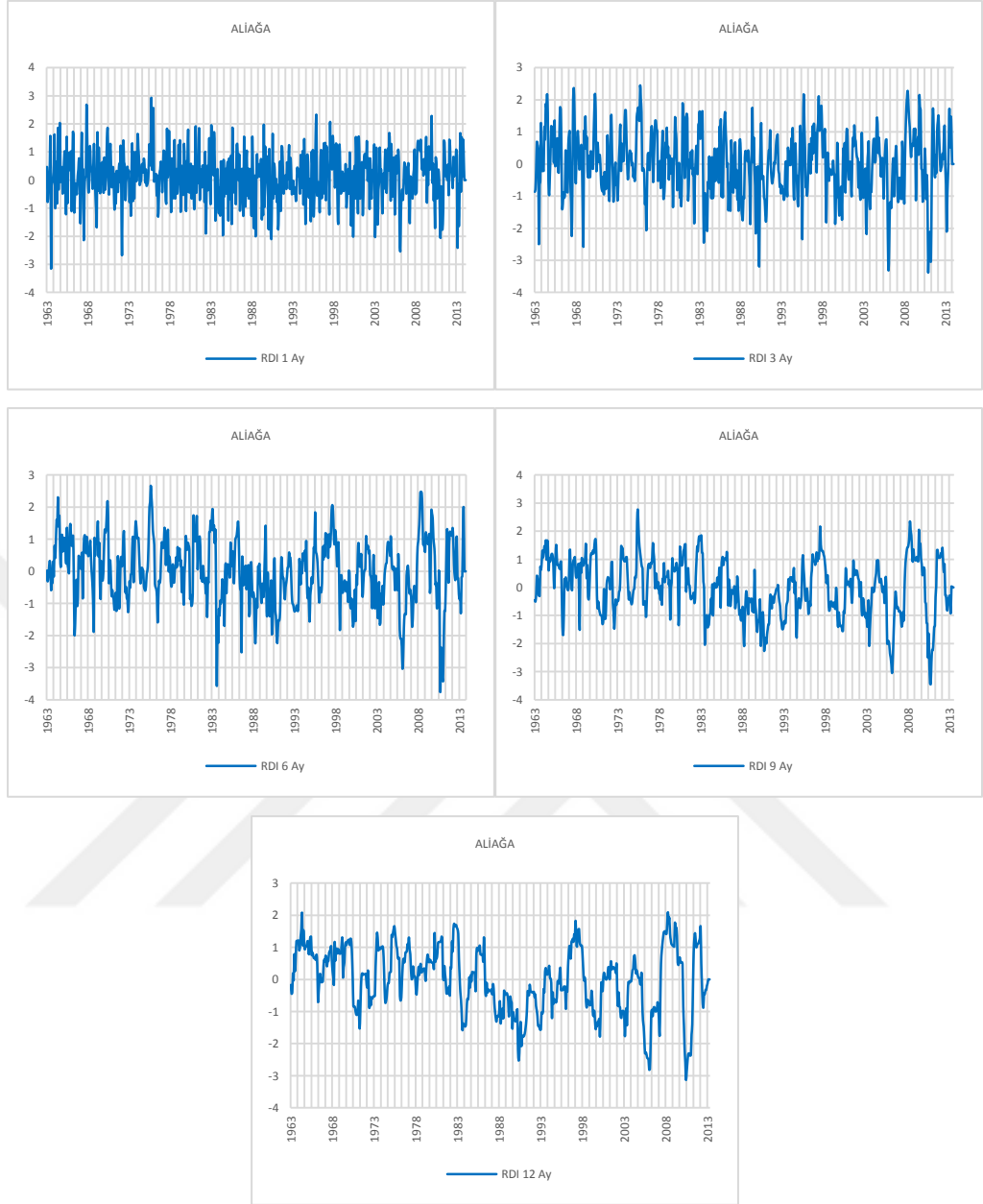
RDI yöntemi ile kuraklık hesaplanırken, Doğal Tehlikelerin Değerlendirilmesi ve Proaktif Planlama ve Atina Ulusal Teknik Üniversitesi Islah İşleri ve Su Kaynakları Yönetimi Laboratuvarı tarafından geliştirilmiş olan Drought Indices Calculator (DriNC) programı kullanılmıştır (Tigkas, Vangelis ve Tsakiris, 2015). Programın geliştirilme amacı birkaç kuraklık indisinin hesabında kullanılmak üzere kullanıcı dostu bir araç geliştirmiş olmaktadır. Özellikle yakın dönemde geliştirilmiş olan RDI ve

Yüzeysel Akış Kuraklık İndislerinin (SDI) hesaplanmasında kullanılmaktadır. Bu indislere ek olarak SPI ve Yağış Ondalıklar İndisleri de DrinC programı yardımıyla hesaplanabilmektedir. Ancak DrinC programı bu çalışmada sadece RDI yöntemi ile kuraklığın tanımlanmasında kullanılmıştır. RDI hesaplanırken DrinC programı ile 1, 3, 6, 9, 12 aylık periyotlarda tüm istasyonlar ve atmosfer verileri için hesap yapılmıştır. DrinC programı için veri seti RDI yöntemi özelinde su yılının başlangıcı olan Ekim ayı ile başlayacak şekilde düzenlenerek hesaplar yapılmıştır.

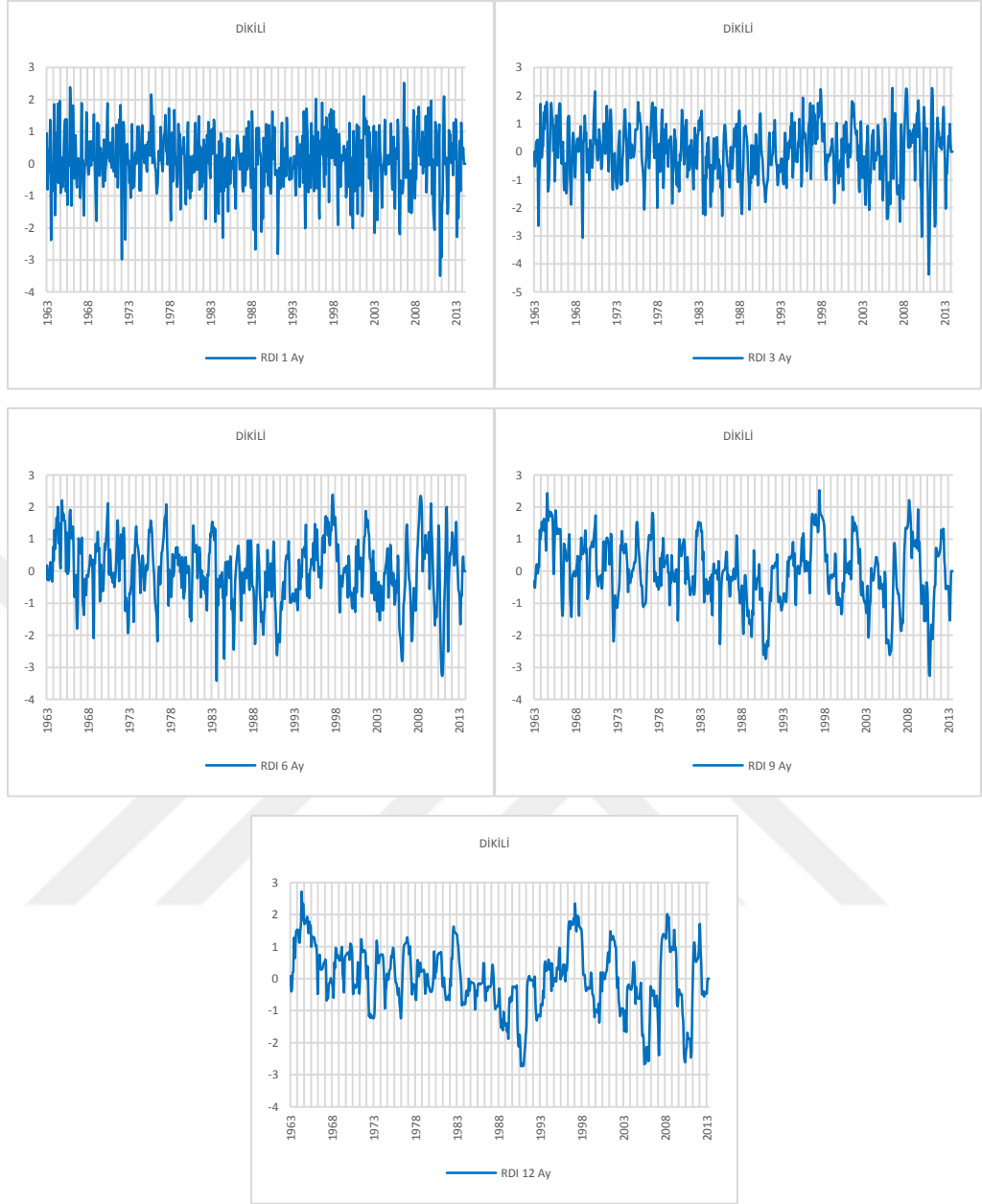
Yine DrinC programı için RDI hesabında kullanılacak olan bir başka parametre olan pet değerleri de programa tanımlatılmıştır. DrinC programı yukarıda bahsedilmiş olan kuraklık indisleri dışında uygun parametreler yardımıyla PET hesabını da yapmaktadır ancak PET verileri hesaplanmış olduğundan ayrıca PET hesabı yapılmamıştır.

SPI ve SPEI yöntemleri gamma dağılımı kullanılarak standardize olarak hesaplandığından RDI indisi de hesaplanırken DrinC programında gamma dağılımlı olarak standardize şekilde hesap yaptırılmıştır.

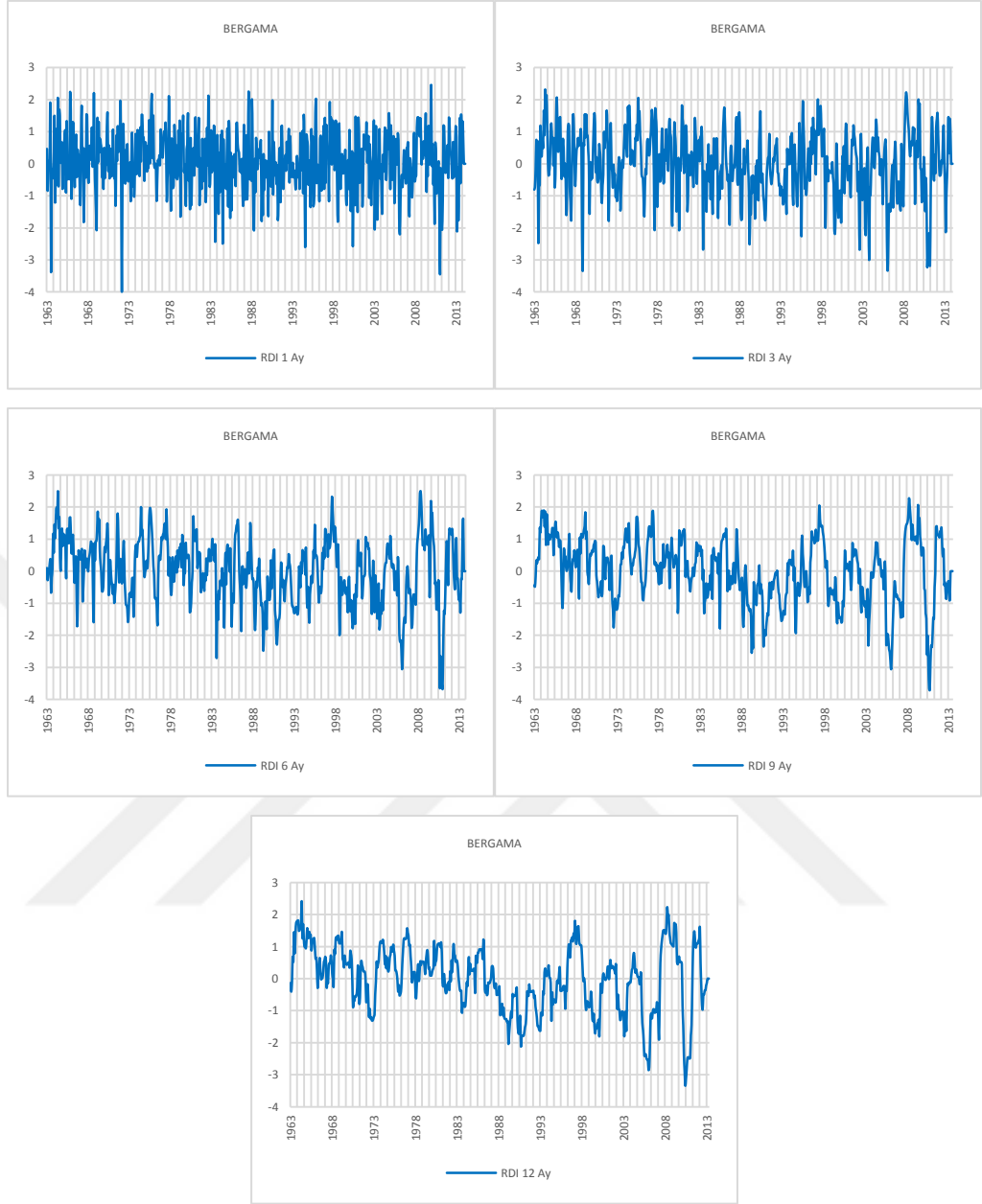
Aliağa istasyonunun tüm periyotlarına ait RDI grafikleri Şekil 5.8’de, Dikili istasyonunun tüm periyotlarına ait RDI grafikleri Şekil 5.9’da, Bergama istasyonunun tüm periyotlarına ait RDI grafikleri Şekil 5.10’da ve Soma istasyonunun tüm periyotlarına ait RDI grafikleri Şekil 5.11’de verilmiştir. Şekil 5.12’de ise NCEP/NCAR verileri ile havza için hesaplanmış olan RDI grafikleri verilmiştir.



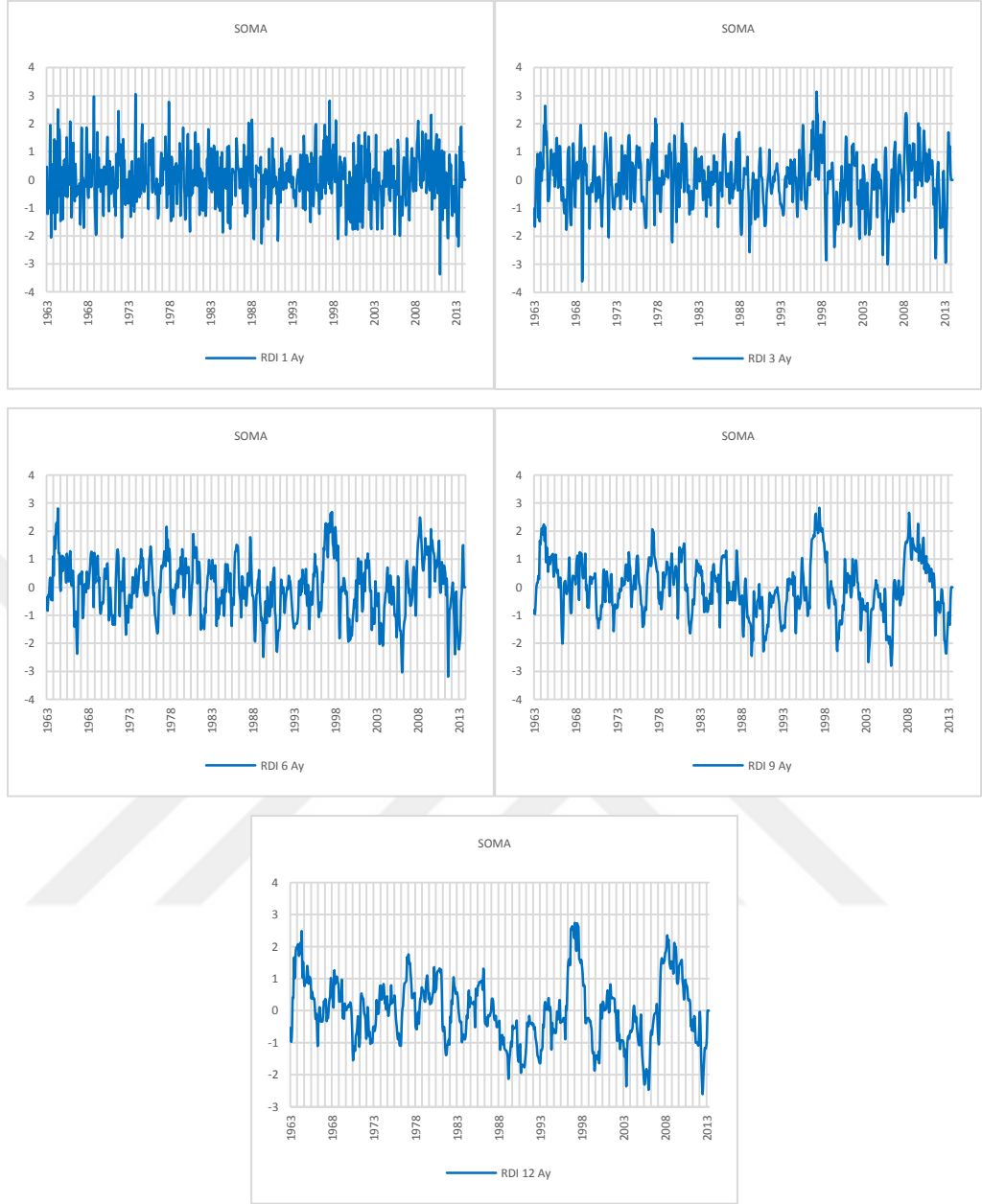
Şekil 5.8 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI indisi grafikleri



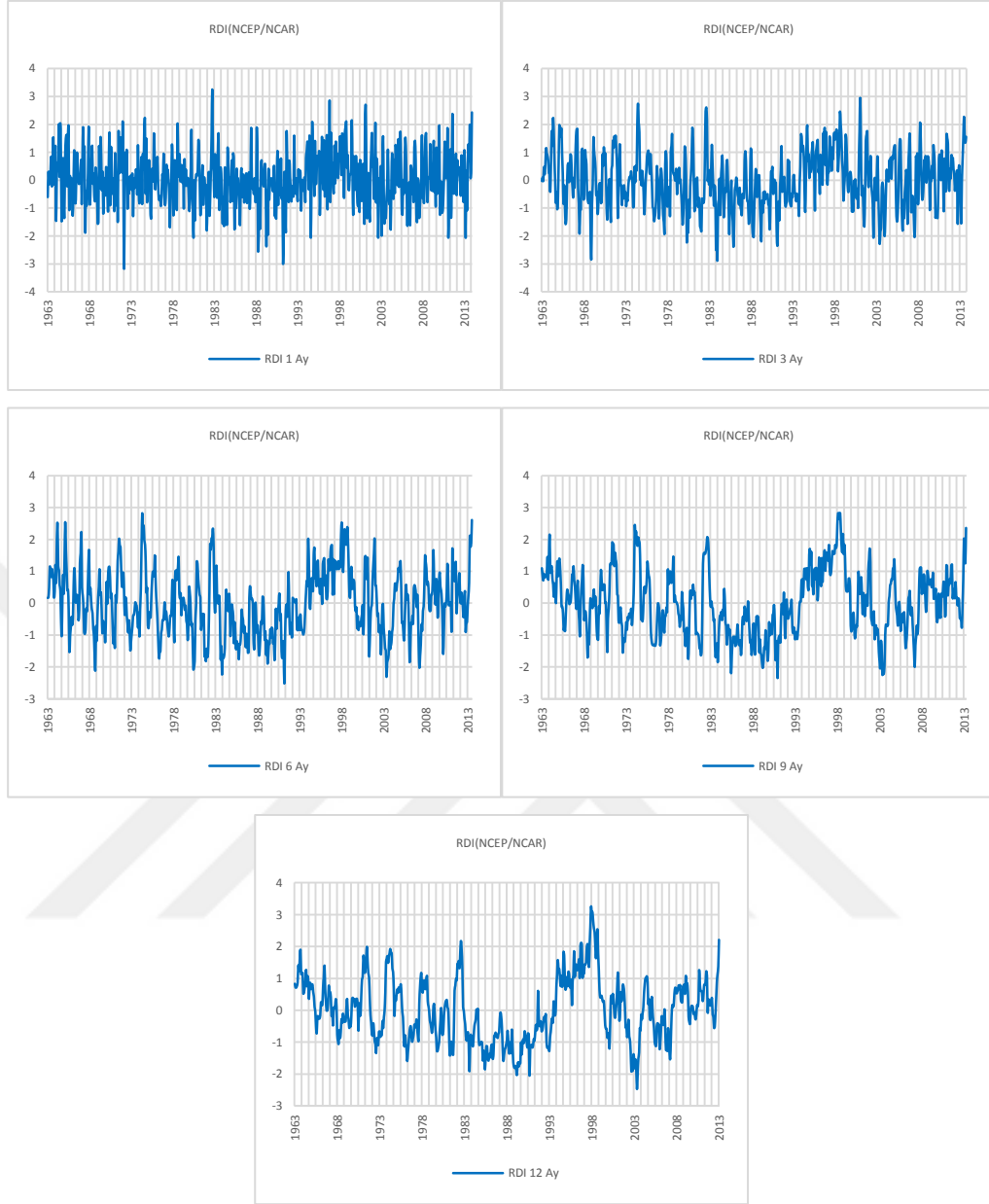
Şekil 5.9 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI indisi grafikleri



Şekil 5.10 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI indisi grafikleri



Şekil 5.11 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI indisi grafikleri



Şekil 5.12 NCEP/NCAR 1-3-6-9-12-24 aylık RDI indisi grafikleri

5.2.3 Standardize Yağış Kuraklık İndisi (SPI) Hesap Yöntemi

SPI hesaplanırken, Nebraska Üniversitesi Ulusal Kuraklık Önleme Merkezi tarafından geliştirilmiş SPI hesaplama uygulaması kullanılmıştır. Uygulamayla hesap yöntemi SPI ile aynı olan standardize kuraklık indileri hesaplanabilmektedir. Ancak SPEI yönteminin hesabında PET değerleri de kullandığından bu uygulama ile SPEI hesapları yapılamaktadır.

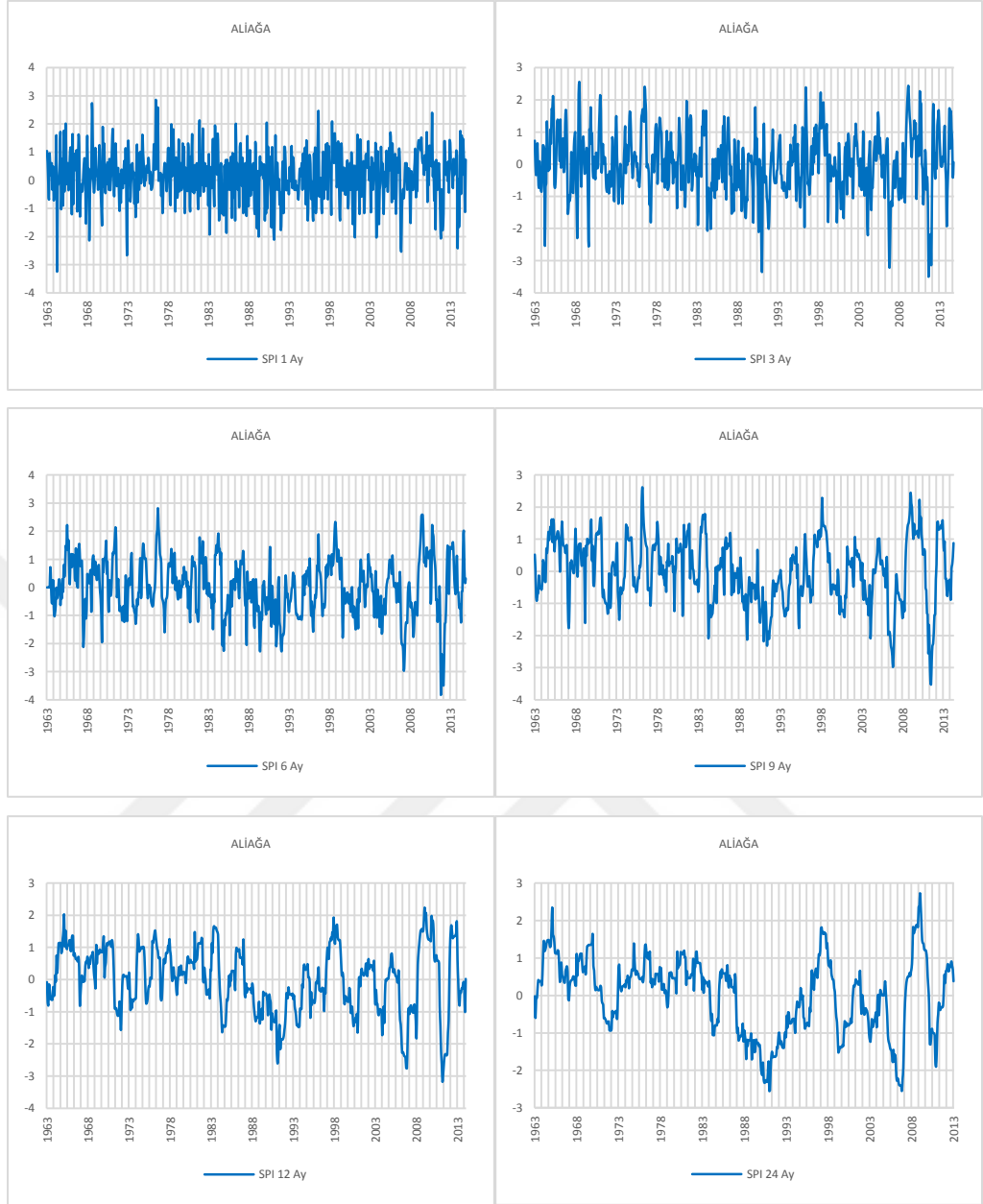
“<https://drought.unl.edu/droughtmonitoring/SPI/SPIProgram.aspx>”

Uygulama
internet

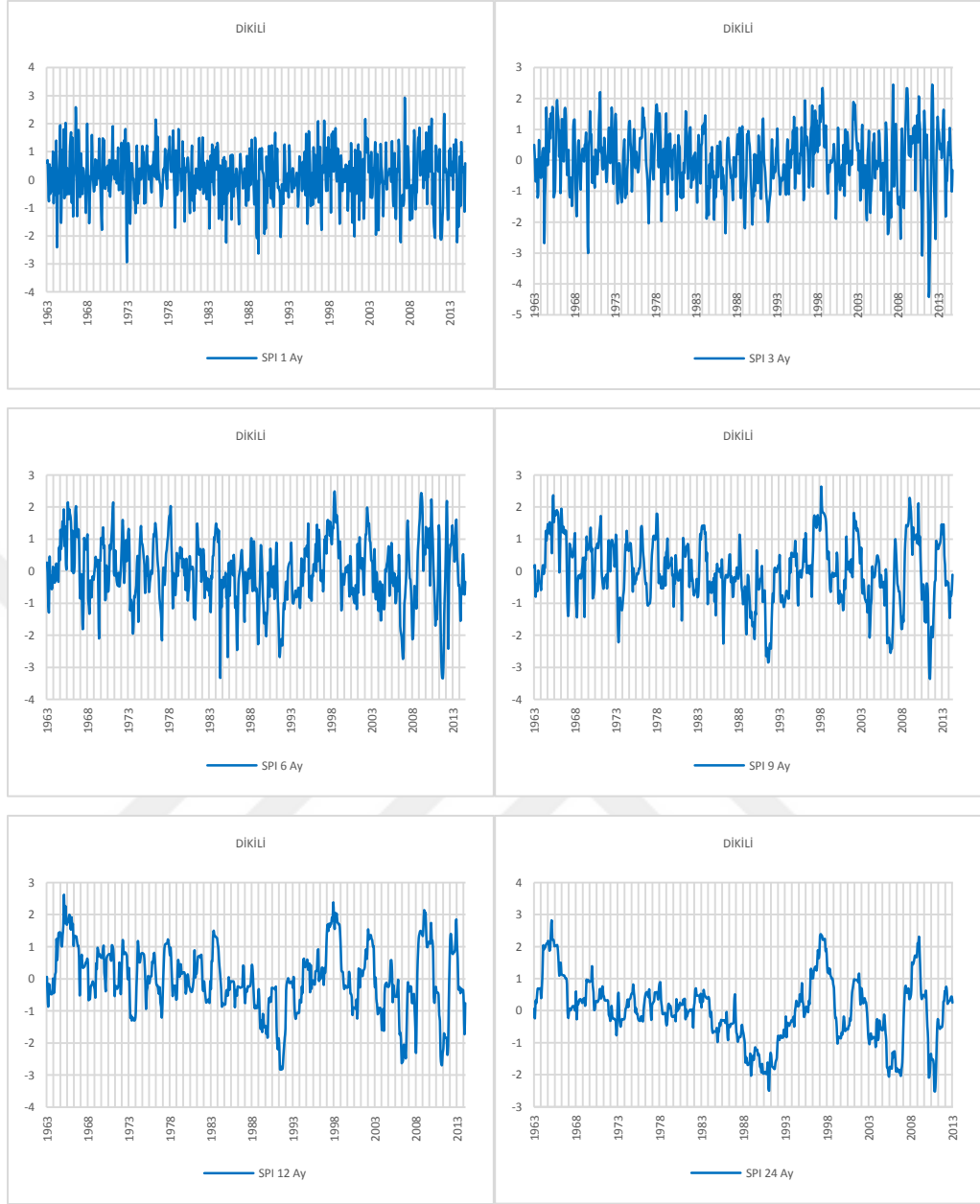
adresinden açık kaynak olarak indirilebilmektedir. Program verileri not defteri ya da Microsoft Word formatlarında kabul etmektedir. Program yağış verilerini ayraç kullanmadan yani yuvarlanmış olarak kabul etmektedir. Bu sebeple veriler yuvarlanarak düzenlenmiştir. Program kullanılırken dikkat edilmesi gereken bir hususta şudur; program veri setinde kayıp verilere -9999 değerini, sıfır değerine ise -99 değerlerini atamaktadır.

SPI, istasyonların verileri ve atmosfer verileri için 1963-2014 yıllarında 1, 3, 6, 9, 12, 24 aylık 6 zaman periyodunda hesaplanmıştır.

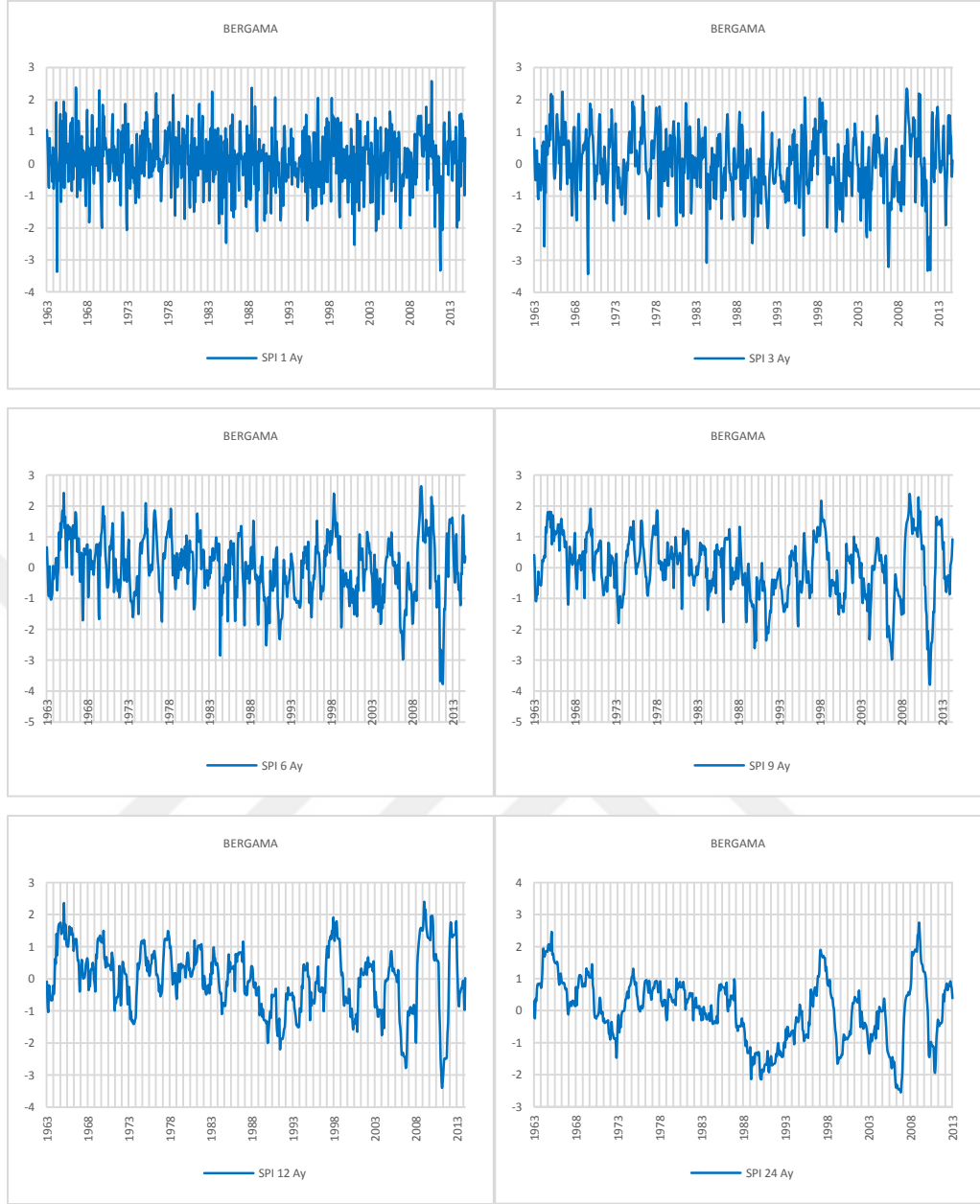
Aliağa istasyonunun tüm periyotlarına ait SPI grafikleri Şekil 5.13'te, Dikili istasyonunun tüm periyotlarına ait SPI grafikleri Şekil 5.14'de, Bergama istasyonunun tüm periyotlarına ait SPI grafikleri Şekil 5.15'de ve Soma istasyonunun tüm periyotlarına ait SPI grafikleri Şekil 5.16'da verilmiştir. Şekil 5.17'de ise NCEP/NCAR verileri ile havza için hesaplanmış olan SPI grafikleri verilmiştir.



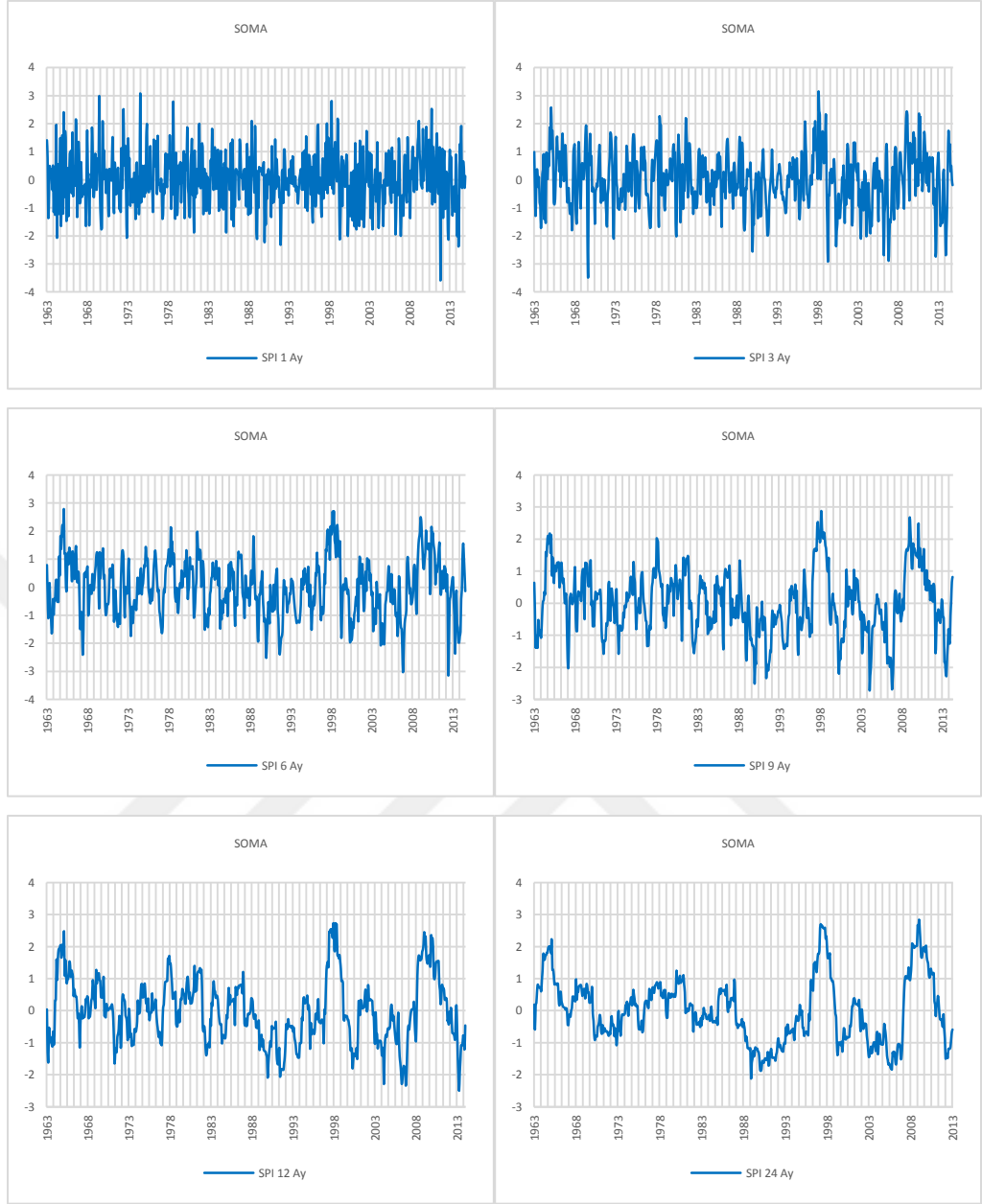
Şekil 5.13 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI indisi grafikleri



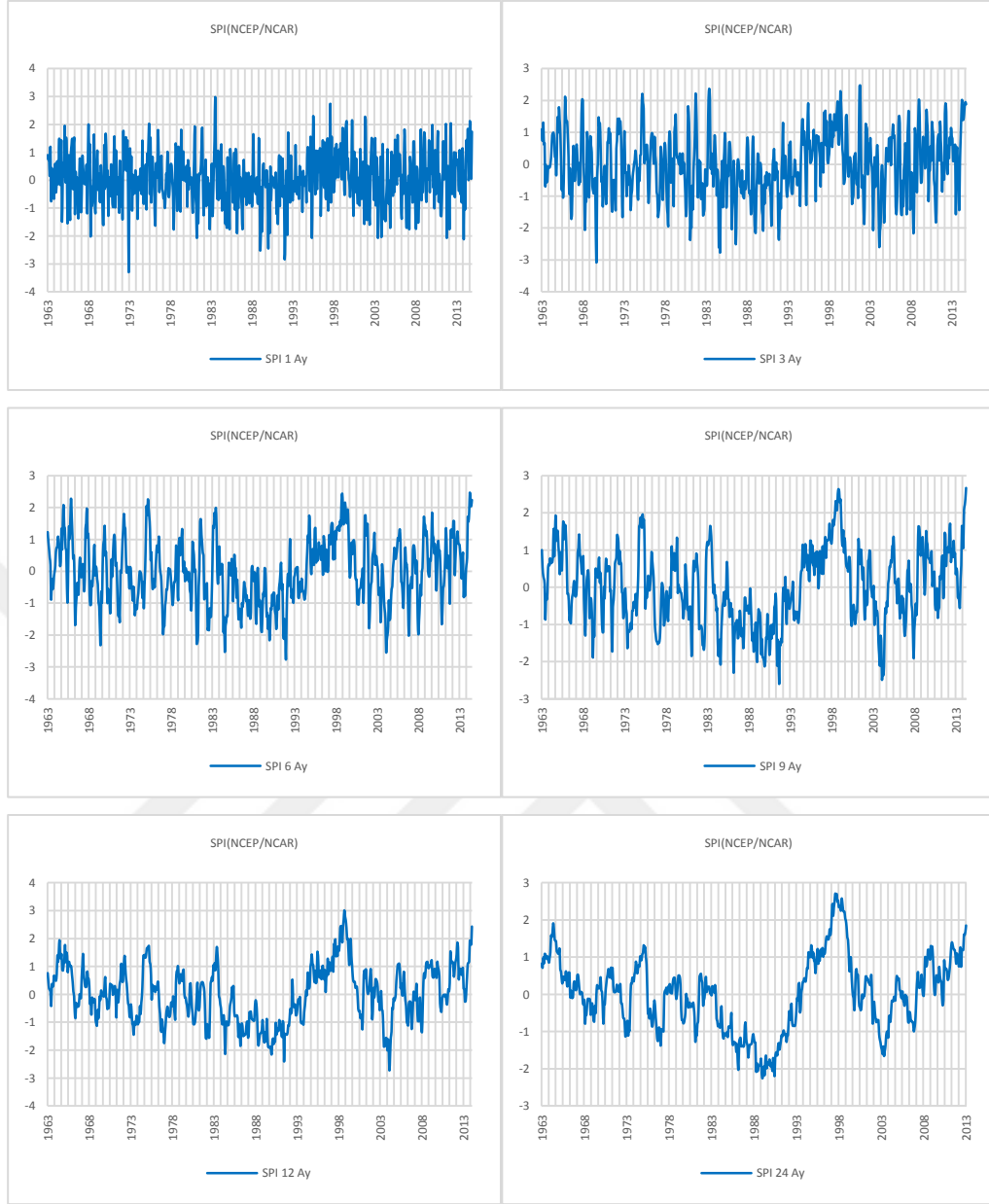
Şekil 5.14 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI indisi grafikleri



Şekil 5.15 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI indisi grafikleri



Şekil 5.16 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI indisi grafikleri



Şekil 5.17 NCEP/NCAR 1-3-6-9-12-24 aylık SPI indisi grafikleri

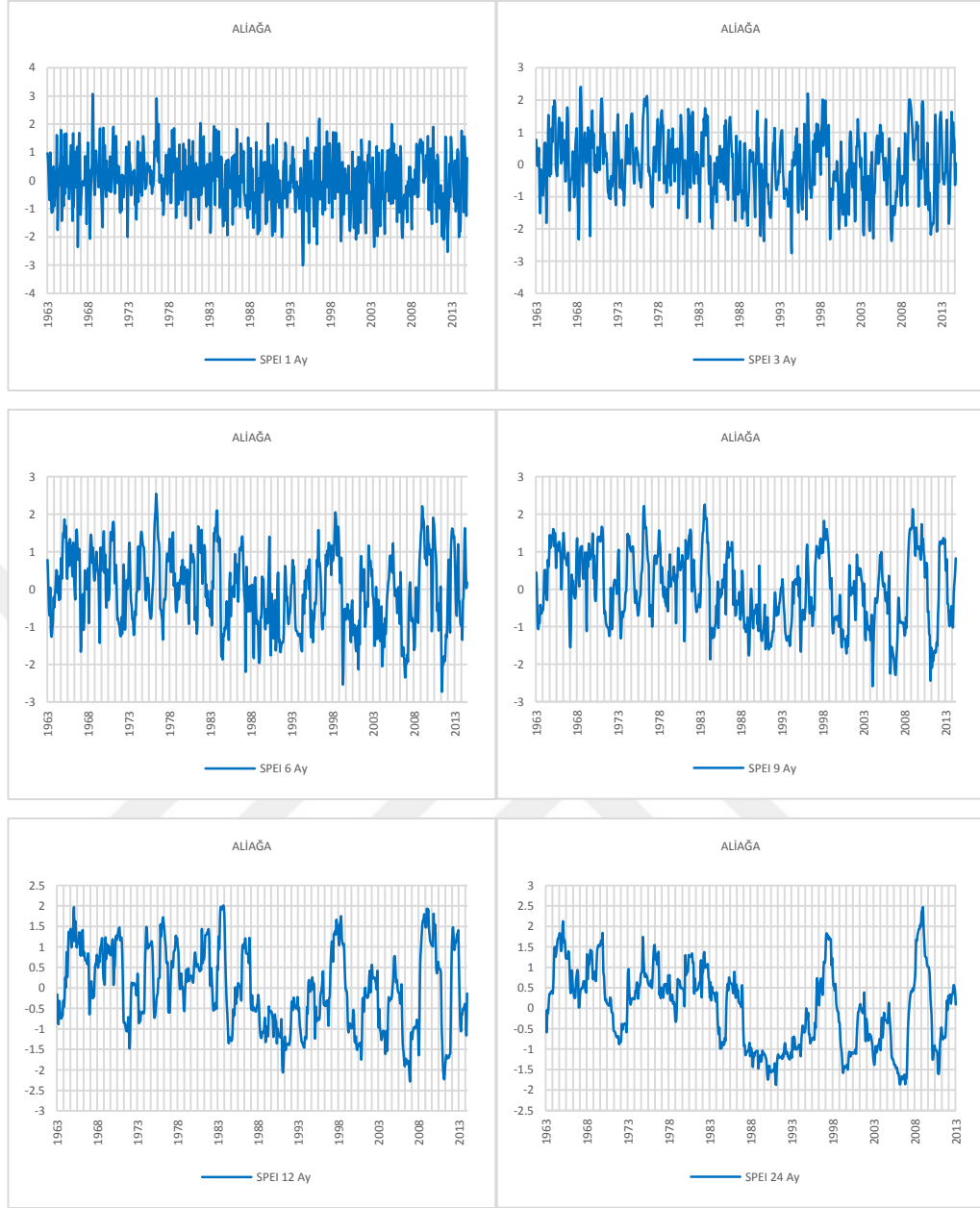
5.2.4 Standardize Yağış Evapotranspirasyon Kuraklık İndisi (SPEI) Hesap Yöntemi

SPEI, bölüm 5.2.3 içerisine tanımlanan SPI hesaplama programı ile hesaplanamadığından bu indisi hesaplamakta Rstudio programı ve ek paketler kullanılmıştır.

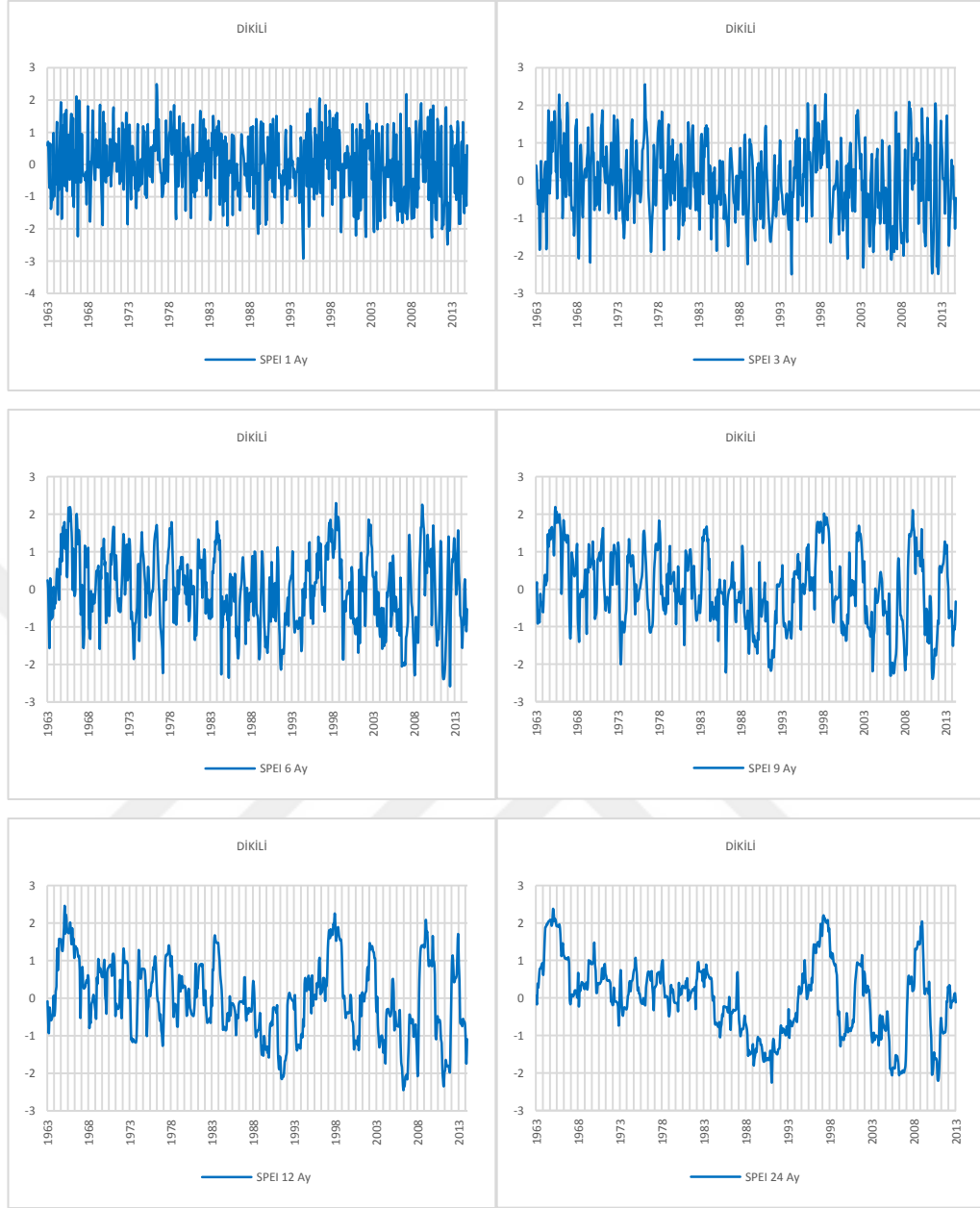
RStudio programı, birçok istatistiksel ve matematiksel hesabı gerçekleştirebilmekte ve grafikler oluşturabilmektedir. Program içerisinde bulunan birçok pakete ek olarak

hesap yapılması istenen yardımcı paketler program içine yüklendikten sonra çalışmaya hazır hale gelmektedir. Bu çalışma kapsamında Rstudio programına SPEI kuraklık tanımlama yöntemini hesaplayabilmek amacıyla “SPEI” paketi yüklenmiştir. Bu paket bölüm 3.1.2 de anlatılmış olan SPEI hesap yöntemi ile indisi hesaplamaktadır. Tüm istasyonlar ve atmosfer verileri için 1, 3, 6, 9, 12, 24 aylık periyotlar da hesap yapılmış ve indisin hesabı tamamlamıştır.

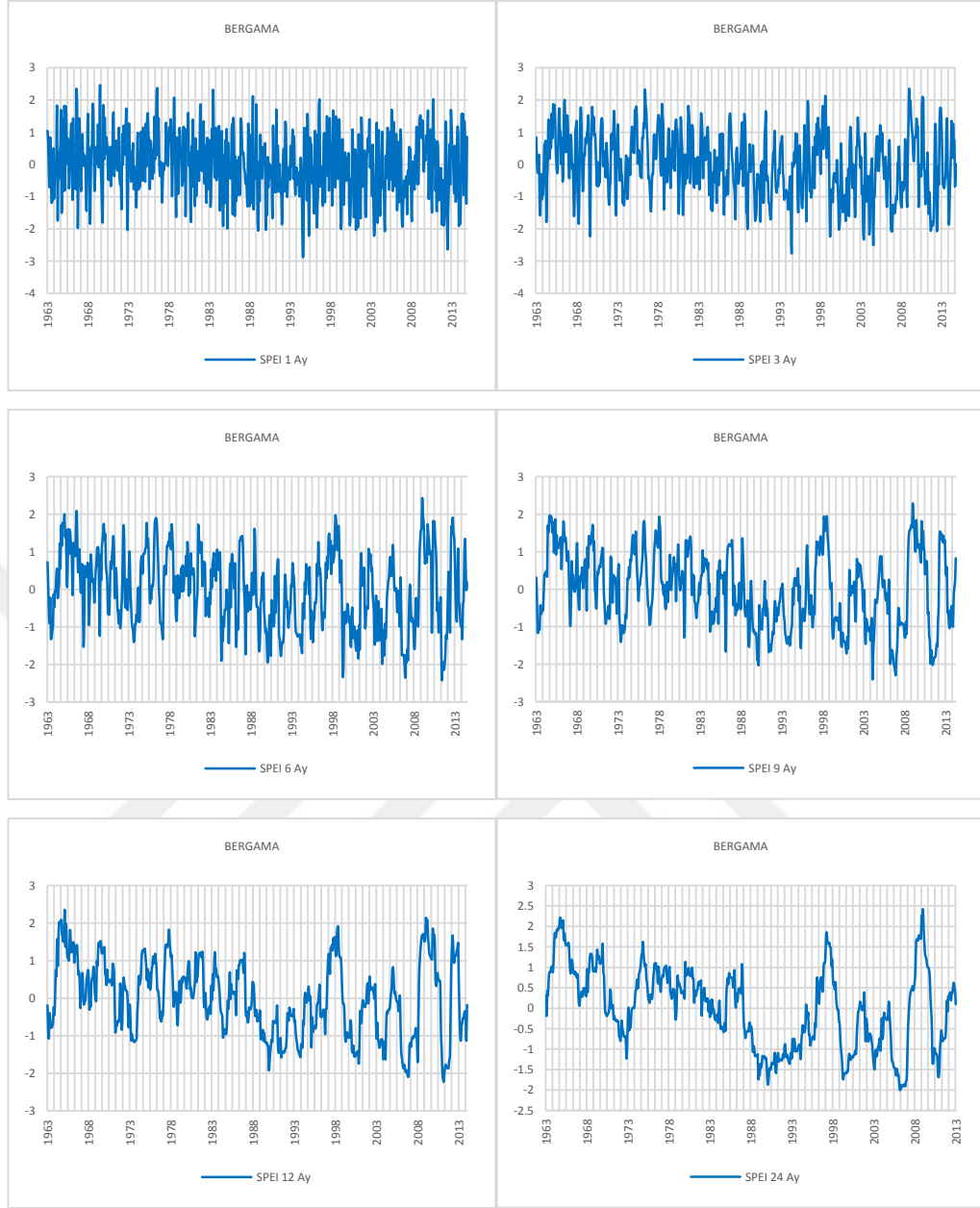
Aliağa istasyonunun tüm periyotlarına ait SPEI grafikleri Şekil 5.18’de, Dikili istasyonunun tüm periyotlarına ait SPEI grafikleri Şekil 5.19’da, Bergama istasyonunun tüm periyotlarına ait SPEI grafikleri Şekil 5.20’de ve Soma istasyonunun tüm periyotlarına ait SPEI grafikleri Şekil 5.21’de verilmiştir. Şekil 5.22’de ise NCEP/NCAR verileri ile havza için hesaplanmış olan SPEI grafikleri verilmiştir.



