**T.C.**
**KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**
**DOKTORA TEZİ**

# TÜRKİYE'DE FARKLI ÖZELLİKLERE SAHİP HAVZALARDA YAĞIŞ EKSİKLİĞİNİN ÇEŞİTLİ HİDROLOJİK SİSTEMLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

**GAYE AKTÜRK**

**ARALIK 2017**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında** Gaye AKTÜRK tarafından hazırlanan TÜRKİYE'DE FARKLI ÖZELLİKLERE SAHİP HAVZALARDA YAĞIŞ EKSİKLİĞİNİN ÇEŞİTLİ HİDROLOJİK SİSTEMLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI adlı Doktora Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Ali Payidar AKGÜNGÖR
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Doktora Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Prof. Dr. Osman YILDIZ
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan (Danışman): Prof. Dr. Osman YILDIZ _____

Üye : Prof. Dr. İlhami Demir _____

Üye : Doç. Dr. KUBİLAY CİHAN _____

Üye : Doç. Dr. M. Ali HINIS _____

Üye : Doç. Dr. Ömer KÖSE _____

……/…../…….

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Doktora derecesini onaylamıştır.

Prof. Dr. Mustafa YİĞİTOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

# ÖZET

TÜRKİYE'DE FARKLI ÖZELLİKLERE SAHİP HAVZALARDA YAĞIŞ EKSİKLİĞİNİN ÇEŞİTLİ HİDROLOJİK SİSTEMLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

AKTÜRK, Gaye
Kırıkkale Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi
Danışman: Prof. Dr. Osman YILDIZ
Aralık 2017, 832 Sayfa

Günümüzde su kıtlığı daha da belirgin ve yaygın bir problem haline gelmiştir. Su kıtlığı beraberinde sosyal ve ekonomik açıdan birçok probleme neden olmakta ve son yıllarda hemen her ülkede su kalitesi hızla bozulmaktadır. Bu sebeple, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi konusu çok önemli hale gelmiştir. Su kaynakları yönetimi çalışmalarında, genel olarak yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıkların farklı bölgelerdeki hidrolojik sistemler üzerindeki etkilerini havza bazında irdelemek gerekmektedir.

Kuraklık, çeşitli sosyal ve çevresel etkilere sahip doğal bir afettir. Türkiye, dünya üzerinde yarı kurak bir bölgede yer aldığından dolayı sıklıkla kuraklığa maruz kalmaktadır. Kuraklığın zamanı, süresi ve şiddeti önceden bilinemediğinden dolayı, herhangi bir bölgedeki kuraklık olayı analiz edilirken olasılık ve istatistiksel metotlar kullanılır. Bu tez çalışmasında, Türkiye'deki farklı hidrolojik, jeomorfolojik, coğrafik, topografik ve iklimsel özelliklere sahip toplam 21 adet baraj su toplama havzası seçilerek bu havzalardaki yağış eksiklerinden kaynaklanan kuraklıkların nehir akımları, baraj hazne hacimleri ve zemin nemi sistemleri üzerindeki etkisi ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yöntemi kullanılarak seçilen baraj havzalarına ait meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri yapılmıştır. Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ

serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılmış, daha sonra ise havzalardaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Daha sonra ise, yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzalarda zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bunlara ilave olarak, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Seçilen baraj havzalarından elde edilen bulgulara göre; akımlar üzerinde havzaların büyüklüğü, şekli ve havzanın iklimi etkili iken hazne hacimleri üzerinde ise kapasite ve doluluk oranı gibi hazne karakteristik özellikleri ve işletme amacının etkili olduğu görülmüştür. Zemin nemi üzerinde ise havzalarda yeraltı suyunun durumunun etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Havza bazında yapılan bu çalışmada elde edilen bulguların kuraklık tahmini, risk analizi ve yönetimi çalışmaları başta olmak üzere kuraklık etkilerinin azaltılması ve sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için önemli bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yağış, Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), Akış, Zemin Nemi, Hazne Hacmi, Kuraklık Analizi, Kuraklık İndeksi, Su Kaynakları Yönetimi, Baraj Su Toplama Havzası.

## ABSTRACT

INVESTIGATING THE EFFECT OF PRECIPITATION DEFICITS ON HYDROLOGICAL SYSTEMS IN DIFFERENT DAM BASINS OF TURKEY

AKTÜRK, GAYE
Kırıkkale University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering, Ph. D. Thesis
Supervisor: Prof. Dr. Osman YILDIZ
December 2017, 832 pages

Water scarcity is becoming a significant and common problem nowadays. It causes many social and economic problems and, in recent years, water quality is deteriorating rapidly in almost every country. For this reason, the issue of sustainable management of water resources has become more important. In water resource management studies, it is necessary to investigate drought effects due to rainfall deficiency on different hydrological systems at the basin scale.

Drought is a natural disaster that has various social and environmental impacts. Since Turkey is located in a semi-arid region, drought events take place frequently. The time, duration and intensity of drought can not be predicted, so that drought in any region can be analyzed by using probabilistic and statistical methods. In this study, a total of 21 dam basins across Turkey with different hydrological, geomorphological, topographical, geographical and climatic features were selected to examine the effects of droughts caused by rainfall deficiencies on river flows, dam reservoirs and soil moistures. The Standardized Precipitation Index (SPI) method was utilized for meteorological, hydrological and agricultural drought analysis in the selected dam basins. In the scope of the study, firstly meteorological drought analysis was carried out by using SPI time series at different time scales and then the most appropriate time scale for monitoring the hydrological drought on river flows and reservoir storages was determined. After that, by using SPI time series at different time scales, the most

appropriate time scale for monitoring the agricultural drought on soil moistures was determined. Also, the relationship between river flows and soil moistures was investigated. According to the shape, size and climate of a basin are effective parameters on the river flows, while reservoir characteristics such as the reservoir capacity and storage level as well as the dam management purpose were found to have significant impacts on the reservoir storages. Also, it was determined that groundwater levels play important roles on soil moisture rates. The study results actually provide important information for drought mitigation and sustainable water resources management at the basin scale.