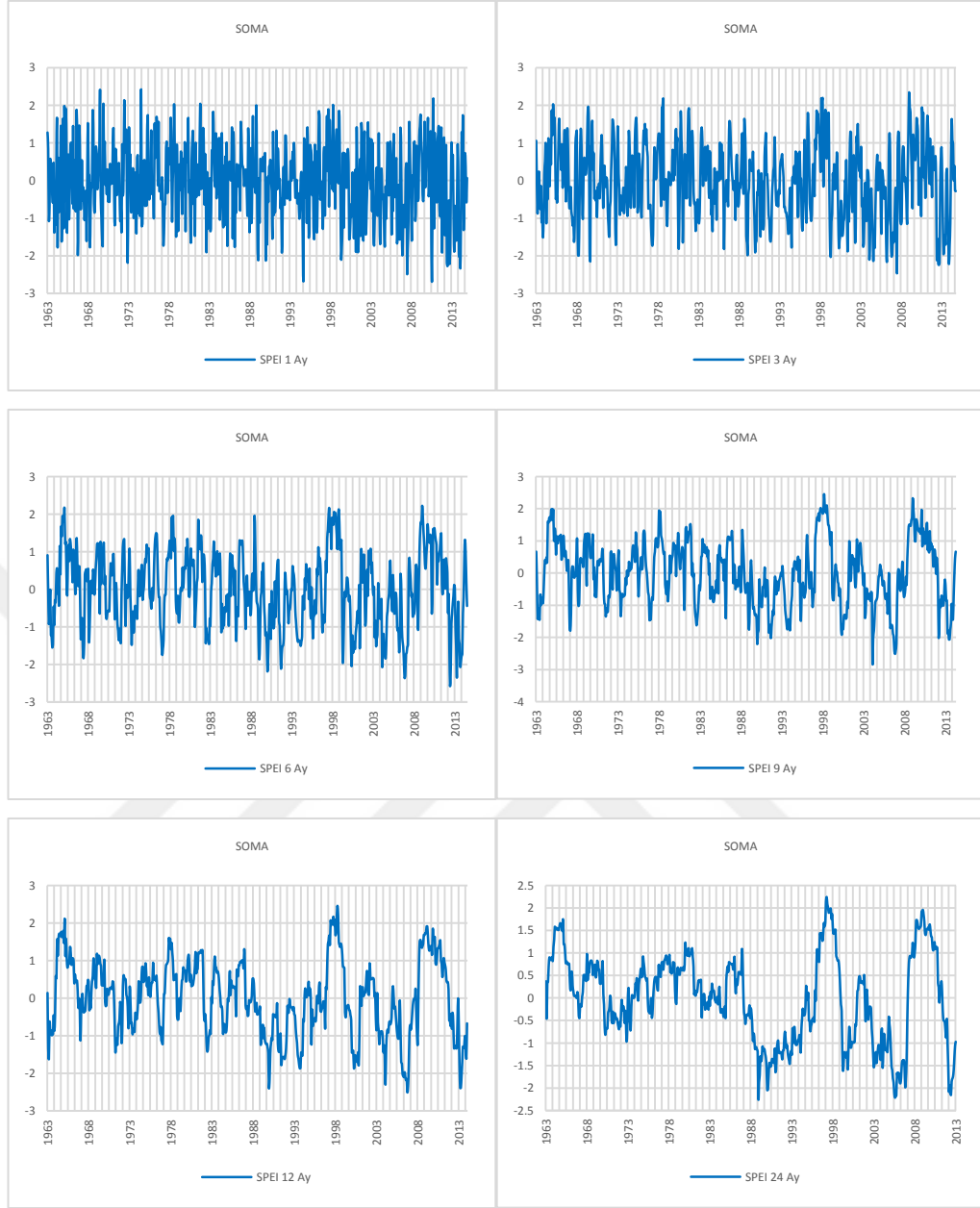
Şekil 5.18 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI indisi grafikleri



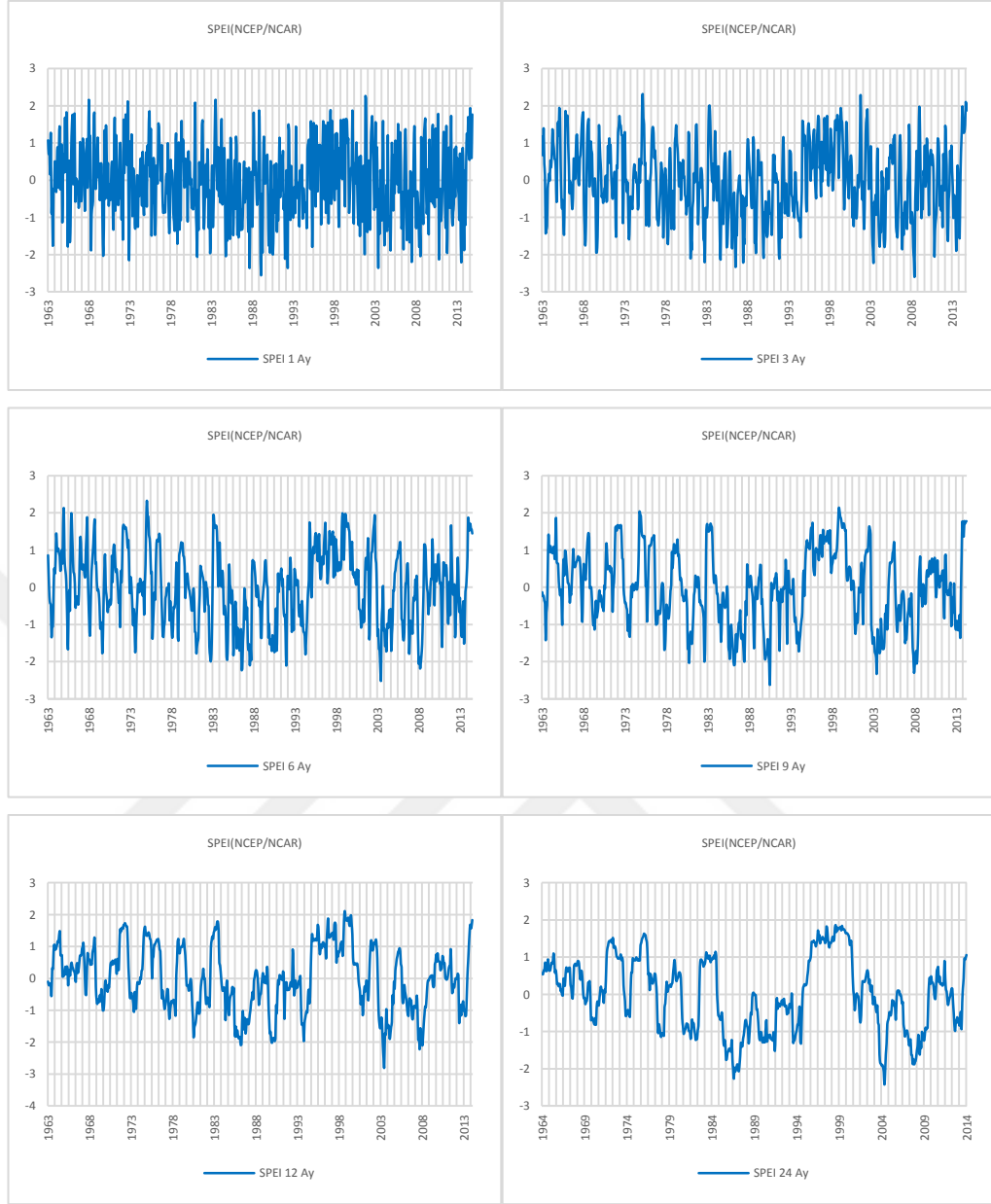
Şekil 5.19 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI indisi grafikleri



Şekil 5.20 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI indisi grafikleri



Şekil 5.21 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI indisi grafikleri



Şekil 5.22 NCEP/NCAR 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI indisi grafikleri

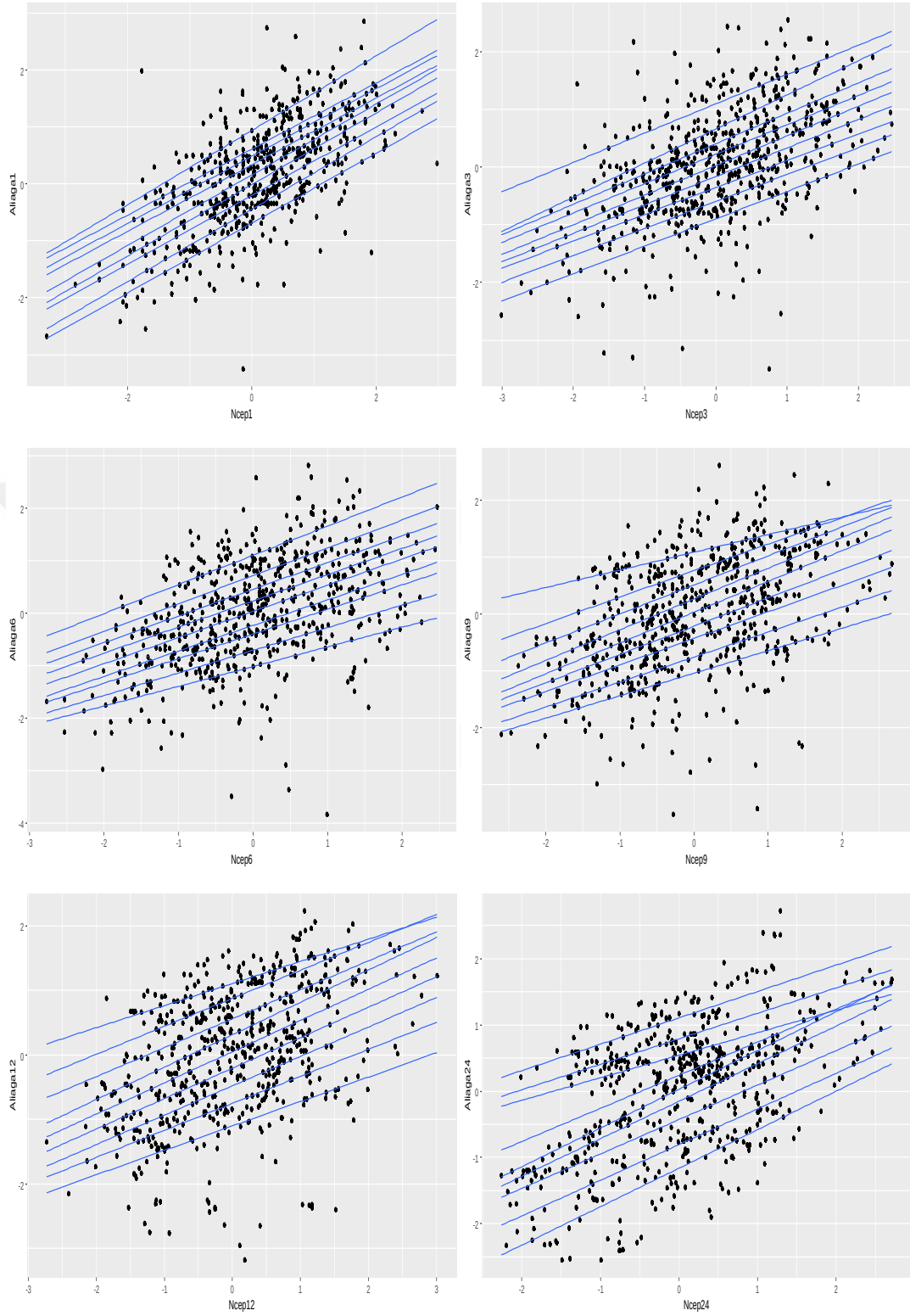
5.2.5 Kuantil Regresyon İlişkileri

Bölgede NCEP/NCAR yağış ve pet verileri kullanılarak, bu atmosfer parametrelerine karşılık PNPI, RDI, SPI, SPEI hesaplanmıştır. İndisler hesaplanırken istasyonlar için kuraklık indisi hesaplarındaki şekil ve yöntemler kullanılmıştır. Atmosfer verileri (NCEP/NCAR) için hesaplanan kuraklık indisi değerleriyle, istasyonların kuraklık indisi değerleri arasında ki ilişki incelenirken kuantil regresyon

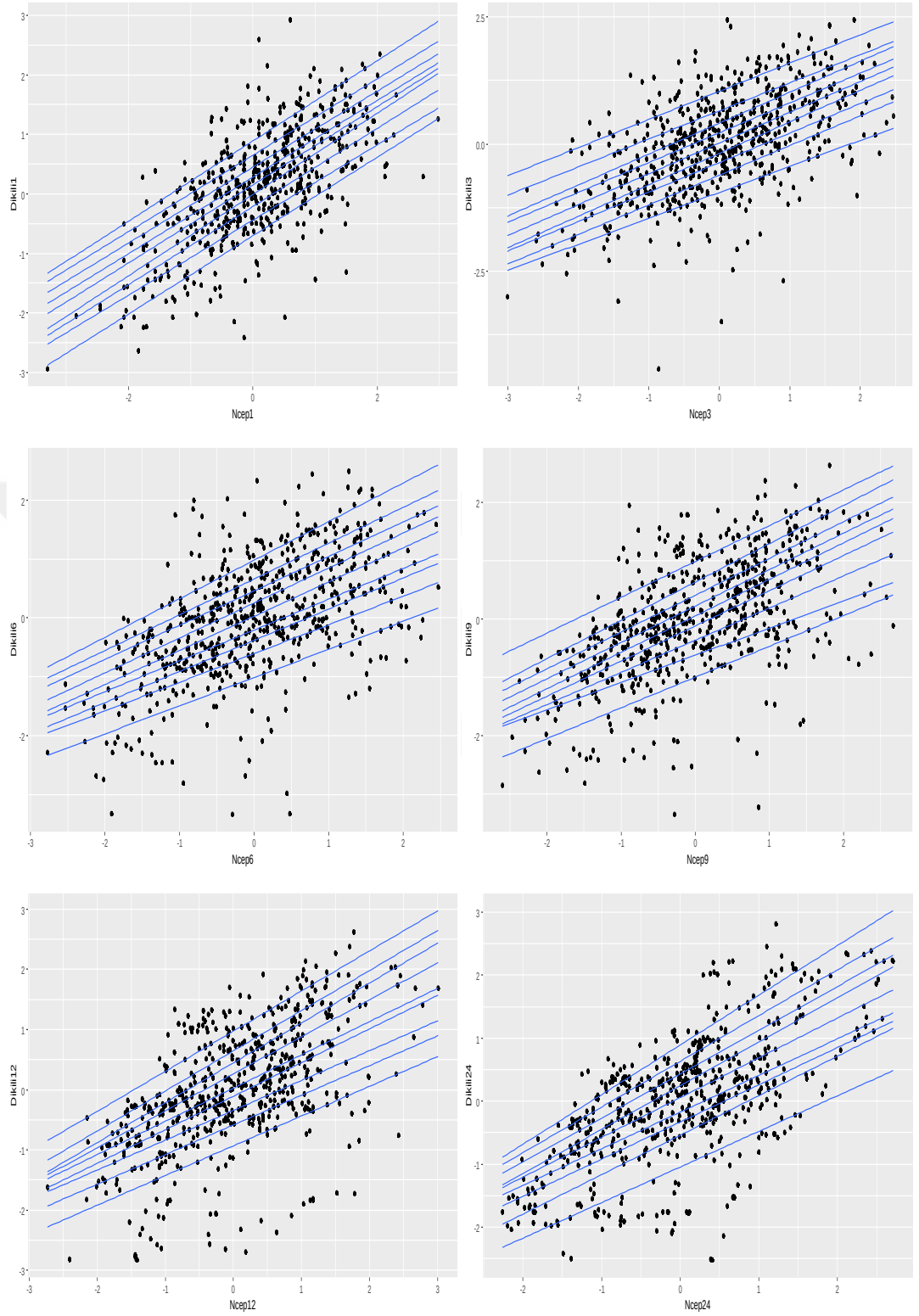
yöntemi kullanılmıştır. Kuantil regresyon sonuçları ve sonuçların grafikleri Rstudio programı kullanılarak belirlenmiştir.

Kuantil ilişkileri tanımlanırken PNPI yöntemi kuraklık tanımlamada hesap yöntemi itibariyle zayıf kalmaktadır, RDI ve SPE yöntemleri ise yağış verilerinin yanı sıra pet değerlerini de kuraklık hesabına dahil etmekte ve kuraklığı tanımlamakta SPI ile benzer sonuçlar vermektedir. Ancak SPI yönteminde verilere ulaşmanın, hesap yönteminin daha kolay olmasının, girdi parametresi olarak sadece yağış verilerini kullanmasının ve WMO tarafından meteorolojik kuraklık izlemede bu indis ile başlangıç yapılmasının önerilmesi sebepleriyle bu çalışma kapsamında atmosfer parametreleriyle istasyon arasında ki ilişki; Kuantil Regresyon yönteminde, istasyon ve atmosfer SPI kuraklık indisi sonuçları kullanılarak tanımlanmıştır. Kuantil regresyon yönteminde ilişkiler; $\tau=0,1:0,9$ kuantil oranlarında incelenmiştir.

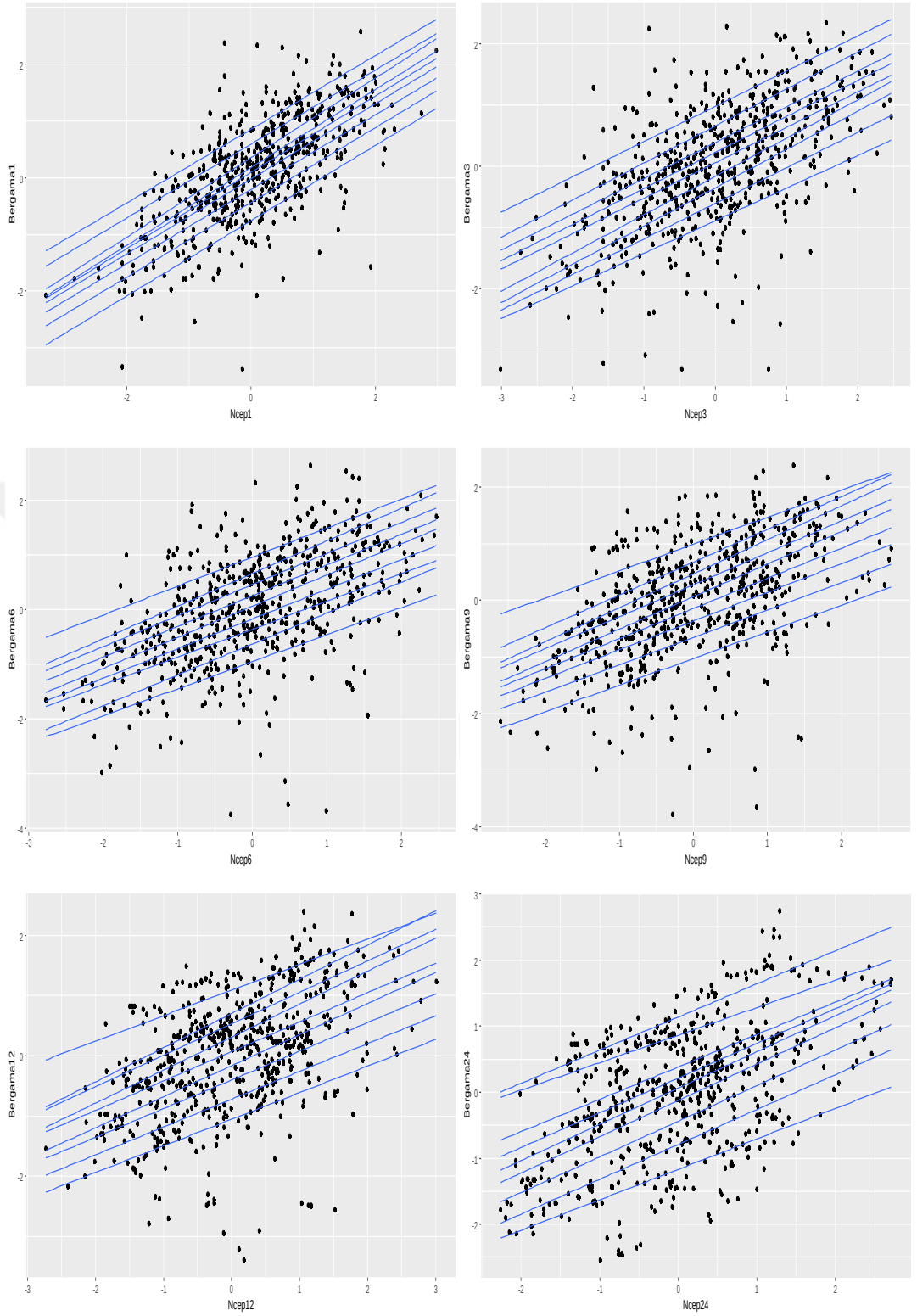
Aliağa istasyonunun tüm periyotlarına ait kuantil regresyon grafikleri Şekil 5.23'de, Dikili istasyonunun tüm periyotlarına ait kuantil regresyon grafikleri Şekil 5.24'de, Bergama istasyonunun tüm periyotlarına ait kuantil regresyon grafikleri Şekil 5.25'de ve Soma istasyonunun tüm periyotlarına ait kuantil regresyon grafikleri Şekil 5.26'da verilmiştir. Grafikler en altta $\tau=0,1$ kuantil oranına göre çizilmiş doğru ile başlayıp, en üstte ki $\tau=0,9$ kuantil oranına göre çizilmiş doğru ile son bulmaktadır. Grafiklerde düşey eksen istasyon, yatay eksen atmosfer değişkenlerini göstermektedir.



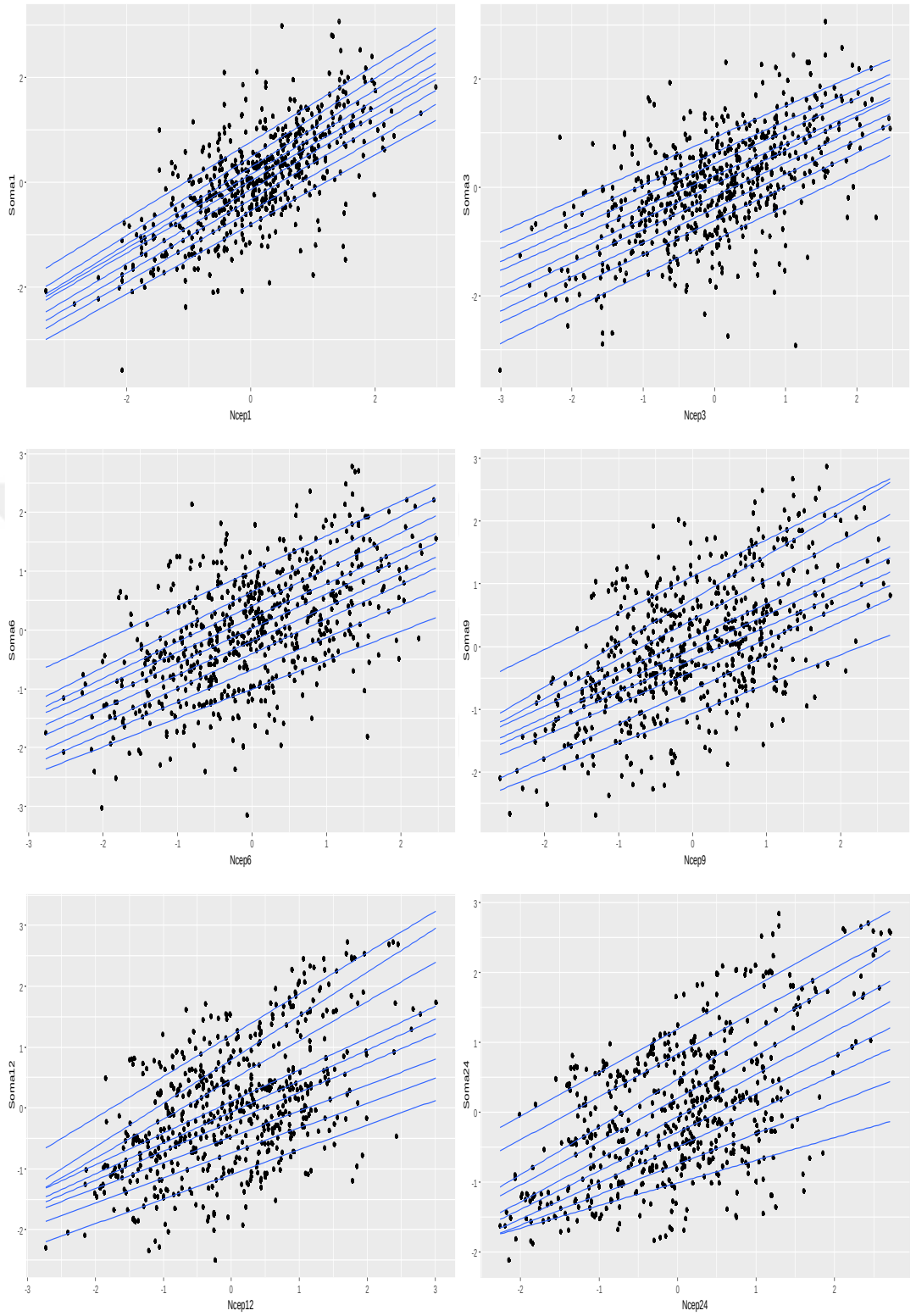
Şekil 5.23 Aliğa istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



Şekil 5.24 Dikili istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



Şekil 5.25 Bergama istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



Şekil 5.26 Soma istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri

Tablo 5.1, 5.2, 5.3, 5.4’de $\tau=0,1$; $\tau=0,5$ ve $\tau=0,9$ kuantil seviyelerine karşı belirlenen regresyon katsayıları Aliğa, Dikili, Bergama ve Soma istasyonları için verilmiştir.

Tablolarda; $\beta_{0(\tau)}$:Kuantil regresyon sabiti, $\beta_{1(\tau)}$: Kuantil regresyon katsayısı, τ : Kuantil ifadelerini temsil etmektedir. Tablolarda $\tau=0,5$ seviyesi için elde edilen kuantil regresyon katsayıları, istasyon ve NCEP/NCAR serilerinin medyan değerleri arasındaki ilişkinin katsayılarını ifade ederken $\tau=0,1$ ve $\tau=0,9$ için elde edilen katsayılar NCEP/NCAR SPI değerlerinin bilinmesi koşuluyla istasyonlardaki %10 kuantil seviyesindeki kurak ($\tau=0,1$) ve %90 seviyesindeki sulak ($\tau=0,9$) indis değerlerini ifade etmektedir. Tablo 5.1, 5.2, 5.3, 5.4’de verilen kuantil regresyon katsayılarına göre, tüm kuraklık süreleri dikkate alındığında NCEP/NCAR kuraklık indisinin 0 olduğu dönemlerde (atmosferik alansal yağış normal seviyede) Soma ve Bergama istasyonlarının %10 kuantilleri, Dikili ve Aliğa istasyonlarına kıyasla daha yüksek değerler almaktadır. Bir başka deyişle, atmosferik yağış normal değerlerdeyken, iç bölgelerdeki istasyonlar kıyı bölgelere kıyasla daha kurak bir davranış gösterme eğilimindedir. Bu durum %90 kuantil değerleri incelendiğinde sulak dönemler için tersine dönmekte, iç bölgelerdeki istasyonlar kıyı istasyonlara nazaran daha sulak dönemler geçirmektedir.

Tablo 5.1 NCEP/NCAR SPI ile Aliğa SPI arasındaki kuantil regresyon katsayıları

Süre	Katsayılar	ALİĞA		
		$\tau = 0,1$	$\tau = 0,5$	$\tau = 0,9$
(1ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,69091	0,15673	0,93778
	$\beta_{1(\tau)}$	0,61364	0,62092	0,65341
(3ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,89737	0,02730	1,09644
	$\beta_{1(\tau)}$	0,47368	0,51351	0,50758
(6ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,01750	0,03400	1,10045
	$\beta_{1(\tau)}$	0,37500	0,49825	0,55455
(9ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,03863	0,03348	1,08590
	$\beta_{1(\tau)}$	0,39485	0,54040	0,30970
(12ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,10185	0,04968	1,10755
	$\beta_{1(\tau)}$	0,37815	0,48387	0,34266
(24ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,16306	0,02915	1,10748
	$\beta_{1(\tau)}$	0,58125	0,58511	0,39806

Tablo 5.2 NCEP/NCAR SPI ile Dikili SPI arasındaki kuantil regresyon katsayıları

Süre	Katsayılar	DİKİLİ		
		$\tau = 0,1$	$\tau = 0,5$	$\tau = 0,9$
(1ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,70192	0,15194	0,88788
	$\beta_{1(\tau)}$	0,65836	0,65568	0,67340
(3ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,94839	0,02069	1,03844
	$\beta_{1(\tau)}$	0,51058	0,60481	0,55376
(6ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,01464	0,02827	0,98057
	$\beta_{1(\tau)}$	0,47813	0,58025	0,65537
(9ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,99588	0,05375	0,98577
	$\beta_{1(\tau)}$	0,52672	0,62500	0,61340
(12ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,93175	0,02750	0,97333
	$\beta_{1(\tau)}$	0,49402	0,55233	0,66667
(24ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,04419	0,05677	0,89269
	$\beta_{1(\tau)}$	0,56452	0,63077	0,78756

Tablo 5.3 NCEP/NCAR SPI ile Bergama SPI arasındaki kuantil regresyon katsayıları

Süre	Katsayılar	BERGAMA		
		$\tau = 0,1$	$\tau = 0,5$	$\tau = 0,9$
(1ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,75717	0,09466	0,85328
	$\beta_{1(\tau)}$	0,66304	0,67241	0,64964
(3ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,89253	0,05444	0,97468
	$\beta_{1(\tau)}$	0,53165	0,57778	0,57447
(6ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,95773	0,05813	0,95529
	$\beta_{1(\tau)}$	0,49498	0,56911	0,52941
(9ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,02736	0,06500	0,99200
	$\beta_{1(\tau)}$	0,47112	0,57463	0,47500
(12ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,05372	0,07148	1,09168
	$\beta_{1(\tau)}$	0,44186	0,48901	0,42437
(24ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,16780	0,06161	1,13736
	$\beta_{1(\tau)}$	0,46073	0,54839	0,50167

Tablo 5.4 NCEP/NCAR SPI ile Soma SPI arasındaki kuantil regresyon katsayıları

Süre	Katsayılar	SOMA		
		$\tau = 0,1$	$\tau = 0,5$	$\tau = 0,9$
(1ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,80333	0,03082	0,77034
	$\beta_{1(\tau)}$	0,66667	0,69085	0,73034
(3ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-0,98076	0,04893	0,91868
	$\beta_{1(\tau)}$	0,63359	0,63095	0,58242
(6ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,00583	0,02292	1,00514
	$\beta_{1(\tau)}$	0,49167	0,58989	0,59286
(9ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,07011	-0,04208	1,11917
	$\beta_{1(\tau)}$	0,46927	0,54455	0,58333
(12ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,09281	-0,06789	1,19536
	$\beta_{1(\tau)}$	0,40523	0,50904	0,67857
(24ay)	$\beta_{0(\tau)}$	-1,01623	-0,07115	1,18391
	$\beta_{1(\tau)}$	0,32384	0,60766	0,62391

BÖLÜM ALTI

SONUÇLAR

Alt Kuzey Ege bölgesinde hesaplanan kuraklık indislerinin sonuçlarının incelendiğinde kuraklığın en sık görüldüğü aylar;

Tablo 6.1 İstasyonlarda kuraklığın en sık görüldüğü aylar

	İSTASYON BAZLI EN SIK KURAKLIK GÖRÜLEN AYLAR					
	PERİYOT (AY)					
İNDİS	1	3	6	9	12	24
PNPI	AĞUSTOS	EYLÜL	EKİM	ŞUBAT	ARALIK	NİSAN
SPI	ŞUBAT	OCAK	NİSAN/MAYIS	AĞUSTOS	ARALIK	OCAK
RDI	EKİM	ŞUBAT	HAZİRAN	EYLÜL	KASIM	-
SPEI	MART	MART	NİSAN	NİSAN	NİSAN	NİSAN

Alt Kuzey Ege bölgesini kapsayan NCEP/NCAR kuraklık indisi sonuçlarına göre kuraklığın en sık görüldüğü aylar;

Tablo 6.2 NCEP/NCAR havzada kuraklığın en sık görüldüğü aylar

	NCEP/NCAR HAVZADA EN SIK KURAKLIK GÖRÜLEN AYLAR					
	PERİYOT (AY)					
İNDİS	1	3	6	9	12	24
PNPI	TEMMUZ	AĞU/EYL	KASIM	ARA/ŞUB	EKİM	EYLÜL
SPI	EKİM	EYLÜL	ARALIK	HAZİRAN	EKİM	AĞU/EYL/ ARA/OCA
RDI	MART	MART	OCAK	ŞUB/HAZ	HAZİRAN	-
SPEI	MAYIS	NİSAN	NİSAN	MAYIS	TEM/AĞU	EKİ/ARA

Tablo 6.1 ve 6.2’de verilen aylar kuraklığın en sık görüldüğü aylar olarak ön plana çıkmaktadır.

Aylar bazında yapılan değerlendirme sonucu PNPI yönteminin hesap yöntemi sebebiyle kuraklığı tanımlamakta zayıf olduğu görülmüştür. PNPI 1 aylık periyotlarda yaz dönemlerini yağışın neredeyse hiç düşmemesinden dolayı kurak olarak ifade etmektedir. Sadece yağışa bağlı yüzdesel bir hesap yöntemi olması sebebiyle kuraklığı

yağış düşmeyen dönemler olarak tanımlamaktadır. SPI ve SPEI yöntemlerinin sonuçlarına bakıldığında SPI ve SPEI arasında bir ilişki olduğu SPI ile belirlenen yağıştan kaynaklanan kuraklıkların bahar aylarında SPEI hesaplarında kuraklık gösterdiği belirlenmiştir. Sadece yağış verilerinin kullanıldığı SPI indisinde yağış kaynaklı kuraklığın; yağış, pet verilerini kullanan SPEI indisinde bitki gelişiminin en fazla olduğu bahar aylarında ki kuraklığı arttırdığı ve iki indis arasında bir ilişki bulunduğu hesaplar neticesinde görülmüştür. NCEP/NCAR, SPI ve SPEI sonuçlarında istasyonlarda belirlenmiş bu ilişkiyi desteklemektedir.

Bölgedeki kuraklık yıllar bazında incelendiğinde; 1963-2014 yıllarında en sık kuraklık gözlenen yıllar Tablo 6.3 ile verilmiştir;

Tablo 6.3 İstasyonlarda kuraklığın en sık görüldüğü yıllar

	İSTASYON					
	PERİYOT (AY)					
İNDİS	1	3	6	9	12	24
PNPI	2004	1990	2007	1994, 2004	2007	1992, 2008
SPI	1990	2008	2007	2007	2007	1992, 2008
RDI	1989, 1990	2007	2007	2007	2007	-
SPEI	2012	2007	1994	1994	2007	2008

İstasyon kuraklıkları yıllık olarak incelendiğinde kuraklığın en sık görüldüğü yıllar 1992, 1994, 2007 olarak belirlenmiştir. Bu yıllar havzada kuraklığın gerçek zamanlı olarakta şiddetli geçtiği yıllardır.

Bölgede NCEP/NCAR verilerinin kuraklığı yıllar bazında incelendiğinde ise; 1963-2014 yıllarında en sık kuraklık gözlenen yıllar;

Tablo 6.4 NCEP/NCAR havzada kuraklıkların en sık görüldüğü yıllar

İNDİS	NCEP/NCAR PERİYOT (AY)					
	1	3	6	9	12	24
PNPI	1977				1987	
	1982		1989	1987	1989	1986-1993
	1984	1990	1990	1989	1990	2005
	2004	2004	2004	1990	1991	2008
	2008			2004	1992	
SPI					1974	
					1987	
	1991	1991	1987	1987	1989	1986-1993
	2004	1993	1989	1989	1990	2005
	2008	2008	1990	1990	1991	2008
TDI			2004	2004	1992	
	1987	2004	1990	1987	1987	
	2008	2008	2004	1990	1990	-
				2004	2004	
SPEI				1981		1982
				1986		1986
				1987	1987	1987
	2004	1990	1986	1987	2004	1988
	2008	2007	1990	1994	2007	1991
		2008	2004	2004	2008	2005
				2008		2008
				2013		2009

Atmosfer kuraklıklarında kuraklığın en sık görüldüğü yıllar 1989, 1990, 2004, 2008 olarak belirlenmiştir.

İstasyon verileri ile hesaplanan kuraklık indisleri ve NCEP/NCAR verileri ile hesaplanan kuraklık indislerinin sonuçlarının havza genelinde değerlendirilmesiyle, istasyon ve atmosfer verilerinin farklı periyotları için en sık kuraklık görülen ayların ve yılların farklılık gösterdiği görülmüştür.

Bölgede farklı periyotlarda kuraklığın en sık görüldüğü istasyonlar; 1 aylık periyotlarda; PNPI yöntemi için Aliğa istasyonu, SPI yöntemi için Turanlı istasyonu, RDI yöntemi için Soma istasyonu, SPEI yöntemi için Yuntdağı istasyonları; 3 aylık periyotlarda; PNPI yöntemi için Dikili ve Kırkağaç istasyonları, SPI yöntemi için Maldan istasyonu, RDI yöntemi için Turanlı istasyonu, SPEI yöntemi için Yuntdağı istasyonları; 6 aylık periyotlarda; PNPI yöntemi için Çıtağköy istasyonu, SPI yöntemi için Kırkağaç istasyonu, RDI yöntemi için Mahmudiye ve Soma istasyonları, SPEI yöntemi için Zeytindağ istasyonları; 9 aylık periyotlar da; PNPI yöntemi için Çıtağköy istasyonu, SPI yöntemi için Kırcahar istasyonu, RDI yöntemi için Maldan istasyonu, SPEI yöntemi için Çıtağköy istasyonları; 12 aylık periyotlar da; PNPI yöntemi için Aliğa ve Çıtağköy istasyonları, SPI yöntemi için Karahıdırlı istasyonu, RDI yöntemi için Savaştepe istasyonu, SPEI yöntemi için Maldan istasyonları; 24 aylık periyotlar da; PNPI yöntemi için Yeşilhisar istasyonu, SPI yöntemi için Yeşilhisar istasyonu, SPEI yöntemi için Aliğa istasyonları olmuştur.

Çalışma sahasında istasyon bazında farklı kurak süreler için hesaplanan SPI'lar ile aynı bölgeyi temsileden düşük çözünürlüklü atmosferik yağış değerlerinden elde edilen SPI değerleri arasında hem kurak aylar hemde yıllar açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu sonuç, GCM'ler gibi düşük çözünürlüklü yağış değerleriyle elde edilen kuraklık indislerinin bölge içinde farklı zaman ve mekan dağılımına sahip olduğunu göstermekte ve GCM'lerin çıktıları olan düşük çözünürlüklü atmosferik parametrelerin kuraklık analizlerinde doğrudan kullanılmalarının, istasyonlardan elde edilmiş kuraklık bilgilerine kıyasla farklı yorumlara neden olacağı görülmektedir.

Ayrıca, kuantil regresyon sonuçlarına göre NCEP/NCAR SPI kuraklık indisinin şiddetli ve aşırı kuraklık gösterdiği 1, 3, 6, 9 ve 12 ay süren kuraklıklarda Bergama ve Soma istasyonları, Aliğa ve Dikili istasyonlarına kıyasla daha kurak olma eğilimindeyken, 24 ay süren uzun süreli kuraklıklarda kıyı bölgesindeki Dikili ve Aliğa istasyonları iç bölgelerdeki Bergama ve Soma istasyonlarına kıyasla daha kurak dönemler geçirme eğilimindedir. Havzanın tamamı incelendiğinde, istasyonlar ile düşük çözünürlüklü atmosferik kuraklık indisleri arasındaki ilişkiler kurak ve sulak

dönemlerin sürelerine göre farklılıklar göstermektedir. Kısa süreli kuraklıklarda iç bölgelerdeki istasyonlar atmosferik kuraklık indislerinden daha çok etkilenirken, uzun süreli kuraklıklarda kıyı istasyonlar atmosferik indislerden daha çok etkilenmektedir.

Sonuç olarak, gelecek dönem kuraklıkların tahmin edilmesinde kullanılan düşük çözünürlüklü küresel iklim modellerinden elde edilmiş kuraklık tahminleri, istasyon ölçeğine indirgenmeden değerlendirilmemeli, modellerin hesap hücreleri içindeki istasyon bazlı kuraklığın şiddetinin ve zaman dağılımının istasyondan istasyona değiştiği gözardı edilmemelidir.



KAYNAKLAR

- Abramopoulos, F., Rosenzweig, C. ve Choudhury B. (1988). Improved ground hydrology calculations for global climate models (Gcms): Soil water movement and evapotranspiration. *Journal of Climate*, 1 (9), 921-941.
- Ahmad, M. I., Sinclair, C. D. ve Werritty, A. (1988). Log-logistic flood frequency analysis. *Journal of Hydrology*, 98 (3-4), 205-224.
- Ansarifard, S. ve Shamsnia, S. A. (2018). Monitoring drought by reconnaissance drought index (rdi) and standardized precipitation index (spi) using drinc software. *Water Utility Journal*, 20, 29-35.
- August, D. ve Geiger, M. (2008). *Drought in the Mediterranean*. 20 Kasım 2019, http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/WWF_Studie_Drought_in_th__Mediterranean.pdf.
- Bowman, K. O. ve Shenton, L. R. (1988). *Properties of estimators for the gamma distribution*. New York: Marcel Dekker.
- Buttafuoco, G., Caloiero, T., Guagliardi, I. ve Ricca N. (2016). Drought assessment using the reconnaissance drought index (rdi) in a southern Italy region. *6th IMEKO TC19 Symposium on Environmental Instrumentation and Measurements June 24-25, 2016, Reggio Calabria, Italy*, 52-55.
- Çelik, M. A. ve Gülersoy, A. E. (2018). Climate classification and drought analysis of Mersin. *MCBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 16 (1), 2-26.
- Demircan, M., Demir, Ö., Atay, H., Eskiöğlu, O., Yazıcı, B., Gürkan, H., Tuvan, A. ve Akçakaya, V. (2014). Türkiye’de yeni senaryolara göre iklim değişikliği projeksiyonları. *Tücaum - VIII. Coğrafya Sempozyumu*, 23-24 Ekim 2014, Ankara, 1-10.

Dolsar Mühendislik, (2015). Ek 1 – kuraklık indis, indikatör ve eşik değerlerinin tespiti. *Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planı*, Ankara.

Devlet Su İşleri (DSİ) (2016). *Kuzey Ege Havzası Master Plan Nihai Raporu*. Ankara.

Efe, B. ve Özgür, E. (2014). Standart yağış indeksi (spi) ve normalin yüzdesi metodu (pnı) ile Konya ve çevresinin kuraklık analizi. *II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 1*, 146-153.

Es Proje Mühendislik Müşavirlik, (2015). *Kuraklık indisleri, indikatörleri ve eşik değerlerinin tespiti raporu*. Akarçay Havzası Kuraklık Yönetim Planı.

Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics* (4. Baskı). New York: The Mc-Graw Hill Companies.

Gurrapu, S., Chipanshi, A., Sauchyn, D. ve Howard, A. (2014). Comparison of the spi and spei on predicting drought conditions and streamflow in the Canadian prairies. *28th Conference on Hydrology, American Meteorological Society, Atlanta, USA*, 2-6.

Guttman, N. B. (1999). Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. *Journal of the American Water Resources Association*, 35 (2), 311-322.

Guttman, N. B. (1998). Comparing the palmer drought index and the standardized precipitation index. *Journal of the American Water Resources Association*, 34 (1), 113-121.

Gümüş, V. ve Algin, H. M. (2017). Meteorological and hydrological drought analysis of Seyhan-Ceyhan river basin, Turkey. *Meteorological Applications*, 24 (1), 62-73.

Hu, Q., ve G. D. Willson (2000). Effect of temperature anomalies on the palmer drought severity index in the central united states. *International Journal of Climatology*, 20 (15), 1899-1911.

Koenker, R., ve Bassett, G. W. (1978). Regression Quantiles. *Econometrica*, 46 (1), 33-50.

Koenker, R., Hallock, K. (2001). Quantile regression. *Journal of Economic Perspectives*, 15 (4), 143-156.

Kumanlıoğlu, A. A. ve Fıstıkoğlu, O. (2019). Yukarı Gediz havzası yağışlarının meteorolojik kuraklık analizleri. *DEUFMD*, 21 (62), 509-523.

Küresel İklim Modellemesi Modelleme Kavramı ve Küresel İklim Modeli Tarihçesi,
(b.t) 17 Kasım, 2019.
<https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx?s=kuresel>

McKee, T. B., Doesken, N. J. ve Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. *8th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society*, 179-184.

McKee, T. B., Doesken, N. J. ve Kleist J. (1995). Drought monitoring with multiple time scales. *9th Conference on Applied Climatology, 15-20 January 1995, Dallas, American Meteorological Society*, 233-236.

Morid, S., Smakhtin, V. ve Moghaddasi, M. (2006). Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran. *International Journal of Climatology*, 26 (7), 971-985.

NCEP/NCAR Reanalysis Data, Surface Temperature, (b.t). 24 Ekim, 2019,
https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/NCEP_RE_surface_temp

- Oudin, L., Hervieu F., Michel C., Perrin C., Andreassian V., Anctil F. ve Loumagne C. (2005). Which potential evapotranspiration input for a lumped rainfall-runoff model? Part 2: Towards a simple and efficient potential evapotranspiration model for rainfall-runoff modelling. *Journal of Hydrology*, 303, 290-306.
- Prabhakaran, S. (2016). *Outlier detection and treatment with R*. 25 Kasım 2019, <https://datascienceplus.com/outlier-detection-and-treatment-with-r/>
- Press, W. H., Teukolsky, S. A., Vetterling W. T. (1992). *Numerical recipes: The art of scientific computing* (2. Baskı). Cambridge: Cambridge University Press.
- Robert N. Rodriguez ve Yonggang Yao (2017). *Five things you should know about quantile regression*. SAS Institute Inc, (SAS525-2017).
- Serrano, S. M. V., Begueria, S., Lacruz J. L., Camarero, J. J., Moreno, J. I. L., Molina, C. A., Revuelto, J.; Tejeda E. M. ve Lorenzo A. S. (2012). Performance of drought indices for ecological, agricultural, and hydrological applications. *Earth Interactions*, 16 (10), 1-27.
- Serrano, S. M. V., Begueria S. ve Moreno J. I. L. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *Journal of Climate*, 23 (7), 1696-1718.
- Shah, R., Bharadiya, N. ve Manekar, V. (2015). Drought index computation using standardized precipitation index (SPI) method for Surat district, Gujarat. *International Conference On Water Resources, Coastal And Ocean Engineering, Aquatic Procedia*, 4, 1243-1249
- Şen, Z. (2015). Climate Change And Water Resources. *Applied Drought Modeling, Prediction, and Mitigation* (2. Baskı) içinde (369-370). New York: Elsevier.

- Tadić, L., Dadić, T. ve Bosak, M. (2015). Comparison of different drought assessment methods in continental Croatia. *Grđevinar*, 67 (1), 11-22.
- Tate, L. ve Gustard, A. (2000). Drought Definition: A Hydrological Perspective. J.V. Vogt ve F. Somma, (Ed.), *Drought and drought mitigation in Europe* (14. Baskı) içinde (23-48). Dordrecht/Boston/London: Kluwer Academic Publishers.
- The Importance of Water Sustainability, (b.t). 17 Kasım, 2019, <https://www.thegef.org/news/importance-water-sustainability>
- Thom, H. C. S. (1966). Distribution of maximum annual water equivalent of snow on the ground. *Monthly Weather Review*, 94 (4), 265-271.
- Thomas T., Jaiswal, R. K., Galkate, R. V. ve Nayak, T. R. (2015). Reconnaissance drought index based evaluation of meteorological drought characteristics in Bundelkhand. *International Conference on Emerging Trends in Engineering, Science and Technology, Procedia Technology*, 24, 23-30
- Tigkas D., Vangelis H. ve Tsakiris G. (2015). DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics*, 8 (3), 697-709.
- Tsakiris G. ve Vangelis H. (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, 9 (10), 1-9.
- Tsakiris, G. (2004). Meteorological drought assessment. *Paper prepared for the needs of the European Research Program MEDROPLAN (Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning)*, Zaragoza, Spain.
- Tsakiris, G., Pangalou, D. ve Vangelis, H. (2007). Regional drought assessment based on the reconnaissance drought index (RDI). *Water Resources Management*, 21 (5), 821-833.

- Tsakiris, G., Rossi, G., Iglesias, A., Tsiourtis, N., Garrote, L. ve Cancelliere, A. (2006). Drought indicators report. *Report made for the needs of the European Research Program MEDROPLAN (Mediterranean Drought Preparedness and Mitigation Planning)*.
- Tunç Z. (2018). *En küçük kareler ve temel bileşenler regresyon analizlerinin karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.
- Türkeş, M. (1990). Palmer Kuraklık İndisi'ne Göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki Kurak Dönemler ve Kuraklık Şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 129-144.
- Türkeş, M. (1990). *Türkiye'de kurak bölgeler ve önemli kurak yıllar*. Basılmamış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul.
- Türkeş, M. (2014). Değişen iklim koşullarında aşırı hava ve iklim olaylarının afet risk yönetimi. *Çevre Yönetimi Bildiriler Kitabı, Ankara, TMMOB Çevre Mühendisleri Odası*, 11-25.
- Türkeş, M. (2017), Türkiye'nin iklimsel değişkenlik ve sosyo-ekolojik göstergeler açısından kuraklıktan etkilenebilirlik ve risk çözümlemesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 26 (2), 47-70.
- United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification, particularly in Africa*. 30 Kasım 2019, <https://www.unccd.int/>
- Wang, W., Zhu, Y., Xu, R. ve Liu., J. (2014). Drought severity change in China during 1961–2012 indicated by spi and spei. *Nat Hazards*, 75 (3), 2437–2451.

Wilhite, D., ve Glantz, M. (1985). Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. *Water International*, 10 (3), 111–120.

Wilks, Daniel S. (1999). Interannual variability and extreme value characteristics of several stochastic daily precipitation models. *Agricultural and Forest Meteorology*, 93 (3), 153-169.

Willeke, G., Hosking, J. R. M., Wallis, JR. ve Guttman, NB. (1994). The national drought atlas. *Institute for Water Resources Report*, 94-NDS-4, U.S. Army Corps of Engineers.

World Meteorological Organization (WMO) (2016). *Handbook of drought indicators and indices*. 15 Kasım 2019, http://www.droughtmanagement.info/literature/GWP_Handbook_of_Drought_Indicators_and_Indices_2016.pdf

Wu H, Hayes MJ, Wilhite DA, Svoboda MD. 2005. The Effect of The Length of Record on The Standardized Precipitation Index Calculation. *International Journal of Climatology*, 25 (4), 505-520.

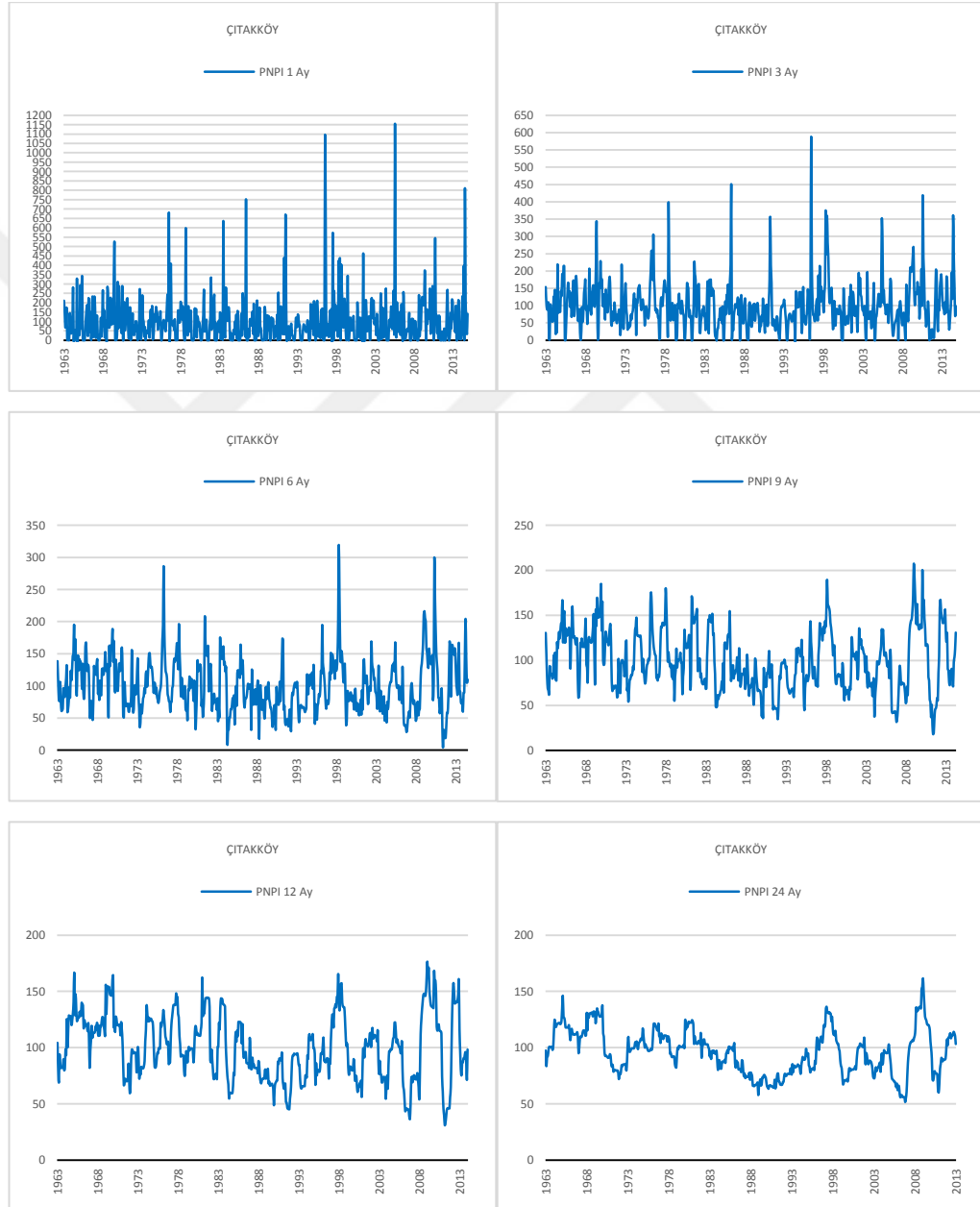
Yavuz, A. A. ve Aşık, E. G (2017). Kantil Regresyon. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 9 (2), 137-146.

Yu, K., Lu, Z. ve Stander, J. (2003). Quantile regression: applications and current research areas. *The Statistician*, 52 (3), 331-350.