**Keywords:** Precipitation, Standardized Precipitation Index (SPI), River Flows, Soil Moisture, Reservoir Storage, Drought Analysis, Drought Index, Water Resources Management, Dam Basin.

# TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı meydana getirirken bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, kıymetli zamanını ayırıp sabır ve ilgiyle ihtiyaç duyduğum her anda yanımda olan, kendime her zaman örnek aldığım değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Osman YILDIZ'a üniversite ve akademik hayatımı şekillendirirken yaptığı tüm katkıları için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmalarım sırasında çok değerli fikirleriyle doğru yolda ilerlemem için yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ali Payidar AKGÜNGÖR, Sayın Doç. Dr. Kubilay CİHAN, Sayın Doç. Dr. Ömer KÖSE, Sayın Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS, Sayın Yrd. Doç. Dr. Tuğrul YILMAZ, Sayın Yrd. Doç. Dr. Eda AVANOĞLU SICACIK ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Şule Bakırcı ER hocalarımın her birine ayrı ayrı teşekkür ederim.

Çalışmalarıma yaptığı katkılarından dolayı DSİ mühendislerinden Ahmet SARGIN'a ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen çalışma arkadaşım Araştırma Görevlisi Ali DOĞU'ya da teşekkür etmek istiyorum.

Beni ilk andan beri sürekli destekleyen, hep yanımda duran sevgili eşime ve değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

**ÖZET** ..... i
**ABSTRACT** ..... iii
**TEŞEKKÜR** ..... v
**İÇİNDEKİLER DİZİNİ** ..... vi
**ŞEKİLLER DİZİNİ** ..... xxxiii
**ÇİZELGELER DİZİNİ** ..... lx
**1. GİRİŞ** ..... 1
1.1. Çalışmanın Amacı ..... 5
1.2. Çalışmada İzlenen Yol ..... 8
1.3. Literatür Özetleri ..... 13
**2. KURAMSAL TEMELLER** ..... 22
2.1. Kuraklığın Oluşumu ve Tanımlamaları ..... 22
2.1.1. Kuraklığa Etki Eden Faktörler ..... 25
2.1.1.1. Doğal Nedenler ..... 25
2.1.1.2. İnsan Kaynaklı Nedenler ..... 26
2.1.1.3. İklim Değişikliği ..... 26
2.2. Kuraklık Türleri ..... 26
2.2.1. Meteorolojik Kuraklık ..... 27
2.2.2. Hidrolojik Kuraklık ..... 28
2.2.3. Tarımsal Kuraklık ..... 29
2.2.4. Sosyo-ekonomik Kuraklık ..... 29
2.3. Kuraklık Etkileri ..... 30
2.4. Dünyada Kuraklık ..... 31
2.5. Türkiye'de Kuraklık ..... 32
2.5.1. Türkiye'nin İklimi ve Yağışlar ..... 33
2.5.2. Türkiye'de Kuraklık Eğilimleri ..... 35
2.6. Kuraklık İndisleri ..... 36
**3. MATERYAL VE YÖNTEM** ..... 38
3.1. Materyal ..... 38

3.2. Yöntem ..... 42
3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ..... 42
3.2.2. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu ..... 44
**4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR** ..... 52
4.1. Marmara Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları ..... 53
4.1.1. Karaidemir Baraj Havzası ..... 53
4.1.1.1. Karaidemir Baraj Havzası Özellikleri ..... 53
4.1.1.2. Karaidemir Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 58
4.1.1.2.1. Karaidemir Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 58
4.1.1.2.2. Karaidemir Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 59
4.1.1.3. Karaidemir Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 64
4.1.1.3.1. Karaidemir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 64
4.1.1.3.1.1. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 65
4.1.1.3.1.2. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 66
4.1.1.3.2. Karaidemir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 70
4.1.1.3.2.1. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 71
4.1.1.3.2.2. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 72
4.1.1.4. Karaidemir Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 77
4. 4.1.1.4.1. Karaidemir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 77
4.1.1.4.1.1. Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 78

4.1.1.4.1.2. Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 79
4.1.1.4.1.3. Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 80
4.1.1.4.1.4. Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 84
4.1.1.5. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 89
4.1.1.5.1. Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 90
4.1.1.5.2. Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 91
4.1.2. Sevişler Baraj Havzası ..... 93
4.1.2.1. Sevişler Baraj Havzası Özellikleri ..... 93
4.1.2.2. Sevişler Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 98
4.1.2.2.1. Sevişler Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 98
4.1.2.2.2. Sevişler Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 99
4.1.2.3. Sevişler Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 105
4.1.2.3.1. Sevişler Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 105
4.1.2.3.1.1. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 105
4.1.2.3.1.2. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 106

4.1.2.3.2. Sevişler Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 110
4.1.2.3.2.1. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 111
4.1.2.3.2.2. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 112
4.1.2.4. Sevişler Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 117
4.1.2.4.1. Sevişler Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 117
4.1.2.4.1.1. Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 118
4.1.2.4.1.2. Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 119
4.1.2.4.1.3. Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 120
4.1.2.4.1.4. Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 124
4.1.2.5. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 129
4.1.2.5.1. Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 130
4.1.2.5.2. Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 131
4.1.3. Ömerli Baraj Havzası ..... 133
4.1.3.1. Ömerli Baraj Havzası Özellikleri ..... 133
4.1.3.2. Ömerli Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 139

4.1.3.2.1. Ömerli Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 139
4.1.3.2.2. Ömerli Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 140
4.1.3.3. Ömerli Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 146
4.1.3.3.1. Ömerli Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 146
4.1.3.3.1.1. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 147
4.1.3.3.1.2. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 148
4.1.3.3.2. Ömerli Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 152
4.1.3.3.2.1. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 152
4.1.3.3.2.2. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 153
4.1.3.4. Ömerli Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 159
4.1.3.4.1. Ömerli Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 159
4.1.3.4.1.1. Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 160
4.1.3.4.1.2. Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 161
4.1.3.5. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 166
4.1.3.5.1. Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 166