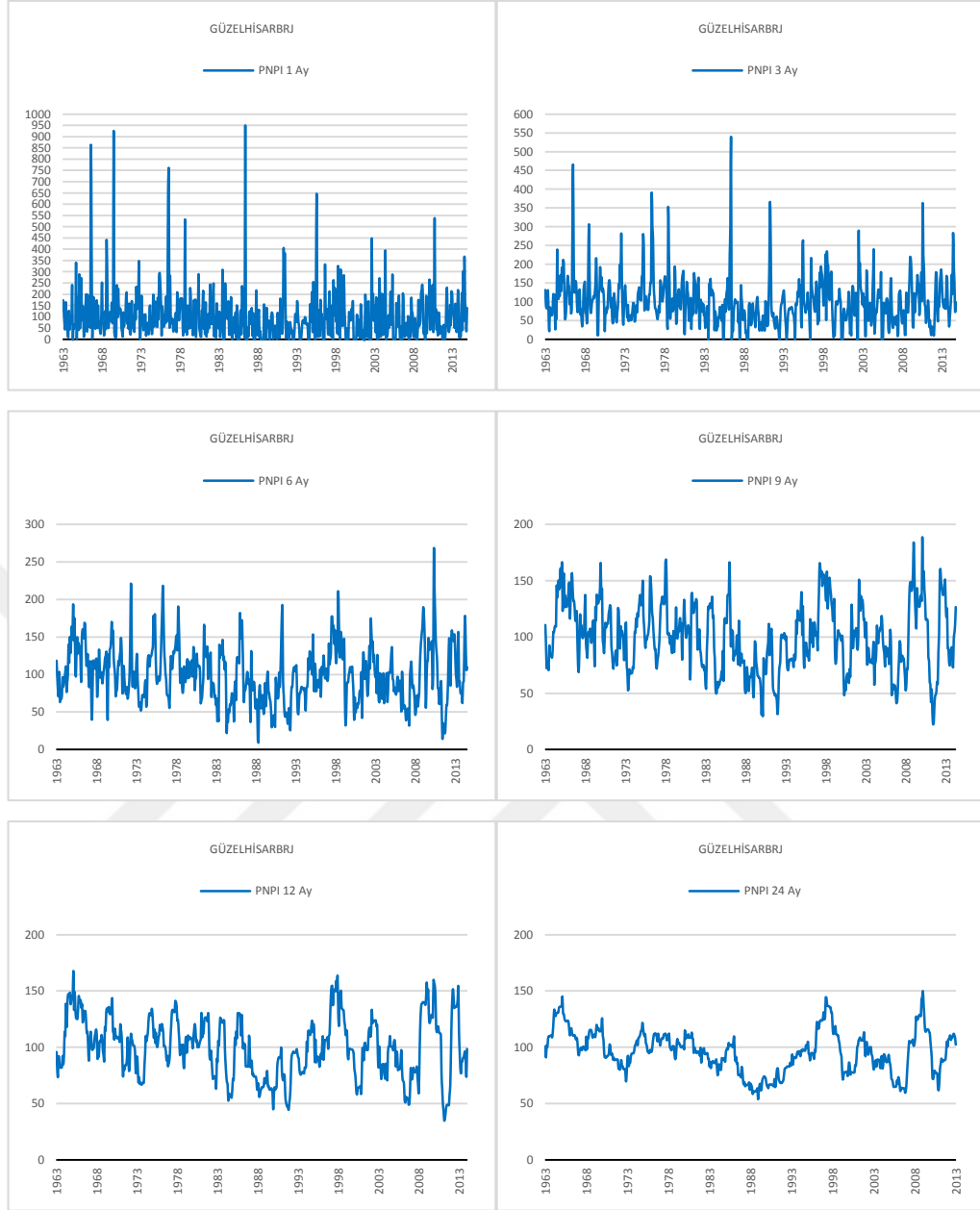
EKLER

EK 1: İstasyonların Zamana Bağlı Kuraklık Değeri Grafikleri (1963-2014)

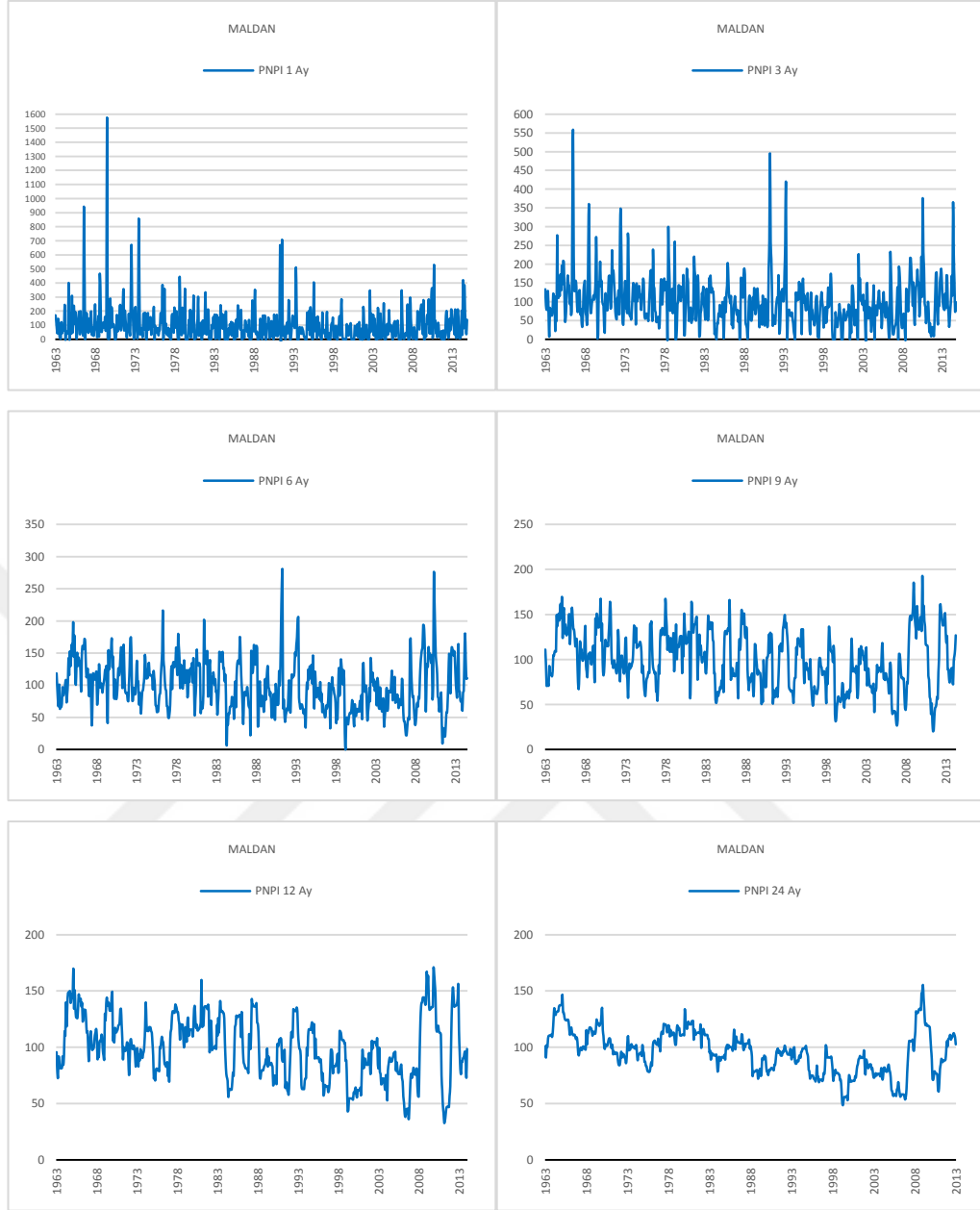
EK 1.A: PNPI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)



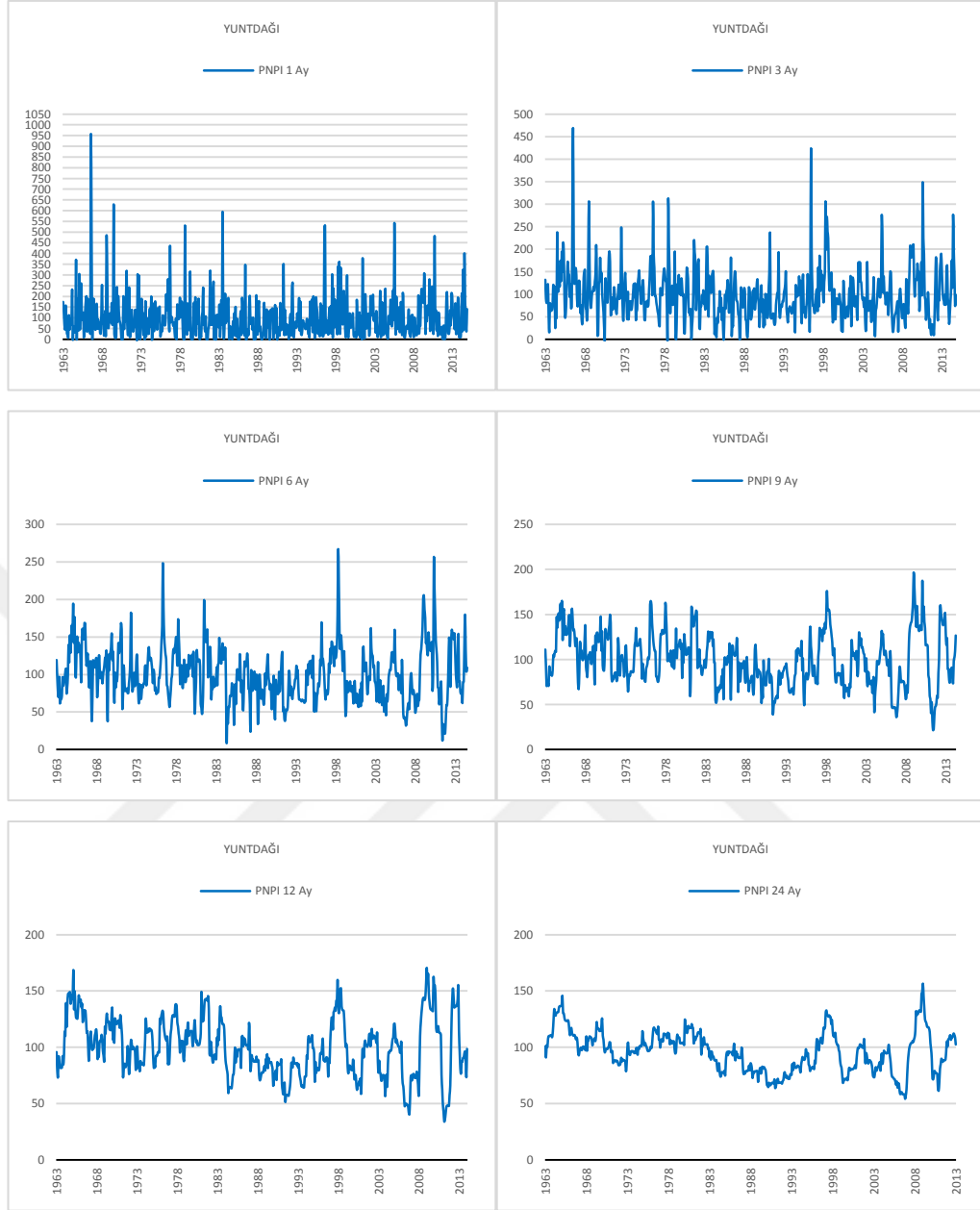
Şekil 1.A.1 Çitakköy istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



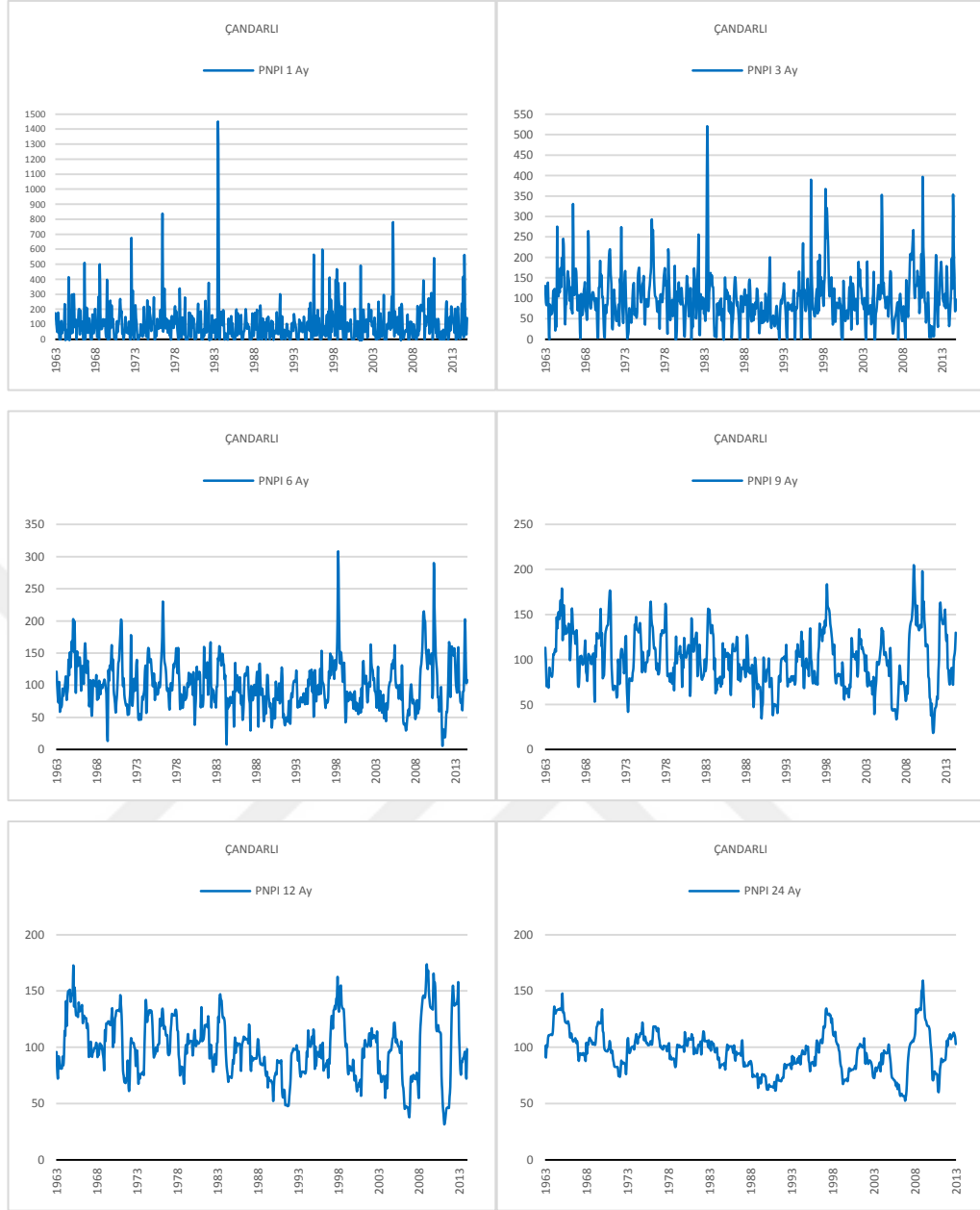
Şekil 1.A.2 Güzelhisar Barajı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



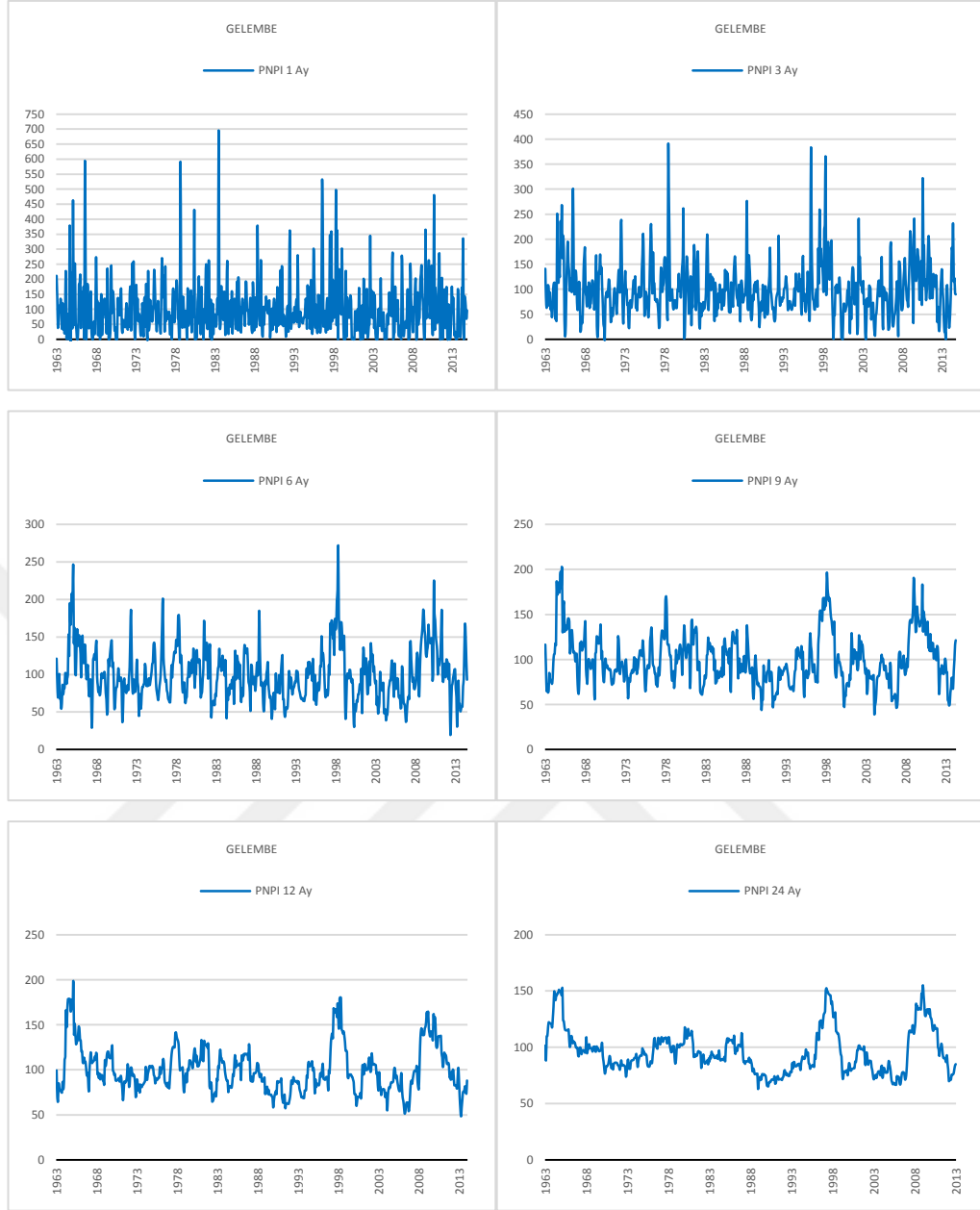
Şekil 1.A.3 Maldan istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



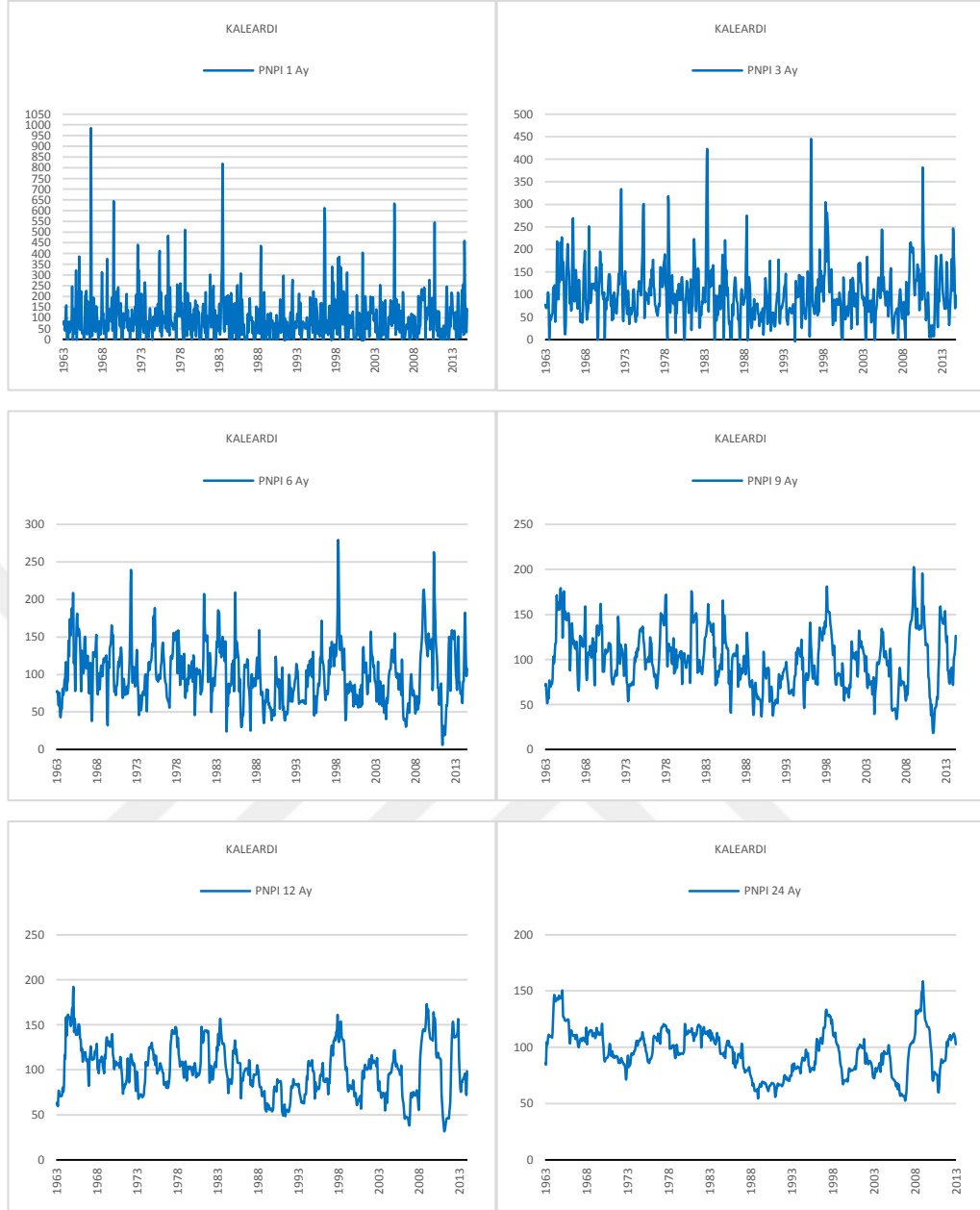
Şekil 1.A.4 Yuntdağı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



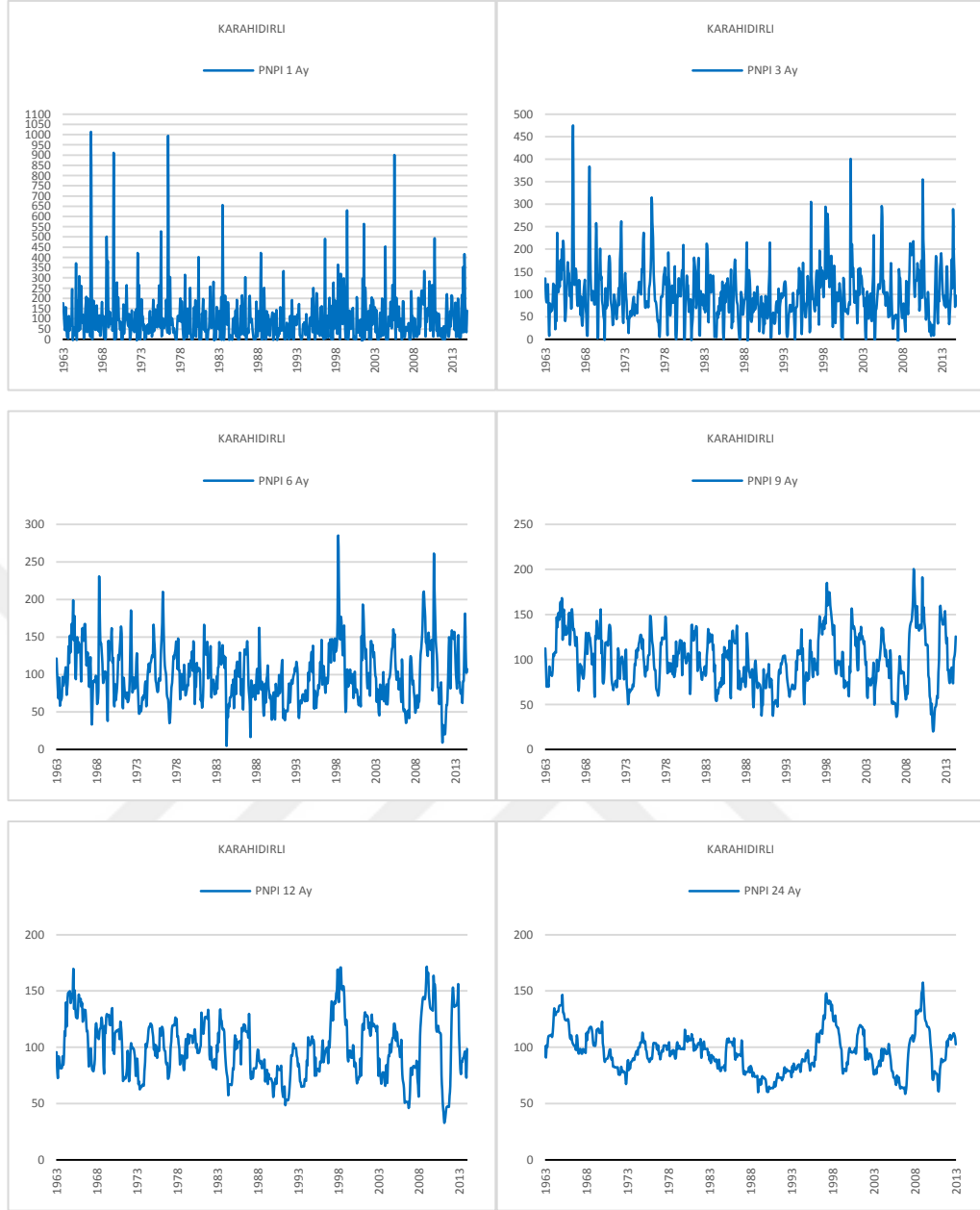
Şekil 1.A.5 Çandarlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



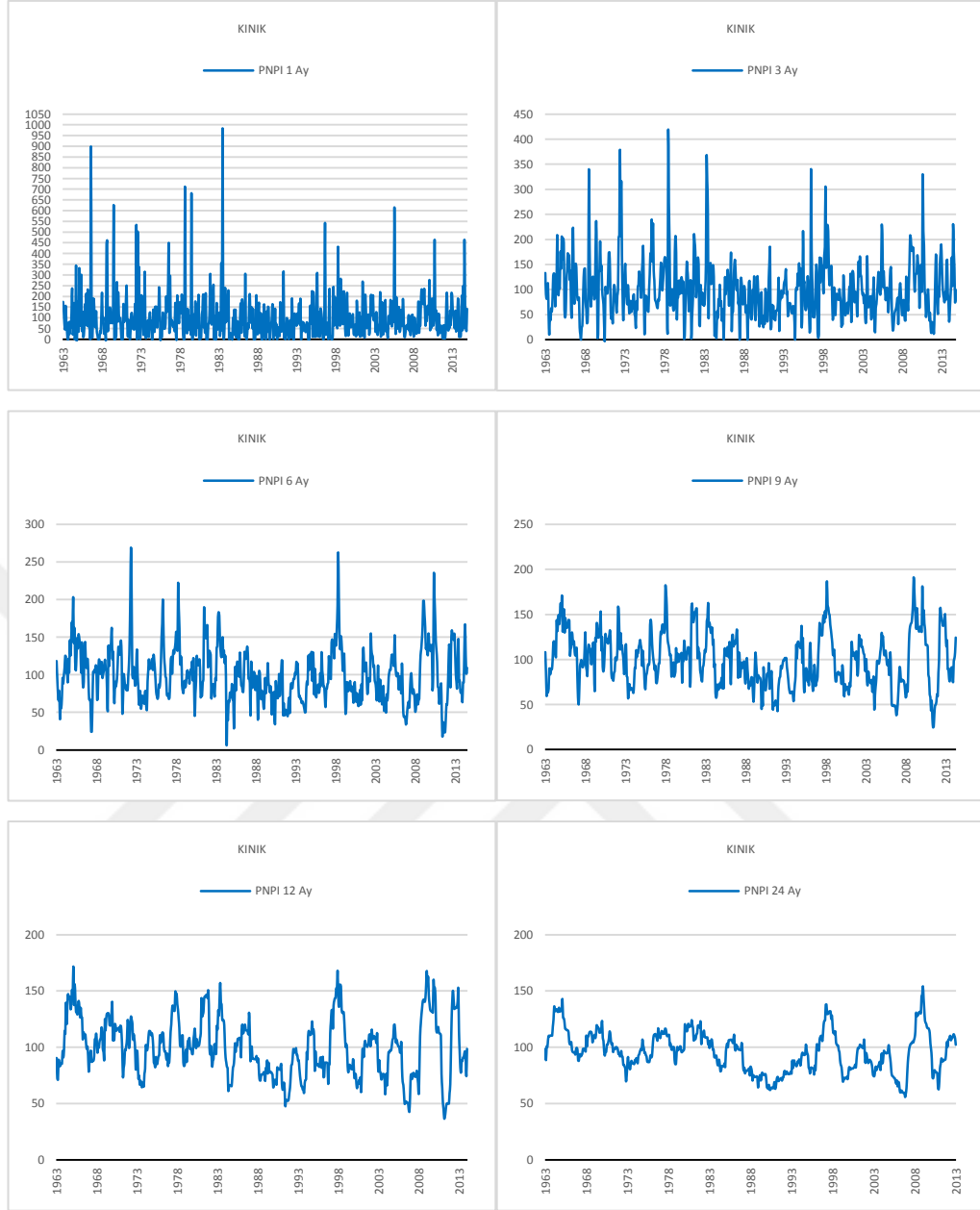
Şekil 1.A.6 Gelembé istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



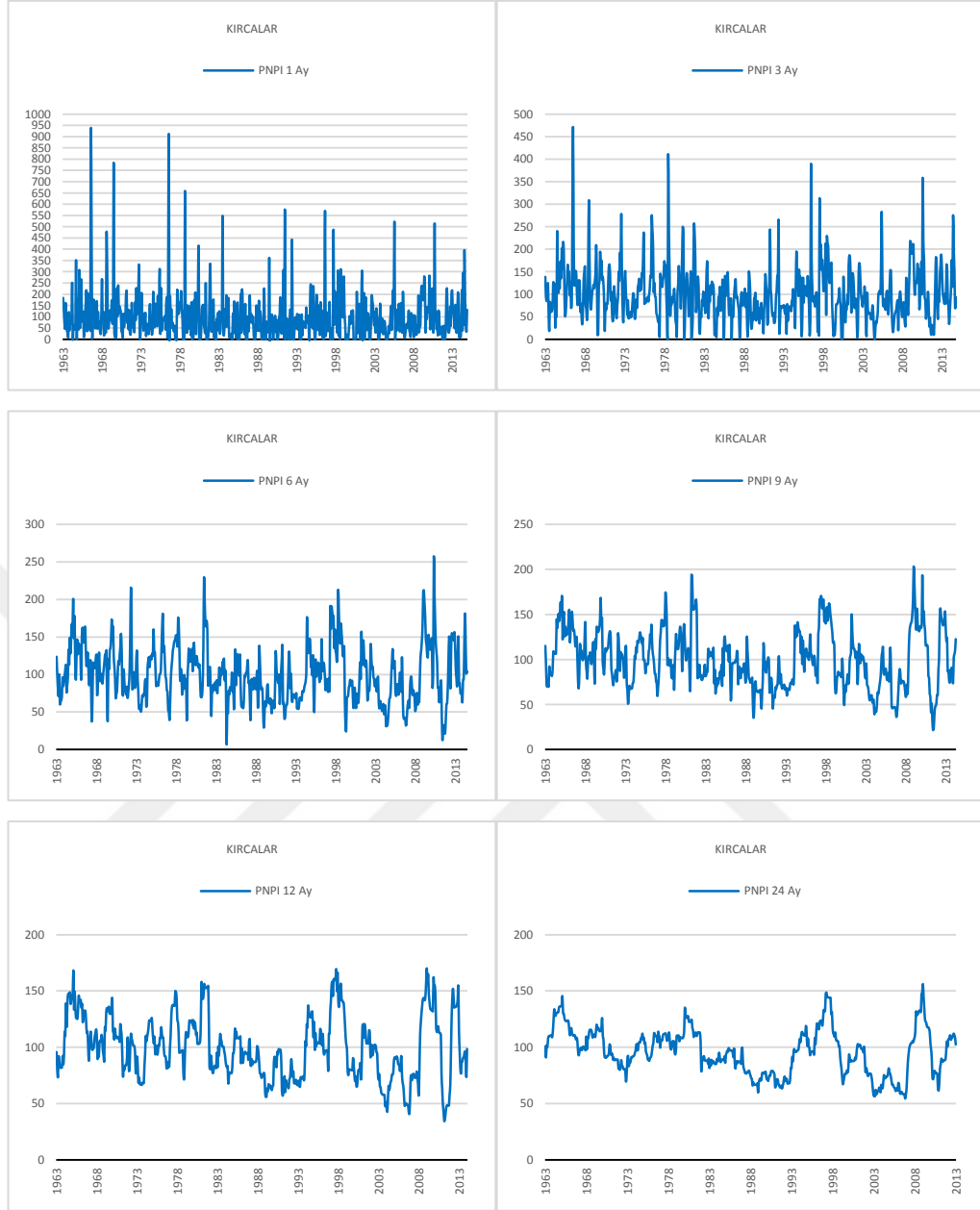
Şekil 1.A.7 Kaleardı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



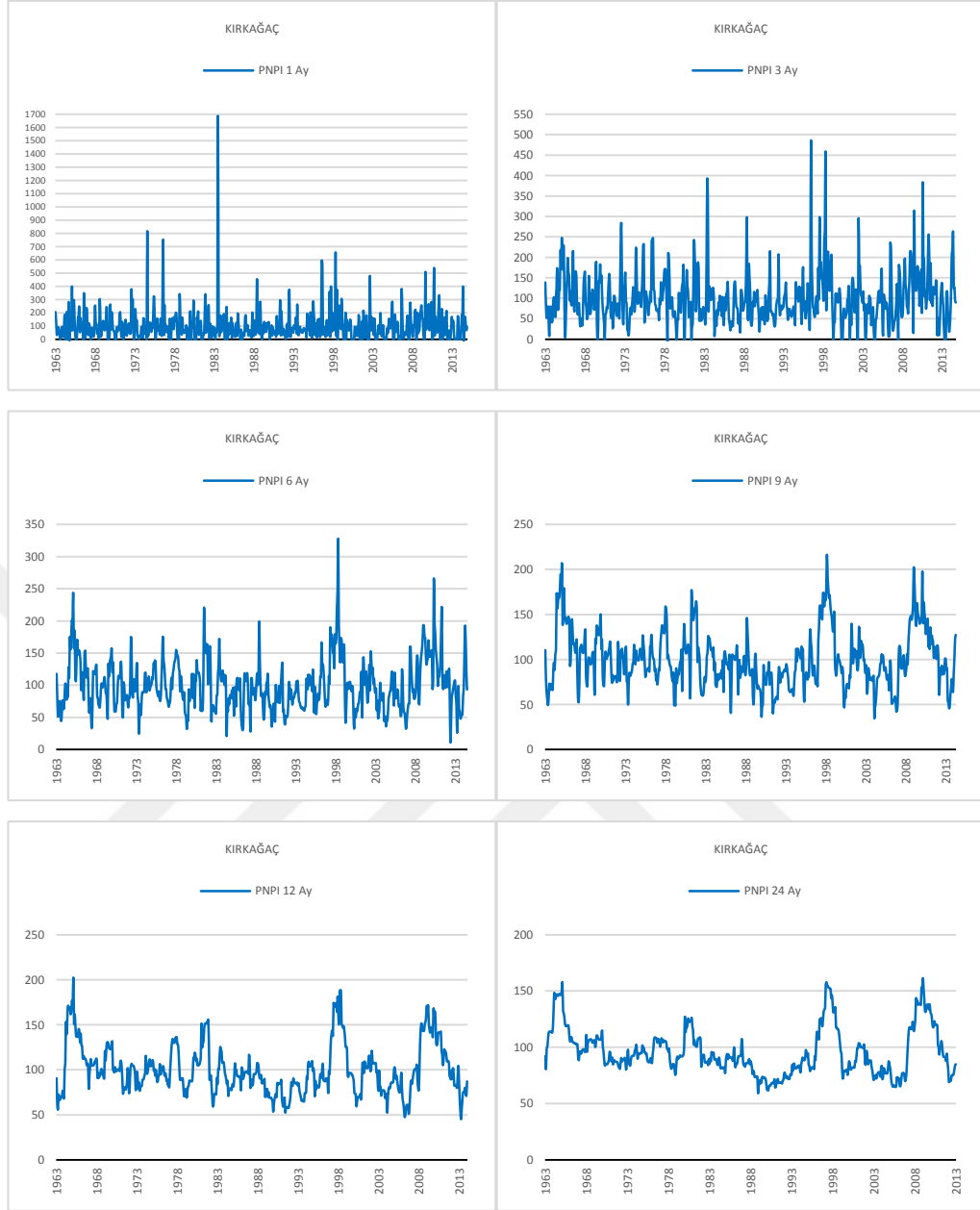
Şekil 1.A.8 Karadիրlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



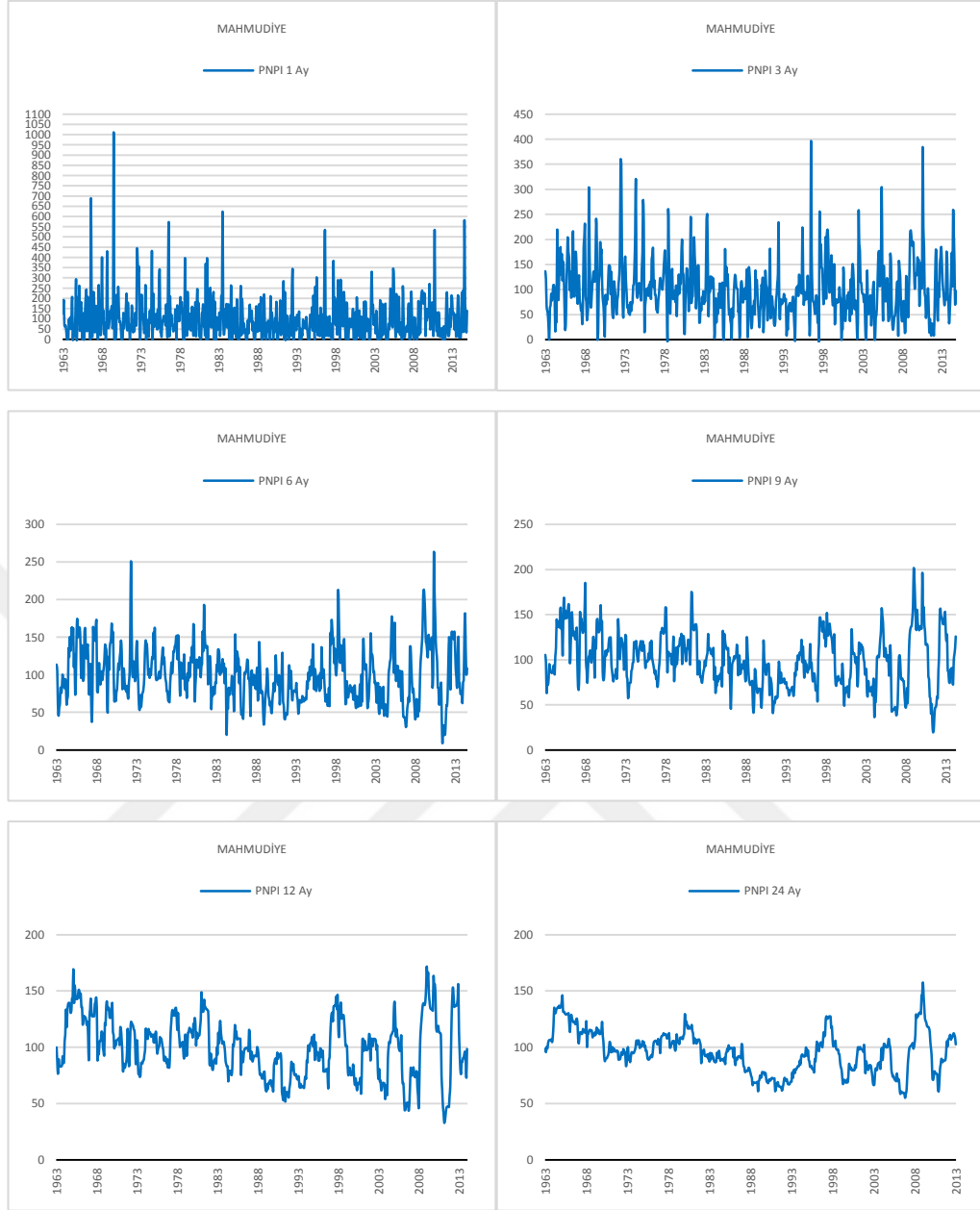
Şekil 1.A.9 Kınık istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



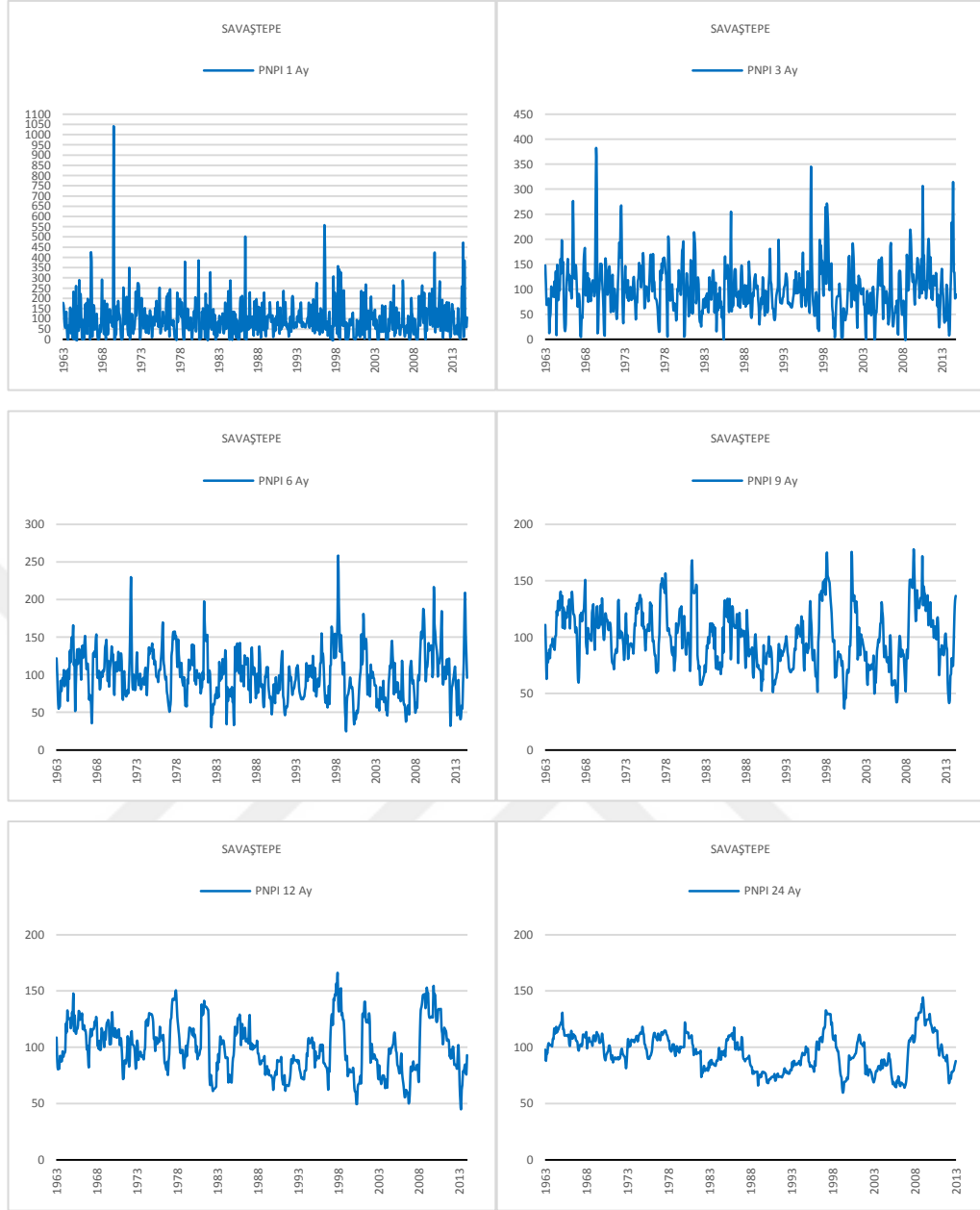
Şekil 1.A.10 Kircalar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



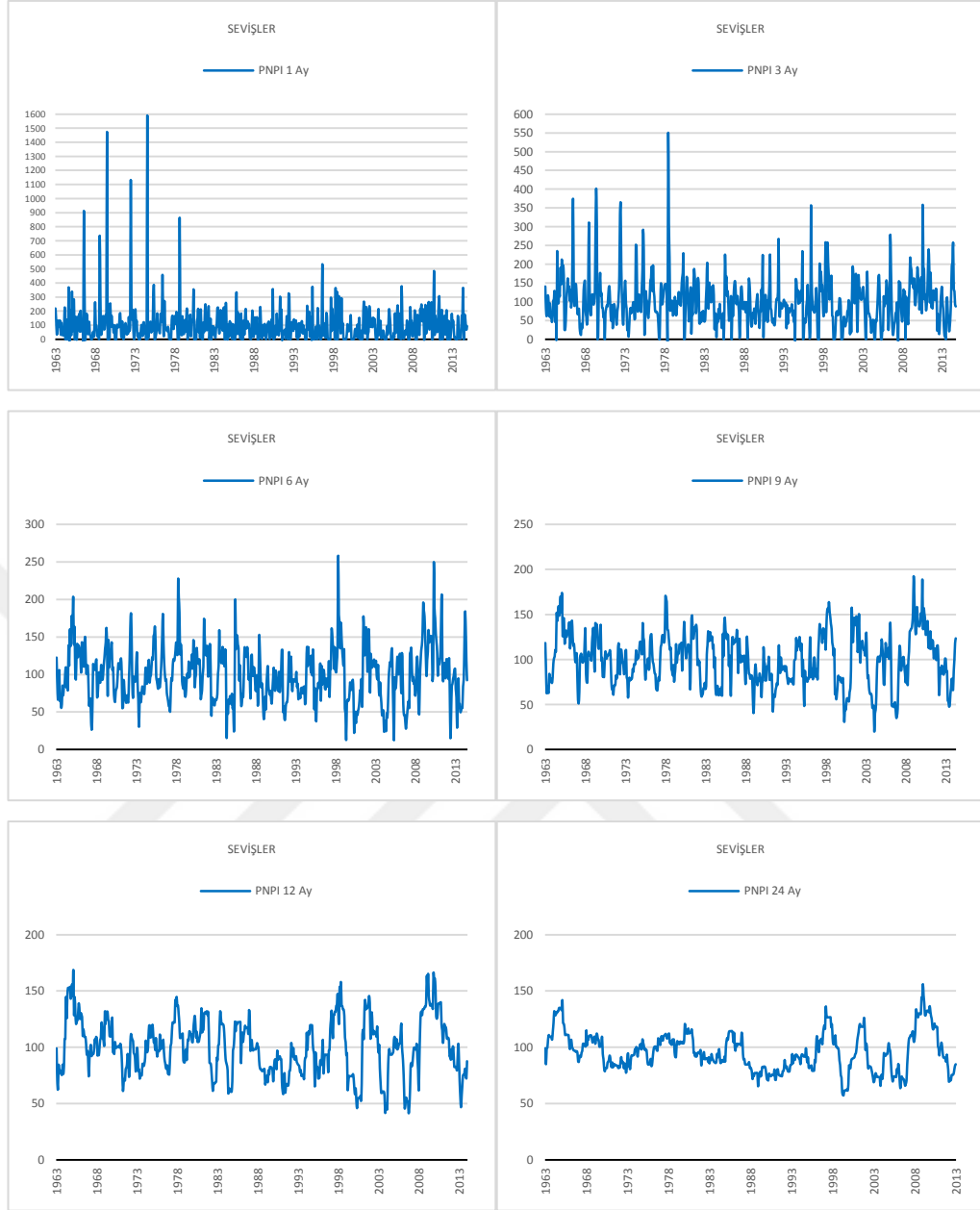
Şekil 1.A.11 Kırkağaç istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



Şekil 1.A.12 Mahmudiye istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



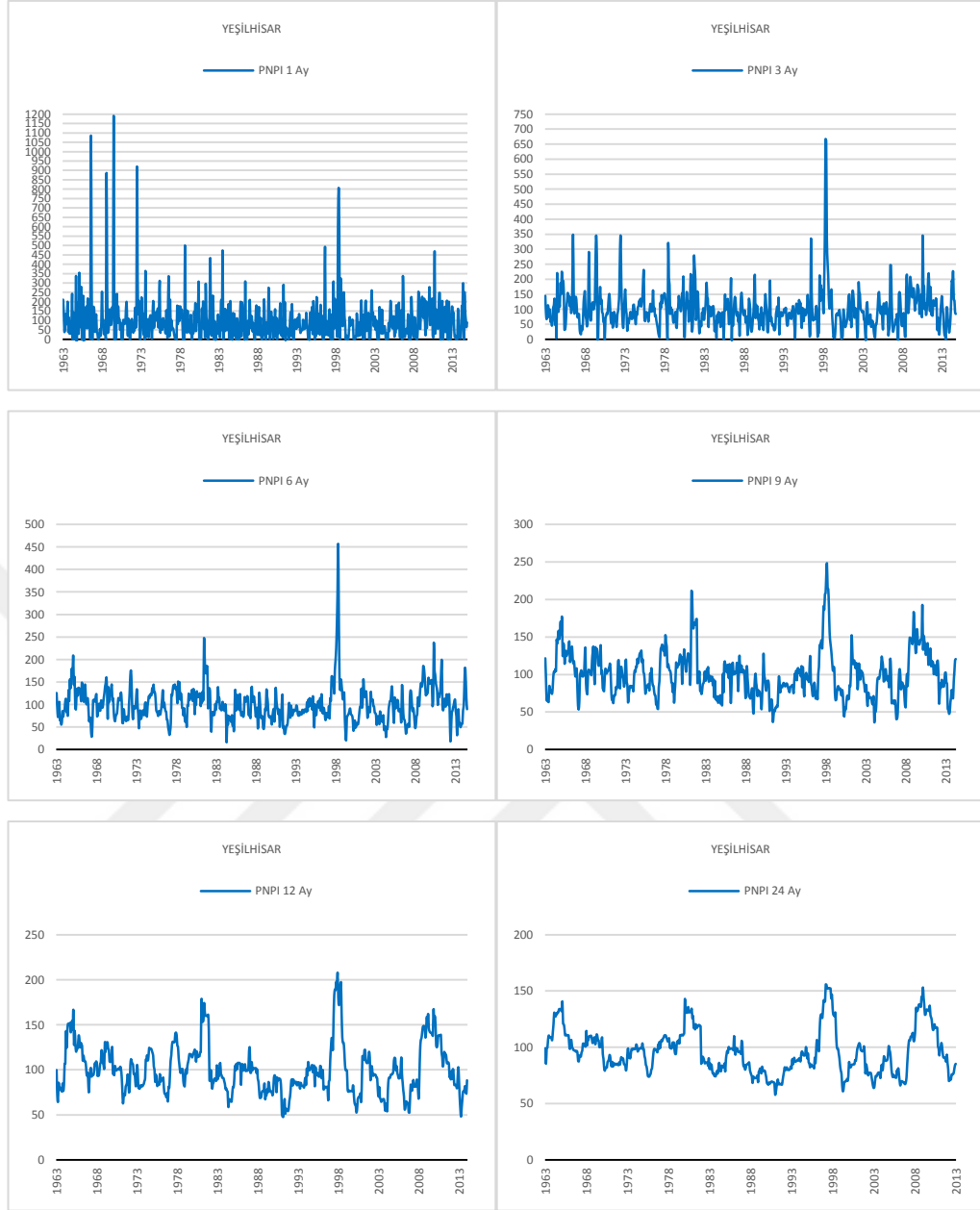
Şekil 1.A.13 Savaştepe istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



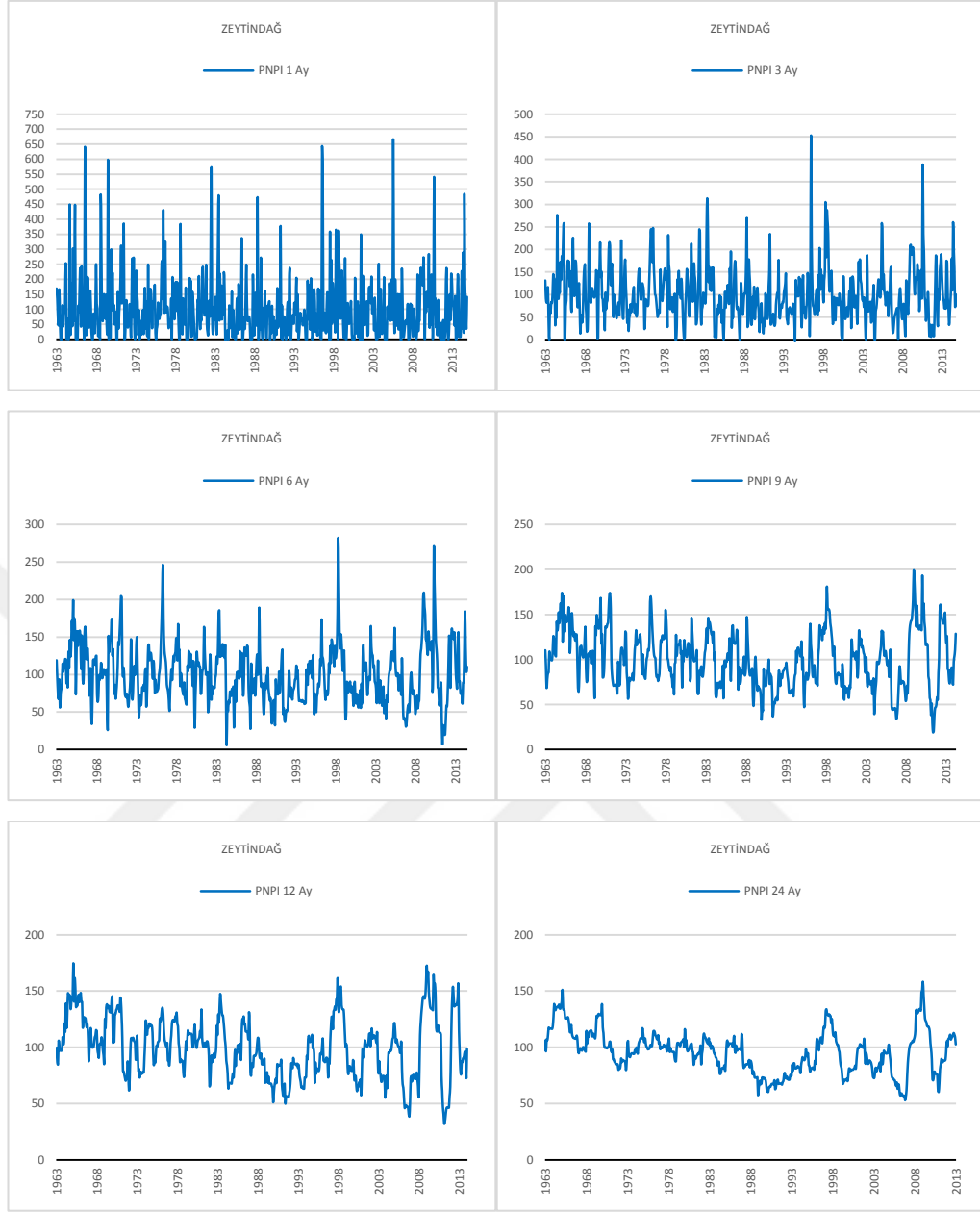
Şekil 1.A.14 Sevişler istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri



Şekil 1.A.15 Turanlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri

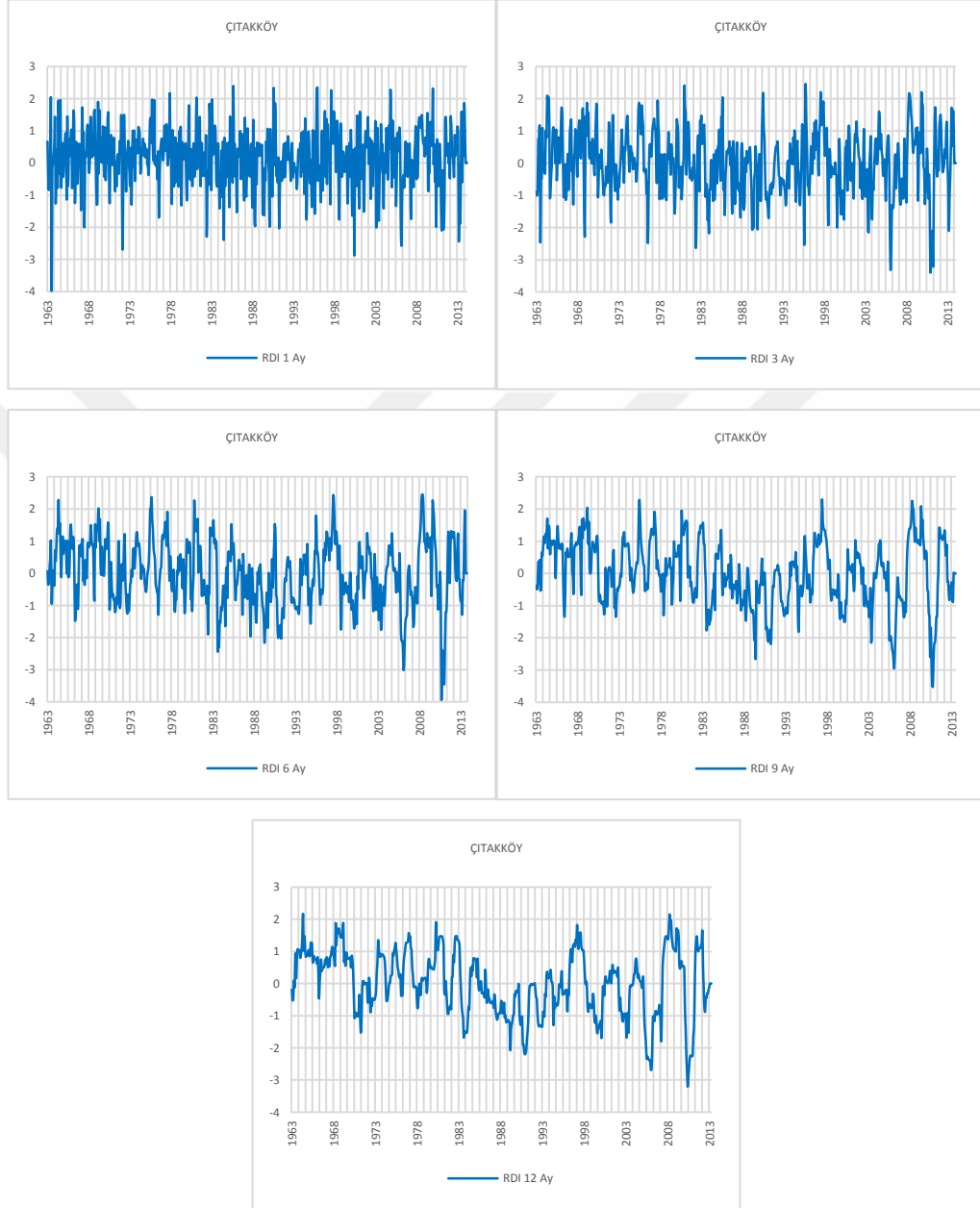


Şekil 1.A.16 Yeşilhisar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri

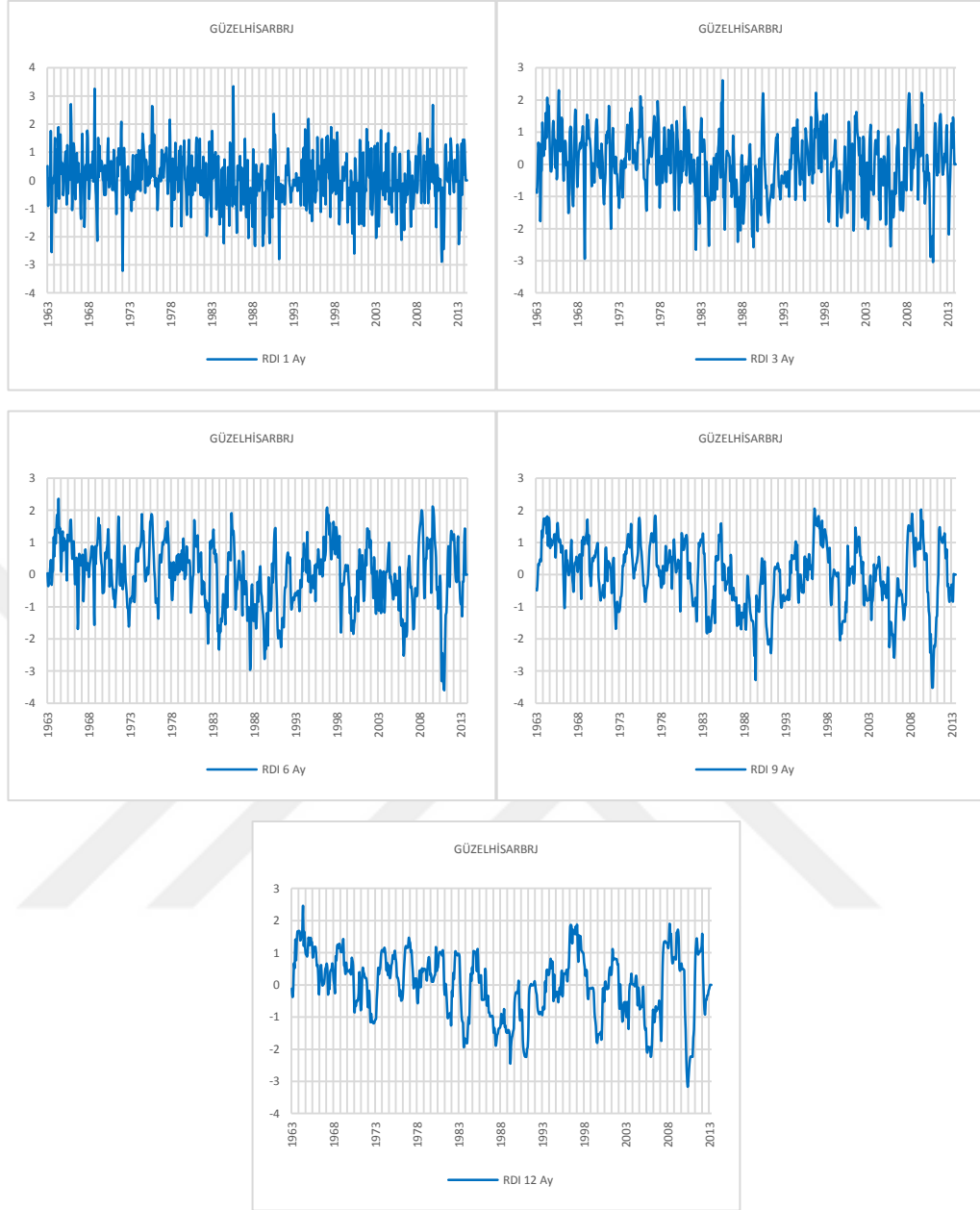


Şekil 1.A.17 Zeytindağ istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri

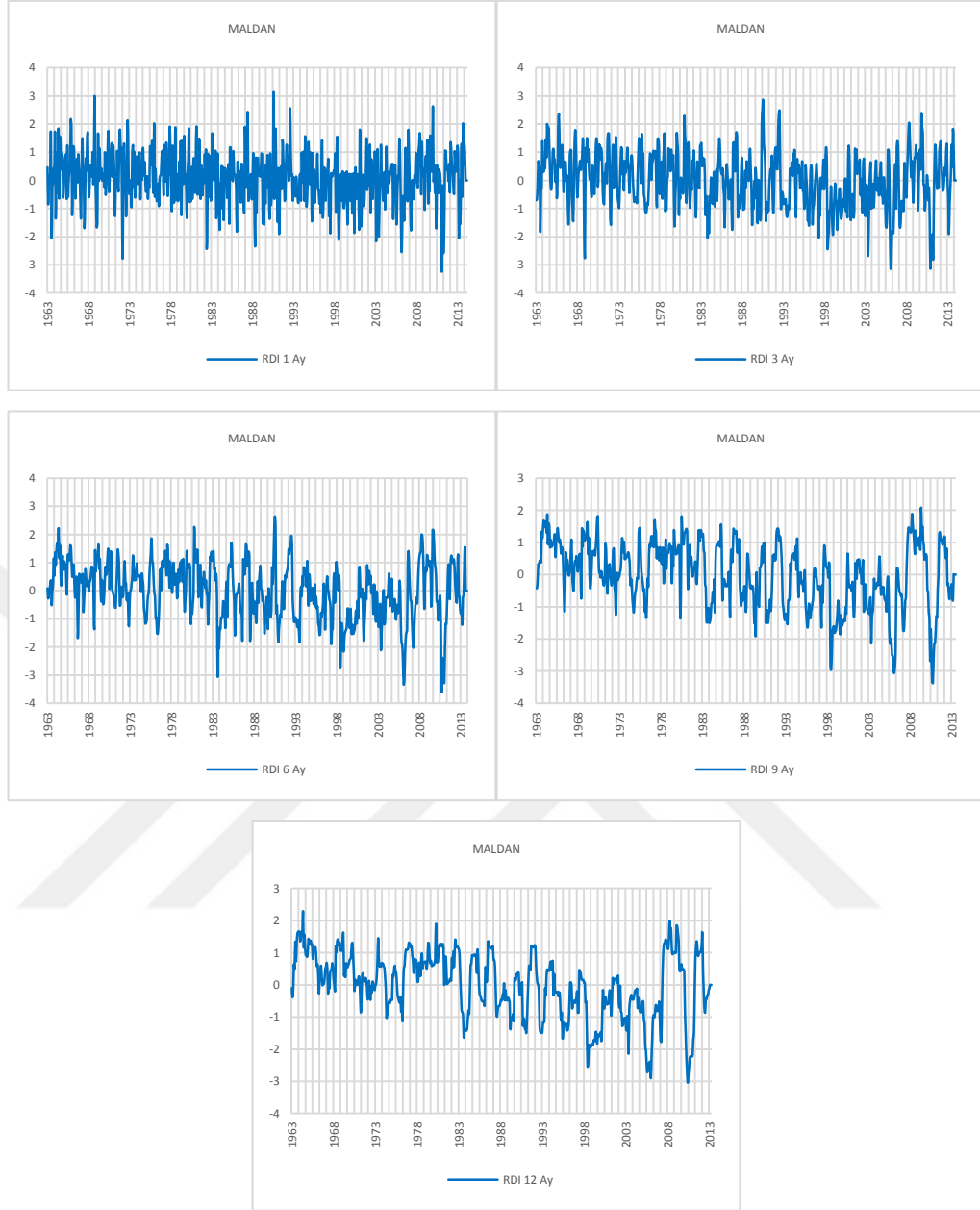
EK 1.B: RDI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)



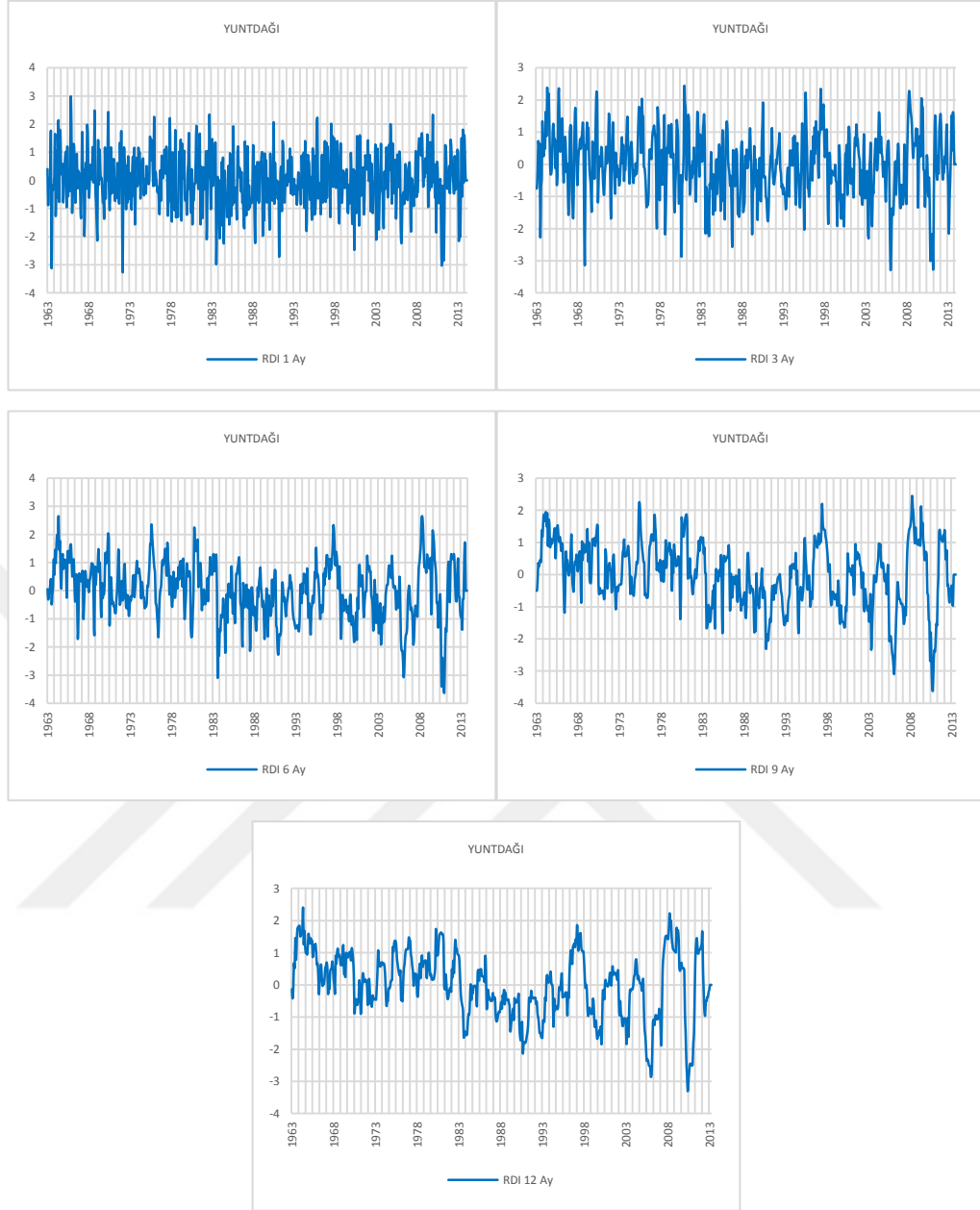
Şekil 1.B.1 Çitakköy istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



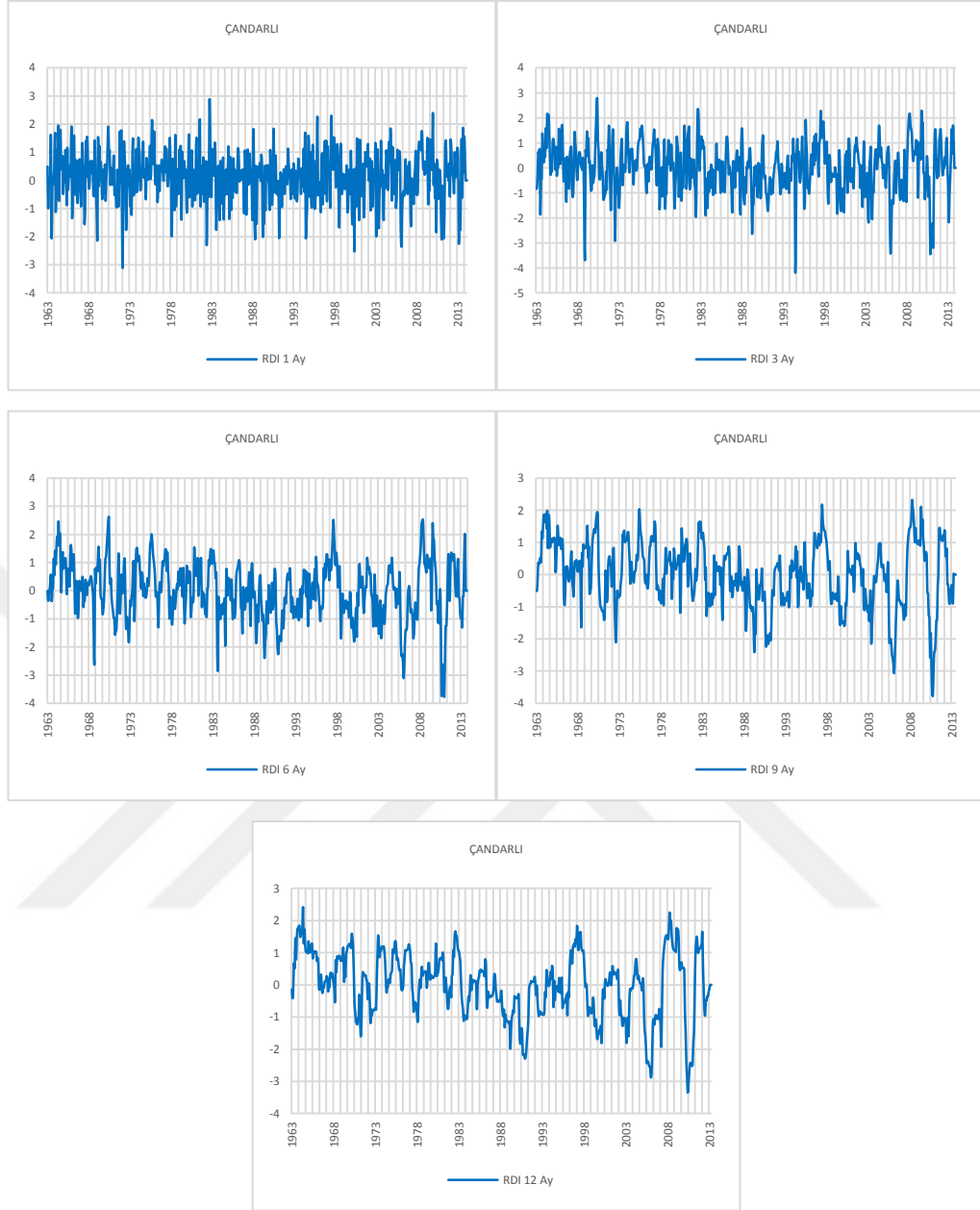
Şekil 1.B.2 Güzelhisar Barajı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



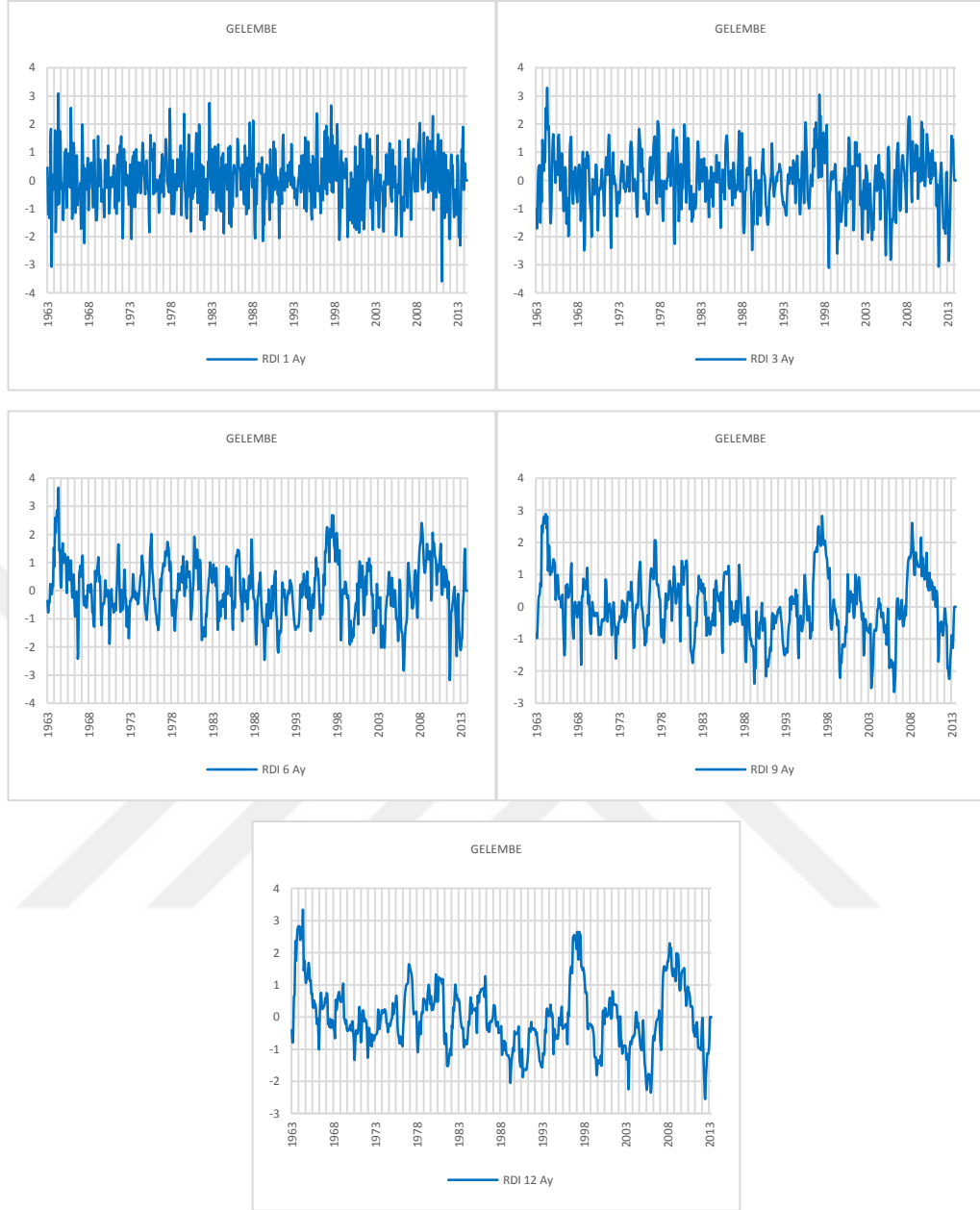
Şekil 1.B.3 Maldan istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



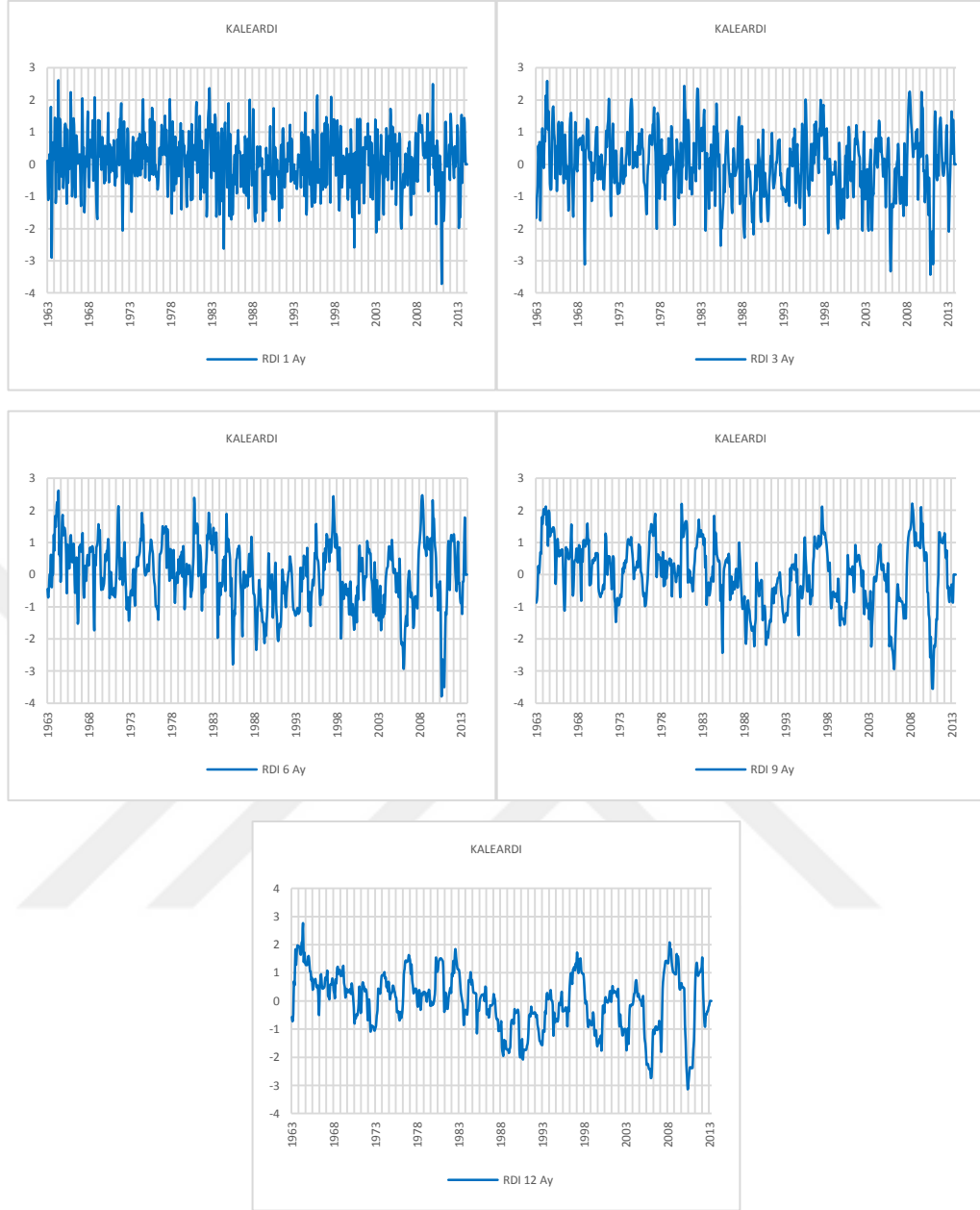
Şekil 1.B.4 YuntDağı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



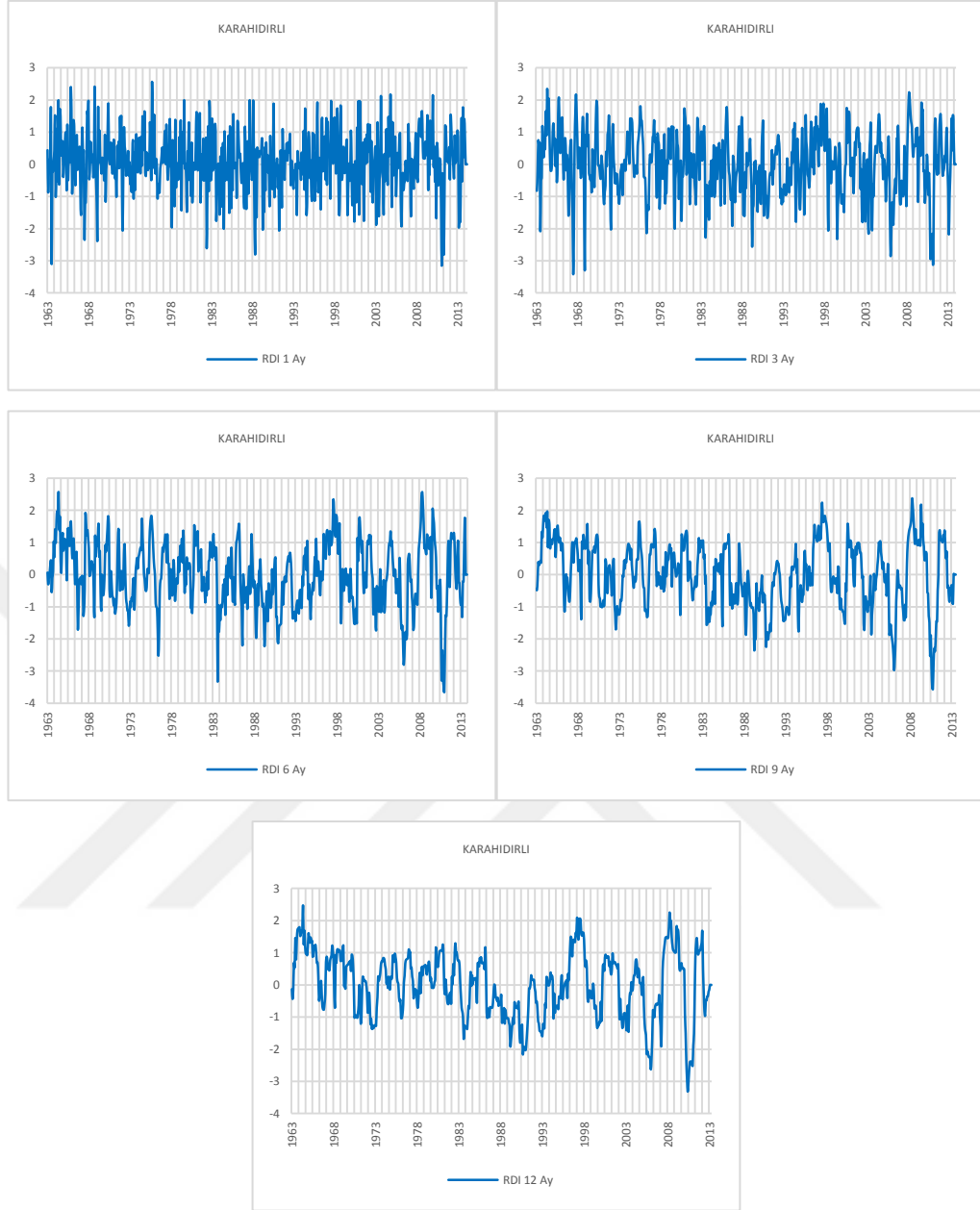
Şekil 1.B.5 Çandarlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



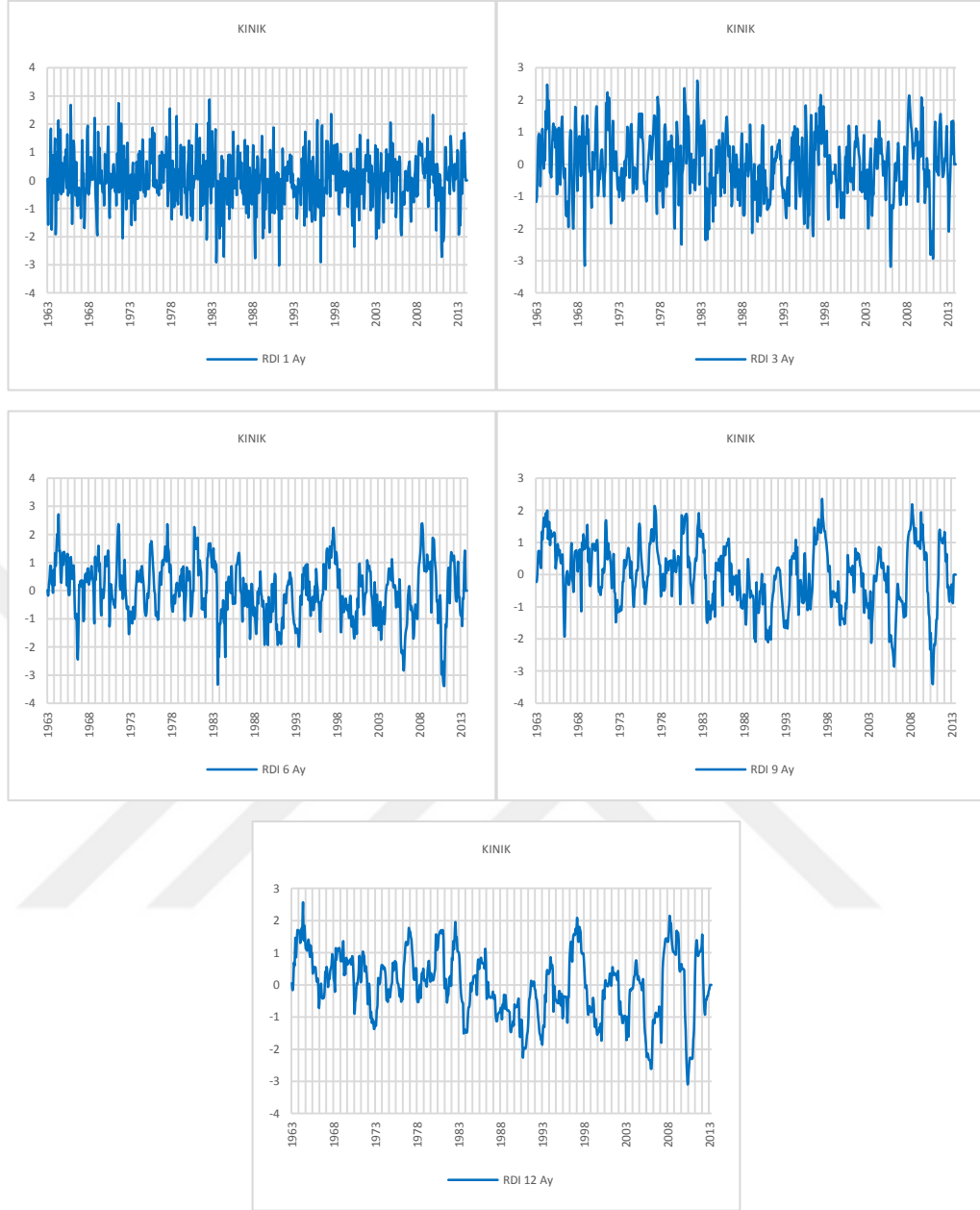
Şekil 1.B.6 Gelembé istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



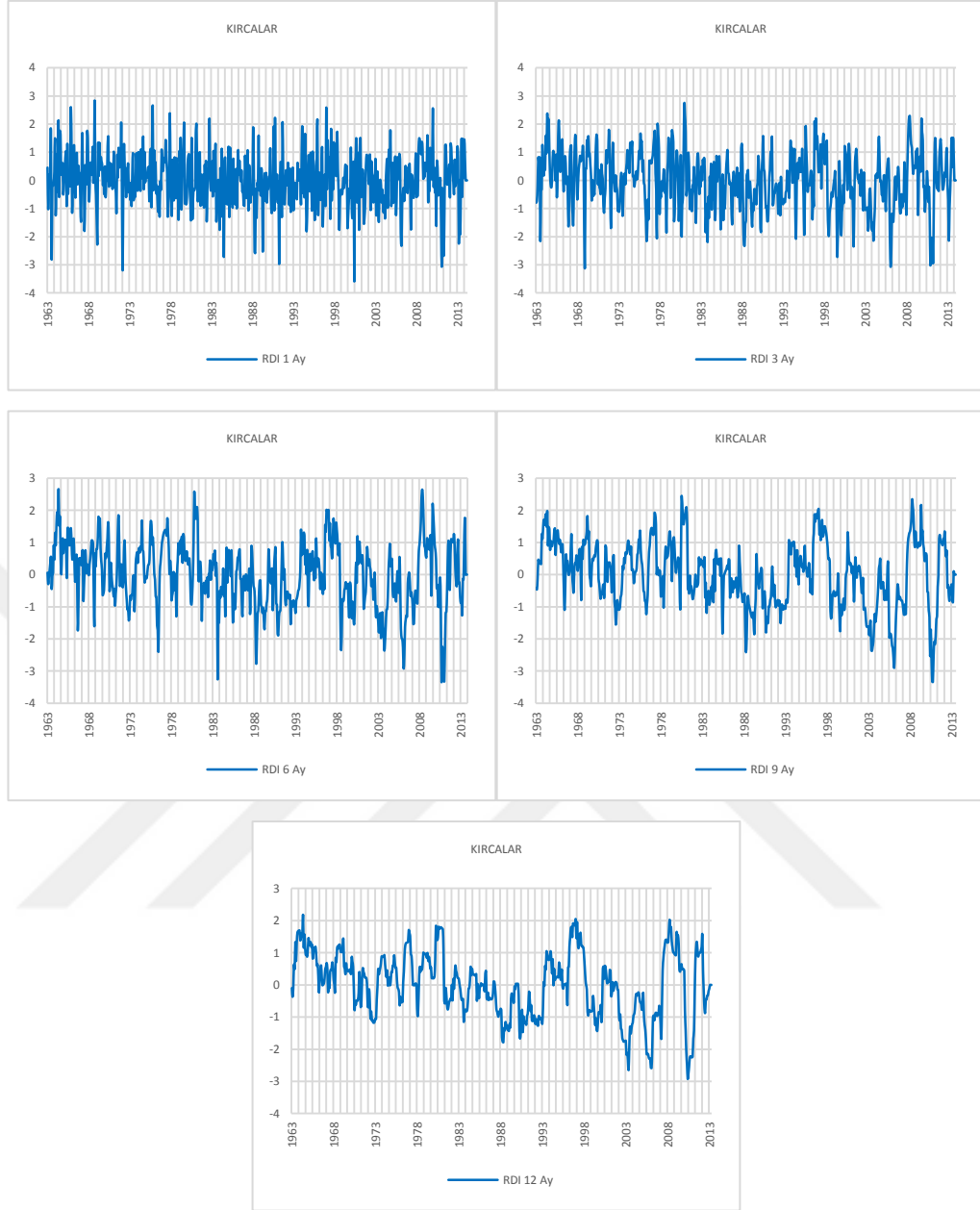
Şekil 1.B.7 Kaleardı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



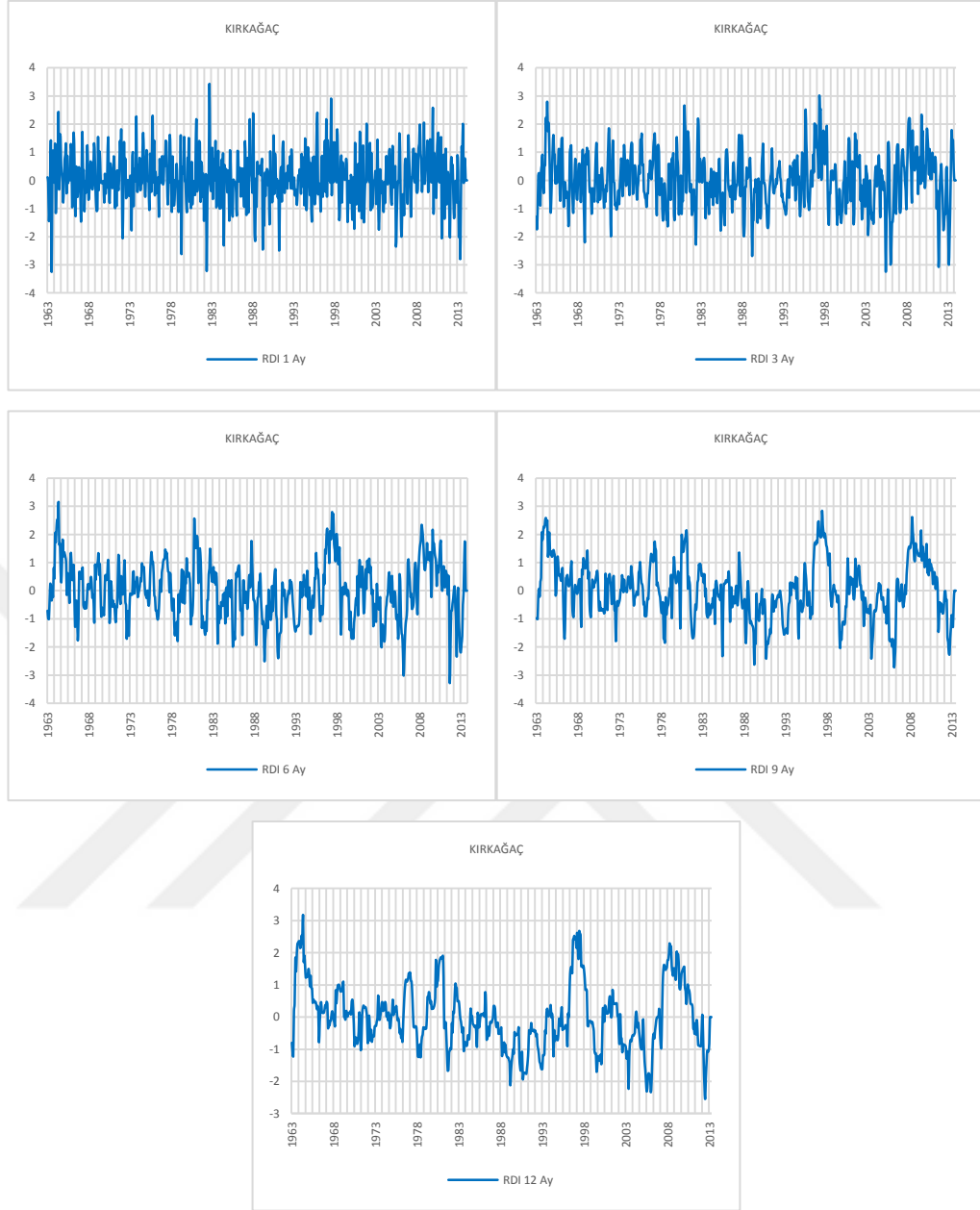
Şekil 1.B.8 Karahidirli istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



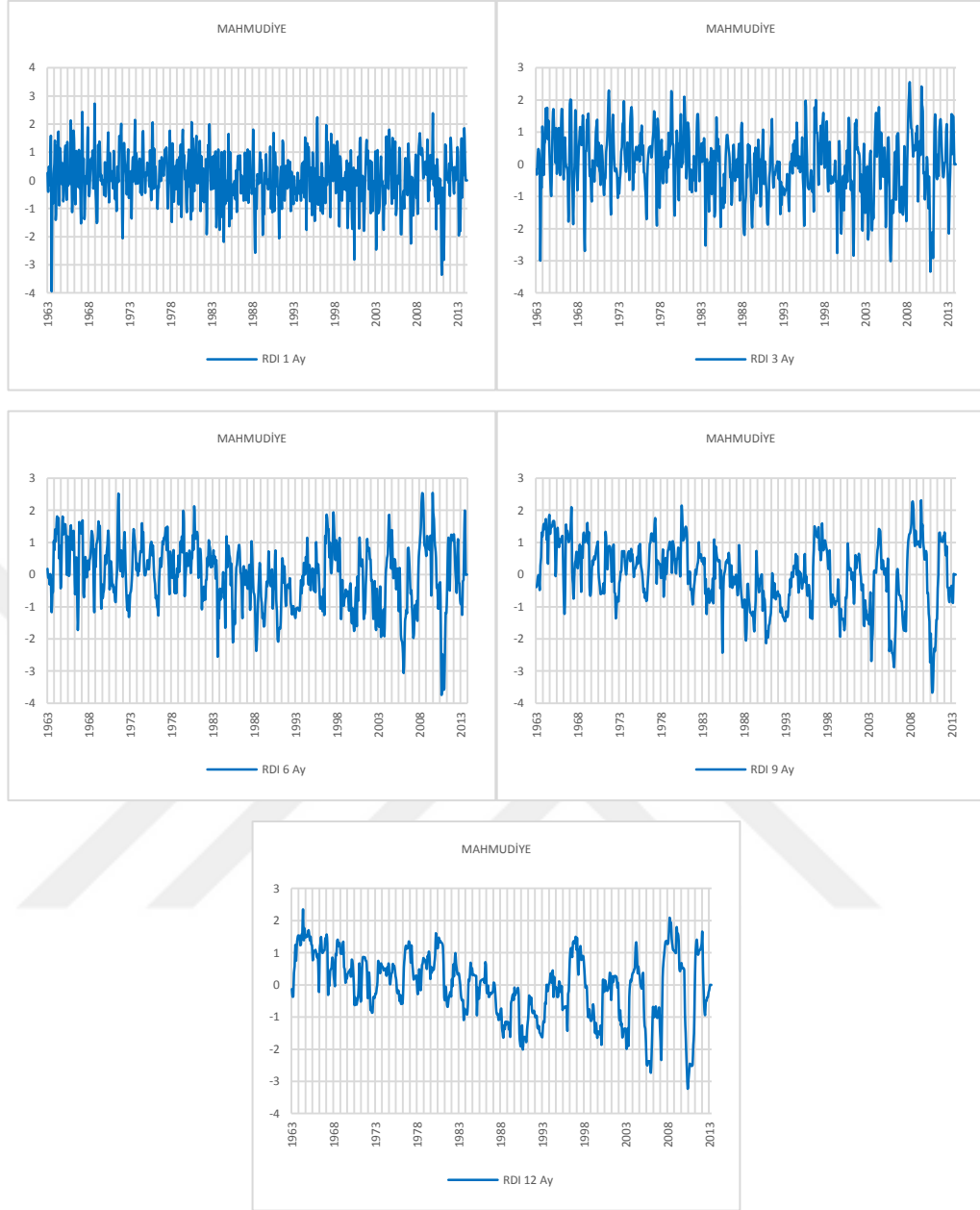
Şekil 1.B.9 Kınık istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



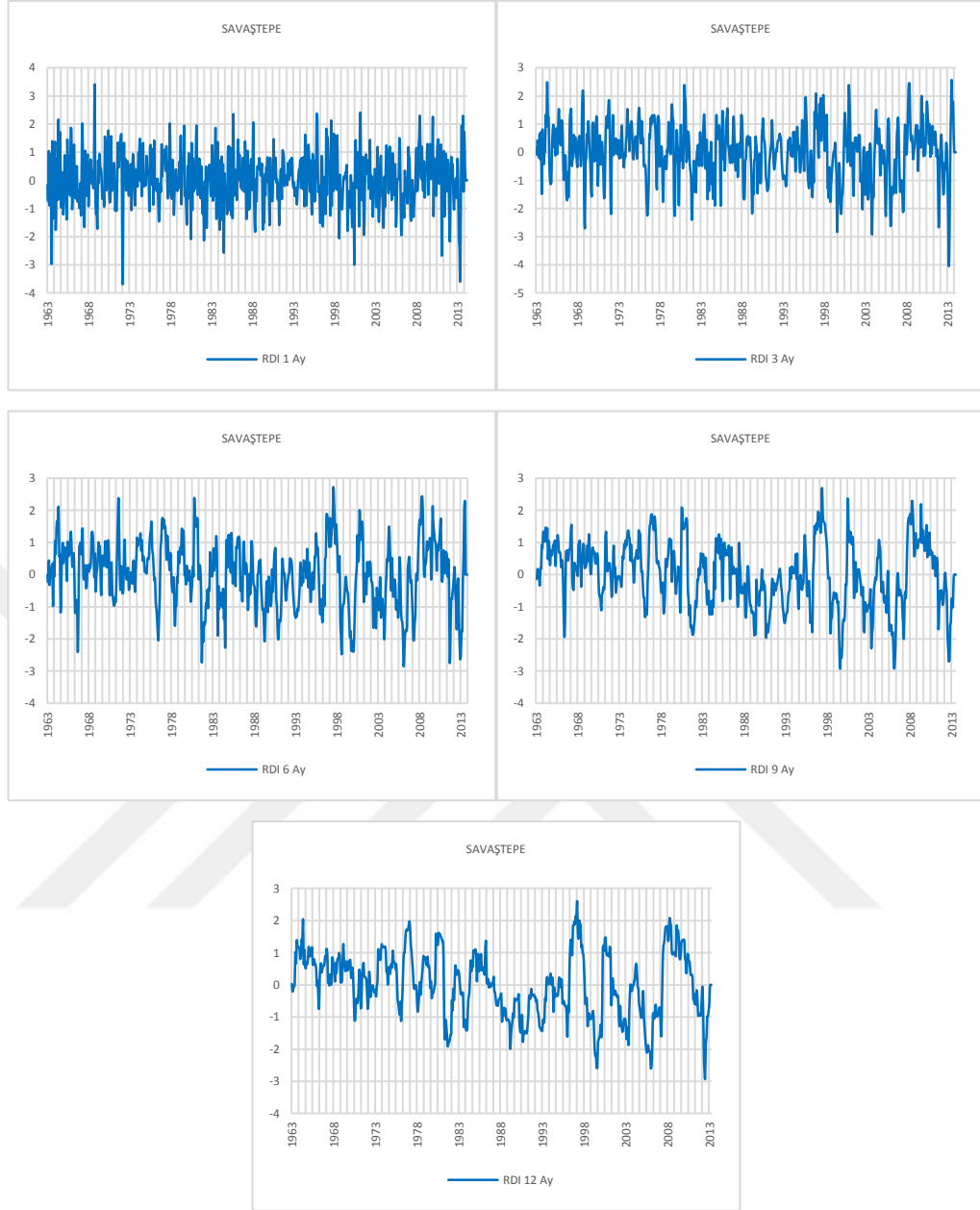
Şekil 1.B.10 Kircalar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



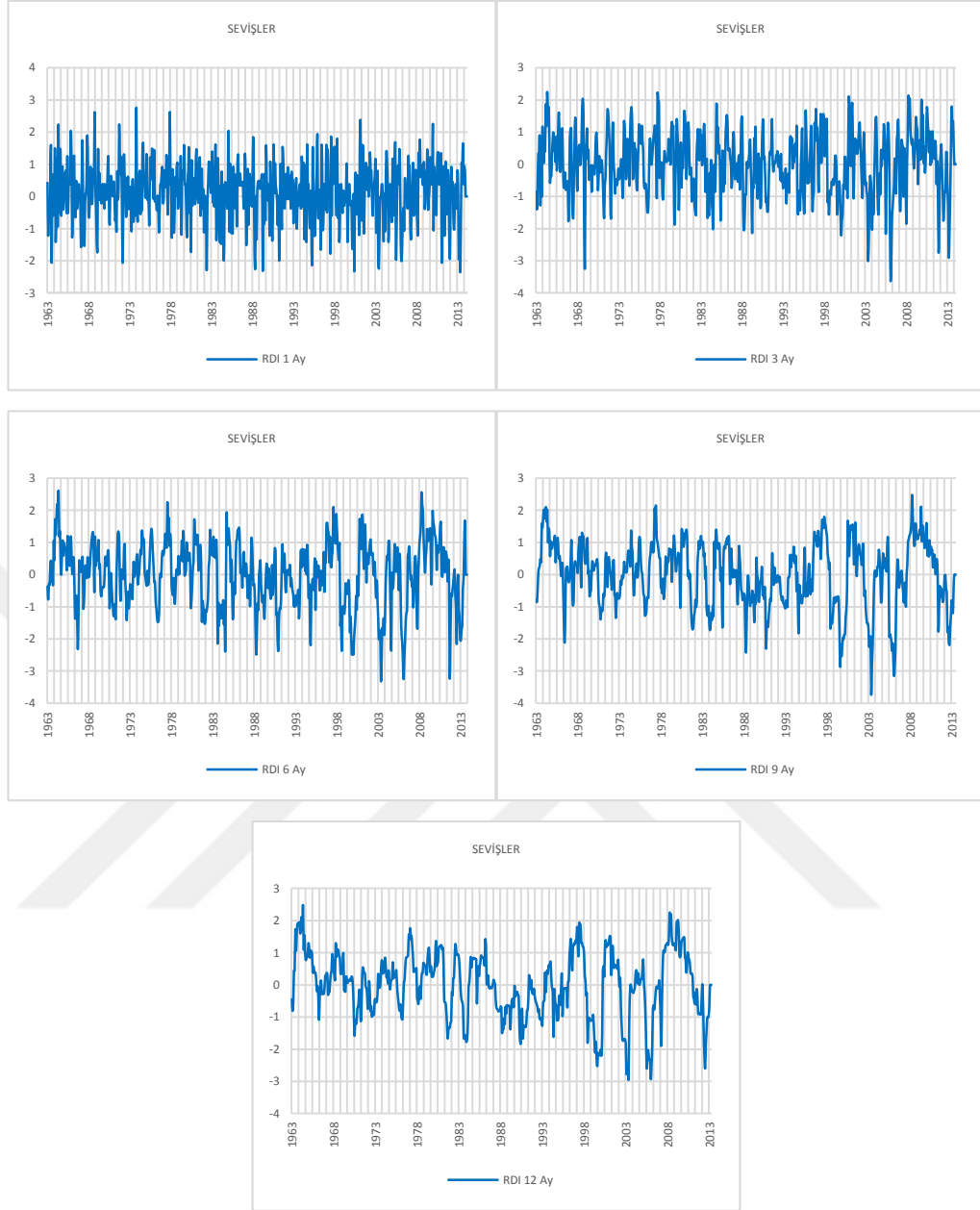
Şekil 1.B.11 Kırkağaç istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



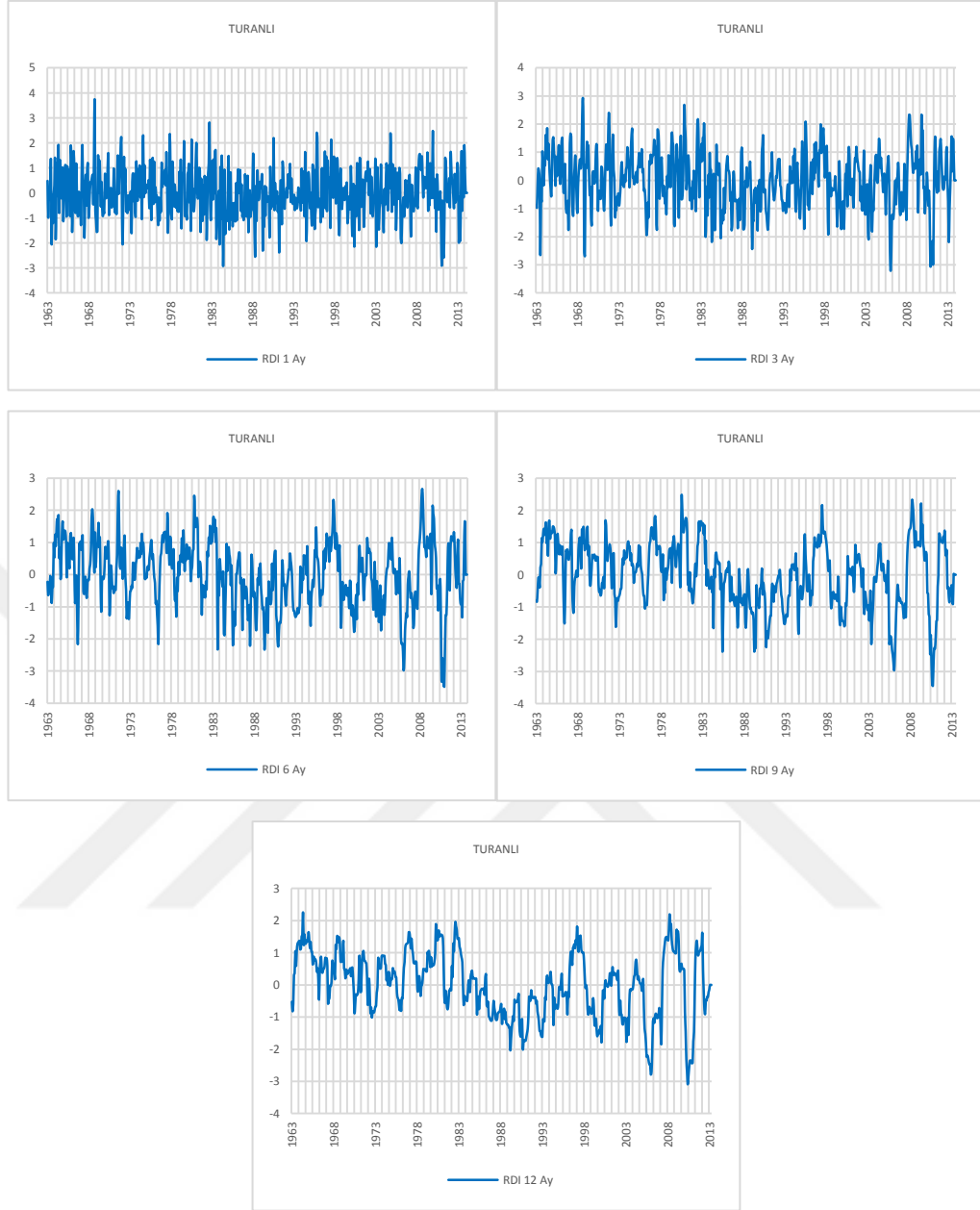
Şekil 1.B.12 Mahmudiye istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



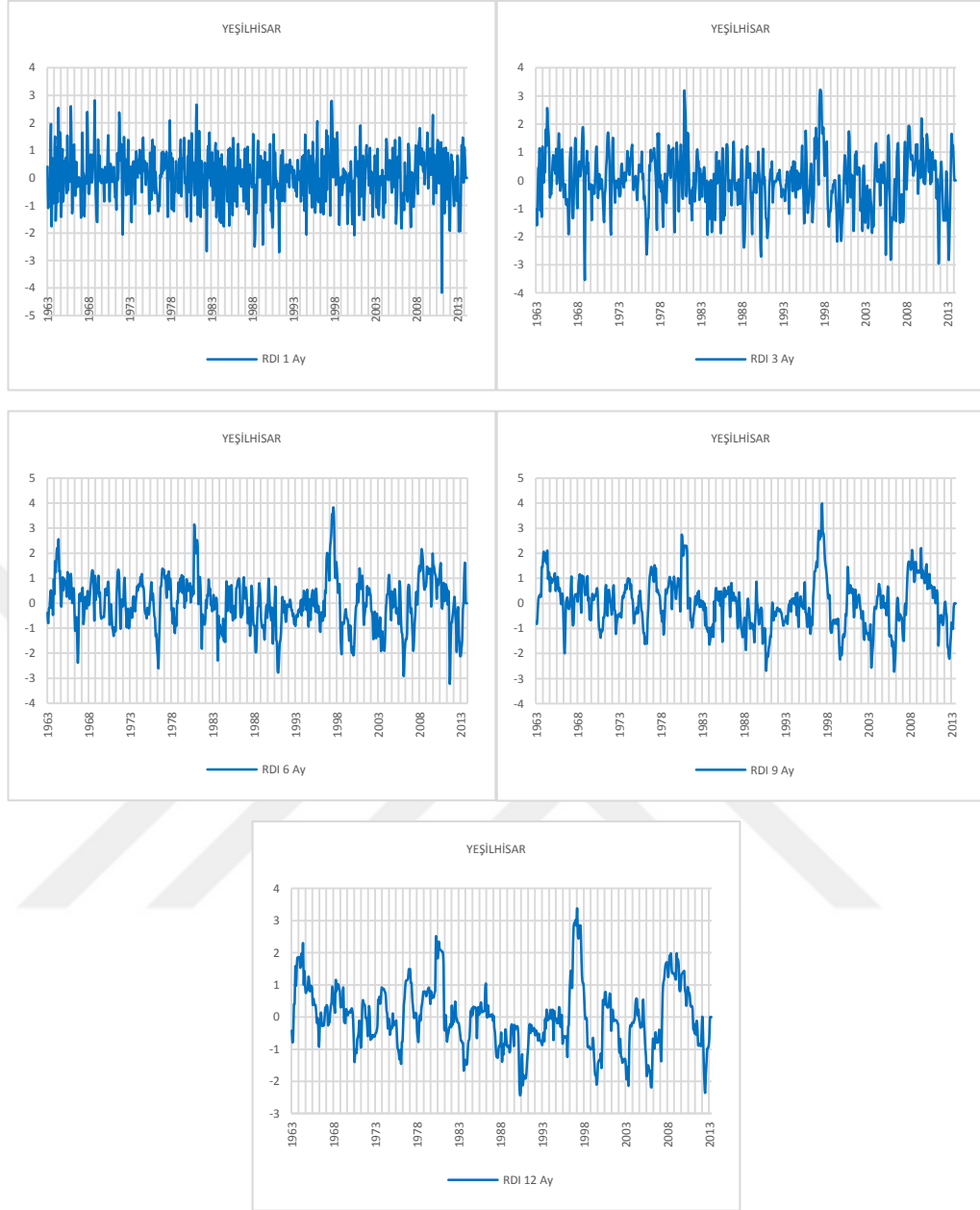
Şekil 1.B.13 Savaştepe istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



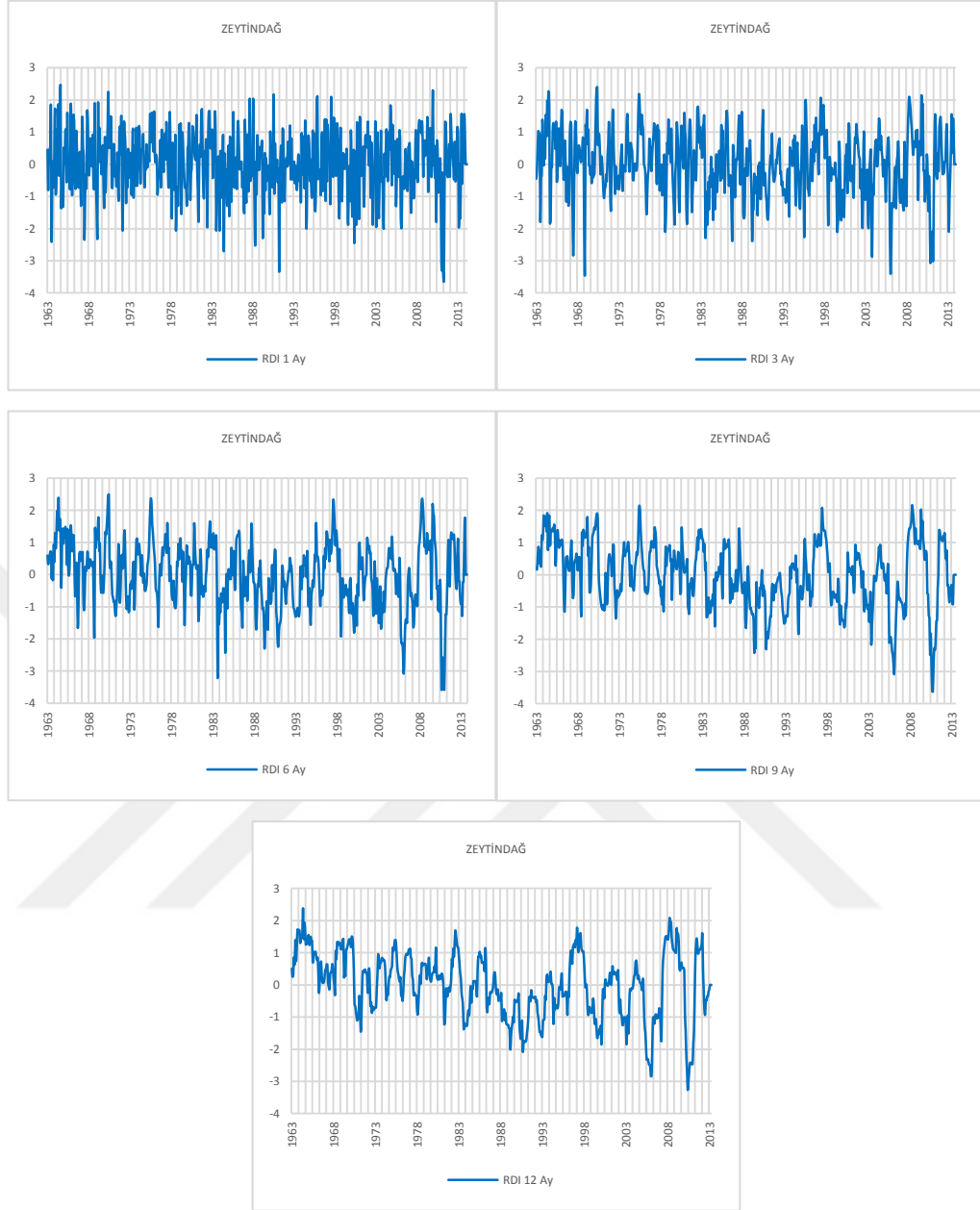
Şekil 1.B.14 Sevişler istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri



Şekil 1.B.15 Turanlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri

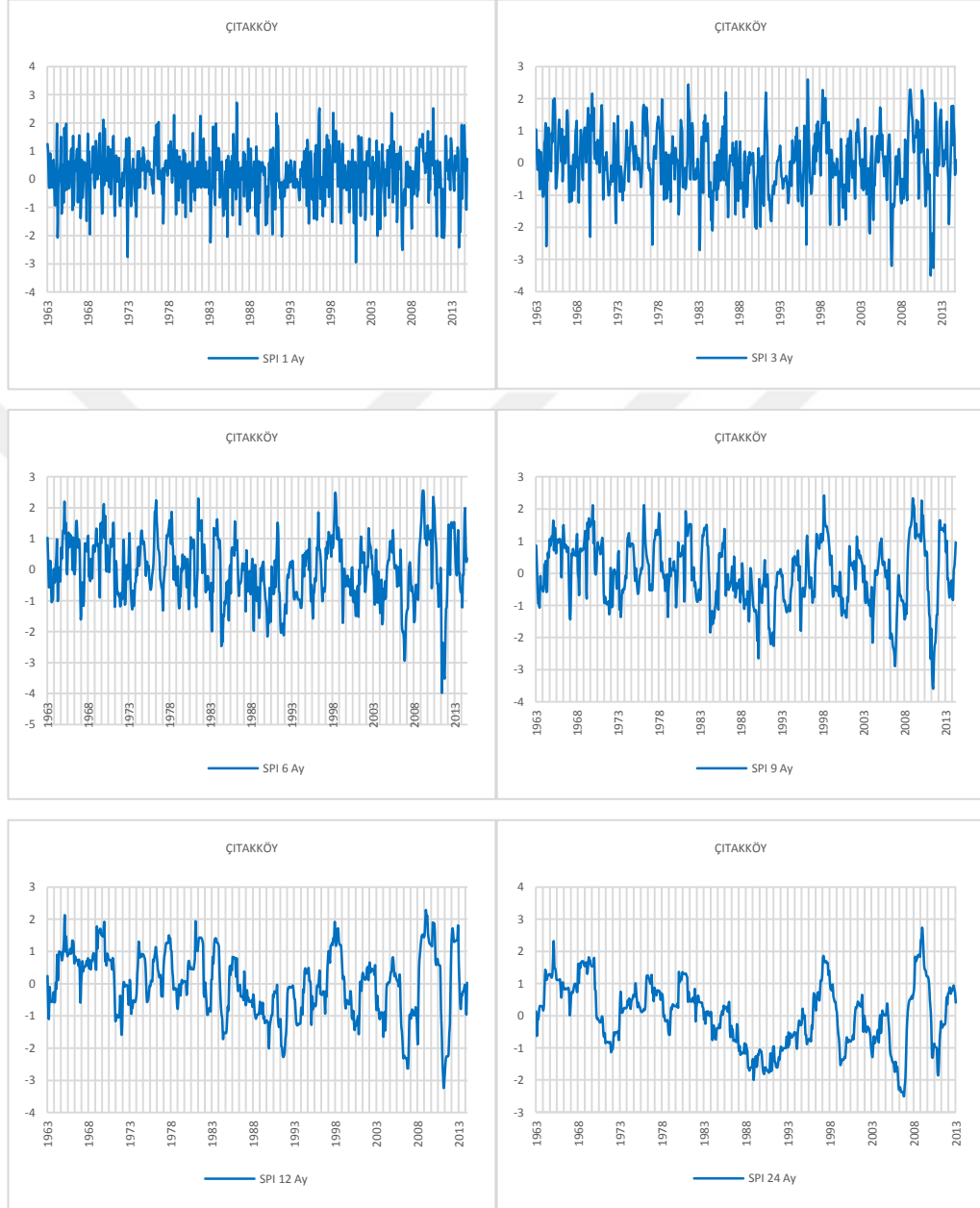


Şekil 1.B.16 Yeşilhisar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri

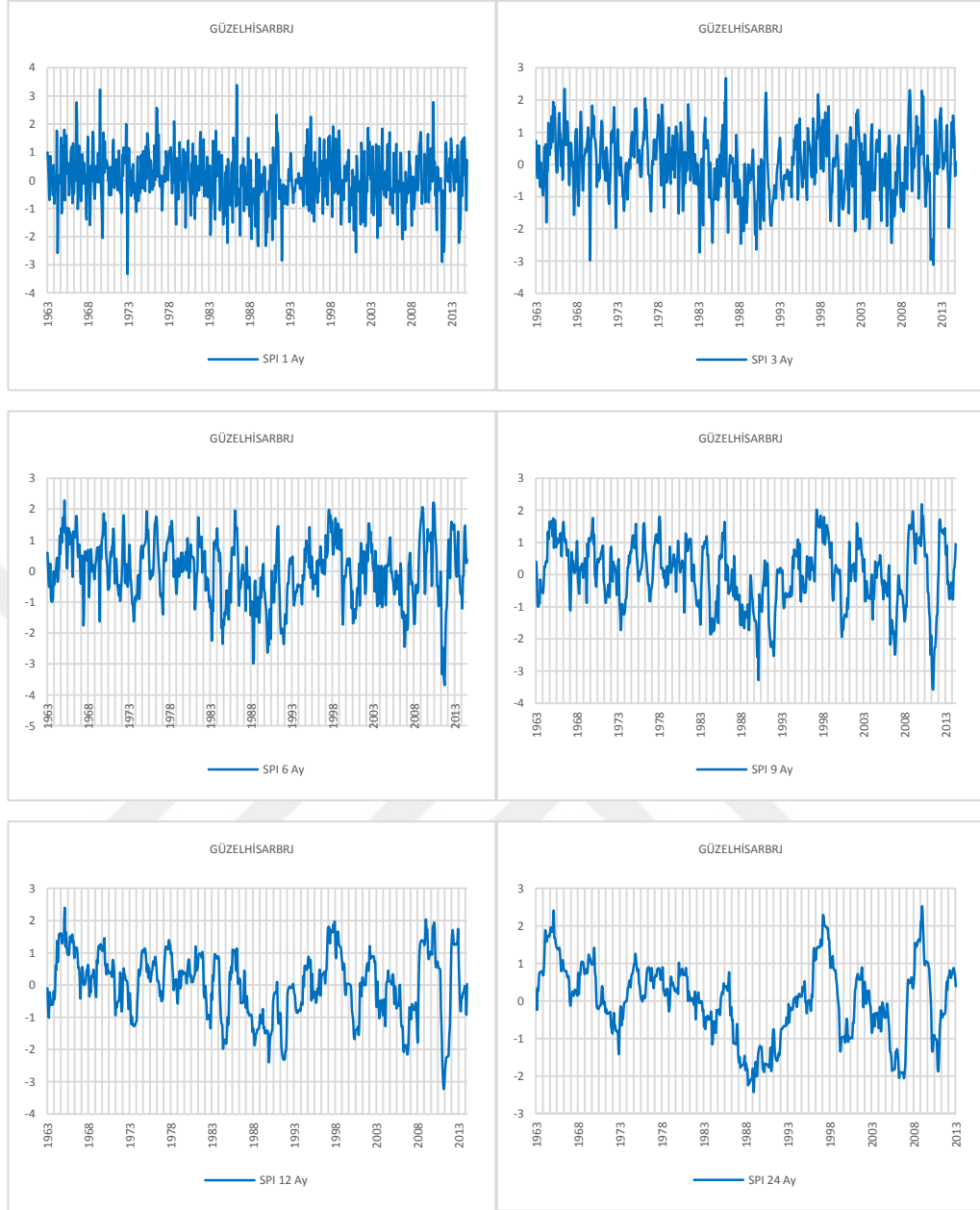


Şekil 1.B.17 Zeytinadağ istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri

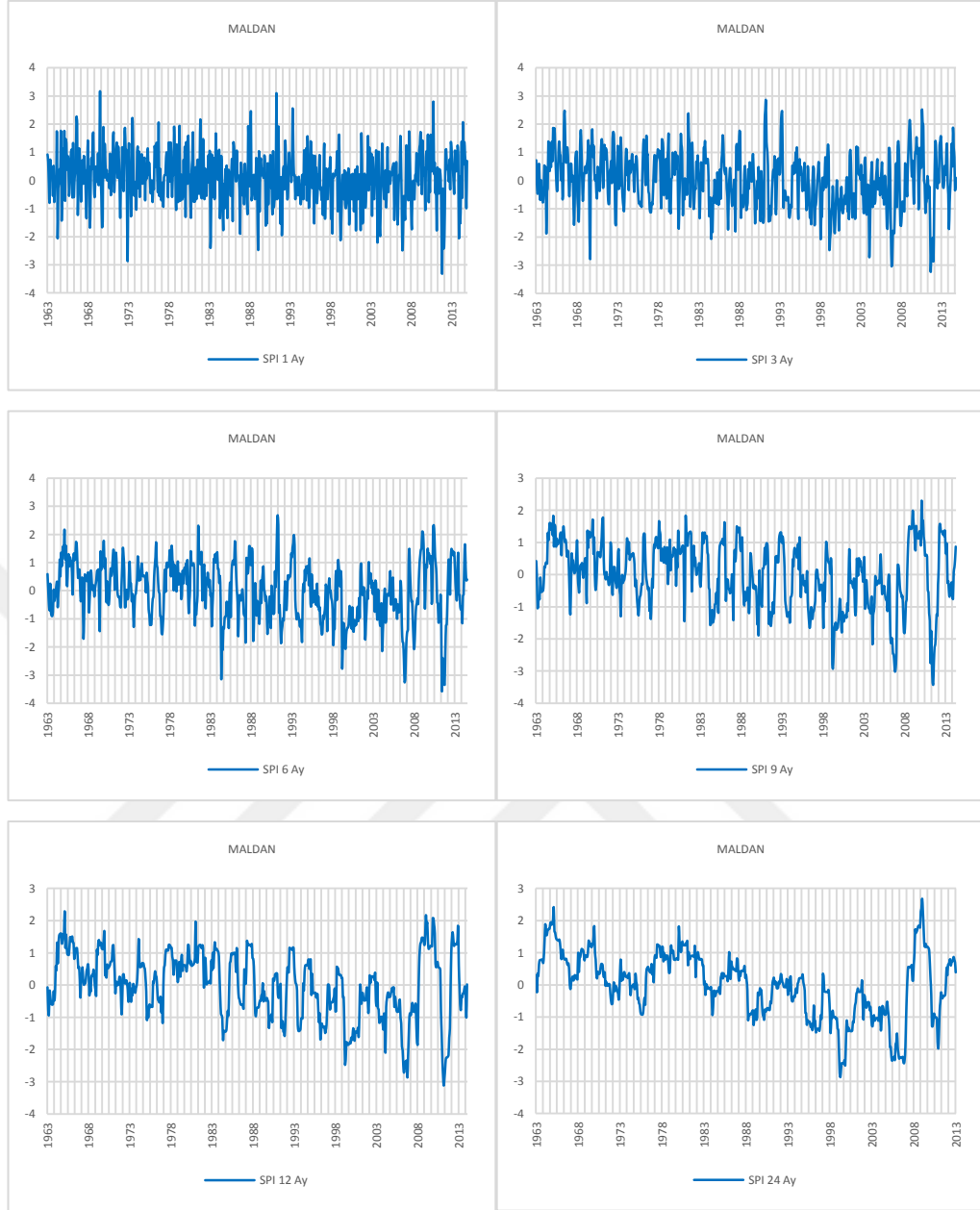
EK 1.C: SPI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)



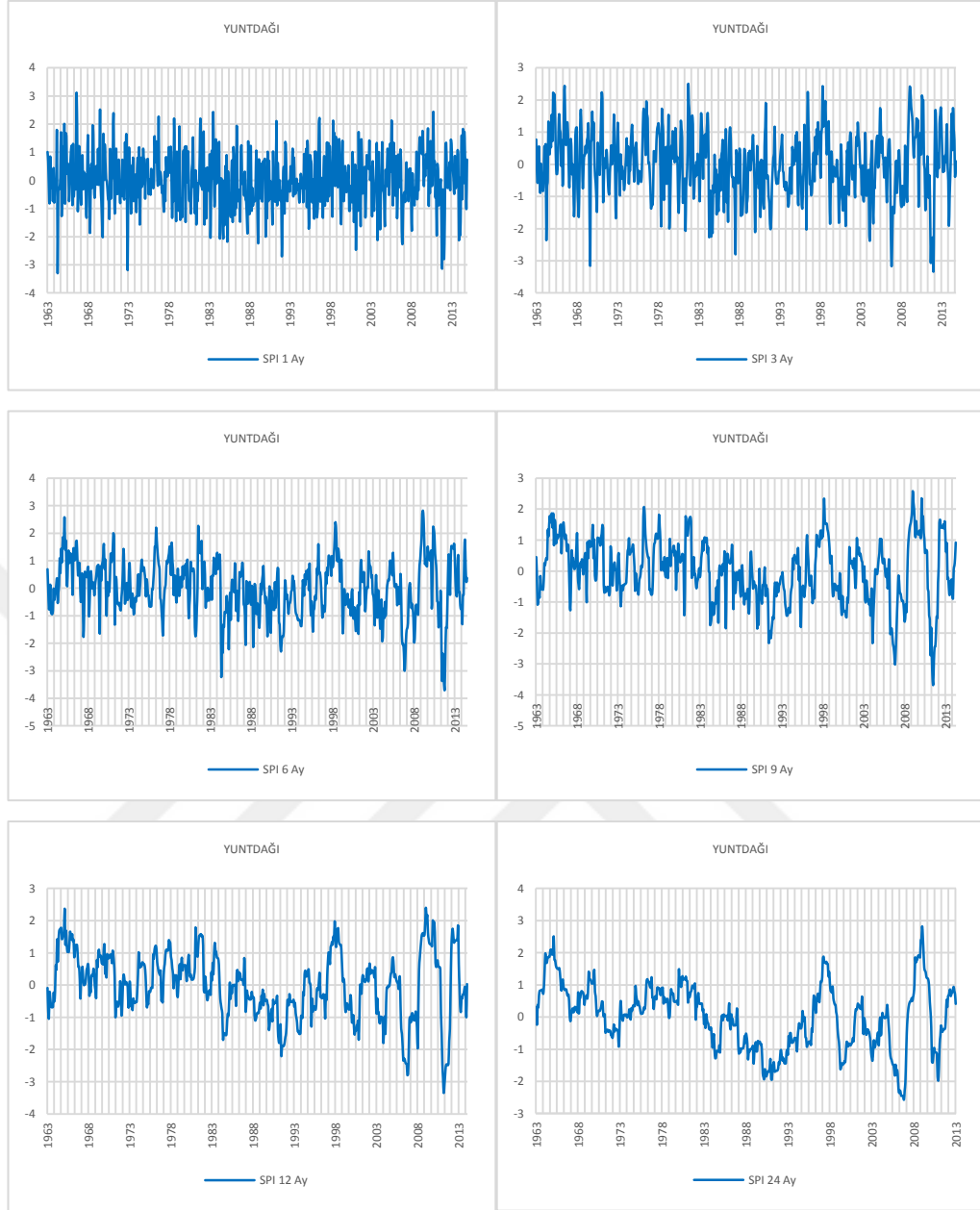
Şekil 1.C.1 Çıtaakköy istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



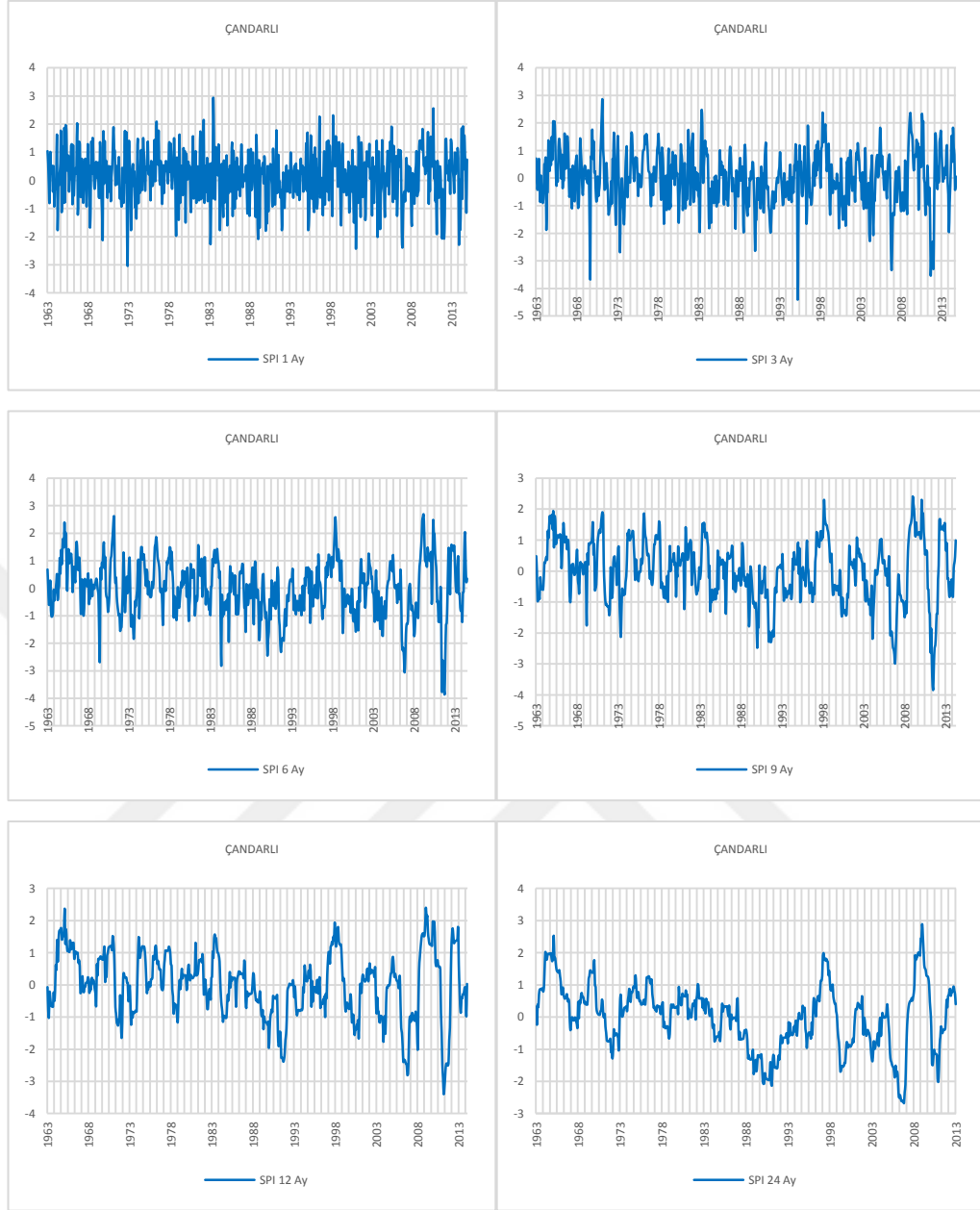
Şekil 1.C.2 Güzelhisar Barajı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



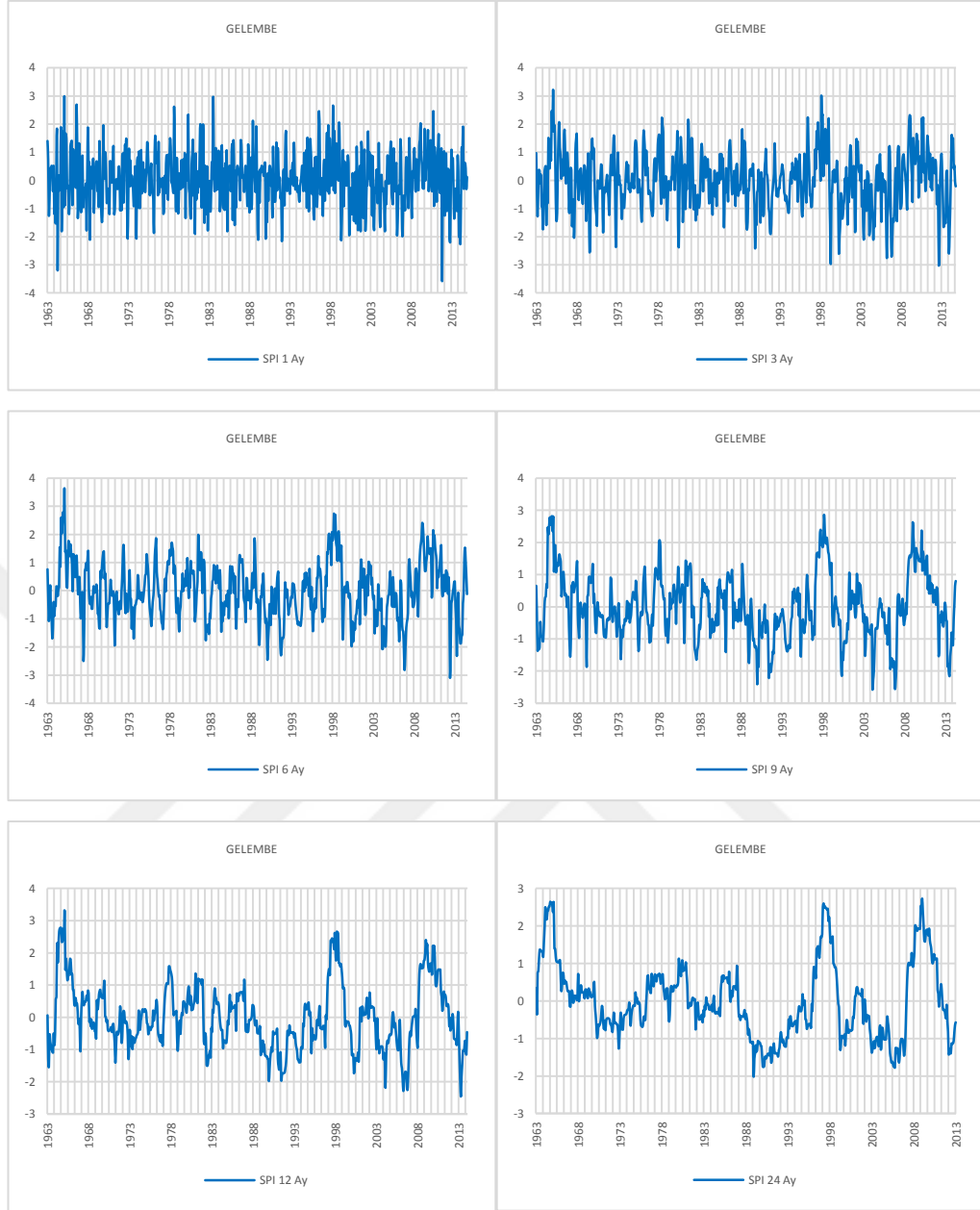
Şekil 1.C.3 Maldan istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



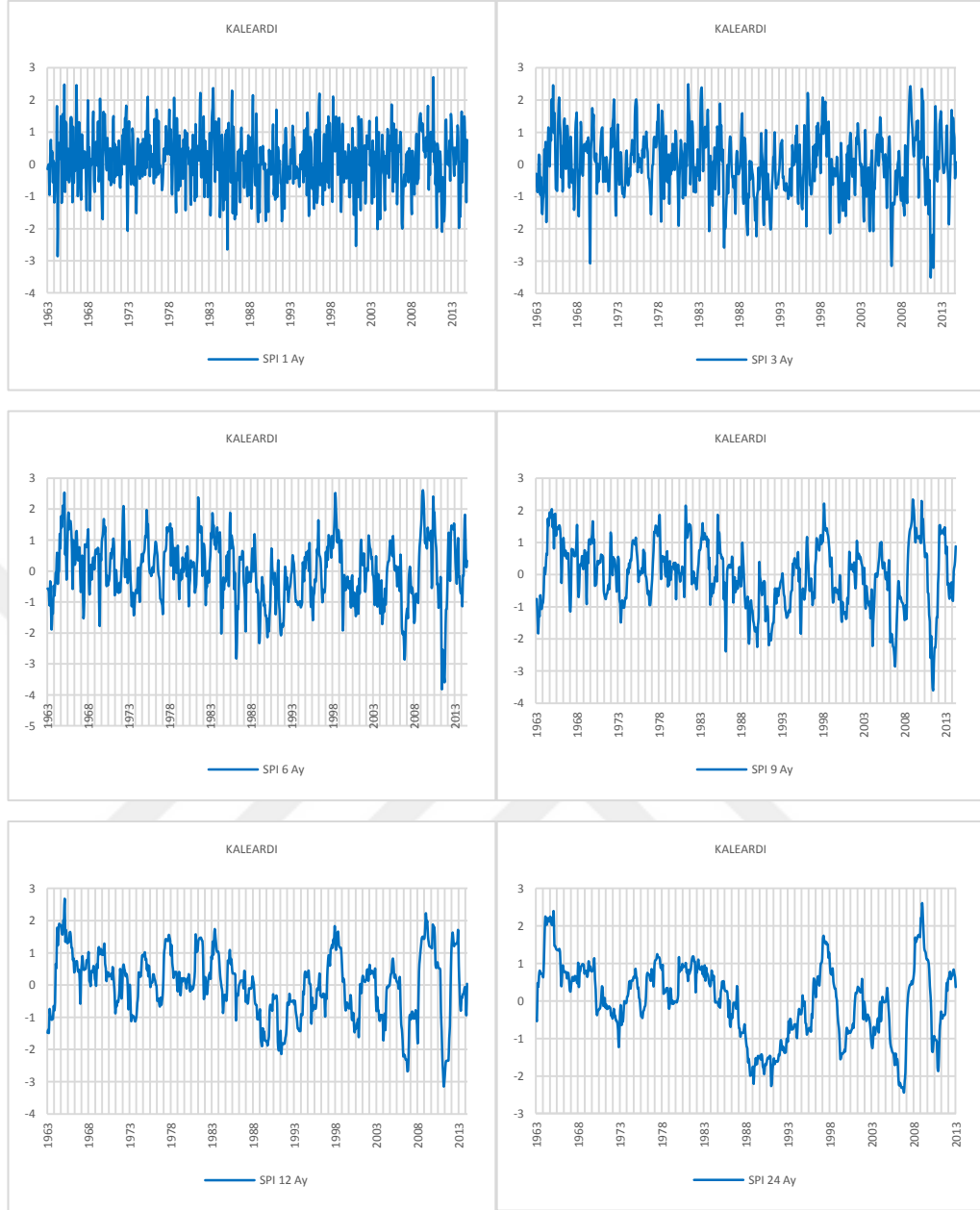
Şekil 1.C.4 YuntDağı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



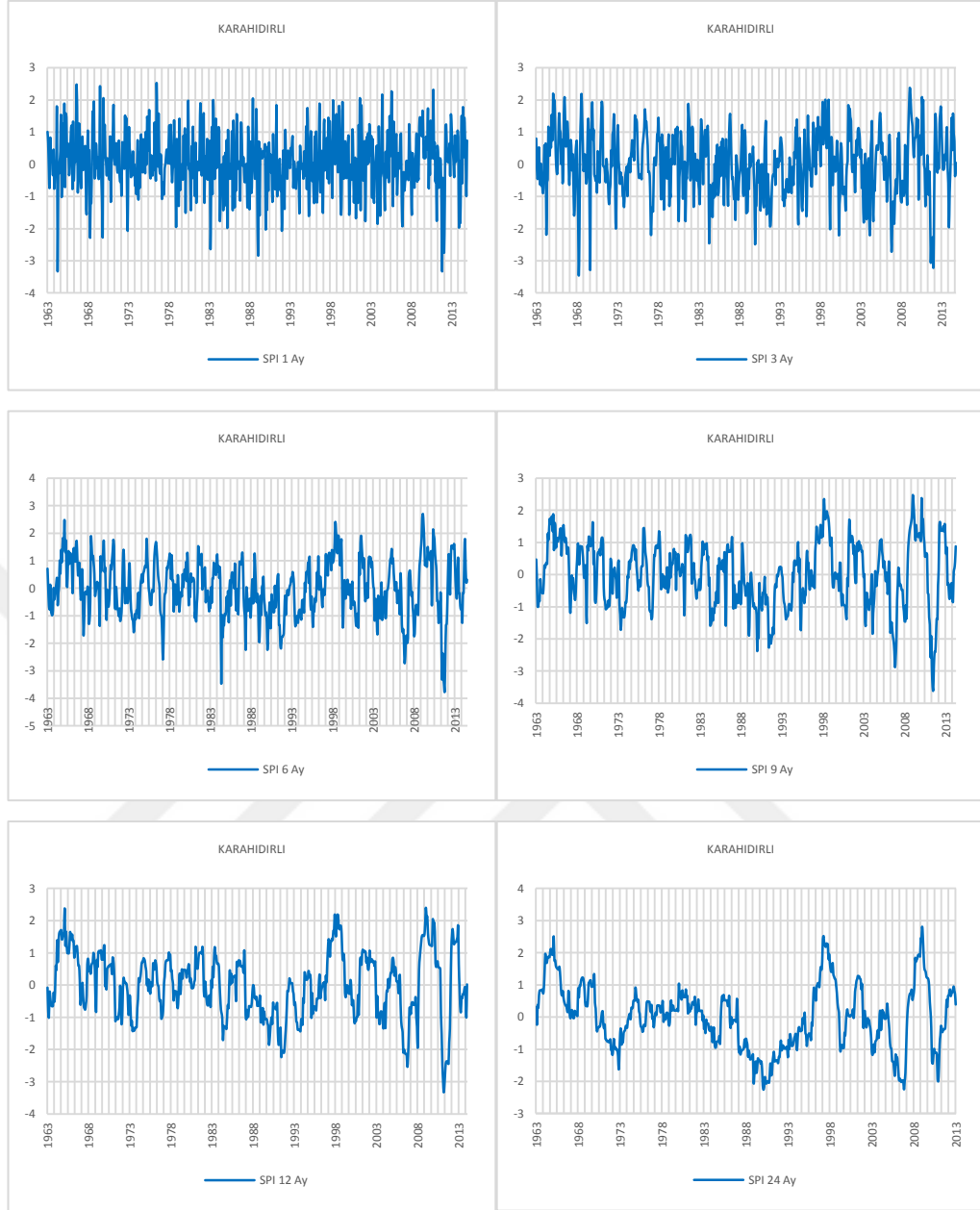
Şekil 1.C.5 Çandarlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



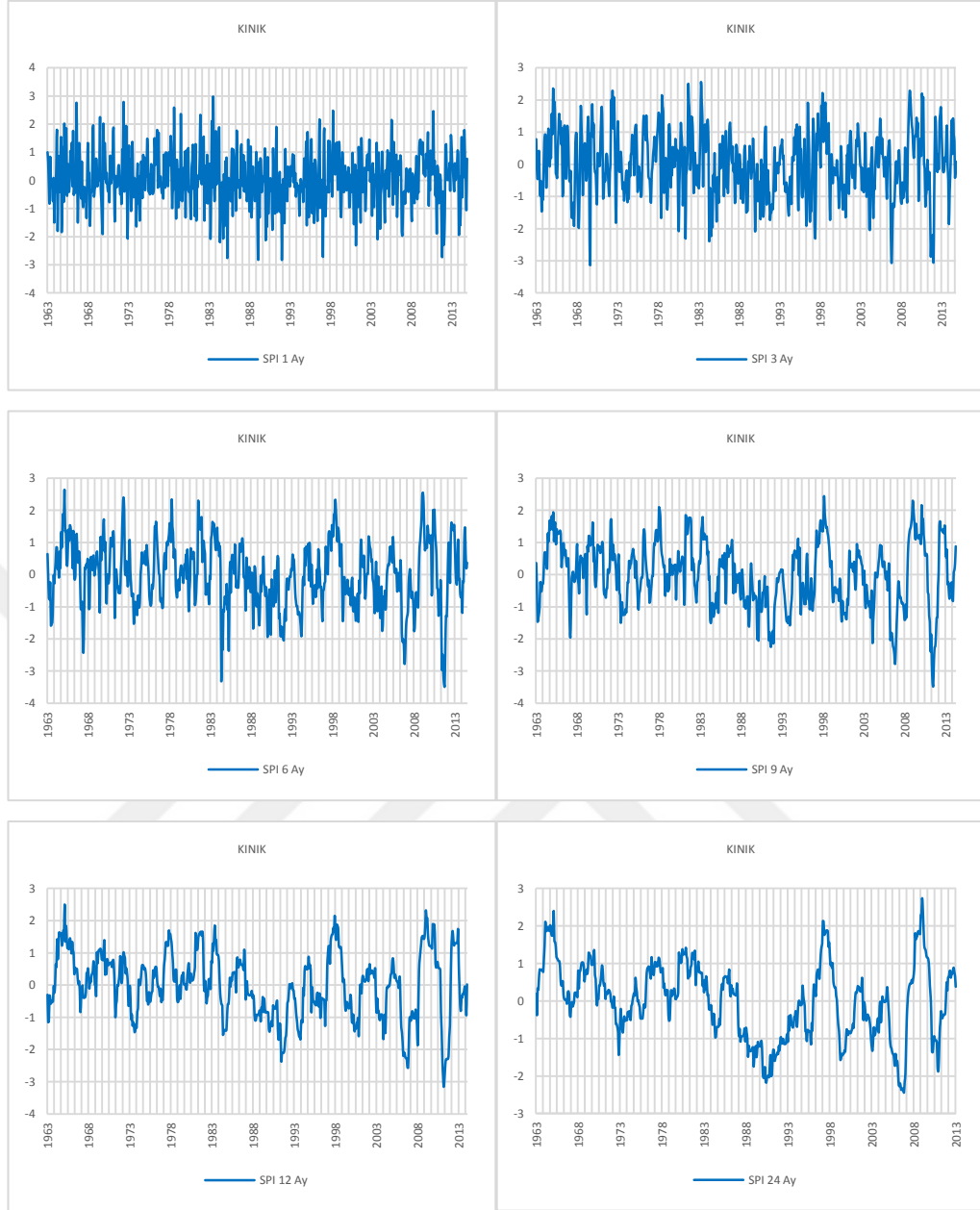
Şekil 1.C.6 Gelembé istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



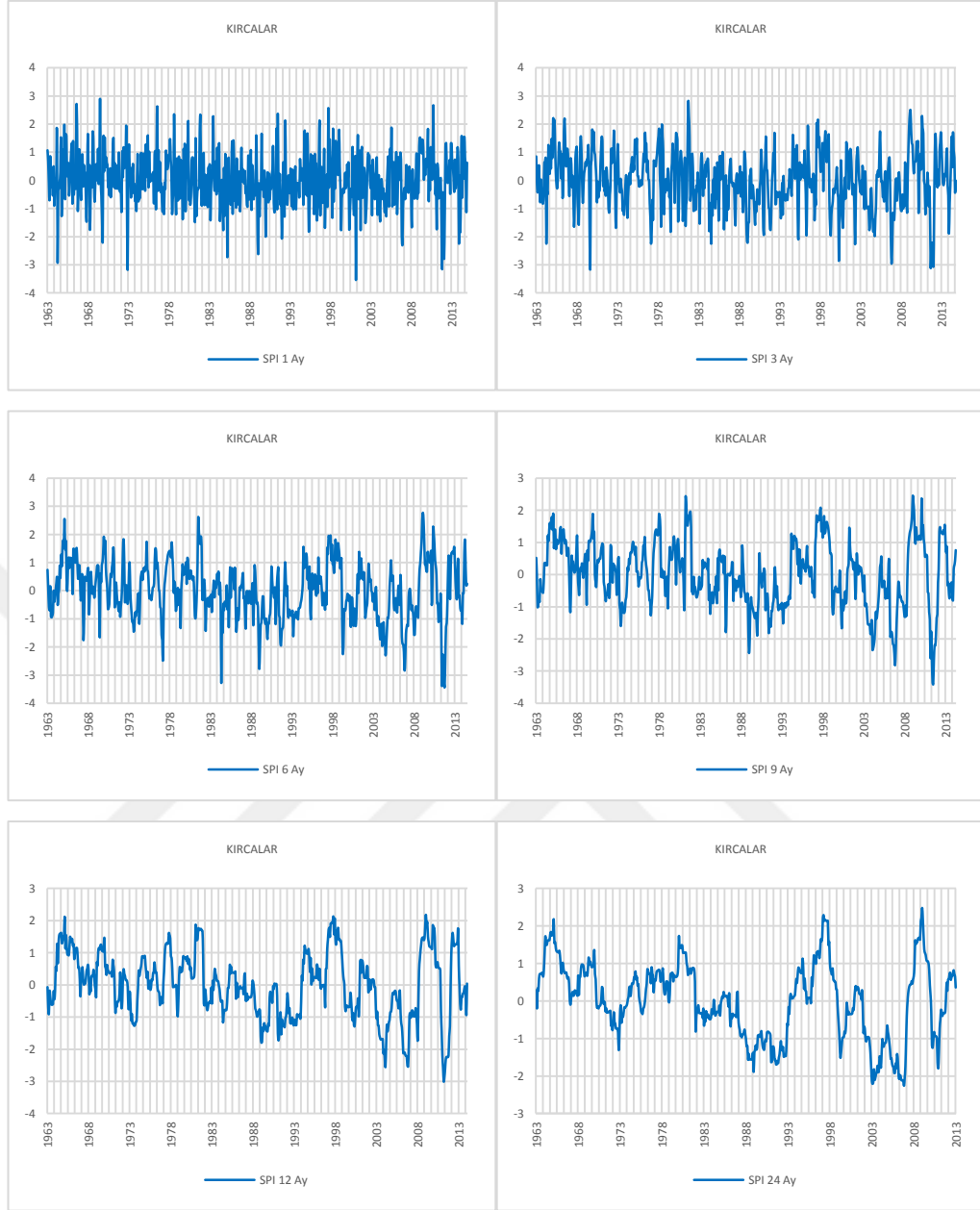
Şekil 1.C.7 Kaleardı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



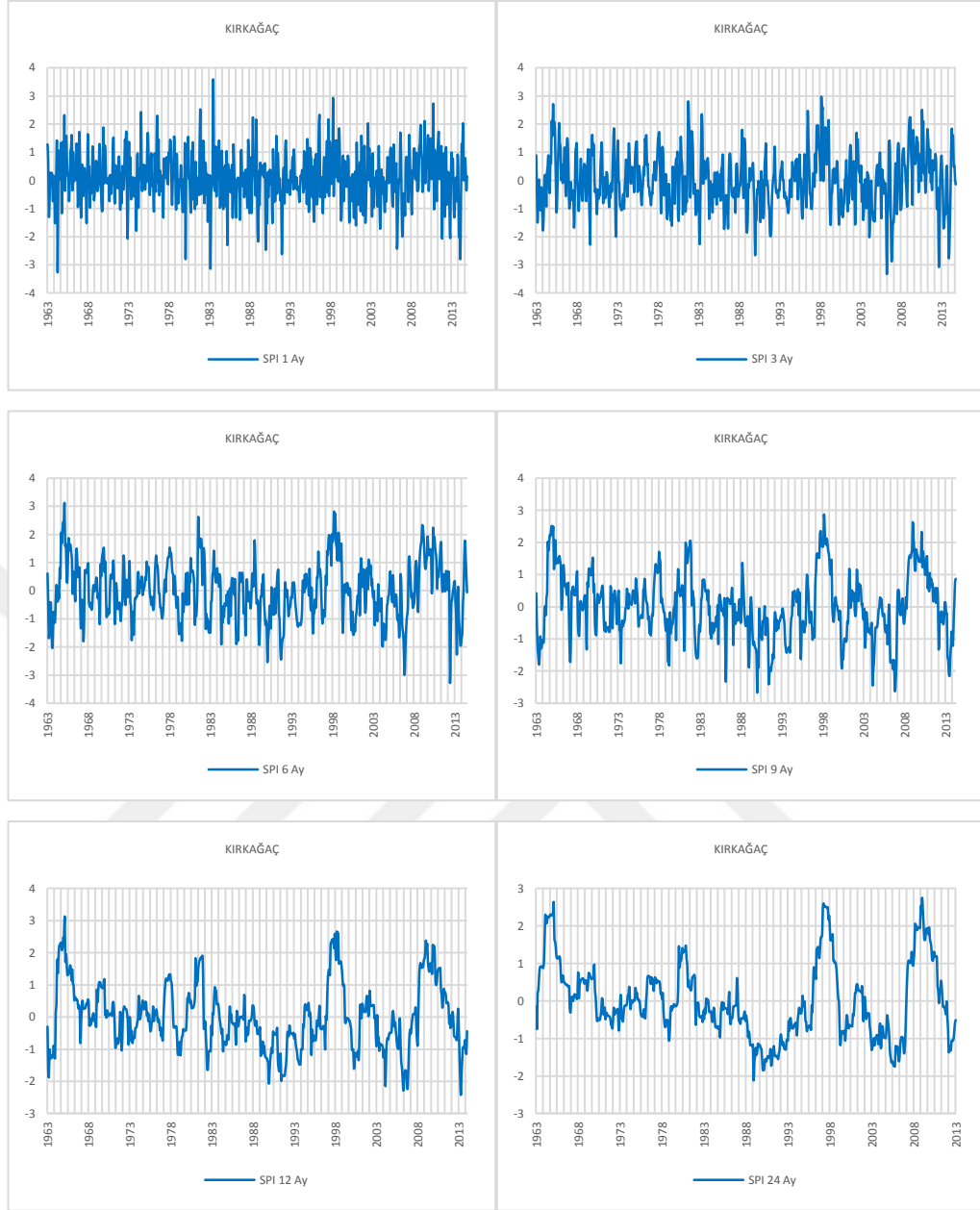
Şekil 1.C.8 Karahidirli istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



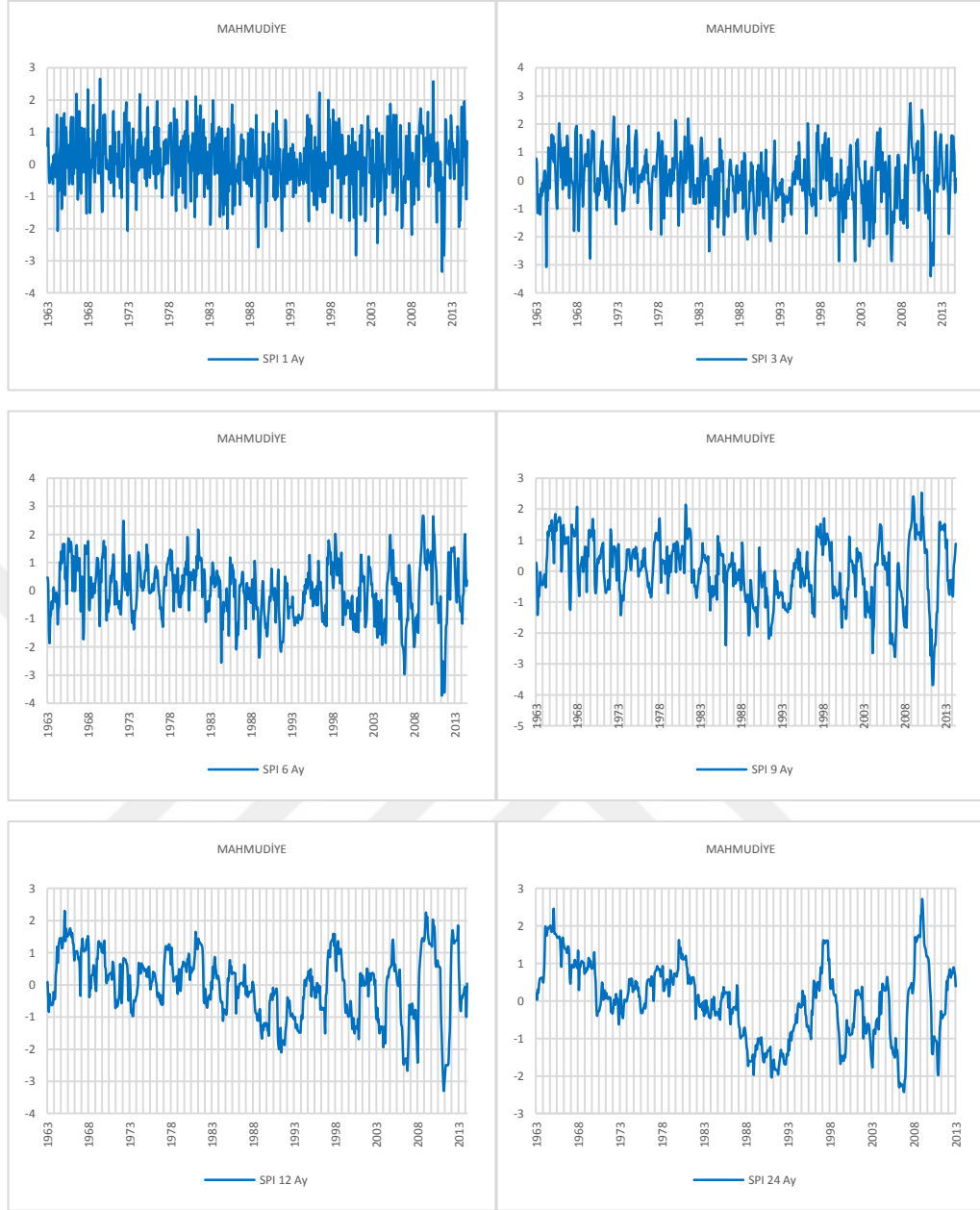
Şekil 1.C.9 Kınık istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