4.2. Ege Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları ..... 168
4.2.1. Selevir Baraj Havzası ..... 168
4.2.1.1. Selevir Baraj Havzası Özellikleri ..... 168
4.2.1.2. Selevir Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 173
4.2.1.2.1. Selevir Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 173
4.2.1.2.2. Selevir Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 175
4.2.1.3. Selevir Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 180
4.2.1.3.1. Selevir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 180
4.2.1.3.1.1. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 181
4.2.1.3.1.2. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 182
4.2.1.3.2. Selevir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 185
4.2.1.3.2.1. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 186
4.2.1.3.2.2. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 187
4.2.1.4. Selevir Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 193
4.2.1.4.1. Selevir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 193
4.2.1.4.1.1. Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 194
4.2.1.4.1.2. Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 195

4.2.1.4.1.3. Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 196
4.2.1.4.1.4. Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 199
4.2.1.5. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 205
4.2.1.5.1. Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması..... 205
4.2.1.5.2. Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması..... 206
4.2.2. Çaygören Baraj Havzası..... 208
4.2.2.1. Çaygören Baraj Havzası Özellikleri..... 208
4.2.2.2. Çaygören Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 213
4.2.2.2.1. Çaygören Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 213
4.2.2.2.2. Çaygören Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi..... 215
4.2.2.3. Çaygören Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 220
4.2.2.3.1. Çaygören Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması..... 220
4.2.2.3.1.1. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 221
4.2.2.3.1.2. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması..... 222
4.2.2.3.2. Çaygören Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 226

4.2.2.3.2.1. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 226
4.2.2.3.2.2. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 227
4.2.2.4. Çaygören Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 232
4.2.2.4.1. Çaygören Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 232
4.2.2.4.2.2. Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 233
4.2.2.4.1.2. Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 234
4.2.2.4.1.3. Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 235
4.2.2.4.1.4. Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 239
4.2.2.5. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 243
4.2.2.5.1. Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 244
4.2.2.5.2. Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 245
4.2.3. Kemer Baraj Havzası ..... 247
4.2.3.1. Kemer Baraj Havzası Özellikleri ..... 247
4.2.3.2. Kemer Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 252
4.2.3.2.1. Kemer Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 252

4.2.3.2.2. Kemer Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 254
4.2.3.3. Kemer Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 260
4.2.3.3.1. Kemer Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 260
4.2.3.3.1.1. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 260
4.2.3.3.1.2. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 261
4.2.3.3.2. Kemer Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 265
4.2.3.3.2.1. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 266
4.2.3.3.2.2. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 267
4.2.3.4. Kemer Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 272
4.2.3.4.1. Kemer Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 272
4.2.3.4.1.1. Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 273
4.2.3.4.1.2. Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 274
4.2.3.4.1.3. Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 275
4.2.3.4.1.4. Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 279

4.2.3.5. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 284
4.2.3.5.1. Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 284
4.2.3.5.2. Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 285
4.2.4. Porsuk Baraj Havzası ..... 287
4.2.4.1. Porsuk Baraj Havzası Özellikleri ..... 287
4.2.4.2. Porsuk Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 292
4.2.4.2.1. Porsuk Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 292
4.2.4.2.2. Porsuk Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 294
4.2.4.3. Porsuk Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 299
4.2.4.3.1. Porsuk Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 299
4.2.4.3.1.1. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 300
4.2.4.3.1.2. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 301
4.2.4.3.2. Porsuk Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 305
4.2.4.3.2.1. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 306
4.2.4.3.2.2. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 307
4.2.4.4. Porsuk Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 312
4.2.4.4.1. Porsuk Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 312

4.2.4.4.1.1. Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 313
4.2.4.4.1.2. Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 314
4.2.4.4.1.3. Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 315
4.2.4.4.1.4. Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 318
4.2.4.5. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 324
4.2.4.5.1. Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 324
4.2.4.5.2. Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 325
4.2.5. Demirköprü Baraj Havzası ..... 327
4.2.5.1. Demirköprü Baraj Havzası Özellikleri ..... 327
4.2.5.2. Demirköprü Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 332
4.2.5.2.1. Demirköprü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 332
4.2.5.2.2. Demirköprü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 334
4.2.5.3. Demirköprü Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 340
4.2.5.3.1. Demirköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 340
4.2.5.3.1.1. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 341

4.2.5.3.1.2. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 342
4.2.5.3.2. Demirköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 345
4.2.5.3.2.1. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 346
4.2.5.3.2.2. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 347
4.2.5.4. Demirköprü Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi..... 353
4.2.5.4.1. Demirköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 353
4.2.5.4.1.1. Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması..... 354
4.2.5.4.1.2. Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması..... 355
4.2.5.4.1.3. Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 356
4.2.5.4.1.4. Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 360
4.2.5.5. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 364
4.2.5.5.1. Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması..... 364
4.2.5.5.2. Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması..... 365
4.3. Karadeniz Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları ..... 367

4.3.1. Hasanlar Baraj Havzası ..... 367
4.3.1.1. Hasanlar Baraj Havzası Özellikleri ..... 367
4.3.1.2. Hasanlar Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 372
4.3.1.2.1. Hasanlar Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 372
4.3.1.2.2. Hasanlar Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 373
4.3.1.3. Hasanlar Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 379
4.3.1.3.1. Hasanlar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 379
4.3.1.3.1.1. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 379
4.3.1.3.1.2. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 380
4.3.1.3.2. Hasanlar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 384
4.3.1.3.2.1. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 384
4.3.1.3.2.2. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 385
4.3.1.4. Hasanlar Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 391
4.3.1.4.1. Hasanlar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 391
4.3.1.4.1.1. Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 392
4.3.1.4.1.2. Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 393