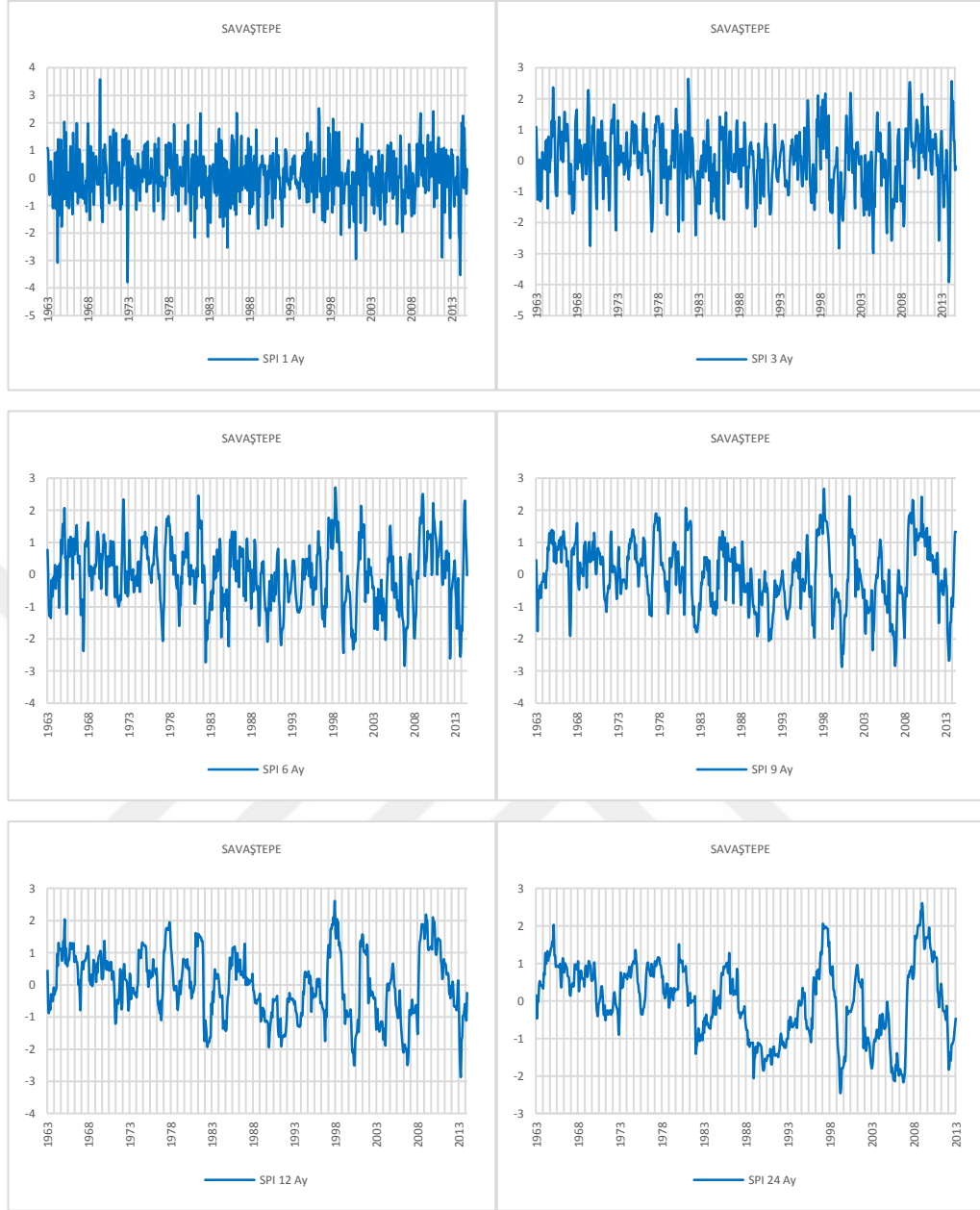
Şekil 1.C.10 Kircalar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



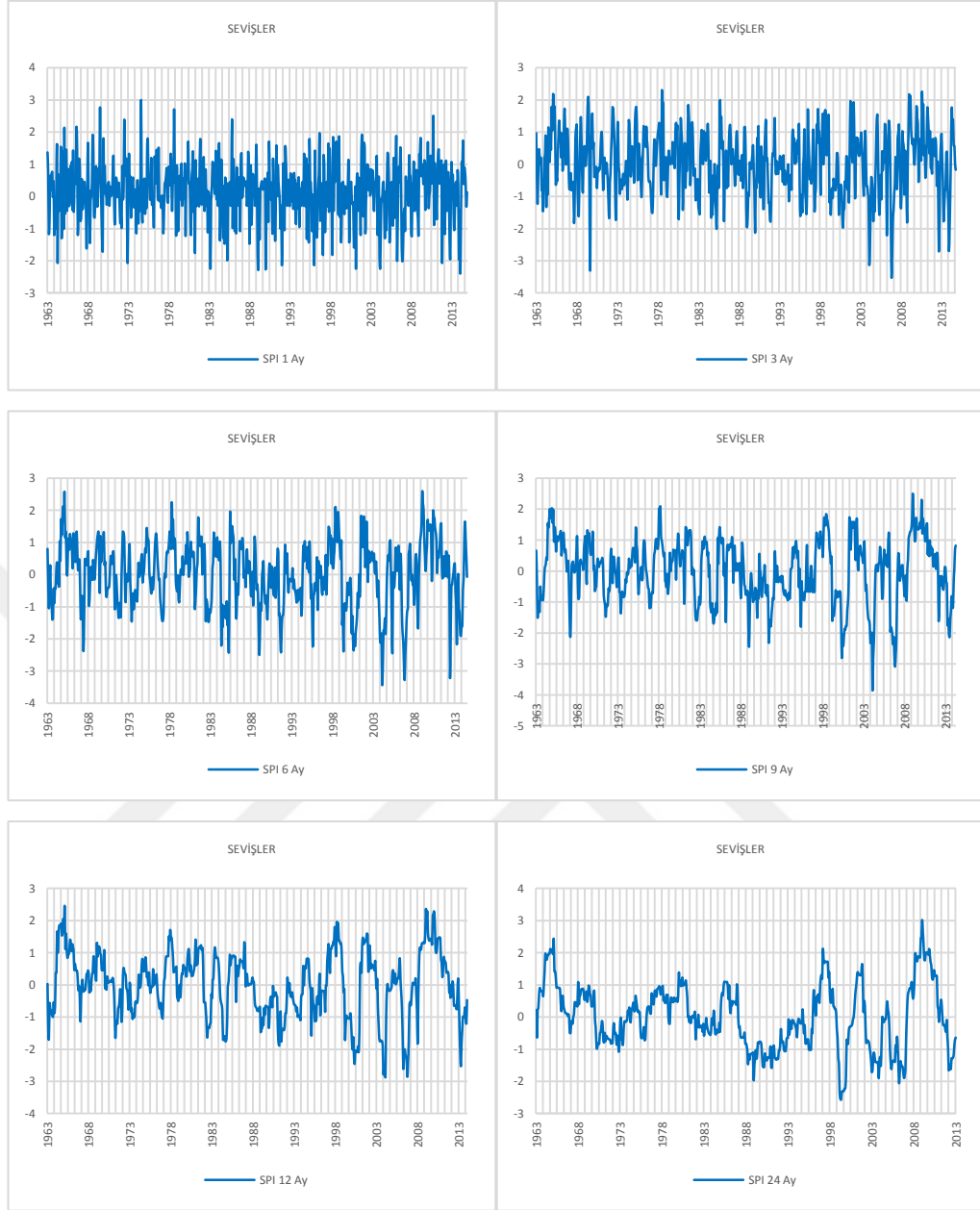
Şekil 1.C.11 Kırkağaç istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



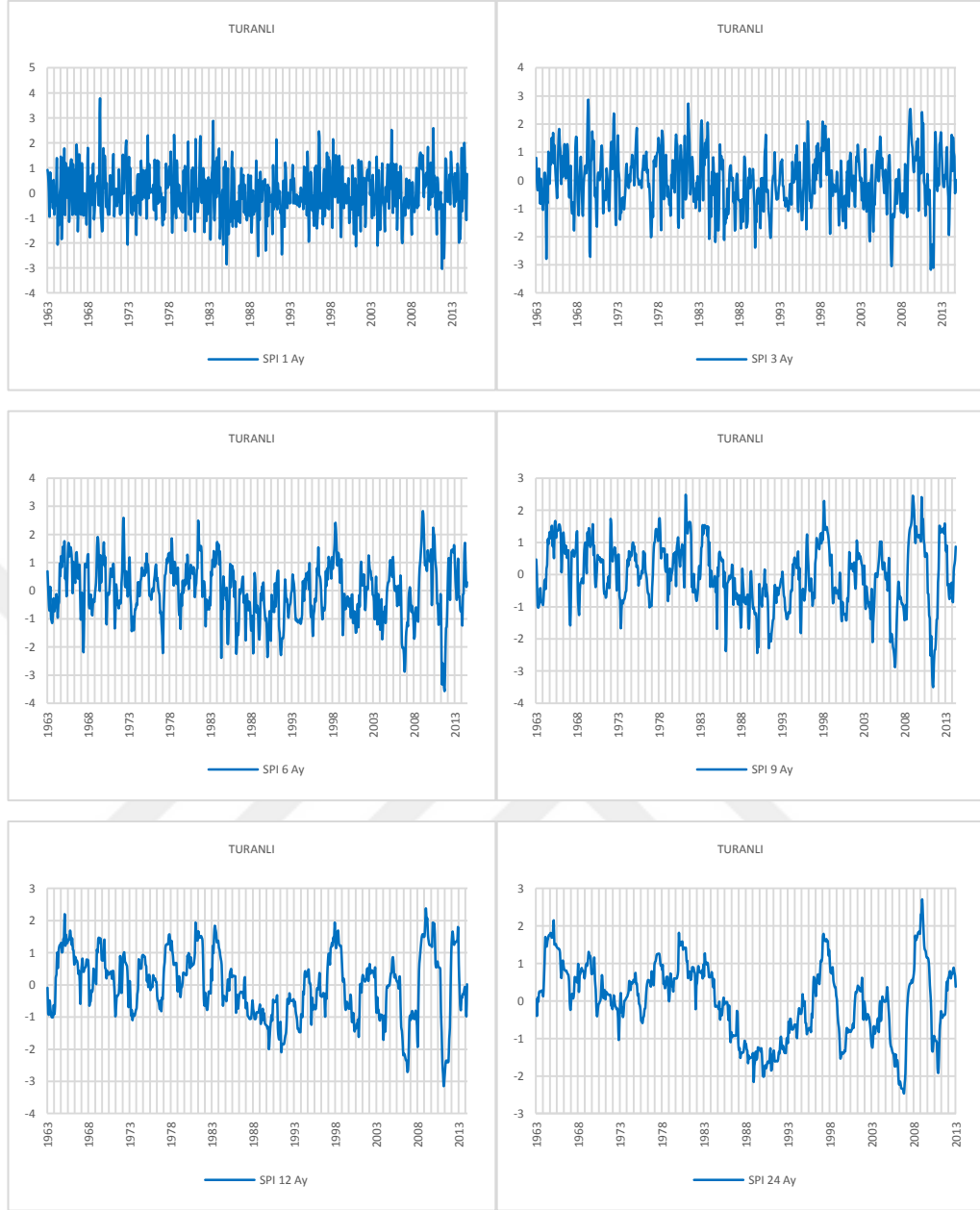
Şekil 1.C.12 Mahmutiye istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



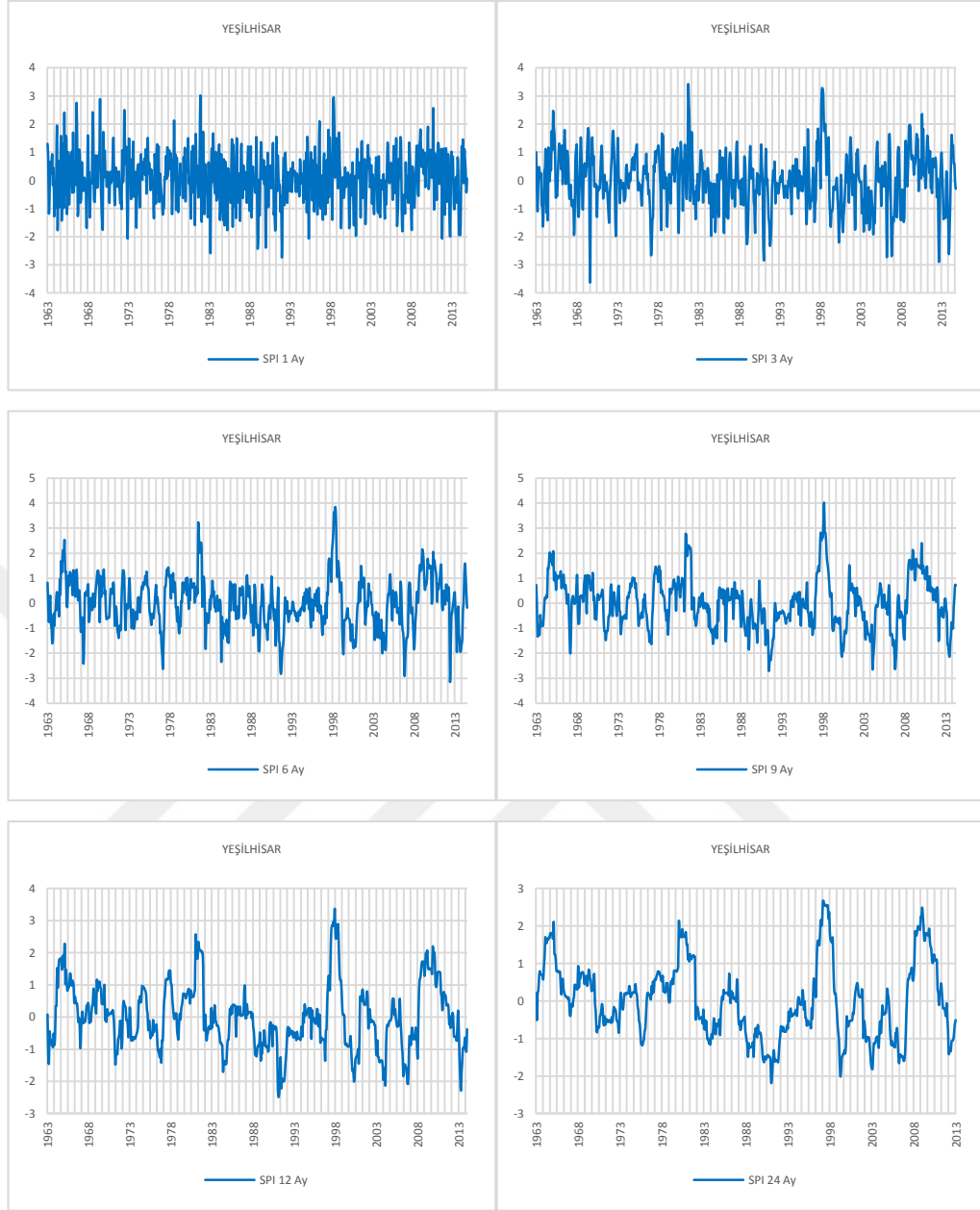
Şekil 1.C.13 Savaştepe istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



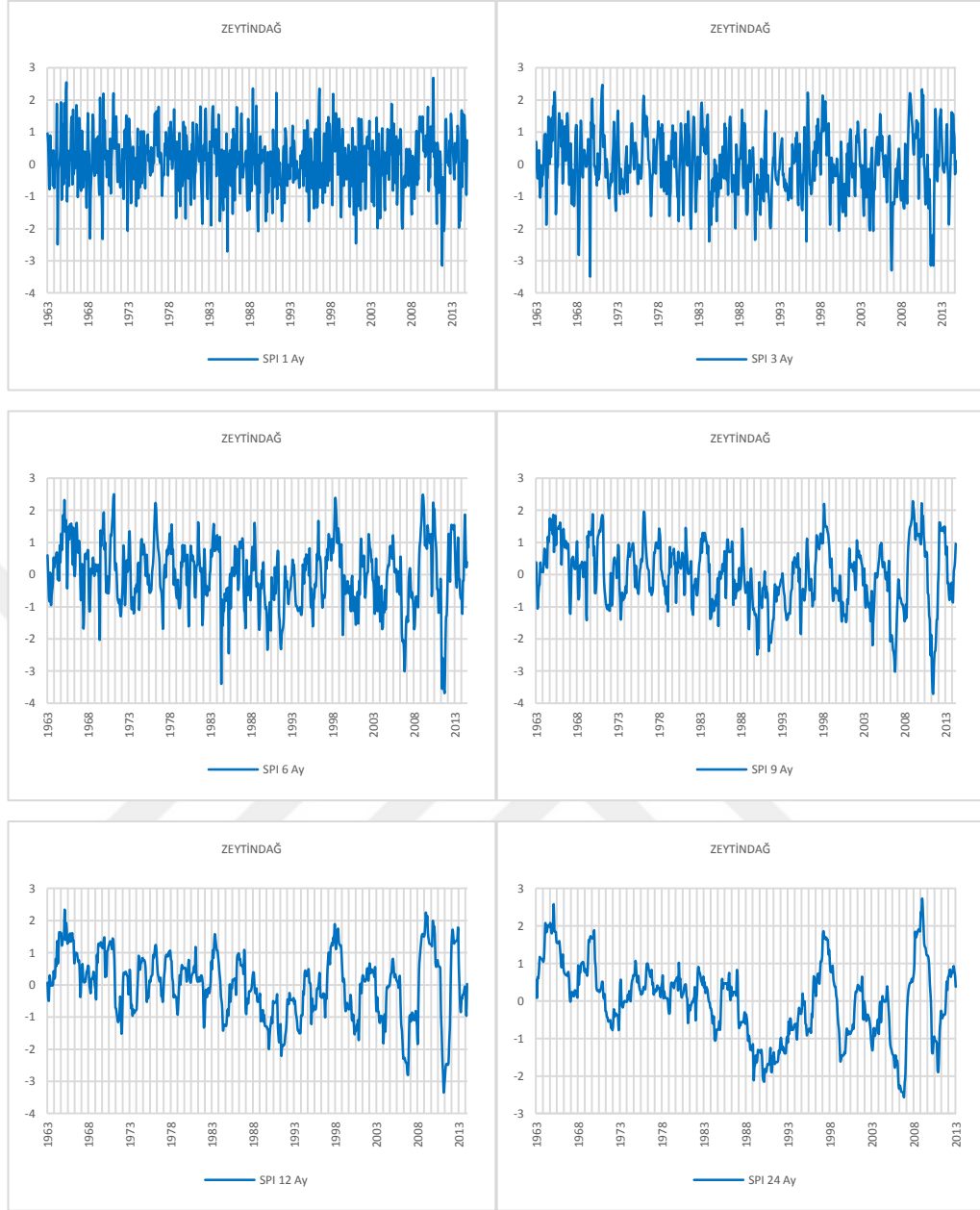
Şekil 1.C.14 Sevişler istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri



Şekil 1.C.15 Turanlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri

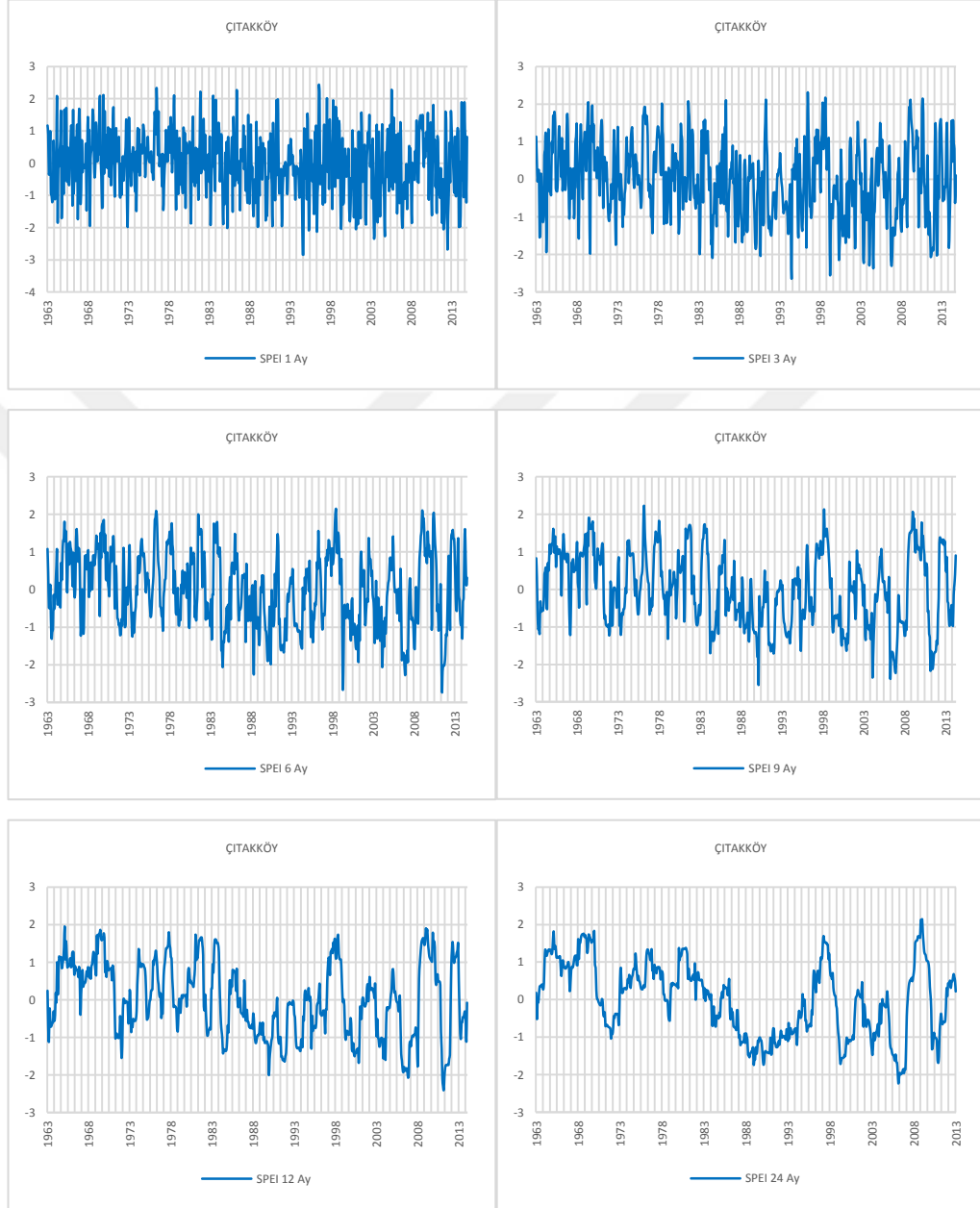


Şekil 1.C.16 Yeşilhisar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri

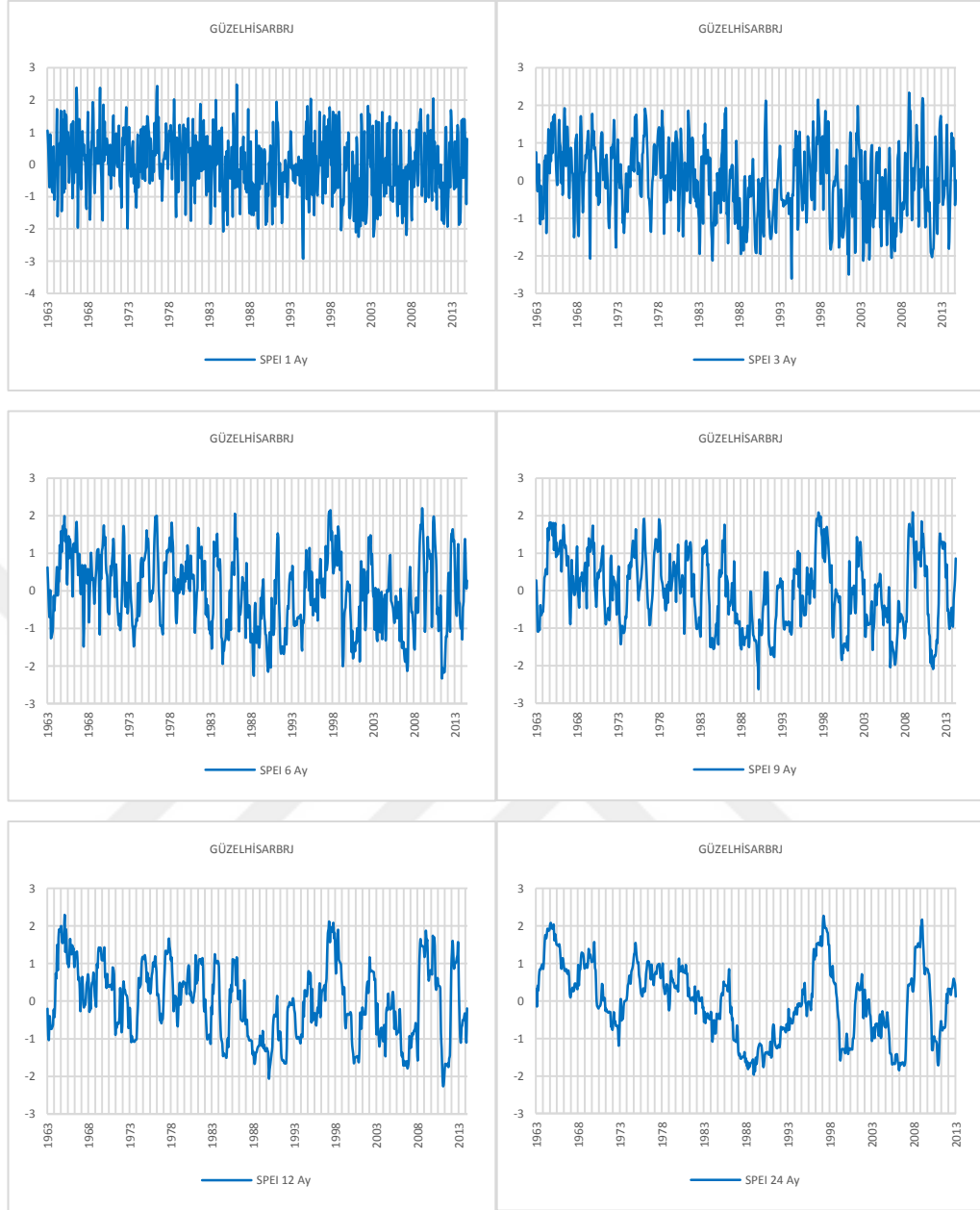


Şekil 1.C.17 Zeytindağ istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri

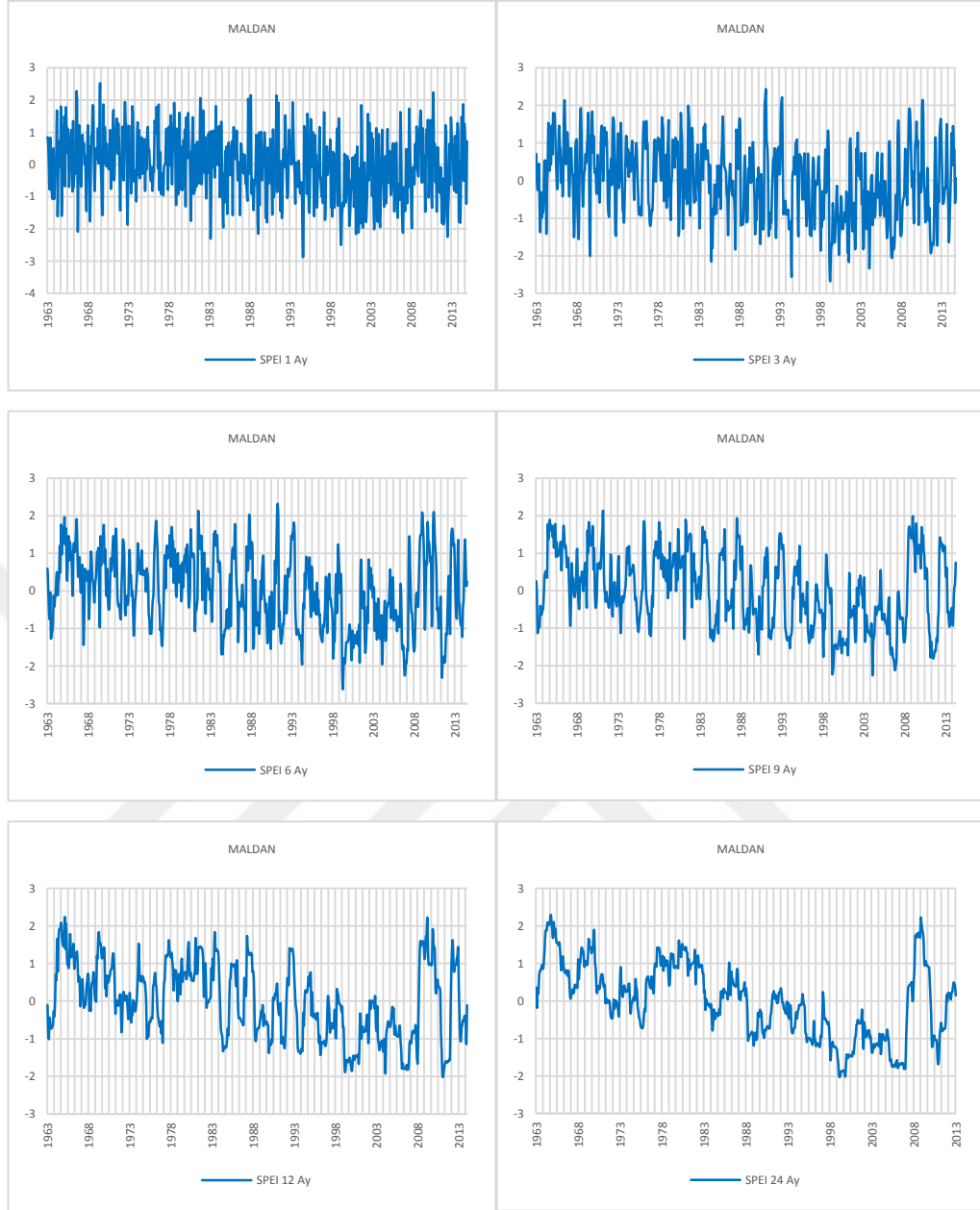
EK 1.D: SPEI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)



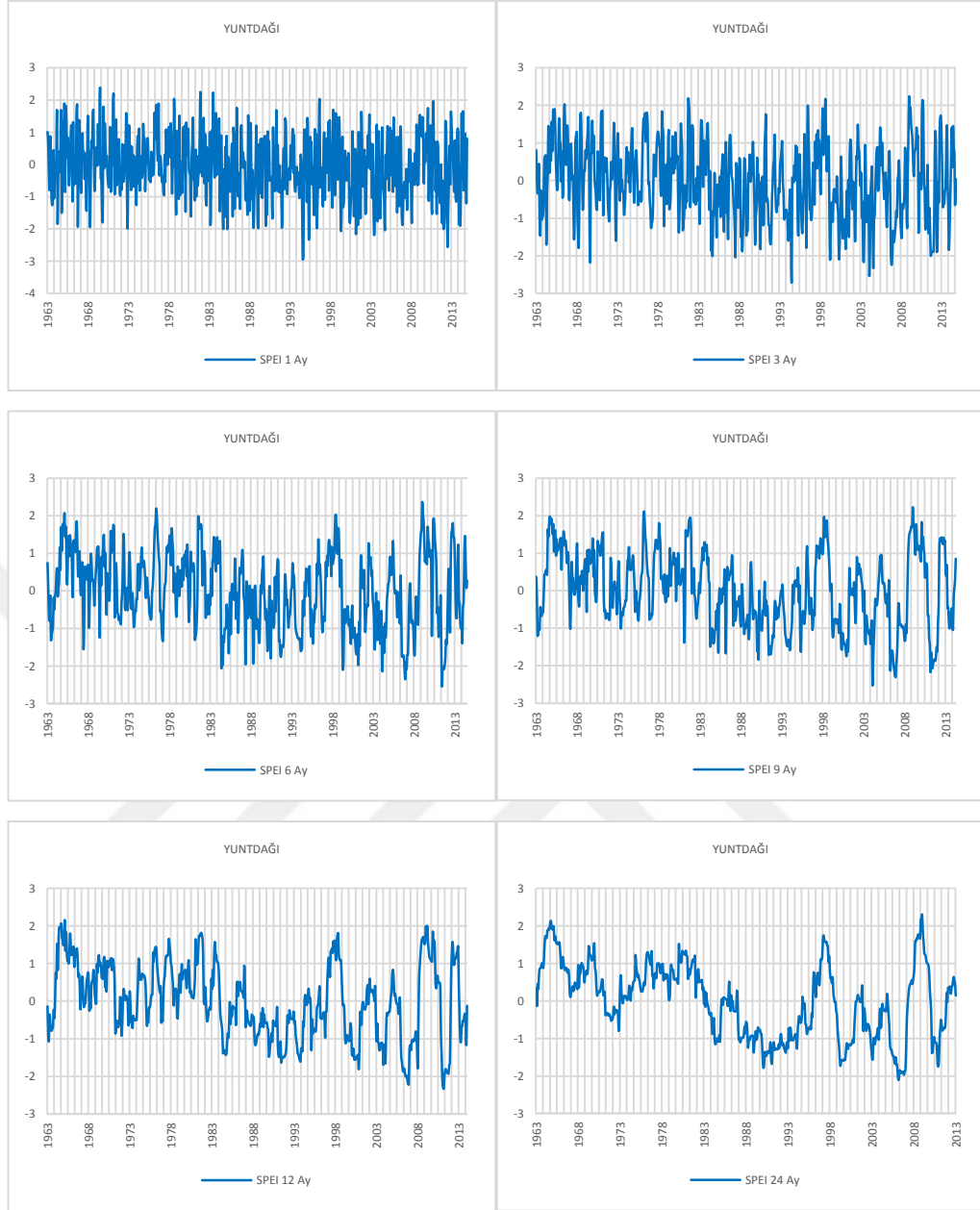
Şekil 1.D.1 Çitakköy istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



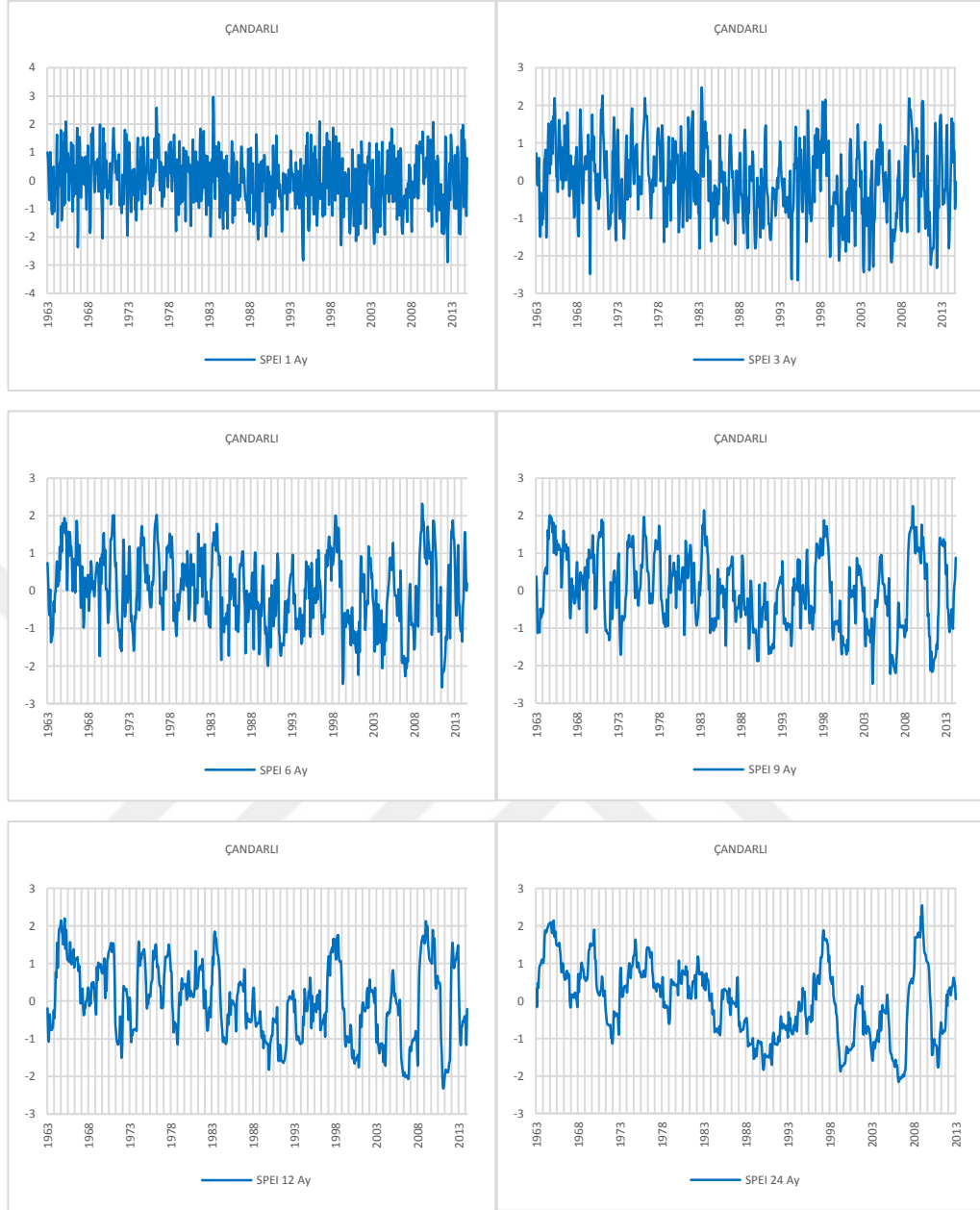
Şekil 1.D.2 Güzelhisar Barajı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



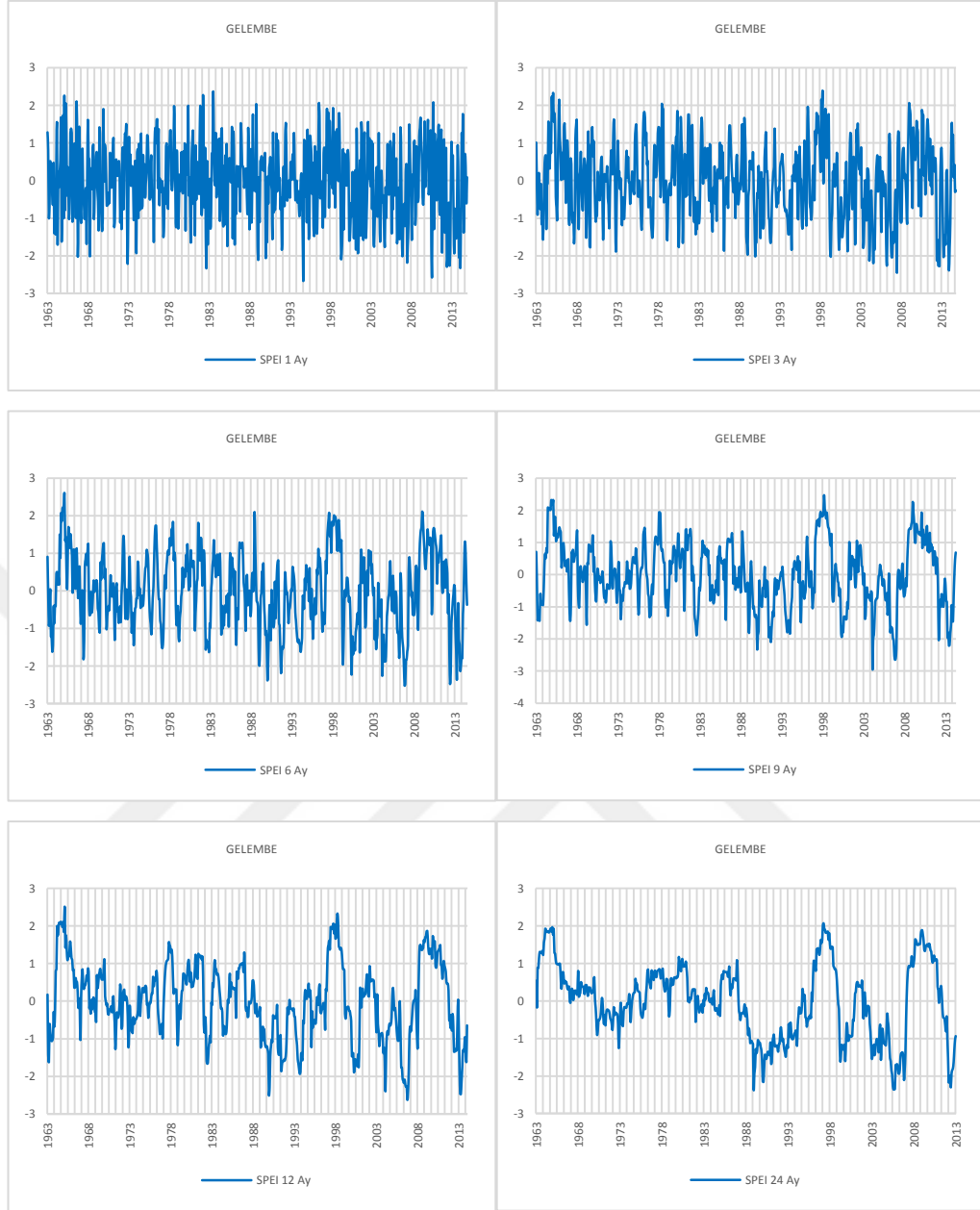
Şekil 1.D.3 Maldan istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



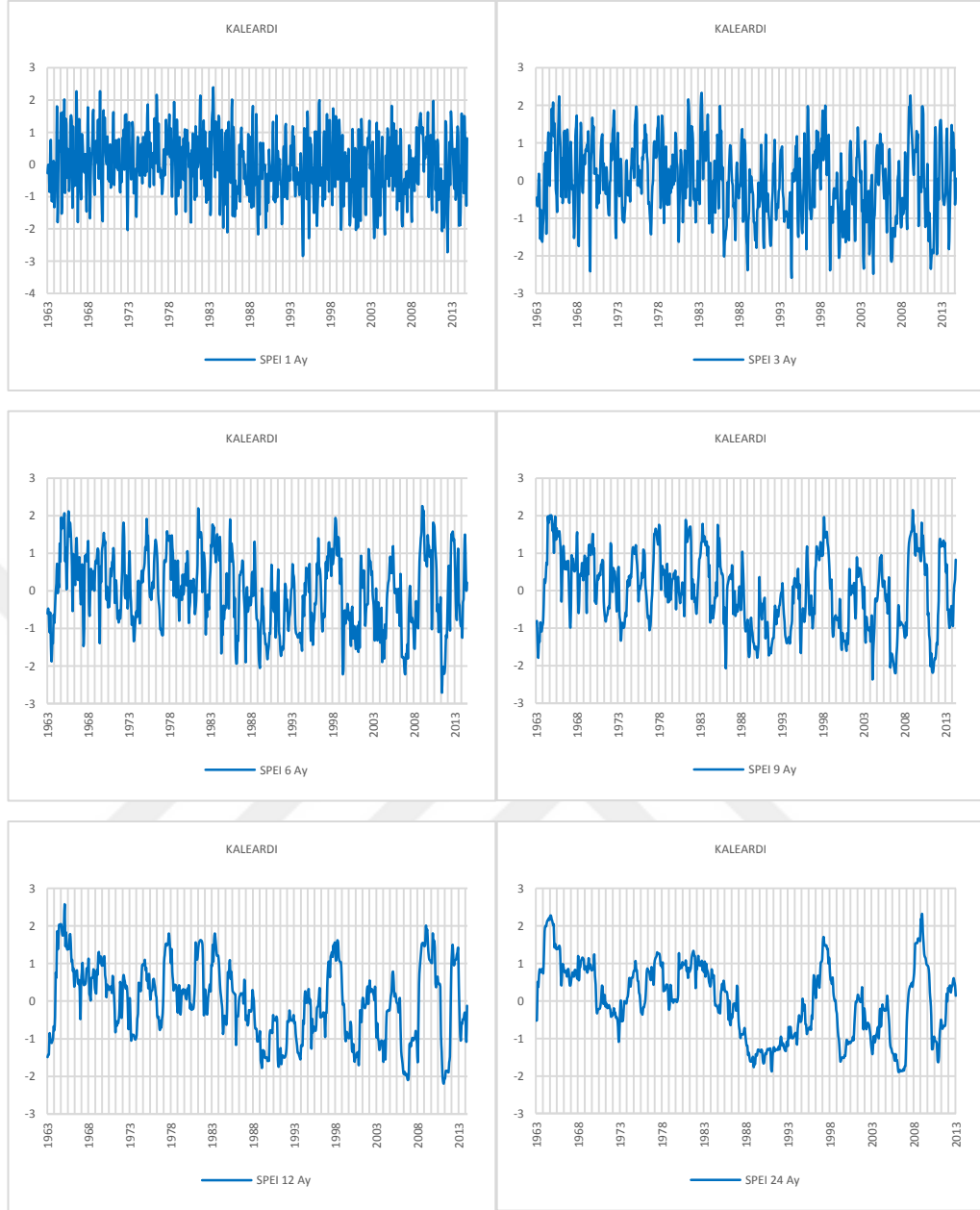
Şekil 1.D.4 Yuntdağı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



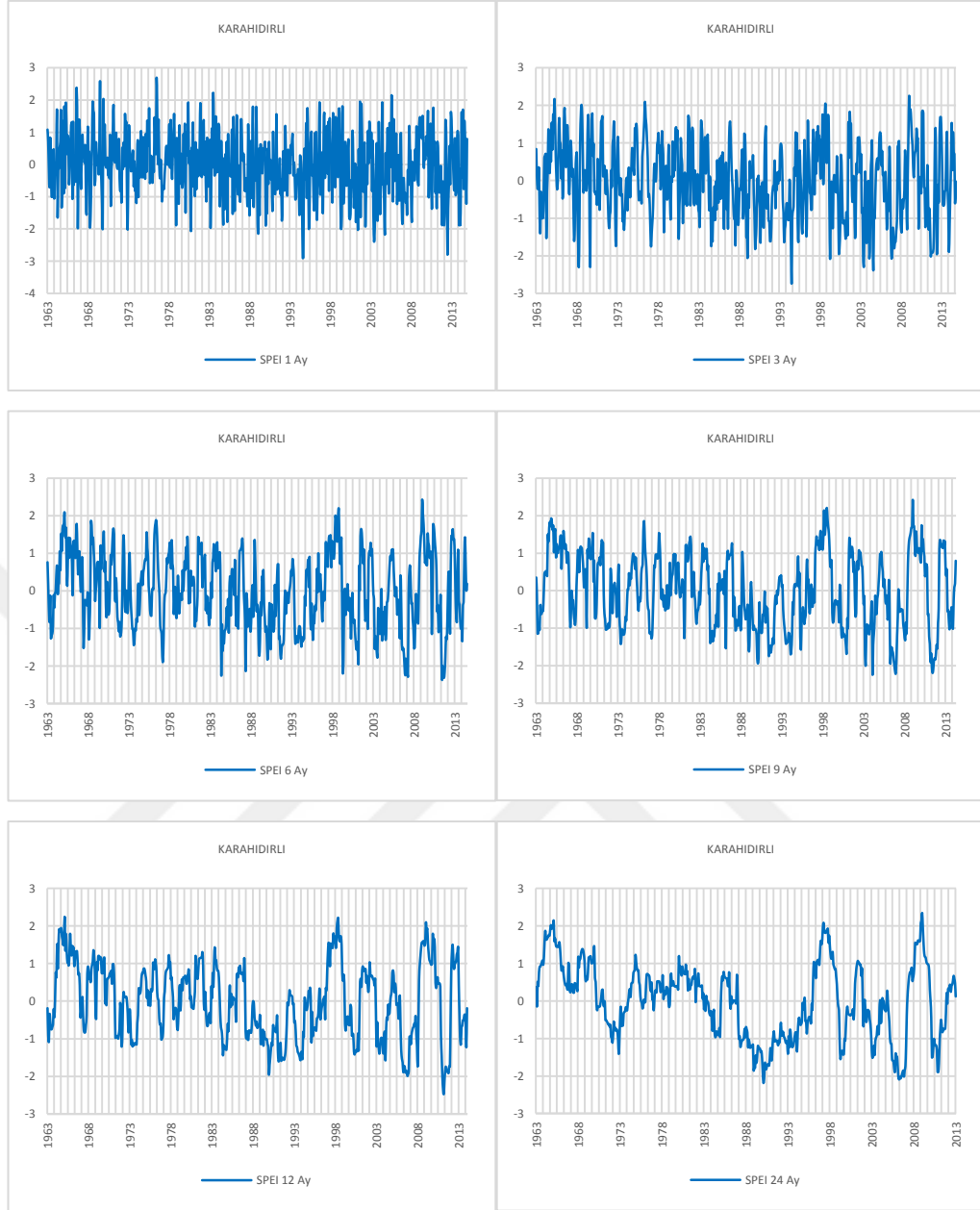
Şekil 1.D.5 Çandarlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



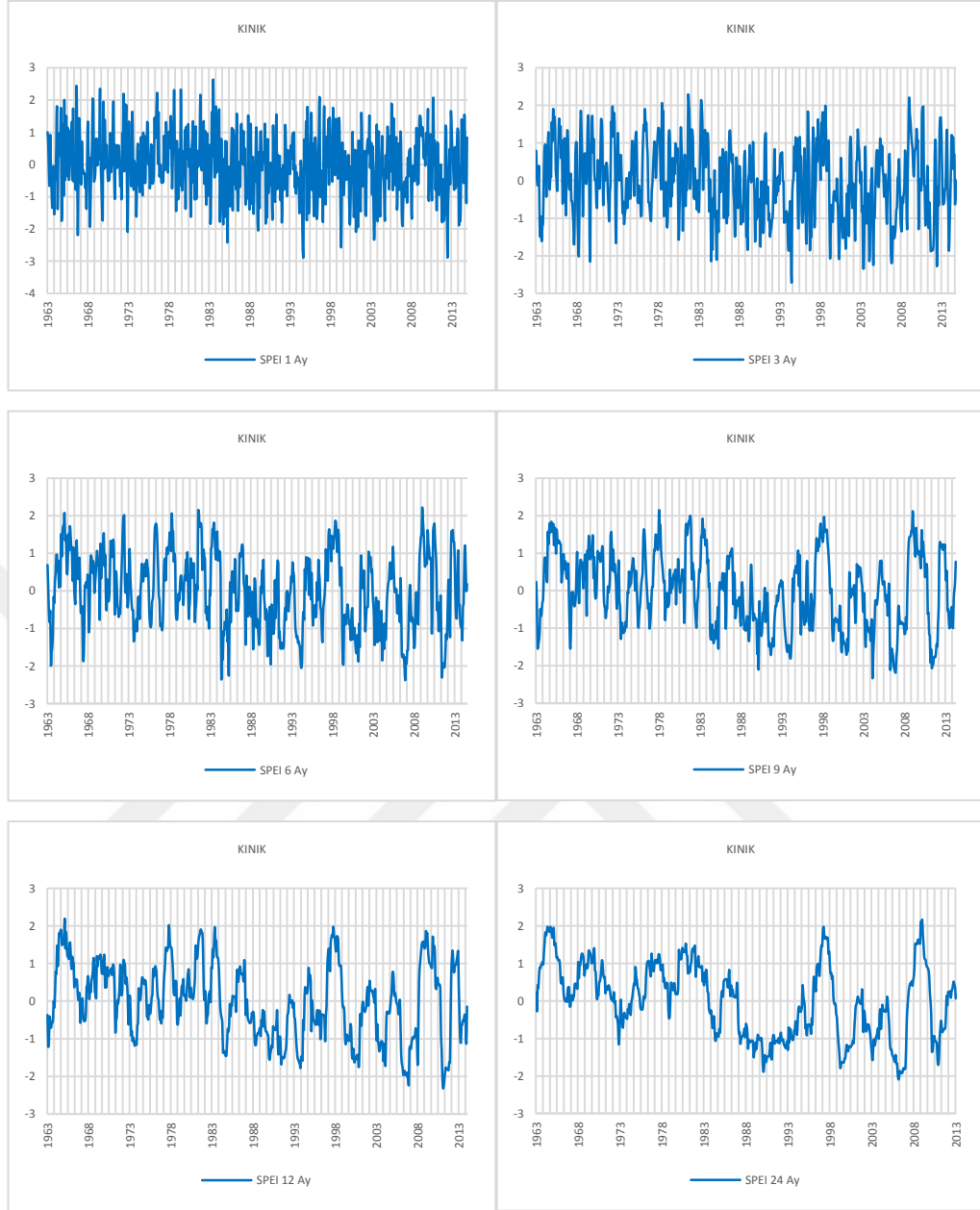
Şekil 1.D.6 Gelembé istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