4.3.1.4.1.3. Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 394
4.3.1.4.1.4. Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 397
4.3.1.5. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 402
4.3.1.5.1. Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 403
4.3.1.5.2. Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 404
4.3.2. Kılıçkaya Baraj Havzası ..... 406
4.3.2.1. Kılıçkaya Baraj Havzası Özellikleri ..... 406
4.3.2.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 411
4.3.2.2.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 411
4.3.2.2.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 413
4.3.2.3. Kılıçkaya Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 419
4.3.2.3.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 419
4.3.2.3.1.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 420
4.3.2.3.1.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 421
4.3.2.3.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 425

4.3.2.3.2.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 426
4.3.2.3.2.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 427
4.3.2.4. Kılıçkaya Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 432
4.3.2.4.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 432
4.3.2.4.1.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 433
4.3.2.4.1.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 434
4.3.2.5. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 439
4.3.2.5.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 439
4.4. Akdeniz Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları ..... 441
4.4.1. Yapraklı Baraj Havzası ..... 441
4.4.1.1. Yapraklı Baraj Havzası Özellikleri ..... 441
4.4.1.2. Yapraklı Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 446
4.4.1.2.1. Yapraklı Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 446
4.4.1.2.2. Yapraklı Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 448
4.4.1.3. Yapraklı Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 453
4.4.1.3.1. Yapraklı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 453
4.4.1.3.1.1. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 454

4.4.1.3.1.2. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 455
4.4.1.3.2. Yapraklı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 459
4.4.1.3.2.1. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 460
4.4.1.3.2.2. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 461
4.4.1.4. Yapraklı Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 466
4.4.1.4.1. Yapraklı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 466
4.4.1.4.1.1. Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 467
4.4.1.4.1.2. Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 468
4.4.1.4.1.3. Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 469
4.4.1.4.1.4. Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 473
4.4.1.5. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 478
4.4.1.5.1. Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 478
4.4.1.5.2. Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 479
4.4.2. Kartalkaya Baraj Havzası ..... 481

4.4.2.1. Kartalkaya Baraj Havzası Özellikleri..... 481
4.4.2.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 486
4.4.2.2.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 486
4.4.2.2.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi..... 488
4.4.2.3. Kartalkaya Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 493
4.4.2.3.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması..... 493
4.4.2.3.1.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 494
4.4.2.3.1.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması..... 495
4.4.2.3.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 499
4.4.2.3.2.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 500
4.4.2.3.2.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 501
4.4.2.4. Kartalkaya Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi..... 506
4.4.2.4.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması..... 506
4.4.2.4.1.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması..... 507
4.4.2.4.1.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 508
4.4.2.5. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 513

4.4.2.5.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 513
4.4.3. Berdan Baraj Havzası ..... 515
4.4.3.1. Berdan Baraj Havzası Özellikleri ..... 515
4.4.3.2. Berdan Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 521
4.4.3.2.1. Berdan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 521
4.4.3.2.2. Berdan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 523
4.4.3.3. Berdan Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 529
4.4.3.3.1. Berdan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 529
4.4.3.3.1.1. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 529
4.4.3.3.1.2. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 530
4.4.3.3.2. Berdan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 534
4.4.3.3.2.1. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 535
4.4.3.3.2.2. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 536
4.4.3.4. Berdan Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 541
4.4.3.4.1. Berdan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 541
4.4.3.4.1.1. Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 542

4.4.3.4.1.2. Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 543
4.4.3.5. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 548
4.4.3.5.1. Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 548
4.4.4. Oymapınar Baraj Havzası ..... 550
4.4.4.1. Oymapınar Baraj Havzası Özellikleri ..... 550
4.4.4.2. Oymapınar Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 555
4.4.4.2.1. Oymapınar Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 555
4.4.4.2.2. Oymapınar Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 557
4.4.4.3. Oymapınar Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 562
4.4.4.3.1. Oymapınar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 562
4.4.4.3.1.1. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 563
4.4.4.3.1.2. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 564
4.4.4.3.2. Oymapınar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 567
4.4.4.3.2.1. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 568
4.4.4.3.2.2. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 569
4.4.4.4. Oymapınar Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 575
4.4.4.4.1. Oymapınar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 575

4.4.4.4.1.1. Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 576
4.4.4.4.1.2. Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 577
4.4.4.4.1.3. Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 578
4.4.4.4.1.4. Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 581
4.4.4.5. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 586
4.4.4.5.1. Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 587
4.4.4.5.2. Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 588
4.5. İç Anadolu Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları ..... 590
4.5.1. Çatalan Baraj Havzası ..... 590
4.5.1.1. Çatalan Baraj Havzası Özellikleri ..... 590
4.5.1.2. Çatalan Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 596
4.5.1.2.1. Çatalan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 596
4.5.1.2.2. Çatalan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 598
4.5.1.3. Çatalan Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 603
4.5.1.3.1. Çatalan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 603

4.5.1.3.1.1. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 604
4.5.1.3.1.2. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması..... 605
4.5.1.3.2. Çatalan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması..... 609
4.5.1.3.2.1. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 610
4.5.1.3.2.2. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 611
4.5.1.4. Çatalan Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 617
4.5.1.4.1. Çatalan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması..... 617
4.5.1.4.1.1. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması..... 617
4.5.1.4.1.2. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 619
4.5.1.5. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 623
4.5.1.5.1. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması..... 624
4.5.2. Hirfanlı Baraj Havzası..... 625
4.5.2.1. Hirfanlı Baraj Havzası Özellikleri ..... 625
4.5.2.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 630
4.5.2.2.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 630
4.5.2.2.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 632

4.5.2.3. Hirfanlı Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 638
4.5.2.3.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 640
4.5.2.3.1.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 641
4.5.2.3.1.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 642
4.5.2.3.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 645
4.5.2.3.2.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 646
4.5.2.3.2.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 647
4.5.2.4. Hirfanlı Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 653
4.5.2.4.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 653
4.5.2.4.1.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 653
4.5.2.4.1.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 655
4.6. Doğu Anadolu Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları ..... 660
4.6.1. Sürgü Baraj Havzası ..... 660
4.6.1.1. Sürgü Baraj Havzası Özellikleri ..... 660
4.6.1.2. Sürgü Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 665
4.6.1.2.1. Sürgü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 665
4.6.1.2.2. Sürgü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 666
4.6.1.3. Sürgü Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 672

4.6.1.3.1. Sürgü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 672
4.6.1.3.1.1. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 673
4.6.1.3.1.2. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 674
4.6.1.3.2. Sürgü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 677
4.6.1.3.2.1. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 678
4.6.1.3.2.2. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 679
4.6.1.4. Sürgü Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 684
4.6.1.4.1. Sürgü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 684
4.6.1.4.1.1. Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 685
4.6.1.4.1.2. Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 686
4.6.1.4.1.3. Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 687
4.6.1.4.1.4. Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 691
4.6.1.5. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 696

4.6.1.5.1. Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 696
4.6.1.5.2. Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 697
4.6.2. Tercan Baraj Havzası ..... 699
4.6.2.1. Tercan Baraj Havzası Özellikleri ..... 699
4.6.2.2. Tercan Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 704
4.6.2.2.1. Tercan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 704
4.6.2.2.2. Tercan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 706
4.6.2.3. Tercan Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 711
4.6.2.3.1. Tercan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 711
4.6.2.3.1.1. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 712
4.6.2.3.1.2. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 713
4.6.2.3.2. Tercan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 717
4.6.2.3.2.1. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 718
4.6.2.3.2.2. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 719
4.6.2.4. Tercan Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 724
4.6.2.4.1. Tercan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 724

4.6.2.4.1.1. Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 725
4.6.2.4.1.2. Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 726
4.6.2.5. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 730
4.6.2.5.1. Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 731
4.6.3. Arpaçay Baraj Havzası ..... 733
4.6.3.1. Arpaçay Baraj Havzası Özellikleri ..... 733
4.6.3.2. Arpaçay Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi ..... 737
4.6.3.2.1. Arpaçay Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması ..... 737
4.6.3.2.2. Arpaçay Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi ..... 739
4.6.3.3. Arpaçay Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi ..... 744
4.6.3.3.1. Arpaçay Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 744
4.6.3.3.1.1. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 745
4.6.3.3.1.2. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 746
4.6.3.3.2. Arpaçay Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 750
4.6.3.3.2.1. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 751
4.6.3.3.2.2. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 752

4.6.3.4. Arpaçay Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi..... 757
4.6.3.4.1. Arpaçay Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması..... 757
4.6.3.4.1.1. Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması..... 758
4.6.3.4.1.2. Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması..... 759
4.6.3.5. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 764
4.6.3.5.1. Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması..... 764
4.7. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları..... 766
4.7.1. Tahtaköprü Baraj Havzası..... 766
4.7.1.1. Tahtaköprü Baraj Havzası Özellikleri..... 766
4.7.1.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi..... 771
4.7.1.2.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması..... 771
4.7.1.2.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi..... 772
4.7.1.3. Tahtaköprü Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi..... 777
4.7.1.3.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması..... 777
4.7.1.3.1.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması..... 778
4.7.1.3.1.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması..... 779
4.7.1.3.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması..... 783

4.7.1.3.2.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 784
4.7.1.3.2.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması ..... 785
4.7.1.4. Tahtaköprü Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi ..... 790
4.7.1.4.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 790
4.7.1.4.1.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması ..... 791
4.7.1.4.1.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması ..... 792
4.7.1.5. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 797
4.7.1.5.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması ..... 797
**5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER** ..... 799
5.1. Meteorolojik Kuraklık Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi ..... 800
5.1. Hidrolojik Kuraklık Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi ..... 802
5.1.1. Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 802
5.1.2. Aylık Ortalama Hazne Hacim Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 805
5.2. Tarımsal Kuraklık Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi ..... 807
5.3. Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması Sonuçlarının Değerlendirilmesi ..... 810
**KAYNAKLAR** ..... 813
**ÖZGEÇMİŞ** ..... 830

# ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil Sayfa

1.1. Seçilen Barajlara Ait Su Toplama Havzalarının Sınırları ..... 12
3.1. Seçilen Barajlara Ait Su Toplama Havzalarının ve Türkiye Genelindeki Mevcut Meteoroloji İstasyonlarının Dağılımı ..... 41
3.2. ArcHydro ile Su Toplama Havzalarının Belirlenmesi ..... 43
3.3. Gamma Parametreleri İçin Tahmini Değerler ..... 49
4.1. Karaidemir Baraj Havzasının Konumu ..... 53
4.2. Karaidemir Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 54
4.3. Karaidemir Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 56
4.4. Karaidemir Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 59
4.5. Karaidemir Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 60
4.6. Karaidemir Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 61
4.7. Karaidemir Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 62
4.8. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 66
4.9. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 67
4.10. Karaidemir Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 70
4.11. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 71
4.12. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 72
4.13. Karaidemir Baraj Havzasında 14 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 74

4.14. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 76
4.15. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 77
4.16. Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 79
4.17. Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 80
4.18. Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 81
4.19. Karaidemir Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 84
4.20. Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 85
4.21. Karaidemir Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 87
4.22. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 90
4.23. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 91
4.24. Sevişler Baraj Havzasının Konumu ..... 93
4.25. Sevişler Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 94
4.26. Sevişler Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 96
4.27. Sevişler Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 99
4.28. Sevişler Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 100
4.29. Sevişler Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 101

4.30. Sevişler Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 102
4.31. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 106
4.32. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 107
4.33. Sevişler Baraj Havzasında 4 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 110
4.34. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 111
4.35. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 112
4.36. Sevişler Baraj Havzasında 19 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Nisan Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 114
4.37. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 116
4.38. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 116
4.39. Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 119
4.40. Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 120
4.41. Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 121
4.42. Sevişler Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 124
4.43. Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 125

4.44. Sevişler Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 127
4.45. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 131
4.46. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 132
4.47. Ömerli Baraj Havzasının Konumu ..... 133
4.48. Ömerli Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 135
4.49. Ömerli Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 137
4.50. Ömerli Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 140
4.51. Ömerli Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 141
4.52. Ömerli Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 142
4.53. Ömerli Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 143
4.54. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 148
4.55. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 149
4.56. Ömerli Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ekim Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 151
4.57. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 153
4.58. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 154
4.59. Ömerli Baraj Havzasında 16 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 156
4.60. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 158
4.61. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 158