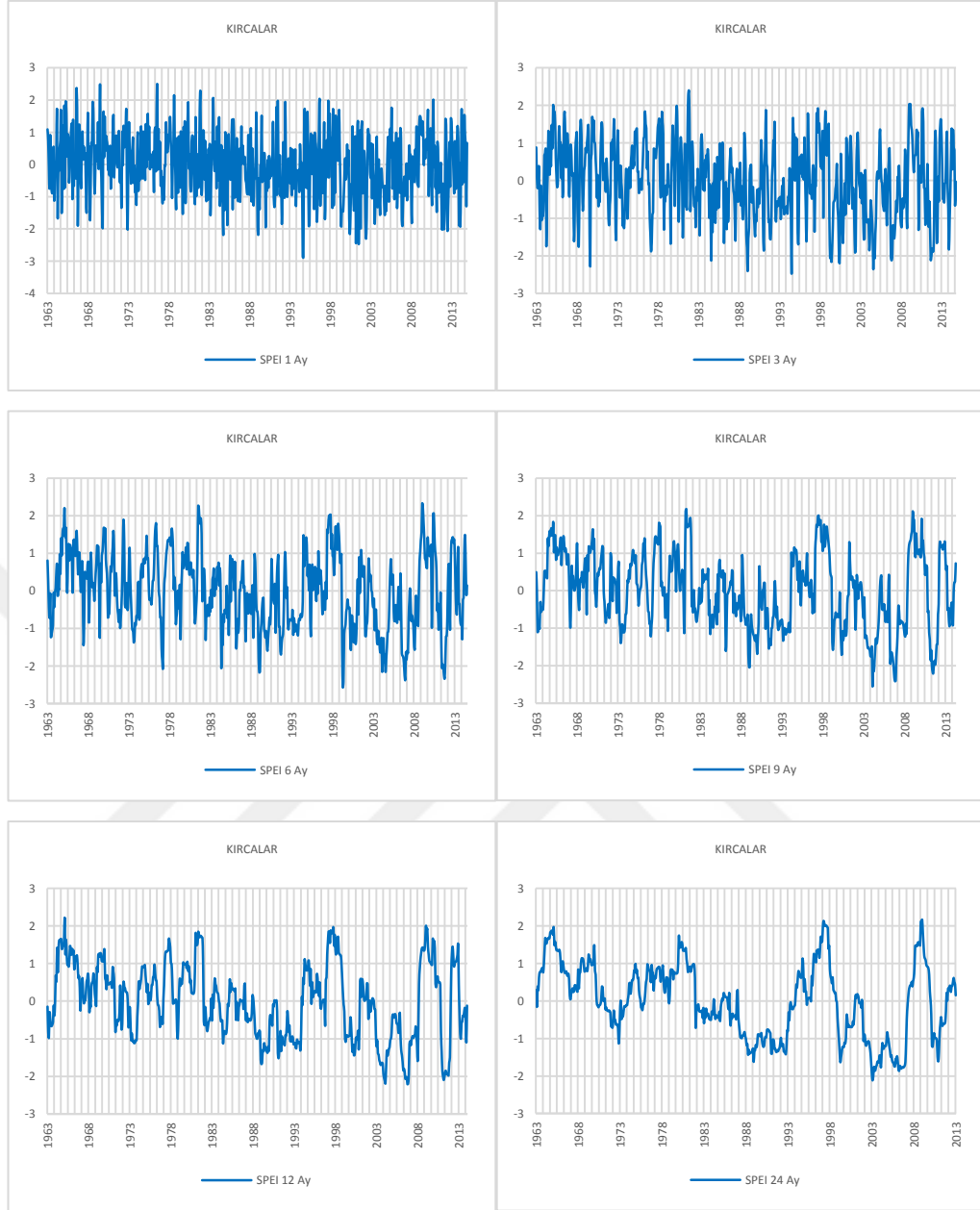
Şekil 1.D.7 Kaleardı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



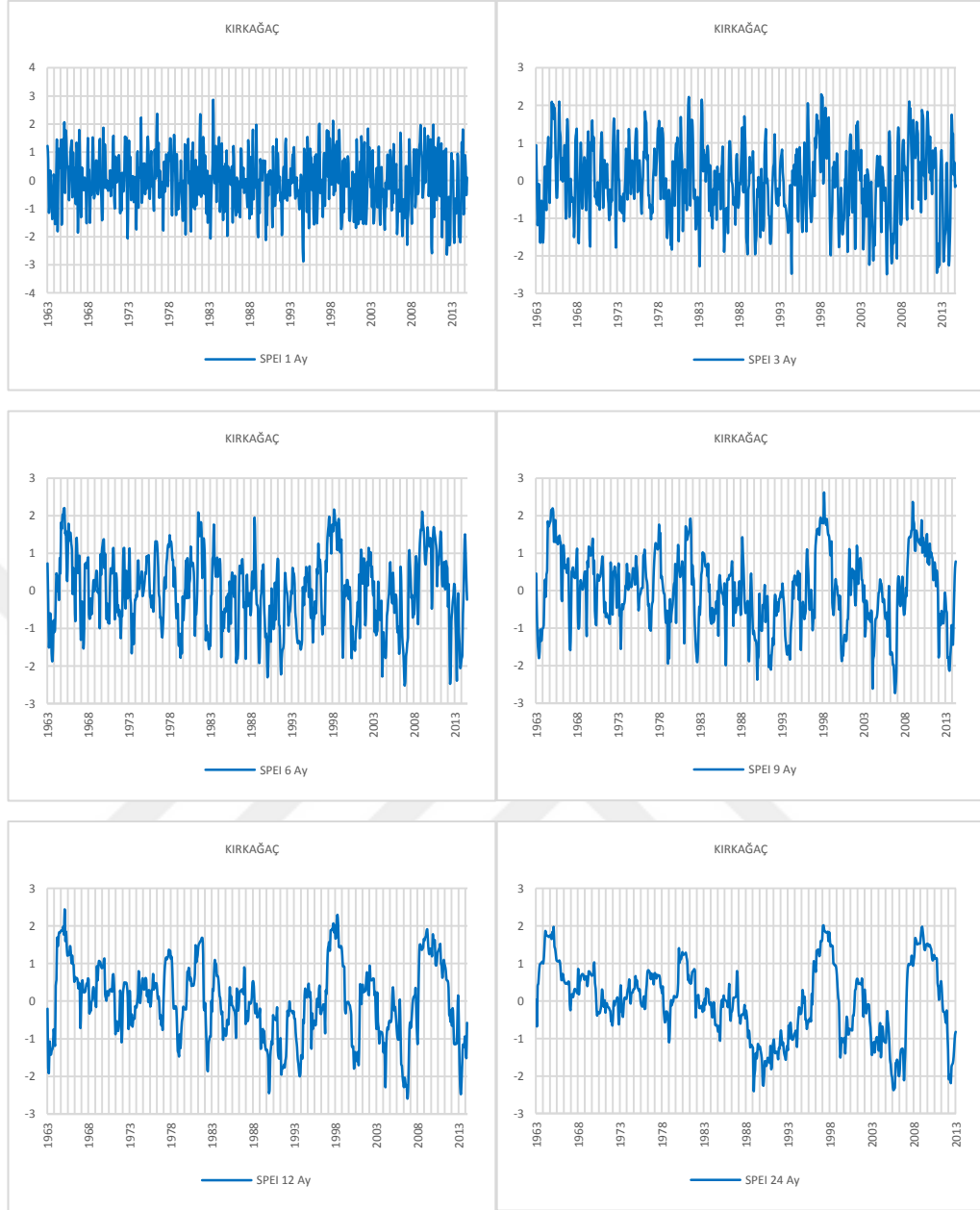
Şekil 1.D.8 Karahidirli istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



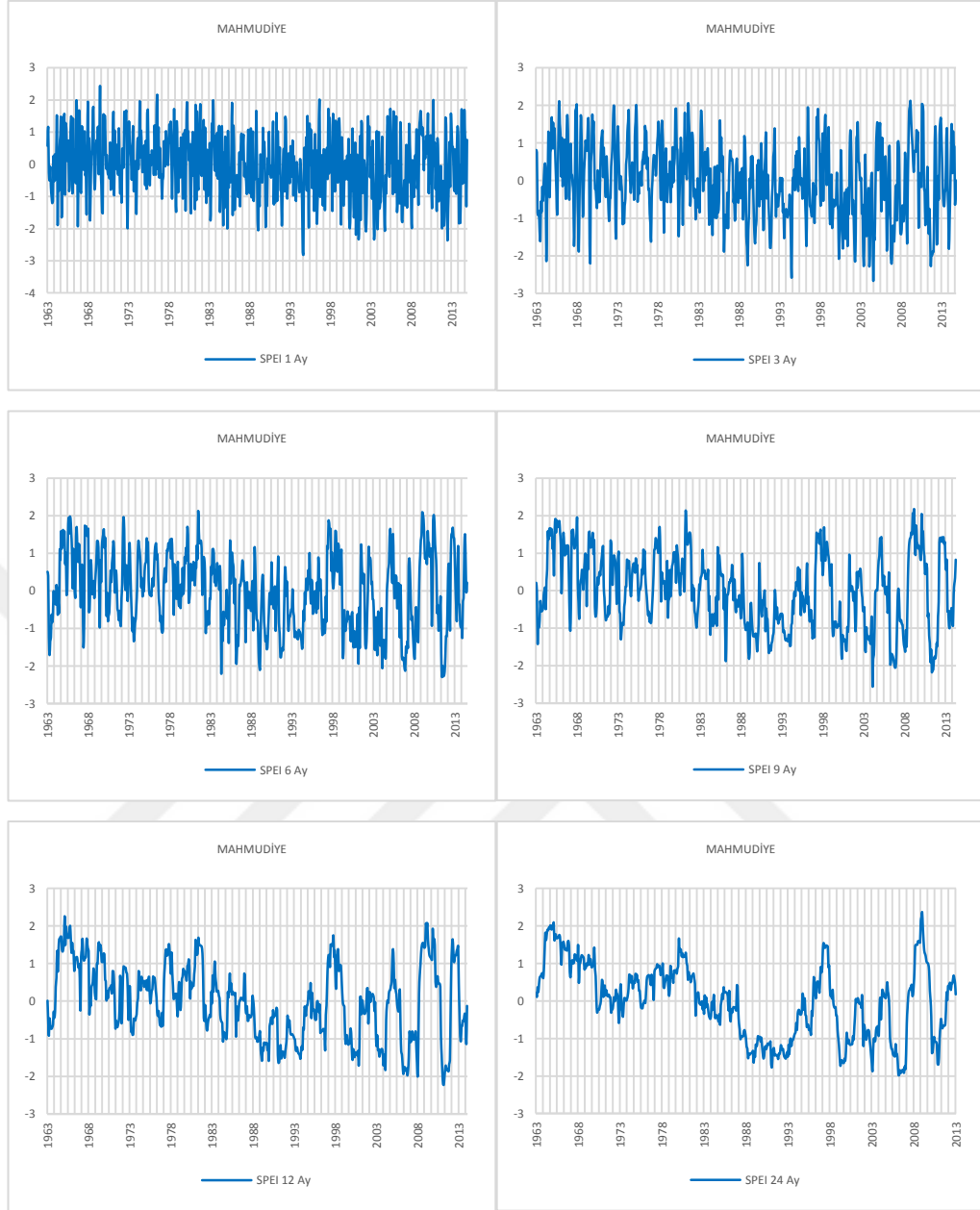
Şekil 1.D.9 Kınık istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



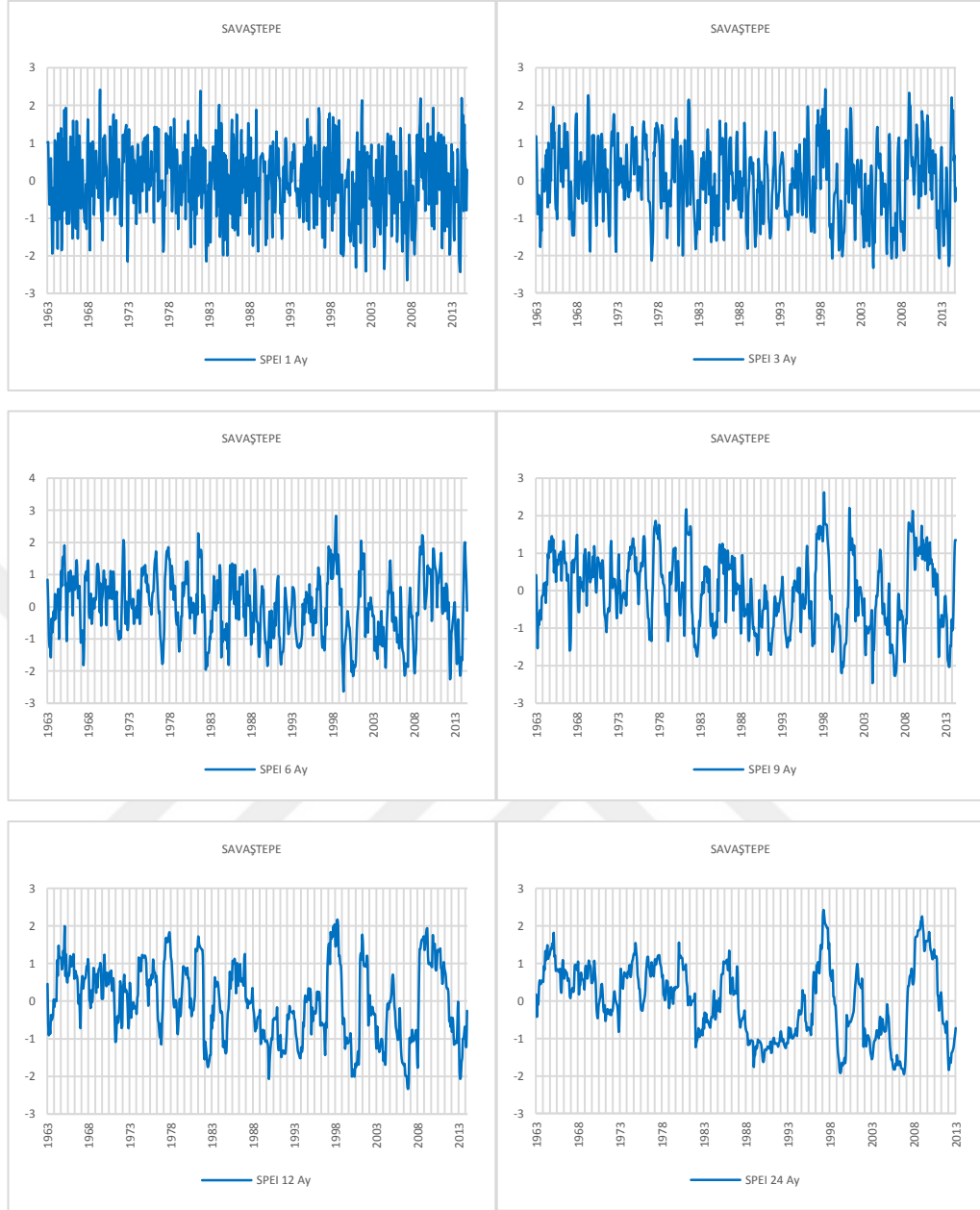
Şekil 1.D.10 Kircalar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



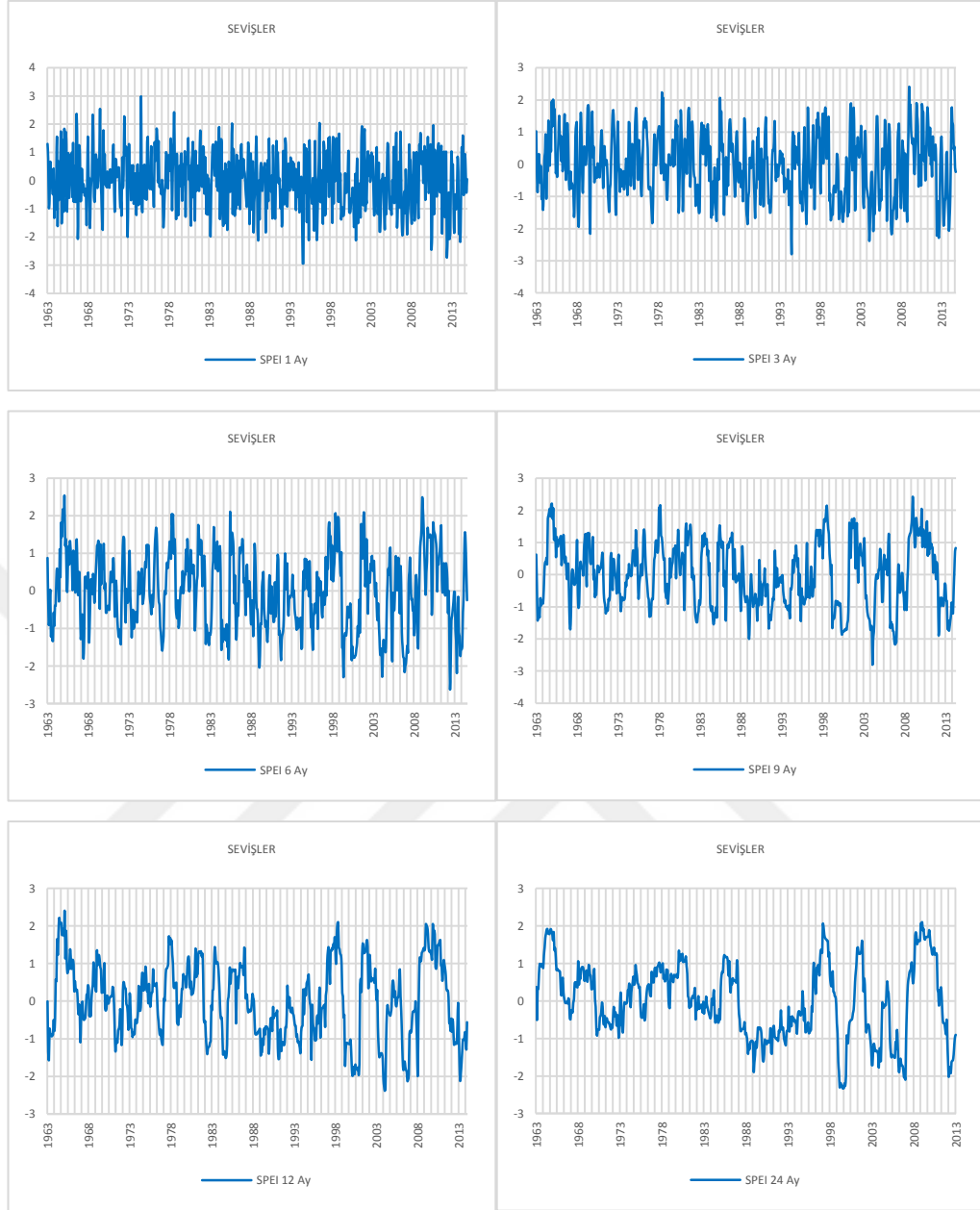
Şekil 1.D.11 Kırkağaç istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



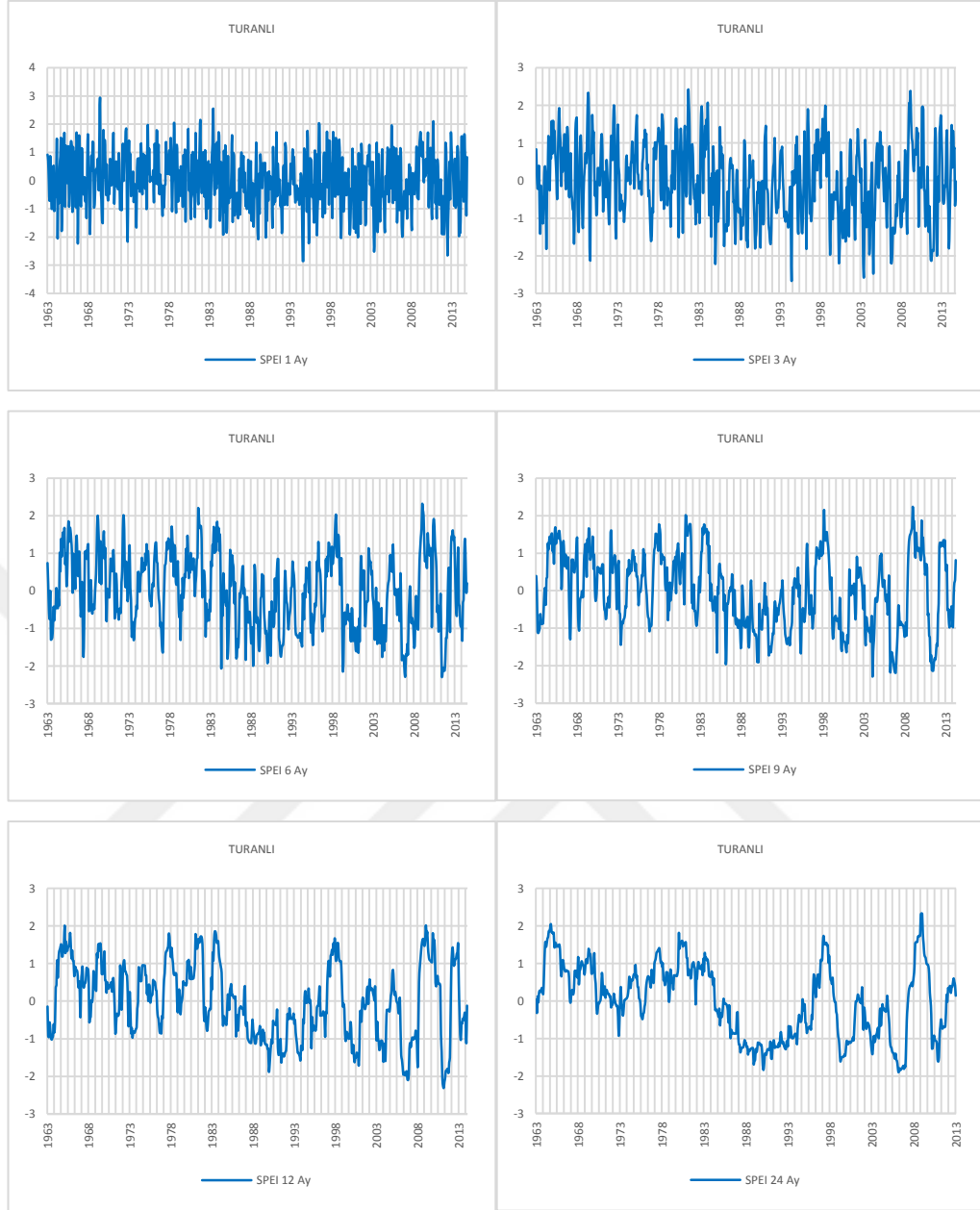
Şekil 1.D.12 Mahmudiye istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



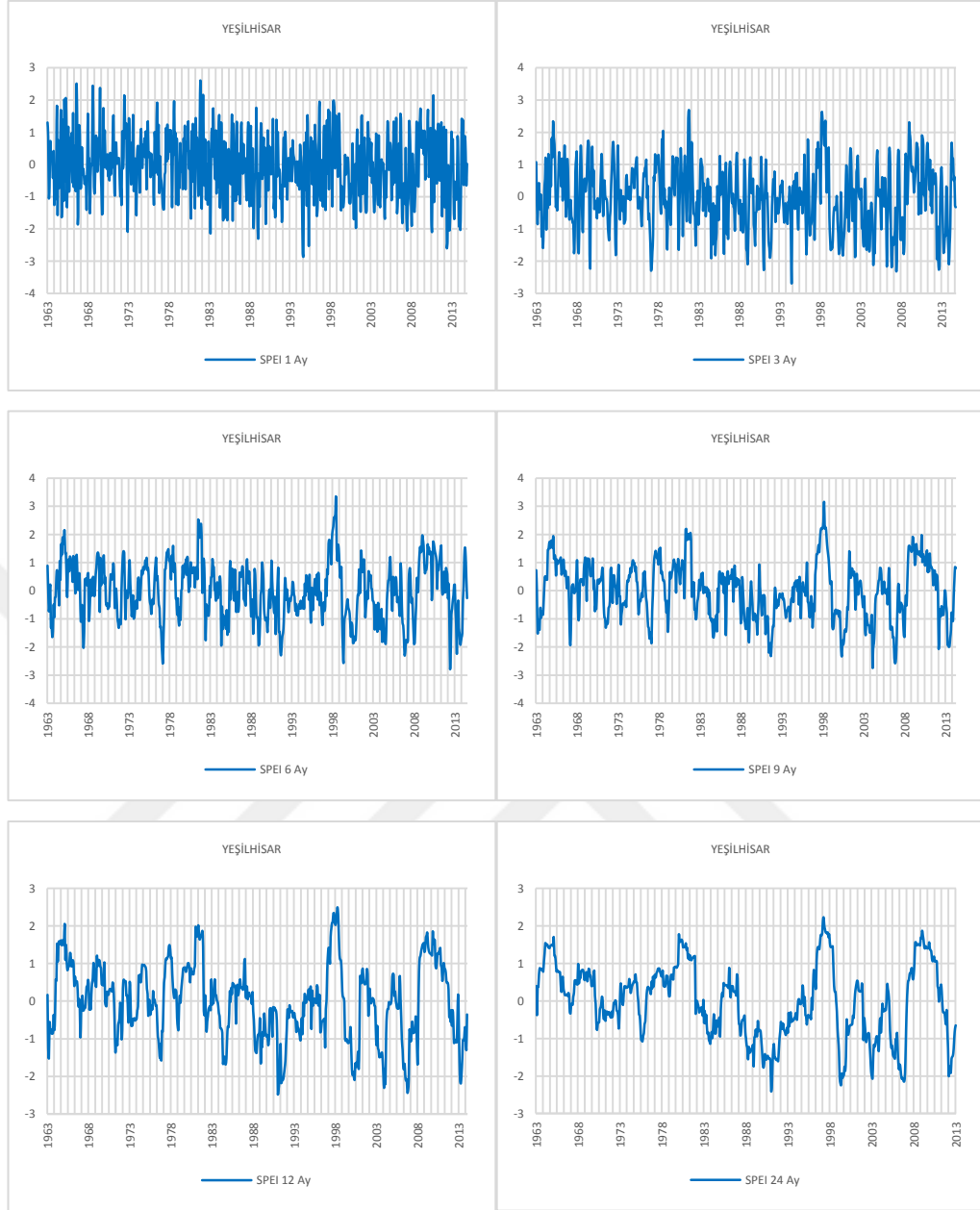
Şekil 1.D.13 Savaştepe istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



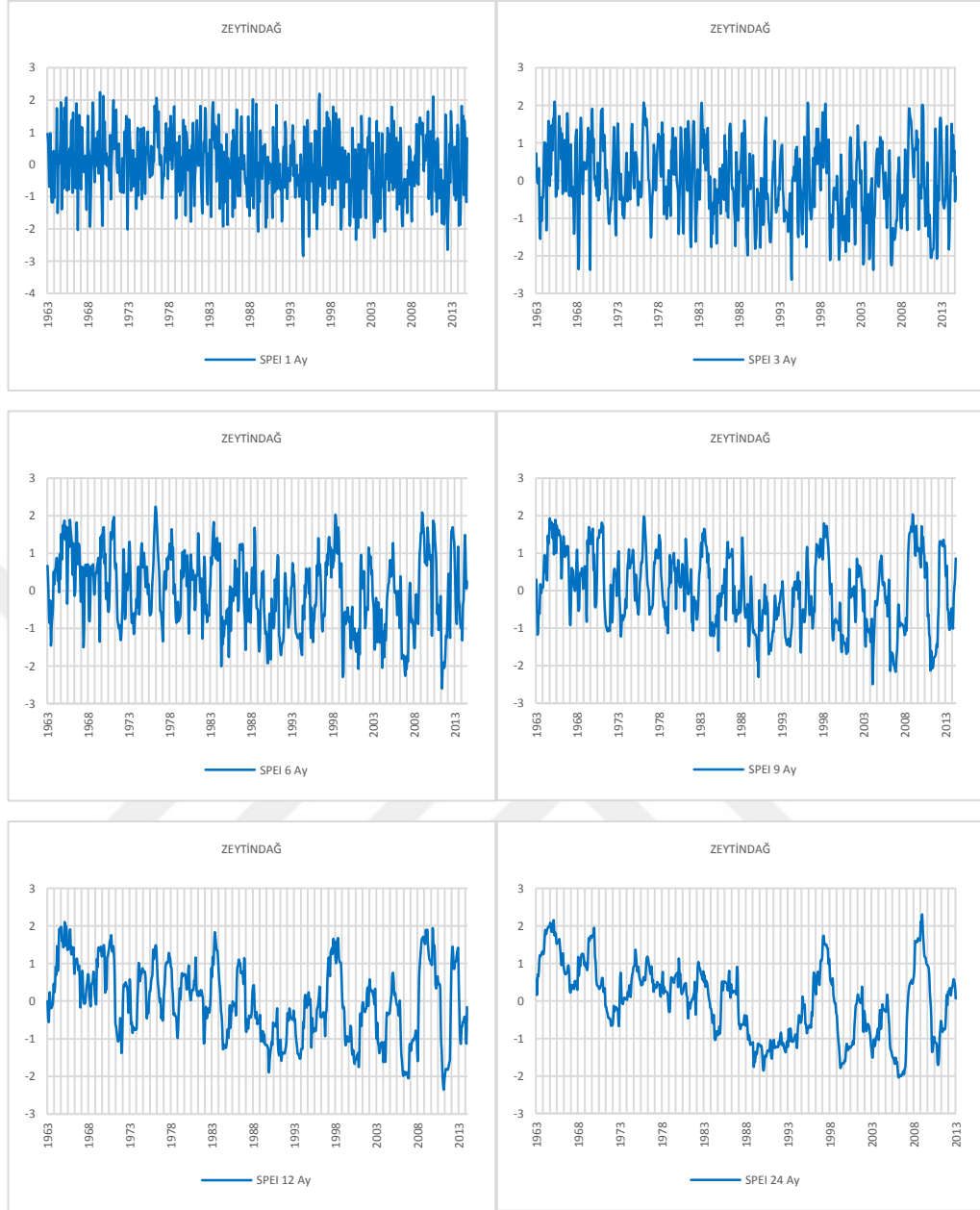
Şekil 1.D.14 Sevişler istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



Şekil 1.D.15 Turanlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



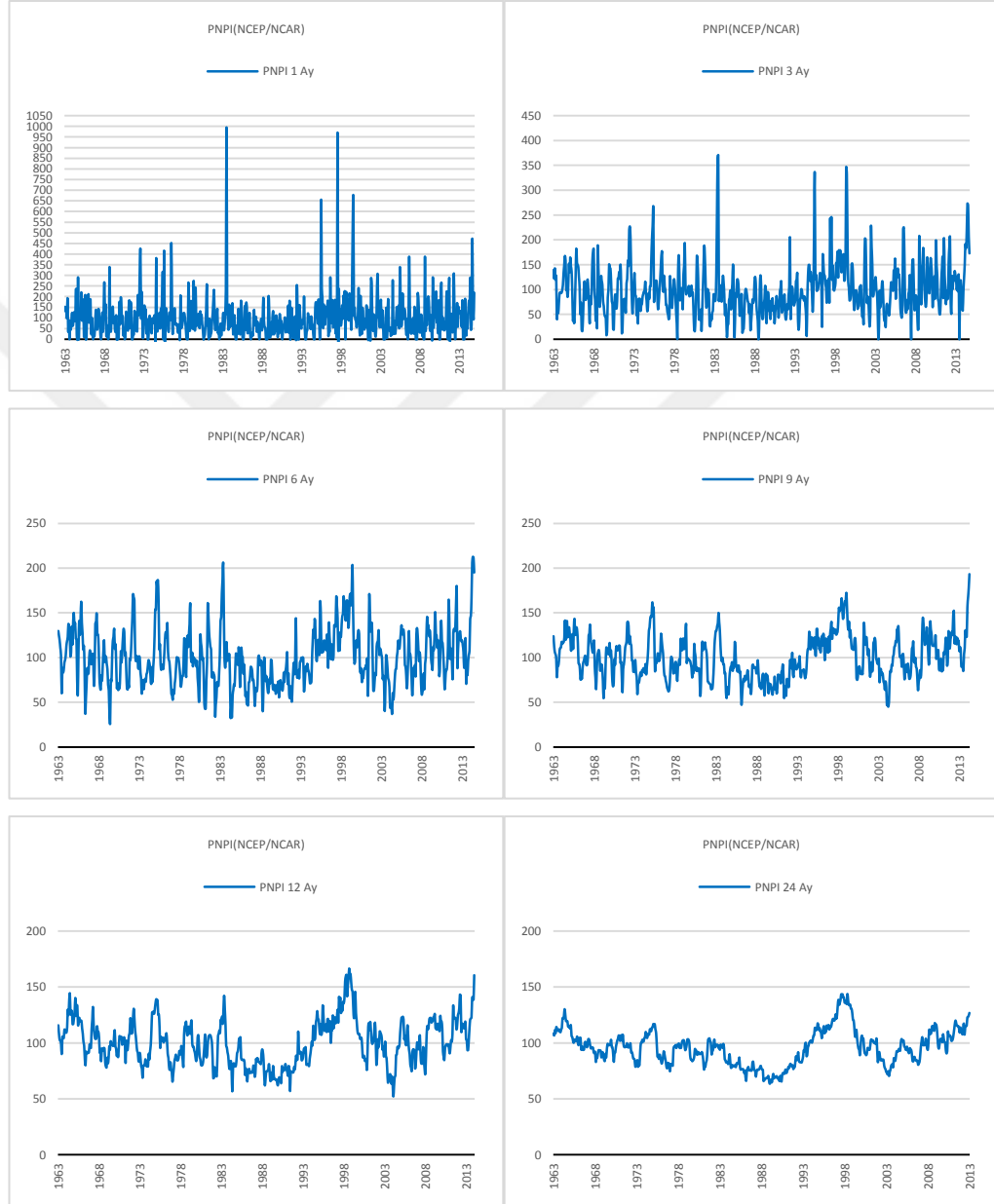
Şekil 1.D.16 Yeşilhisar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri



Şekil 1.D.17 Zeytindağ istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri

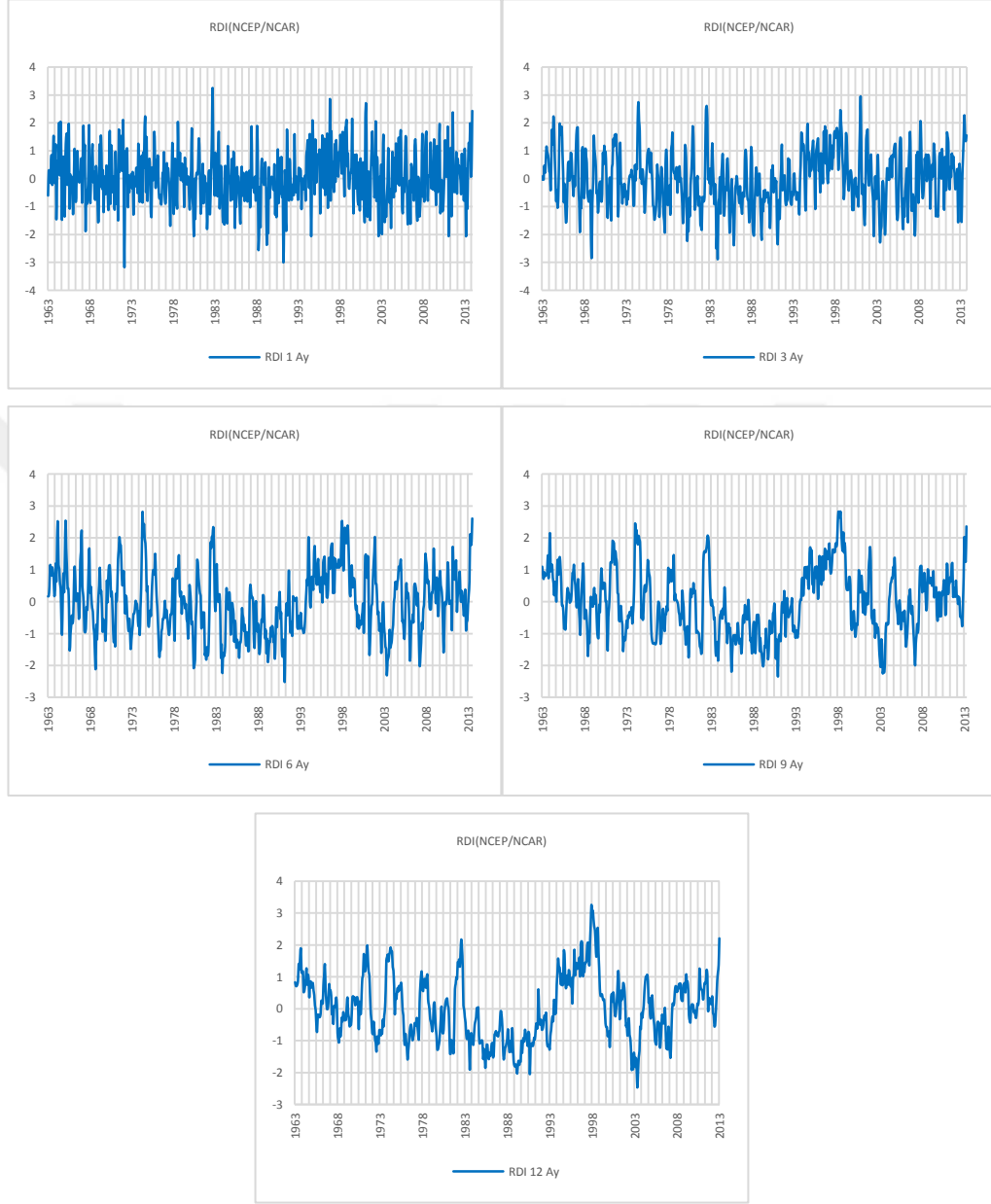
EK 2: NCEP/NCAR (atmosfer) Verilerinin Zamana Bağlı Kuraklık Değeri Grafikleri (1963-2014)

EK 2.A: PNPI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)



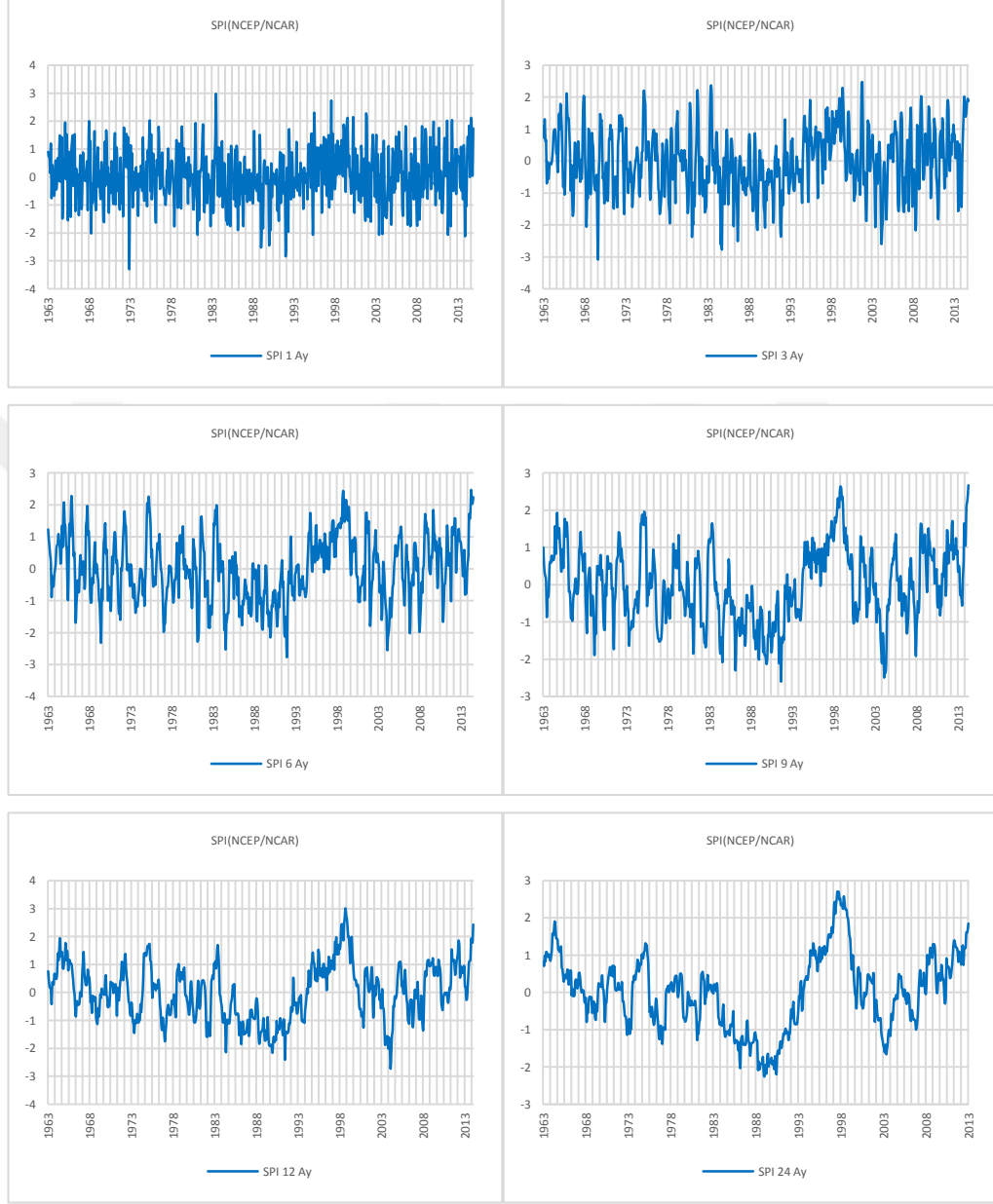
Şekil 2.A.1 NCEP/NCAR havza 1-3-6-9-12-24 aylık PNPI grafikleri

EK 2.B: RDI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)



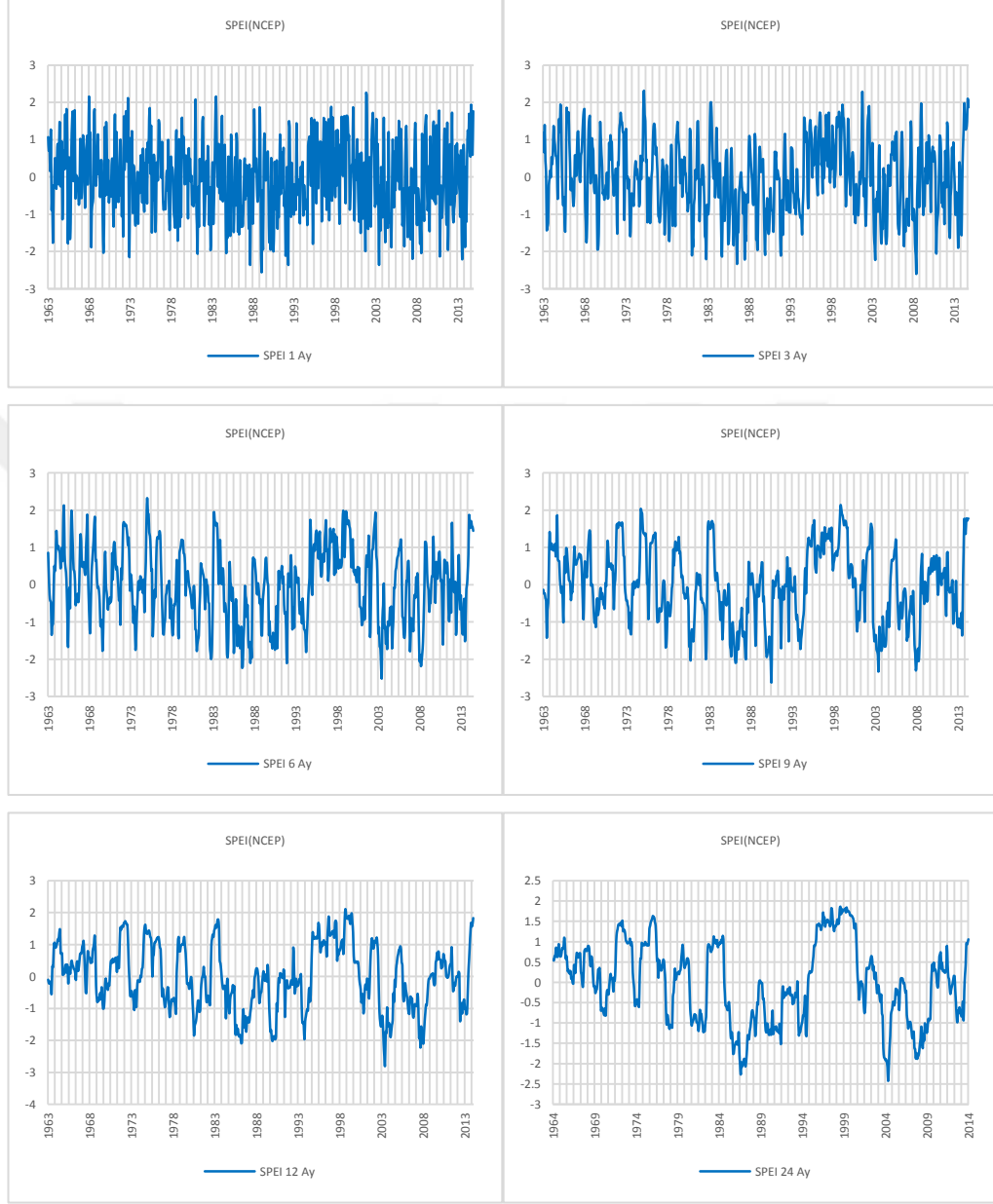
Şekil 2.B.1 NCEP/NCAR havza 1-3-6-9-12-24 aylık RDI grafikleri

EK 2.C: SPI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)



Şekil 2.C.1 NCEP/NCAR havza 1-3-6-9-12-24 aylık SPI grafikleri

EK 2.D: SPEI Zaman Serileri (1-3-6-9-12-24 aylık)

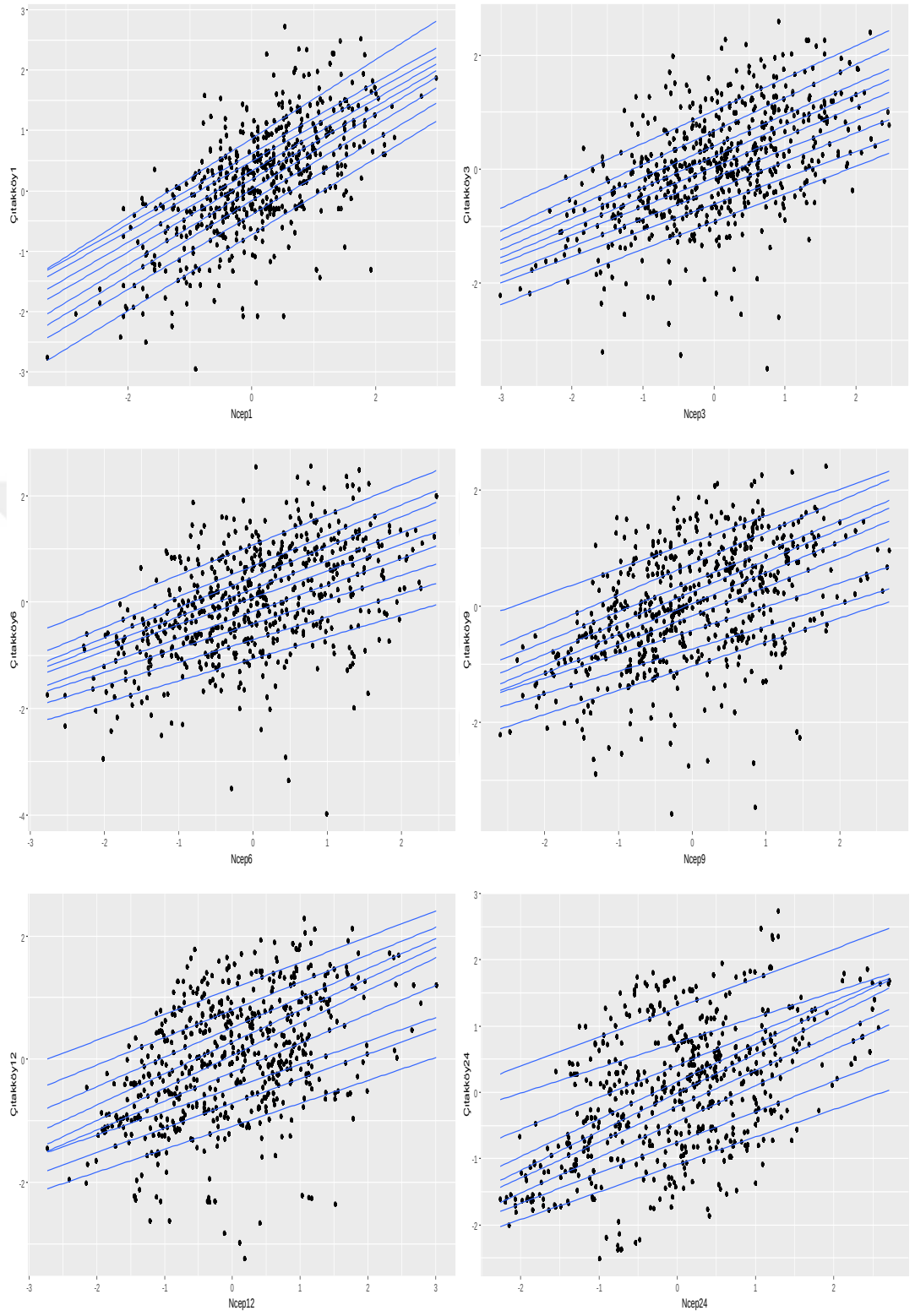


Şekil 2.D.1 NCEP/NCAR havza 1-3-6-9-12-24 aylık SPEI grafikleri

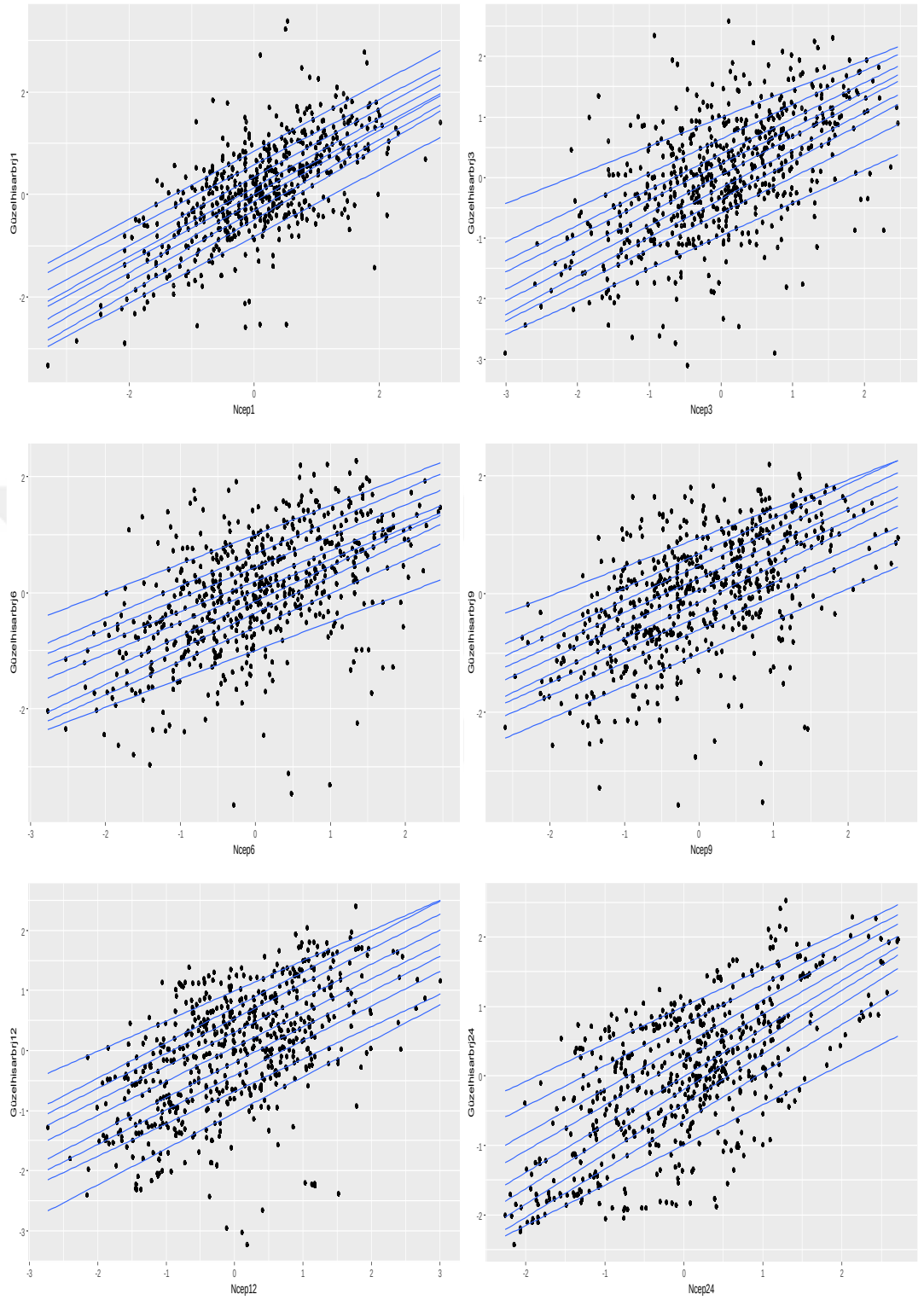
EK 3: İstasyon ve Atmosfer SPI İlişkisine Ait Kuantil Regresyon Grafikleri (1-3-6-9-12-24 aylık)

EK 3.A: Kuantil Regresyon Grafikleri ($\tau=0,1-0,2-0,3-0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9$)