4.62. Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 161
4.63. Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 162
4.64. Ömerli Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Haziran Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 164
4.65. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 167
4.66. Selevir Baraj Havzasının Konumu ..... 168
4.67. Selevir Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 170
4.68. Selevir Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 171
4.69. Selevir Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 174
4.70. Selevir Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 176
4.71. Selevir Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 177
4.72. Selevir Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 178
4.73. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 181
4.74. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 182
4.75. Selevir Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 185
4.76. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 187
4.77. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 188
4.78. Selevir Baraj Havzasında 7 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Haziran Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 190

4.79. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 192
4.80. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 192
4.81. Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 195
4.82. Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 196
4.83. Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 197
4.84. Selevir Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 199
4.85. Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 200
4.86. Selevir Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mayıs Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 203
4.87. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 206
4.88. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 207
4.89. Çaygören Baraj Havzasının Konumu ..... 208
4.90. Çaygören Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 209
4.91. Çaygören Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 211
4.92. Çaygören Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 214
4.93. Çaygören Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 216
4.94. Çaygören Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 217

4.95. Çaygören Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 218
4.96. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 222
4.97. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 223
4.98. Çaygören Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 225
4.99. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 227
4.100. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 228
4.101. Çaygören Baraj Havzasında 8 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 229
4.102. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 231
4.103. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 232
4.104. Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 234
4.105. Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 235
4.106. Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 236
4.107. Çaygören Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 238
4.108. Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 239

4.109. Çaygören Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 242
4.110. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 245
4.111. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 246
4.112. Kemer Baraj Havzasının Konumu ..... 247
4.113. Kemer Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 249
4.114. Kemer Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 250
4.115. Kemer Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 254
4.116. Kemer Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 255
4.117. Kemer Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 256
4.118. Kemer Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 257
4.119. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 261
4.120. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 262
4.121. Kemer Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 265
4.122. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 266
4.123. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 267
4.124. Kemer Baraj Havzasında 8 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 269
4.125. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 271
4.126. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 272

4.127. Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 274
4.128. Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 275
4.129. Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 276
4.130. Kemer Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 278
4.131. Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 279
4.132. Kemer Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Nisan Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 282
4.133. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 285
4.134. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 286
4.135. Porsuk Baraj Havzasının Konumu ..... 287
4.136. Porsuk Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 289
4.137. Porsuk Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 290
4.138. Porsuk Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 294
4.139. Porsuk Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 295
4.140. Porsuk Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 296
4.141. Porsuk Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 297
4.142. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 301

4.143. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 302
4.144. Porsuk Baraj Havzasında 4 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Nisan Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 305
4.145. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 306
4.146. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 307
4.147. Porsuk Baraj Havzasında 19 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 309
4.148. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 311
4.149. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 311
4.150. Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 314
4.151. Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 315
4.152. Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 316
4.153. Porsuk Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 318
4.154. Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 319
4.155. Porsuk Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mayıs Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 322
4.156. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 325

4.157. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 326
4.158. Demirköprü Baraj Havzasının Konumu ..... 327
4.159. Demirköprü Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 328
Şekil 4.160. Demirköprü Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 330
Şekil 4.161. Demirköprü Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 334
4.162. Demirköprü Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 335
4.163. Demirköprü Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 336
4.164. Demirköprü Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 338
4.165. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 341
4.166. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 342
4.167. Demirköprü Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 345
4.168. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 347
4.169. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 348
4.170. Demirköprü Baraj Havzasında 24 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 350
4.171. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 352
4.172. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 352
4.173. Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 355

4.174. Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 356
4.175. Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 357
4.176. Demirköprü Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 359
4.177. Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 360
4.178. Demirköprü Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 362
4.179. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 365
4.180. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 366
4.181. Hasanlar Baraj Havzasının Konumu ..... 367
4.182. Hasanlar Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 368
4.183. Hasanlar Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 370
4.184. Hasanlar Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 373
4.185. Hasanlar Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 374
4.186. Hasanlar Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 375
4.187. Hasanlar Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 376
4.188. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 380
4.189. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 381
4.190. Hasanlar Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 383

4.191. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 385
4.192. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 386
4.193. Hasanlar Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri..... 388
4.194. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 390
4.195. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 390
4.196. Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon..... 393
4.197. Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon..... 394
4.198. Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları..... 395
4.199. Hasanlar Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 397
4.200. Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları..... 398
4.201. Hasanlar Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 400
4.202. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 403
4.203. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 404
4.204. Kılıçkaya Baraj Havzasının Konumu ..... 406
4.205. Kılıçkaya Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 408

4.206. Kılıçkaya Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 409
4.207. Kılıçkaya Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 413
4.208. Kılıçkaya Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 414
4.209. Kılıçkaya Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 415
4.210. Kılıçkaya Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 417
4.211. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 421
4.212. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 422
4.213. Kılıçkaya Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 425
4.214. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 426
4.215. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 427
4.216. Kılıçkaya Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 429
4.217. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 431
4.218. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 432
4.219. Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 434
4.220. Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 435
4.221. Kılıçkaya Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 437

4.222. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 440
4.223. Yapraklı Baraj Havzasının Konumu ..... 441
4.224. Yapraklı Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 443
4.225. Yapraklı Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 444
4.226. Yapraklı Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 448
4.227. Yapraklı Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 449
4.228. Yapraklı Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 450
4.229. Yapraklı Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 451
4.230. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 455
4.231. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 456
4.232. Yapraklı Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 459
4.233. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 460
4.234. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 461
4.235. Yapraklı Baraj Havzasında 16 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 463
4.236. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 465
4.237. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 466
4.238. Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 468

4.239. Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 469
4.240. Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 470
4.241. Yapraklı Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 472
4.242. Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 473
4.243. Yapraklı Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 476
4.244. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 479
4.245. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 480
4.246. Kartalkaya Baraj Havzasının Konumu ..... 481
4.247. Kartalkaya Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 483
4.248. Kartalkaya Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 484
4.249. Kartalkaya Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 487
4.250. Kartalkaya Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 489
4.251. Kartalkaya Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 490
4.252. Kartalkaya Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 491
4.253. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 495
4.254. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 496

4.255. Kartalkaya Baraj Havzasında 8 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 499
4.256. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 500
4.257. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 501
4.258. Kartalkaya Baraj Havzasında 10 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 503
4.259. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 505
4.260. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 506
4.261. Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 508
4.262. Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 509
4.263. Kartalkaya Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 511
4.264. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 514
4.265. Berdan Baraj Havzasının Konumu ..... 515
4.266. Berdan Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 517
4.267. Berdan Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 519
4.268. Berdan Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 523
4.269. Berdan Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 524
4.270. Berdan Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 525
4.271. Berdan Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 526

4.272. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 530
4.273. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları..... 531
4.274. Berdan Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 534
4.275. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon..... 535
4.276. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 536
4.277. Berdan Baraj Havzasında 22 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri..... 538
4.278. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 540
4.279. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 541
4.280. Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon..... 543
4.281. Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları..... 544
4.282. Berdan Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 546
4.283. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 549
4.284. Oymapınar Baraj Havzasının Konumu ..... 550
4.285. Oymapınar Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 551
4.286. Oymapınar Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 553
4.287. Oymapınar Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar..... 557

4.288. Oymapınar Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 558
4.289. Oymapınar Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 559
4.290. Oymapınar Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 560
4.291. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 564
4.292. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 565
4.293. Oymapınar Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 567
4.294. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 569
4.295. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 570
4.296. Oymapınar Baraj Havzasında 9 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ekim Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 572
4.297. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 574
4.298. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 574
4.299. Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 577
4.300. Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 578
4.301. Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 579

4.302. Oymapınar Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 581
4.303. Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 582
4.304. Oymapınar Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 584
4.305. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 587
4.306. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 588
4.307. Çatalan Baraj Havzasının Konumu ..... 590
4.308. Çatalan Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 592
4.309. Çatalan Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 594
4.310. Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 597
4.311. Çatalan Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 599
4.312. Çatalan Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 600
4.313. Çatalan Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 601
4.314. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 605
4.315. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 606
4.316. Çatalan Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 609
4.317. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 611
4.318. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 612

4.319. Çatalan Baraj Havzasında 13 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Haziran Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 614
4.320. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 616
4.321. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 616
4.322. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 618
4.323. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 619
4.324. Çatalan Baraj Havzasında 4 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 622
4.325. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 624
4.326. Hirfanlı Baraj Havzasının Konumu ..... 625
4.327. Hirfanlı Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 627
4.328. Hirfanlı Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 628
4.329. Hirfanlı Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 632
4.330. Hirfanlı Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 633
4.331. Hirfanlı Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 634
4.332. Hirfanlı Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 635
4.333. Hirfanlı Baraj Havzası Aylık Ortalama Nehir Akım Değerlerinde Gözlemlenen Değişim ..... 639
4.334. Hirfanlı Baraj Havzası Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerlerinde Gözlemlenen Değişim ..... 639
4.335. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 641

4.336. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 642
4.337. Hirfanlı Baraj Havzasında 9 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 645
4.338. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 647
4.339. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 648
4.340. Hirfanlı Baraj Havzasında 10 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 650
4.341. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 652
4.342. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 652
4.343. Hirfanlı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 654
4.344. Hirfanlı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 655
4.345. Hirfanlı Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 658
4.346. Sürgü Baraj Havzasının Konumu ..... 660
4.347. Sürgü Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 662
4.348. Sürgü Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 663
4.349. Sürgü Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 666
4.350. Sürgü Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 667
4.351. Sürgü Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 668
4.352. Sürgü Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 669

4.353. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 673
4.354. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları..... 674
4.355. Sürgü Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Nisan Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 677
4.356. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon..... 678
4.357. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 679
4.358. Sürgü Baraj Havzasında 15 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri..... 681
4.359. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 683
4.360. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 684
4.361. Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon..... 686
4.362. Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon..... 687
4.363. Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları..... 688
4.364. Sürgü Baraj Havzasında 6 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 690
4.365. Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları..... 691
4.366. Sürgü Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 694

4.367. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 697
4.368. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 698
4.369. Tercan Baraj Havzasının Konumu ..... 699
4.370. Tercan Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 701
4.371. Tercan Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 702
4.372. Tercan Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 705
4.373. Tercan Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 707
4.374. Tercan Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 708
4.375. Tercan Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 709
4.376. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 713
4.377. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 714
4.378. Tercan Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 717
4.379. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 718
4.380. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 719
4.381. Tercan Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 721
4.382. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 723
4.383. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 724

4.384. Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 726
4.385. Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 727
4.386. Tercan Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 729
4.387. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 732
4.388. Arpaçay Baraj Havzasının Konumu ..... 733
4.389. Arpaçay Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 734
4.390. Arpaçay Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 735
4.391. Arpaçay Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 738
4.392. Arpaçay Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 740
4.393. Arpaçay Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 741
4.394. Arpaçay Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 742
4.395. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 746
4.396. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 747
4.397. Arpaçay Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 750
4.398. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 751
4.399. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 752
4.400. Arpaçay Baraj Havzasında 8 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ..... 754

4.401. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 756
Şekil 4.402. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 757
4.403. Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 759
4.404. Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 760
4.405. Arpaçay Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 762
4.406. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 765
4.407. Tahtaköprü Baraj Havzasının Konumu ..... 766
4.408. Tahtaköprü Baraj Havzası Kot Dağılımı ..... 767
4.409. Tahtaköprü Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi ..... 769
4.410. Tahtaköprü Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar ..... 772
4.411. Tahtaköprü Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri ..... 773
4.412. Tahtaköprü Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi ..... 774
4.413. Tahtaköprü Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler ..... 775
4.414. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon ..... 779
4.415. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 780
4.416. Tahtaköprü Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri ..... 783
4.417. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon ..... 784