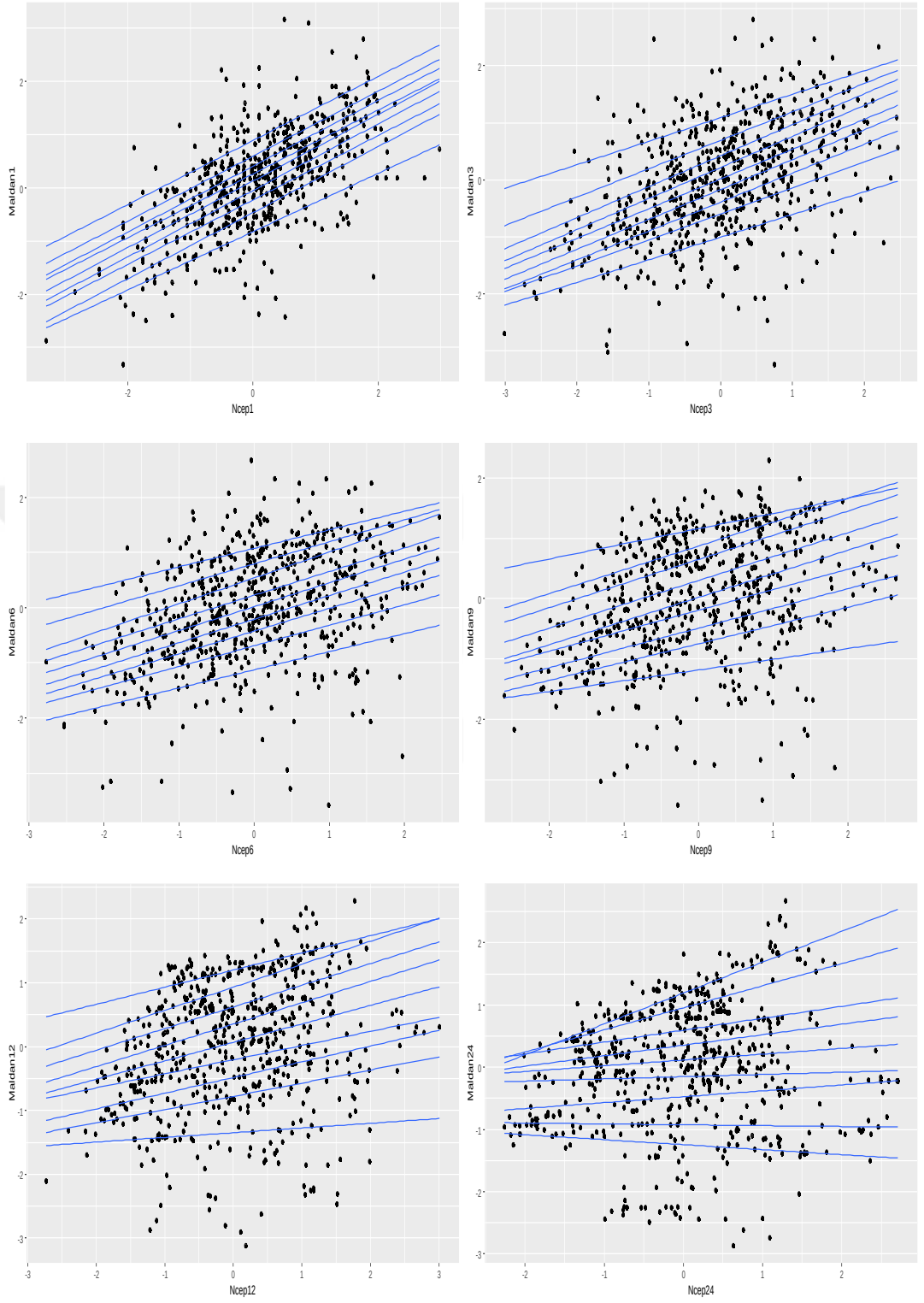




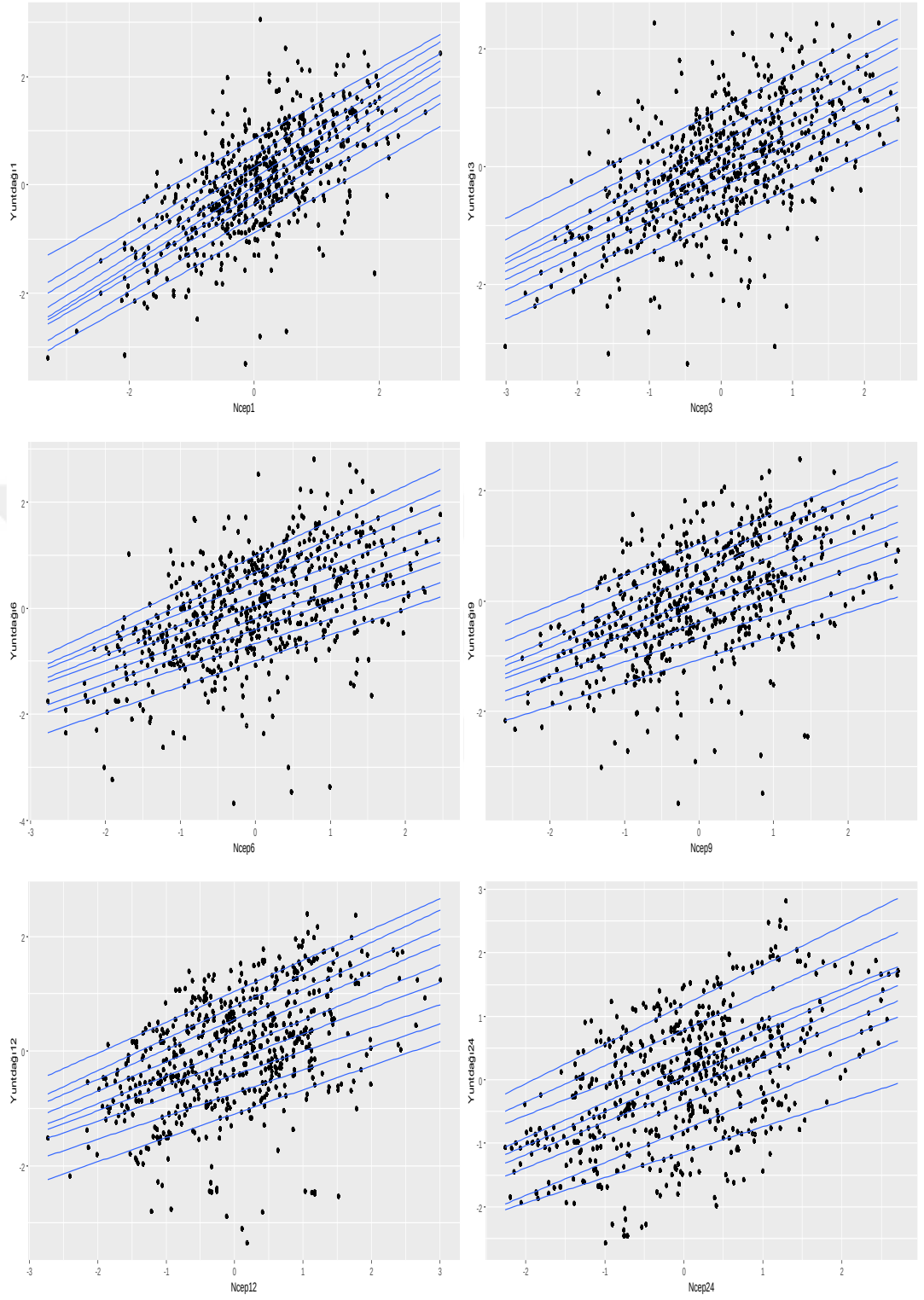
Şekil 3.A.1 Çitakköy istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



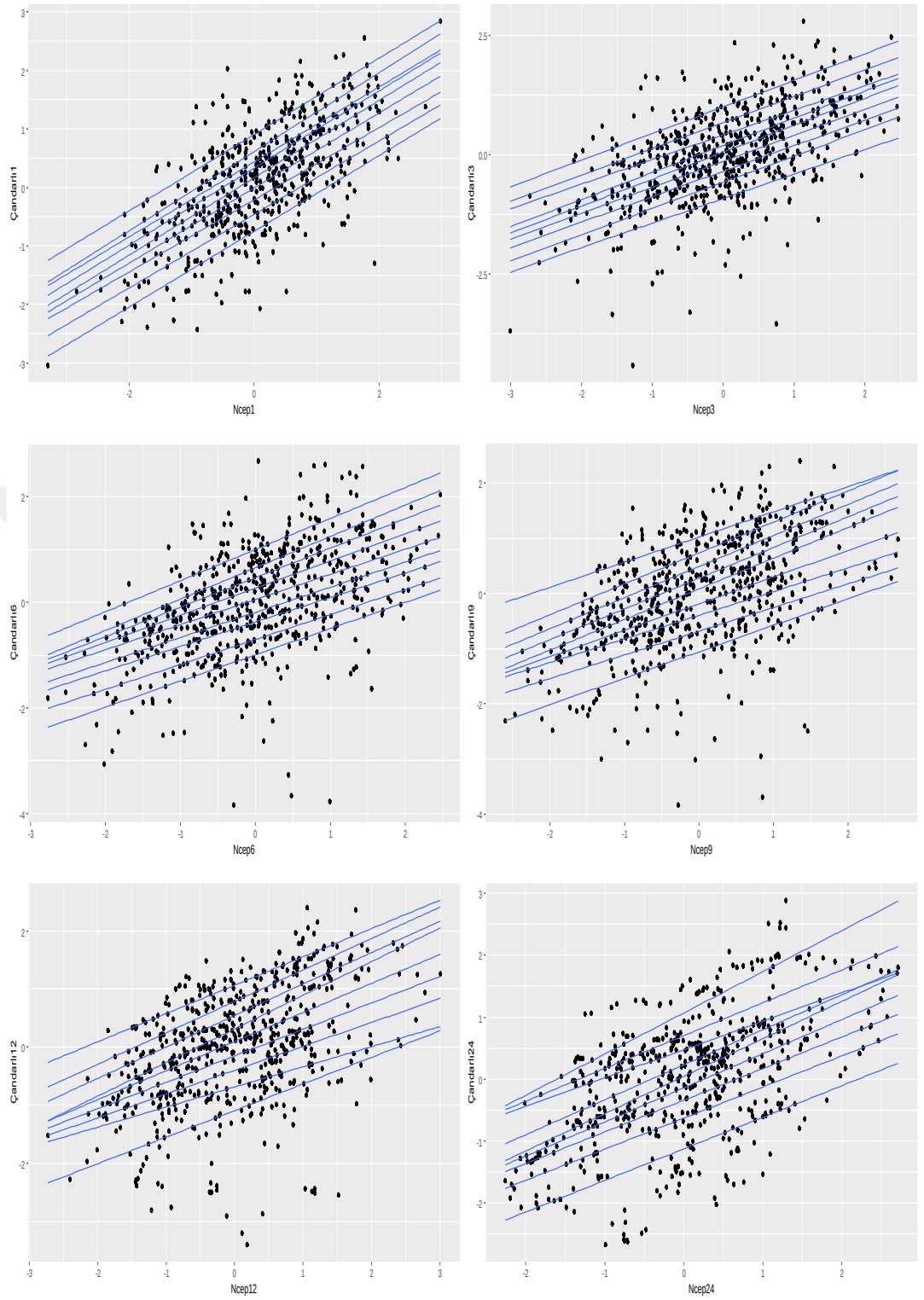
Şekil 3.A.2 Güzelhisar Barajı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



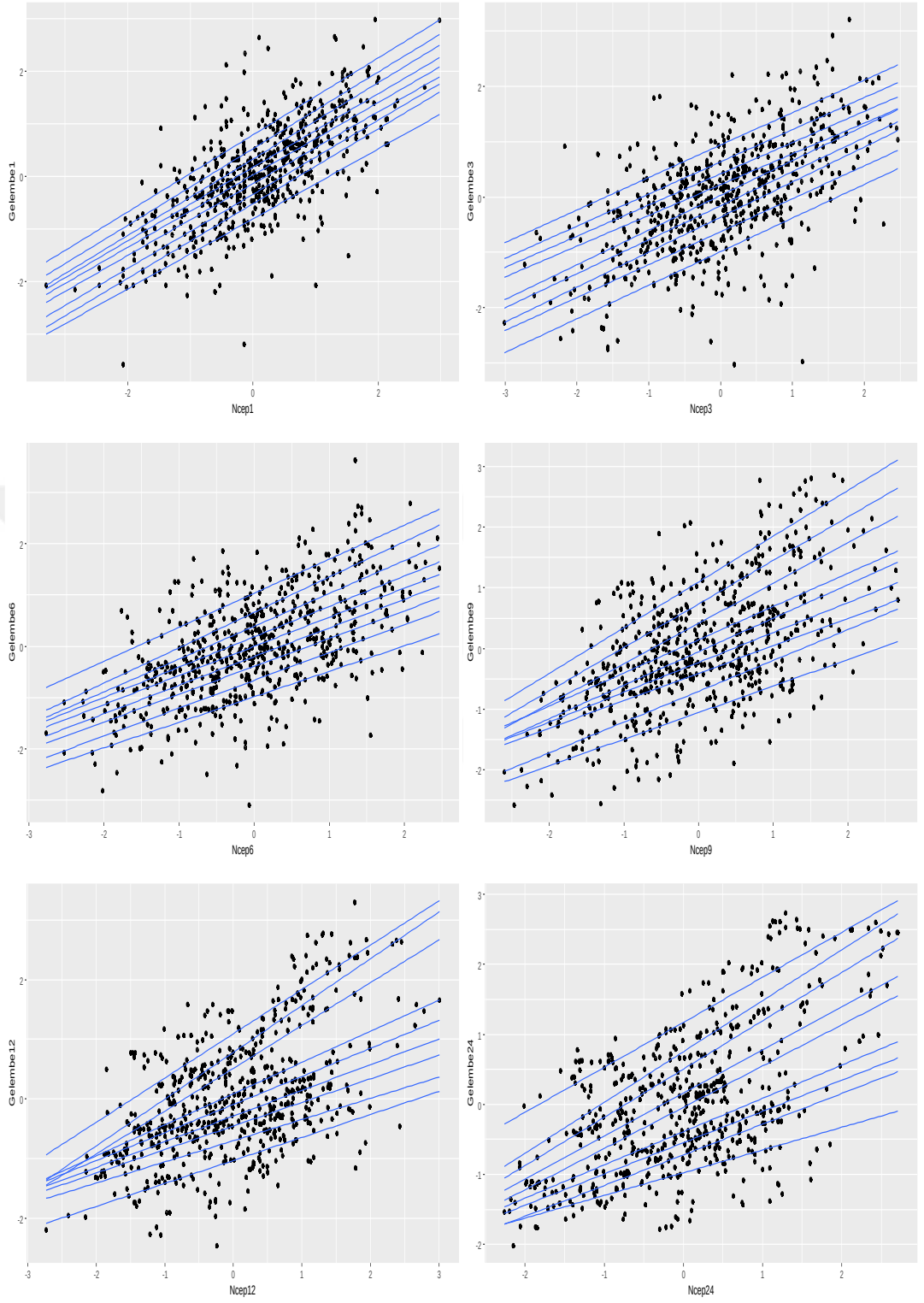
Şekil 3.A.3 Maldan istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



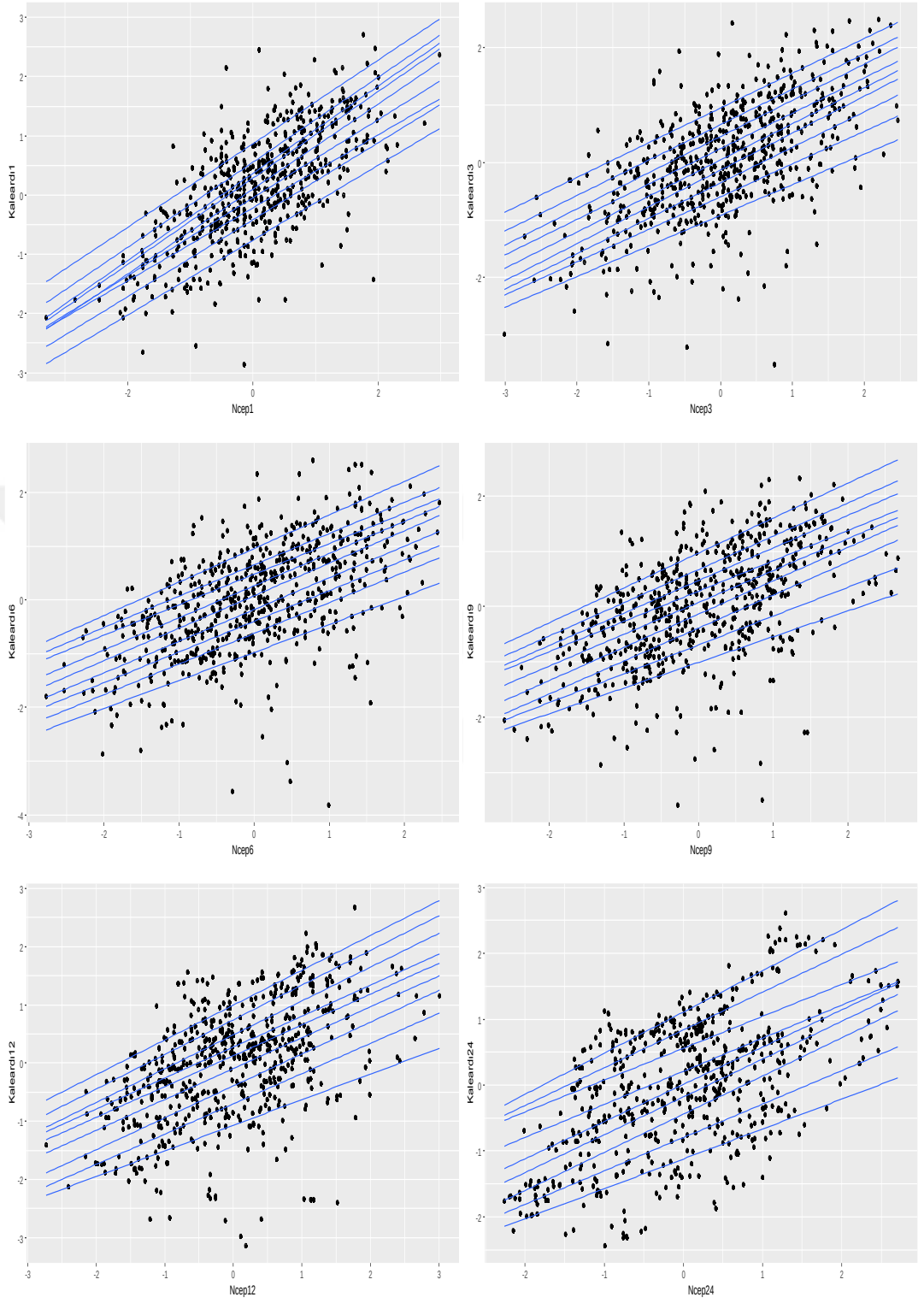
Şekil 3.A.4 Yunt dağıstasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



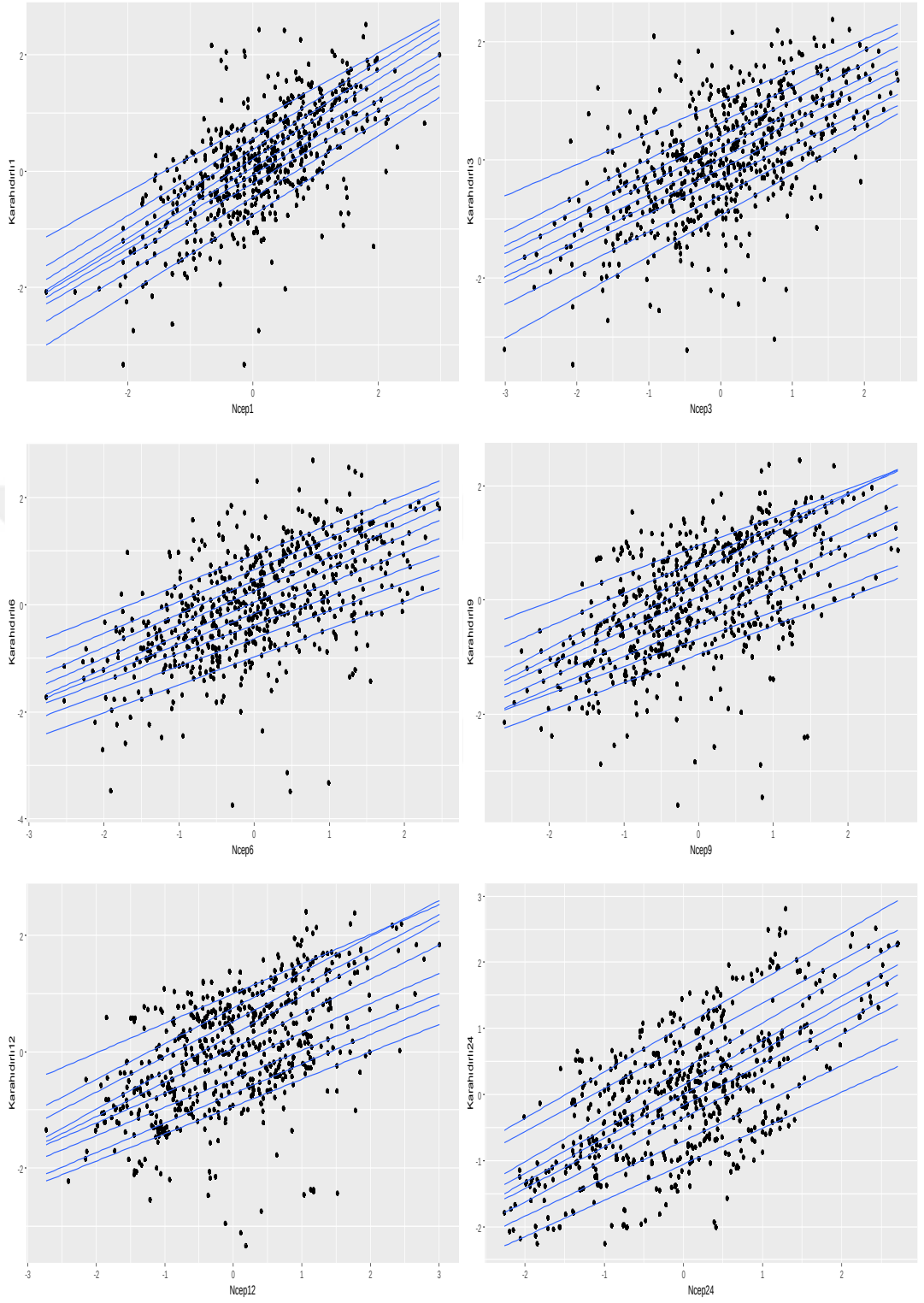
Şekil 3.A.5 Çandarlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



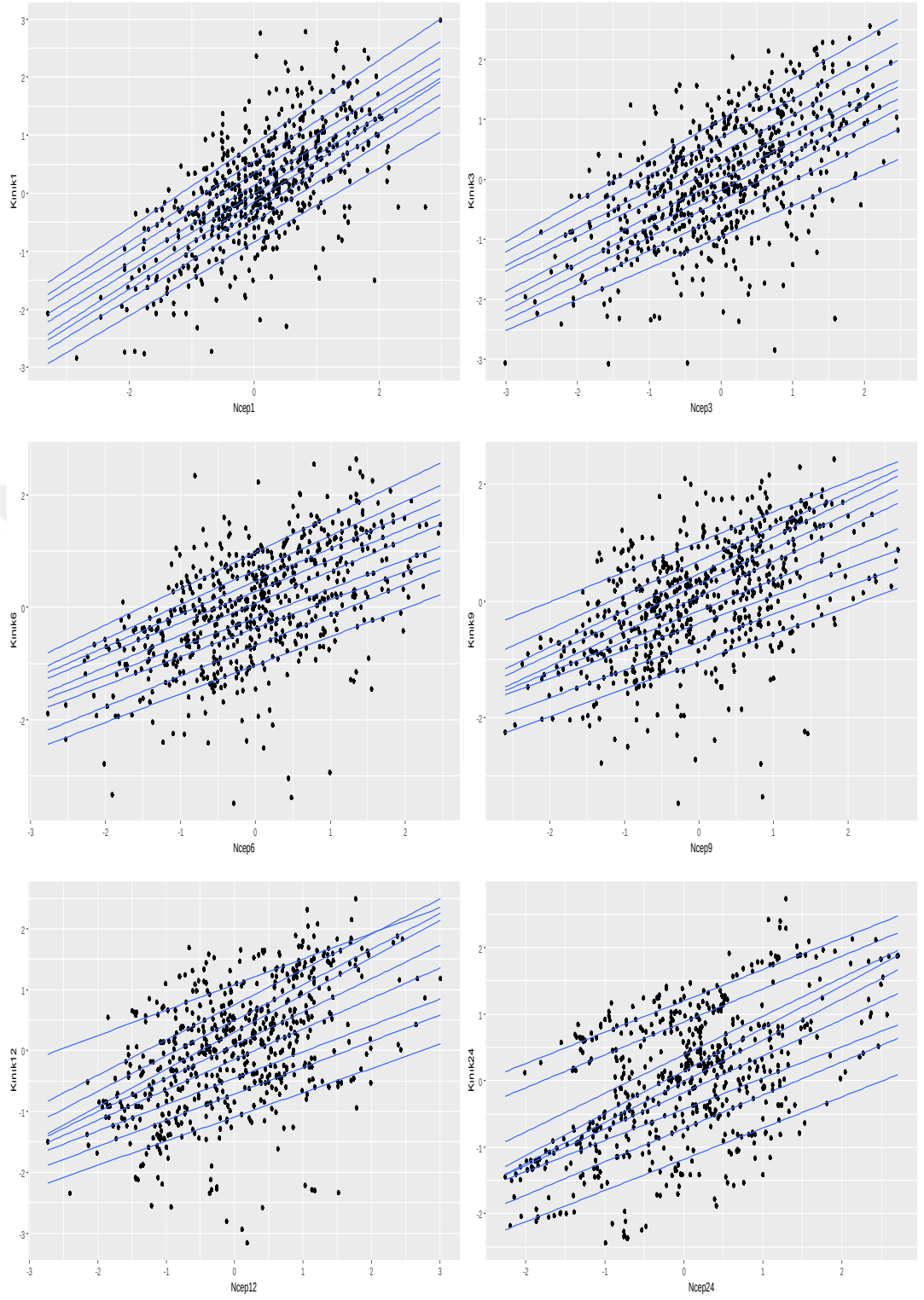
Şekil 3.A.6 Gelembel istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



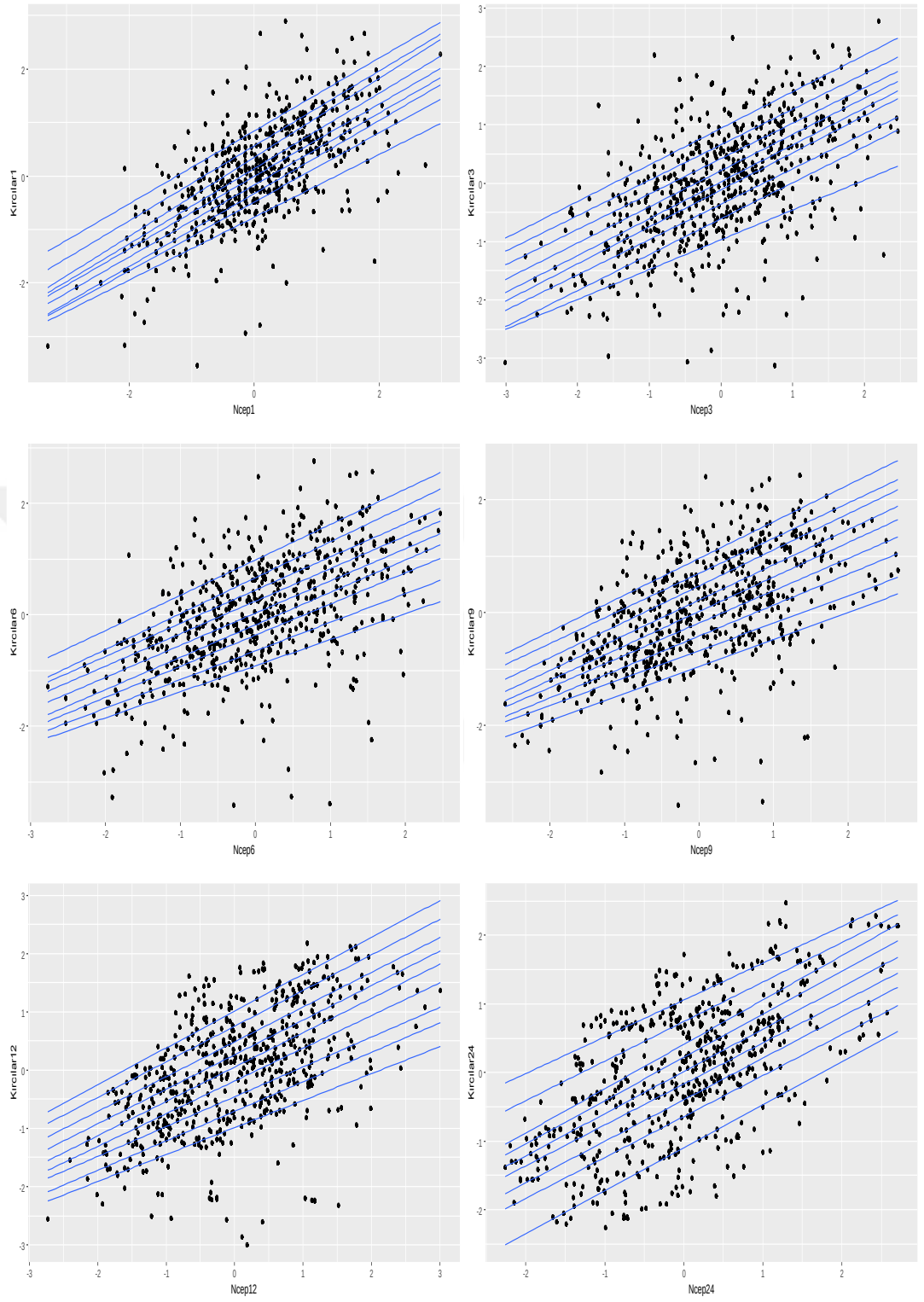
Şekil 3.A.7 Kaleardı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



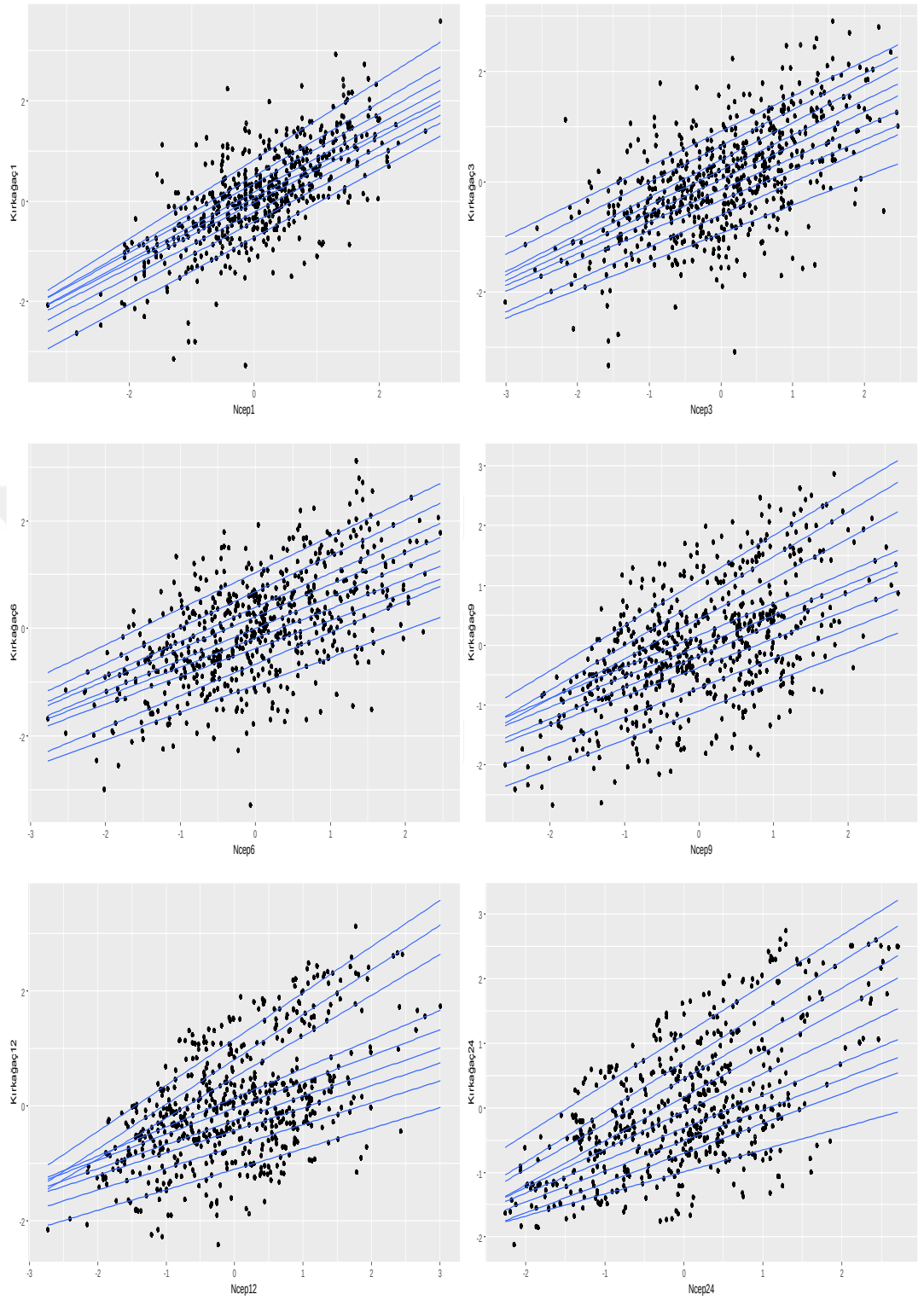
Şekil 3.A.8 Karahıdırlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



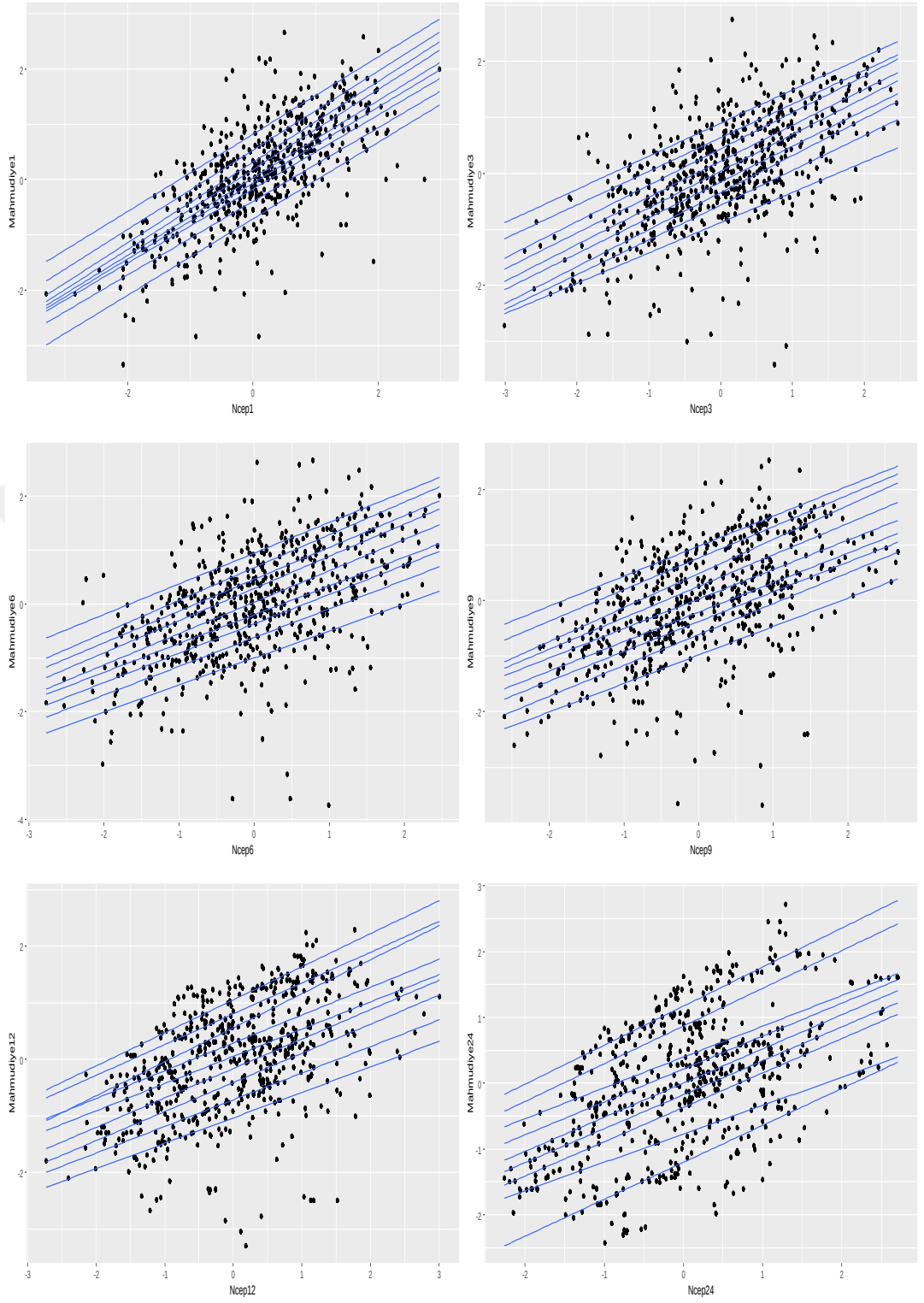
Şekil 3.A.9 Kınık istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



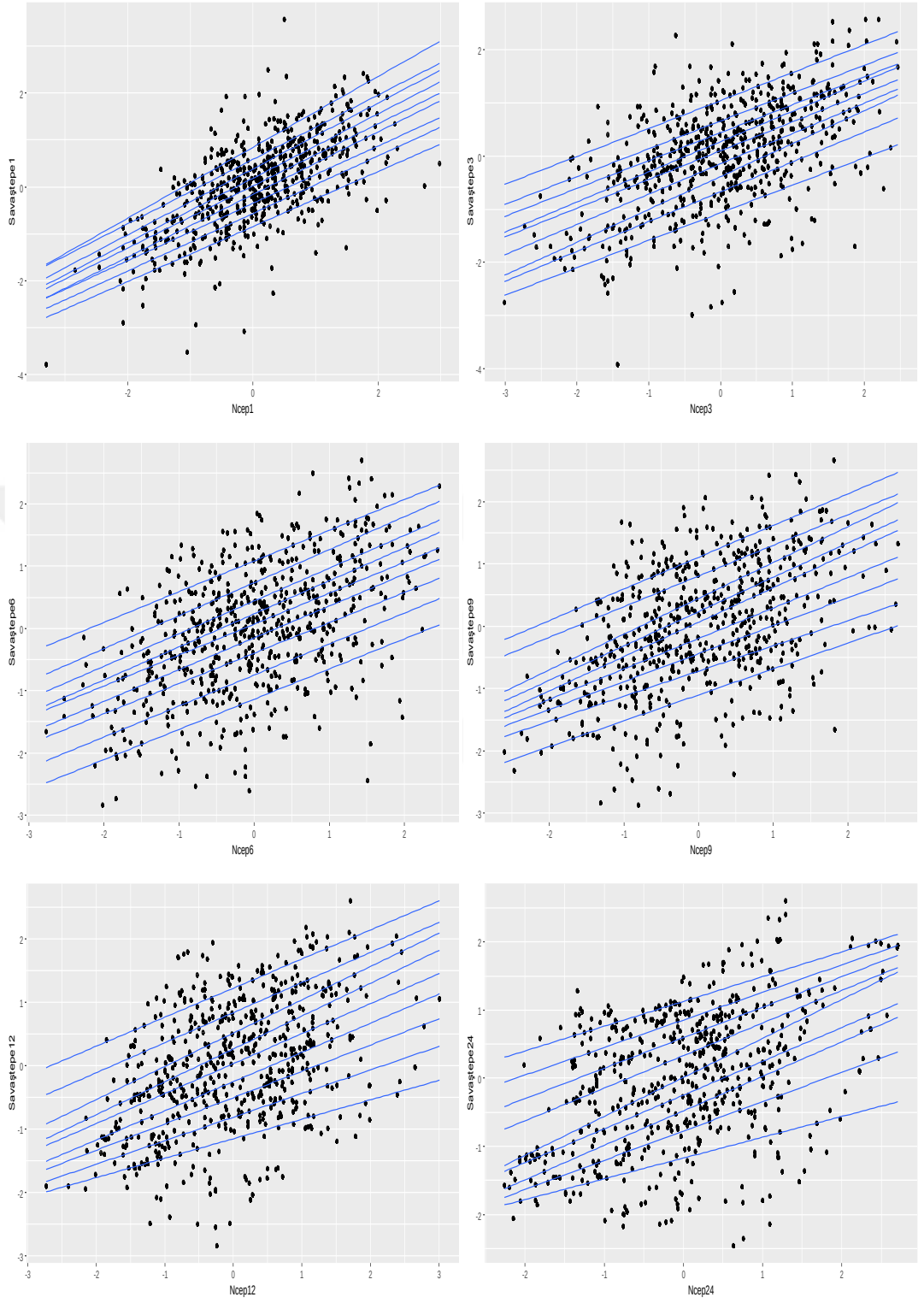
Şekil 3.A.10 Kırclar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



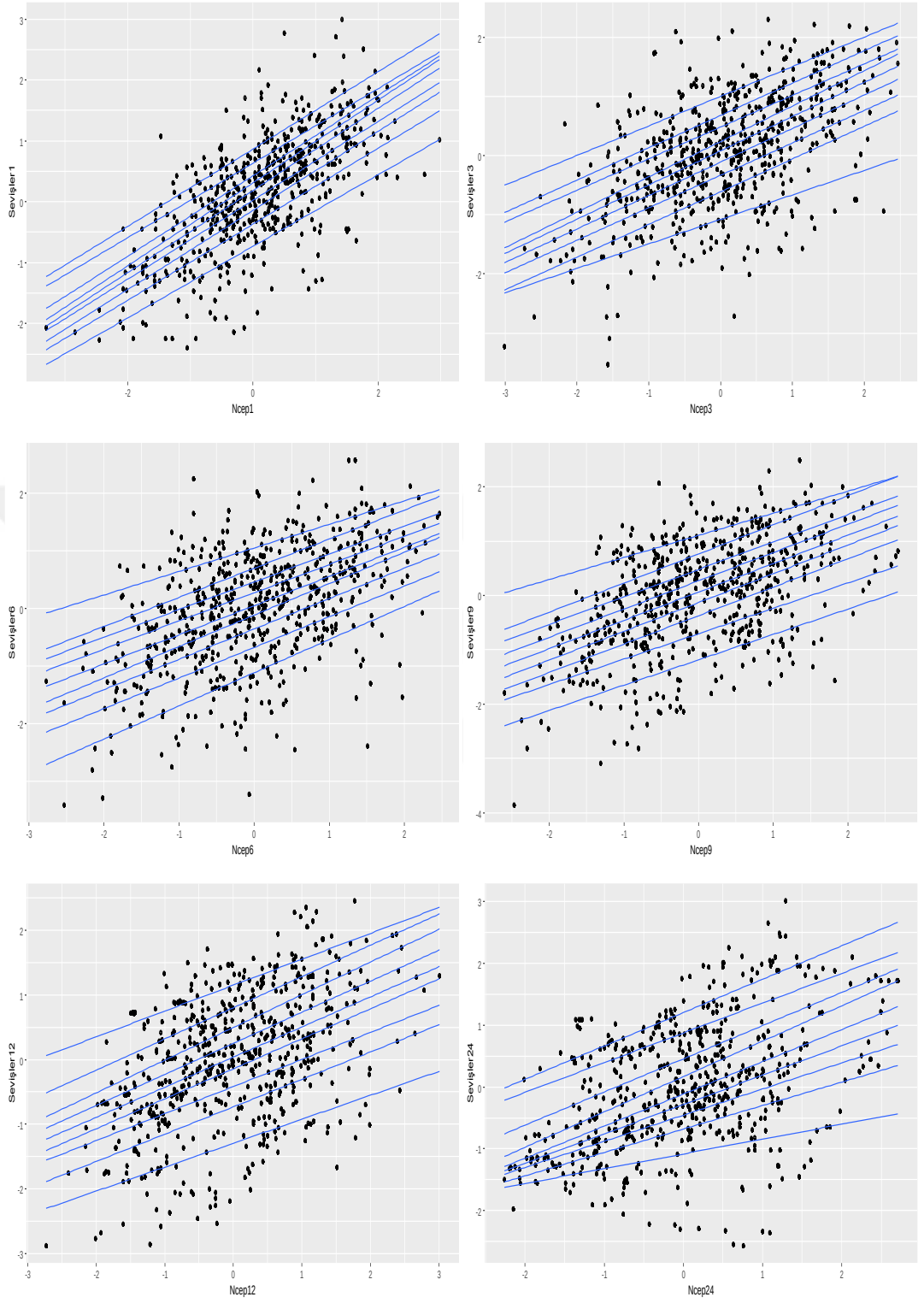
Şekil 3.A.11 Kırkağaç istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



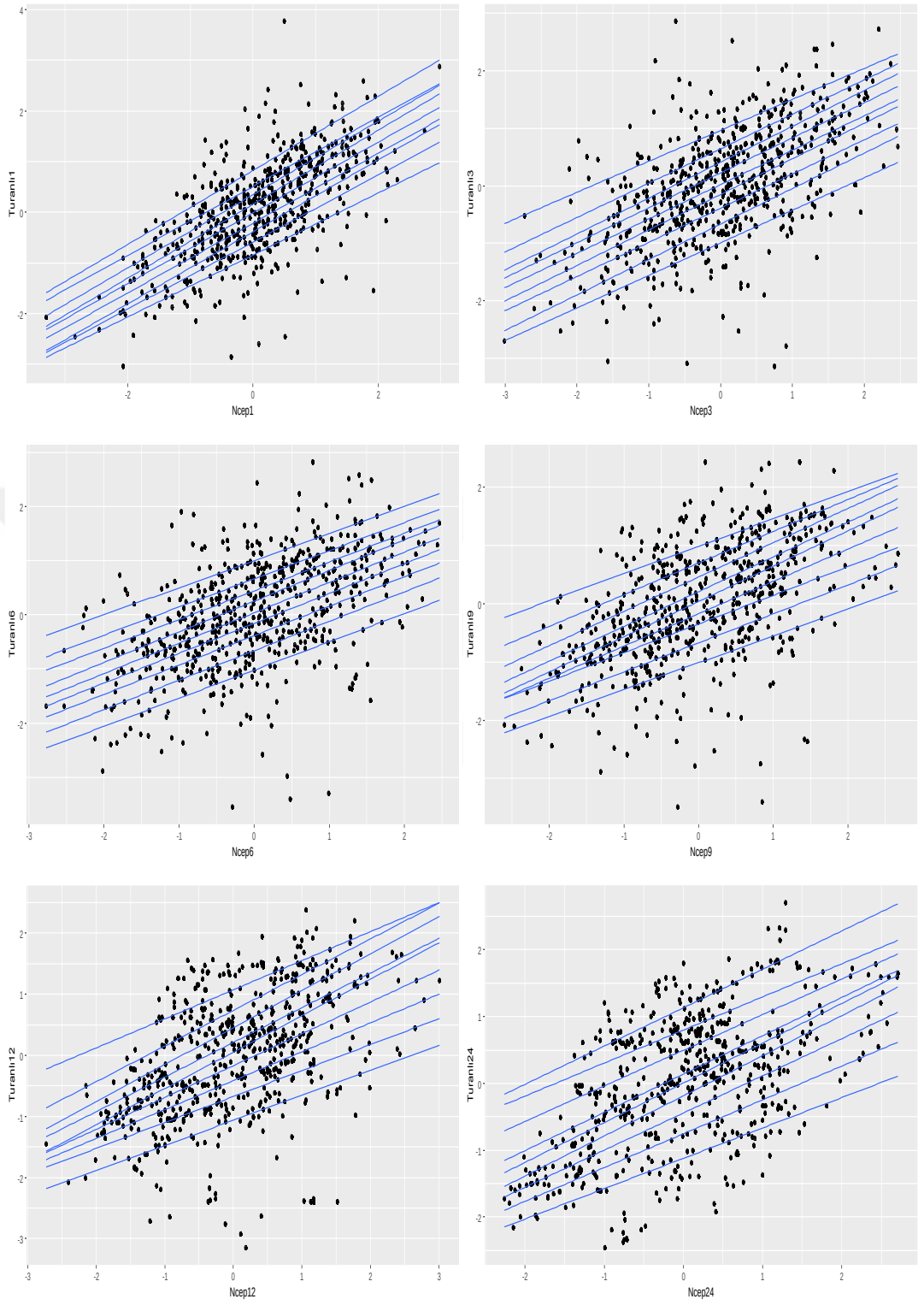
Şekil 3.A.12 Mahmudiye istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



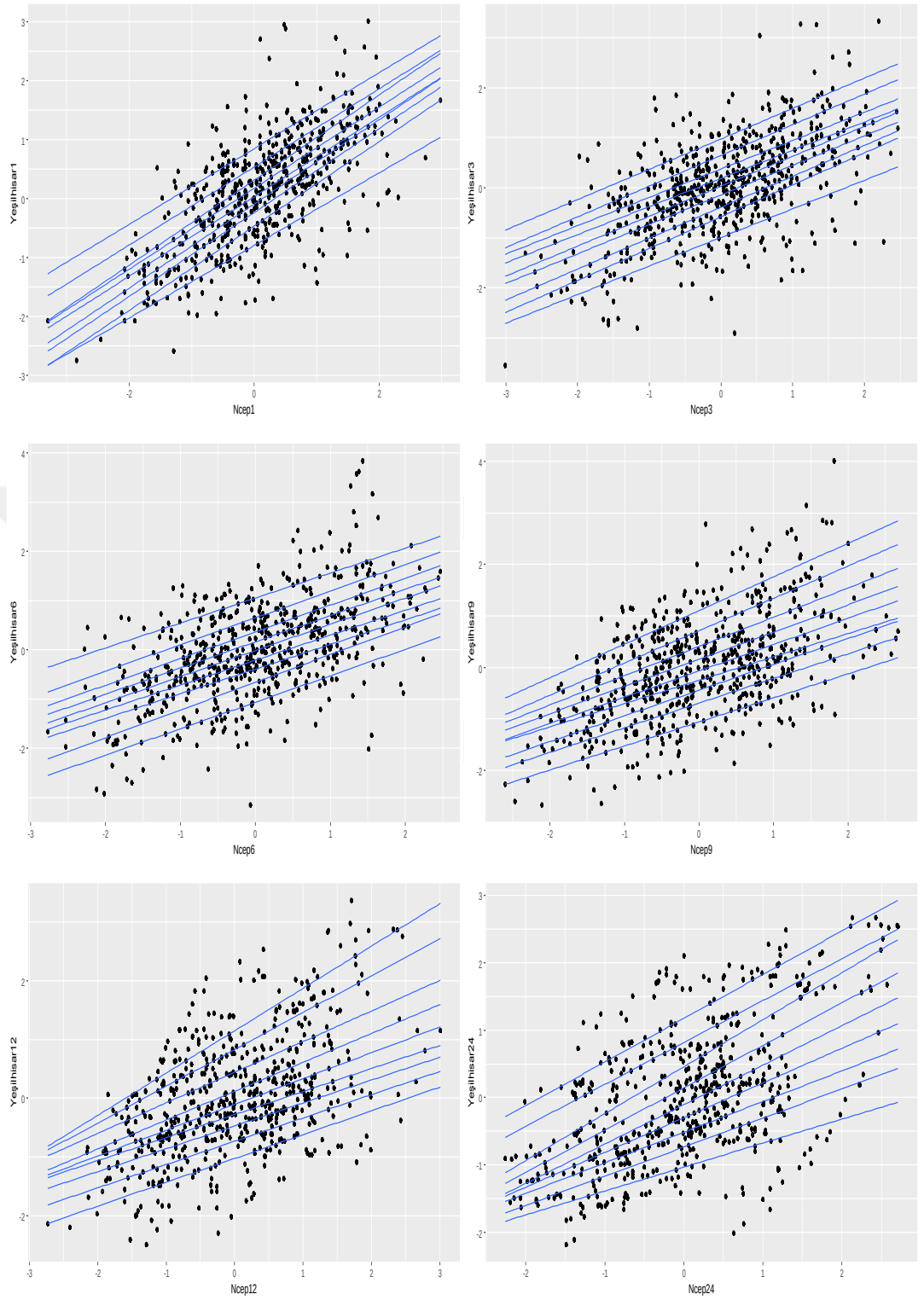
Şekil 3.A.13 Savaştepe istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



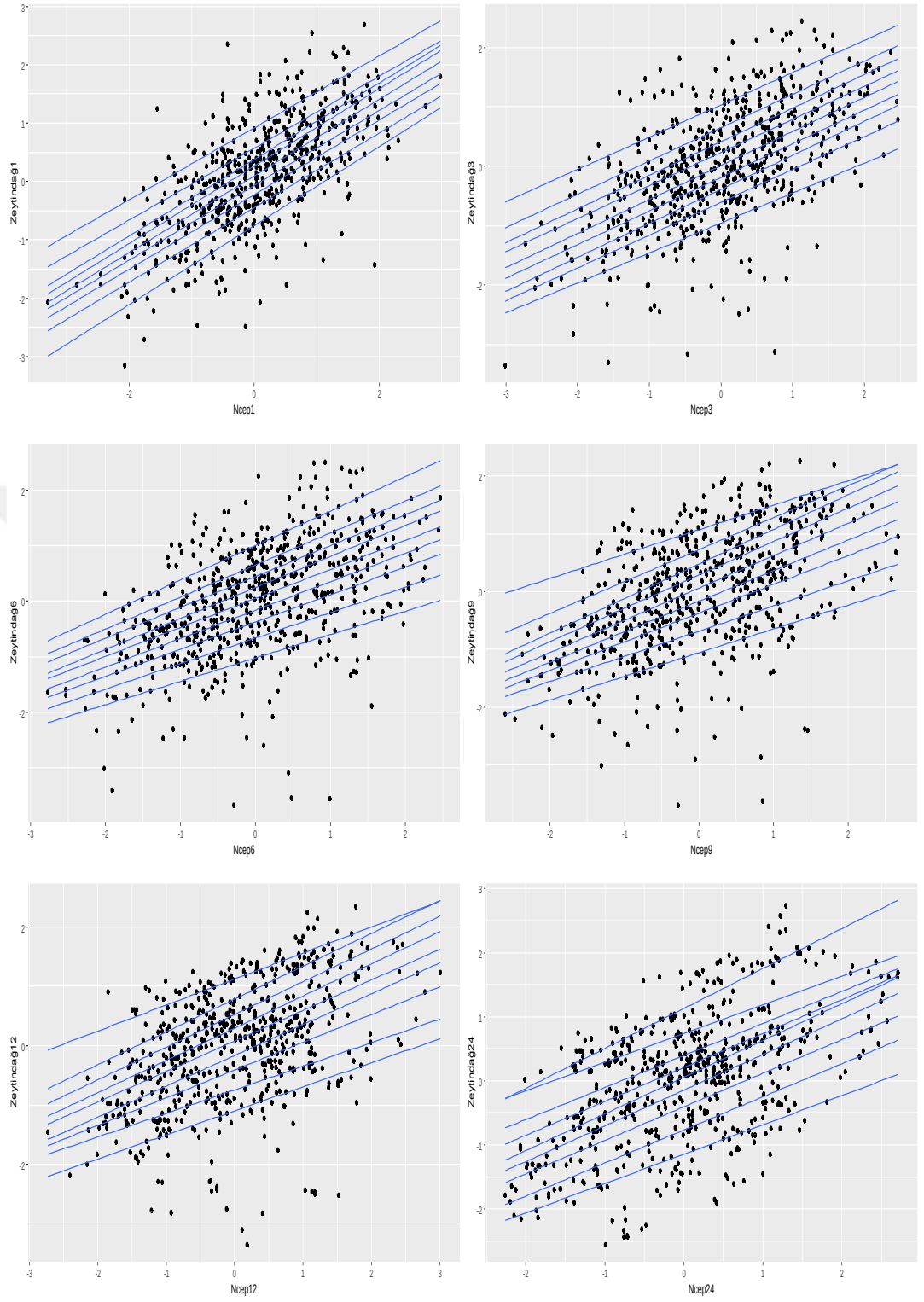
Şekil 3.A.14 Sevişler istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



Şekil 3.A.15 Turanlı istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



Şekil 3.A.16 Yeşilhisar istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri



Şekil 3.A.17 Zeytinadağ istasyonu 1-3-6-9-12-24 aylık kuantil regresyon grafikleri