4.418. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları ..... 785
4.419. Tahtaköprü Baraj Havzasında 16 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri..... 787
4.420. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 789
4.421. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 790
4.422. Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon..... 792
4.423. Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları..... 793
4.424. Tahtaköprü Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ..... 795
4.425. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması..... 798

# ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge Sayfa

3.1. Seçilen Barajlara Ait Özellikler ve Kullanılan Veri Aralığı ..... 40
3.2. SYİ Kuraklık Sınıflandırılması ..... 46
3.3. SYİ Değerlerine Karşılık Gelen Olasılık Dağılım Değerleri ..... 50
4.1. Karaidemir Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)..... 56
4.2. Karaidemir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 57
4.3. Karaidemir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler..... 58
4.4. Karaidemir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 59
4.5. Sevişler Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 96
4.6. Sevişler Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 97
4.7. Sevişler Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler..... 98
4.8. Sevişler Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 99
Çizelge 4.9. Ömerli Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) .. 137
Çizelge 4.10. Ömerli Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları..... 138
Çizelge 4.11. Ömerli Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 139
4.12. Ömerli Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 140
4.13. Selevir Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)..... 172
4.14. Selevir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları..... 173
4.15. Selevir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler..... 174
4.16. Selevir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 175
4.17. Çaygören Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 211
4.18. Çaygören Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları..... 213

4.19. Çaygören Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 214
4.20. Çaygören Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 215
4.21. Kemer Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 251
4.22. Kemer Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 252
4.23. Kemer Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 253
4.24. Kemer Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 254
4.25. Porsuk Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 291
4.26. Porsuk Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 292
4.27. Porsuk Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 293
4.28. Porsuk Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 294
4.29. Demirköprü Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri(mm) ..... 330
4.30. Demirköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 332
4.31. Demirköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 333
4.32. Demirköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 334
4.33. Hasanlar Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 370
4.34. Hasanlar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 371
4.35. Hasanlar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 372
4.36. Hasanlar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 373
4.37. Kılıçkaya Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 410
4.38. Kılıçkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 411
4.39. Kılıçkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 412

4.40. Kılıçkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 413
4.41. Yapraklı Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 445
4.42. Yapraklı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 446
4.43. Yapraklı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 447
4.44. Yapraklı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 448
4.45. Kartalkaya Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 485
4.46. Kartalkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 486
4.47. Kartalkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 487
4.48. Kartalkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 488
4.49. Berdan Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 519
4.50. Berdan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 521
4.51. Berdan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 522
4.52. Berdan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 523
4.53. Oymapınar Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 553
4.54. Oymapınar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 555
4.55. Oymapınar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 556
4.56. Oymapınar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 557
4.57. Çatalan Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 594
4.58. Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 595
4.59. Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler ..... 596
4.60. Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 598
4.61. Hirfanlı Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 629

4.62. Hirfanlı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 630
4.63. Hirfanlı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler..... 631
4.64. Hirfanlı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 632
4.65. Hirfanlı Baraj Havzası Aylık Ortalama Nehir Akım ve Hazne Hacim Verilerine Ait İstatistiksel Özellikler ..... 640
4.66. Sürgü Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 664
4.67. Sürgü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları..... 665
4.68. Sürgü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler..... 665
4.69. Tercan Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)..... 703
4.70. Tercan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları ..... 704
4.71. Tercan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler..... 705
4.72. Tercan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 706
4.73. Arpaçay Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm) ..... 736
4.74. Arpaçay Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları..... 737
4.75. Arpaçay Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler..... 737
4.76. Arpaçay Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri ..... 738
4.77. Tahtaköprü Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)..... 769
4.78. Tahtaköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları..... 770
4.79. Tahtaköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler..... 771

# 1. GİRİŞ

Yaşamsal önemi çok büyük olan suyun, insan ve toplum unsurları ile çok yakından ilişkili olmasının yanı sıra, tüm canlılar için gerekliliği tartışılmaz bir gerçektir. Hızlı nüfus artışına bağlı olarak artan su talebine karşın mevcut su kaynaklarının tüketilmesi, yenilenebilir su kaynaklarından daha fazla miktarda su kullanılması durumunda yeraltı su rezervlerinin azalması, son yıllarda gelişen sanayi ve tarımsal faaliyetlerin hızlanması ile birlikte su kaynaklarının kirletilmesi, aşırı ve plansız kullanımı, küresel ısınma ve iklim değişikliği etkisi sonucu kurak sürelerin oluşumu ve kuraklık şiddetlerinin artması gibi çeşitli etkenler nedeniyle sınırlı miktardaki mevcut olan su kaynaklarının kullanılabilirlik ve sürdürülebilirlik özelliklerinde zaman içinde azalma eğilimi meydana gelerek, günümüzde su kıtlığı problemi ortaya çıkmıştır [1].

Yakın gelecekte özellikle kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer almakta olan ülkelerde gerekli önlemler alınmadığı taktirde su kaynaklarına ulaşılabilirlikte büyük problemler yaşanarak, su kıtlığı sonucu meydana gelen olumsuz etkiler sosyal, ekonomik ve politik alanlara olumsuz yönde yansıyacaktır [2]. Bu sebeple, özellikle son yıllarda su sorunu kavramı uluslararası gündemin ilk sıralarına taşınmış, su kaynakları yönetimi ile doğrudan ve dolaylı yollarla ilişkili olan bütün faaliyetlerin sistematik olarak tekrar gözden geçirilerek revize edilmesine ve gelecekte daha iyiye götürülmesine yönelik çalışmaların ve yaklaşımların önem kazanmasına yol açmıştır [3]. Ayrıca yapılan çalışmalarda tarım, sanayi ve evsel amaçlı gibi sektörel kullanımlar sonucu oluşan su kayıplarının önlenmesi, suyun etkin kullanımının sağlanması ve özellikle havza düzeyinde su kaynaklarının çevre ile uyumlu olarak geliştirilmesi gerekliliği ön plana çıkmıştır [4].

Su kaynaklarının verimli kullanımı ve sürdürülebilir yönetimi öncelikle insanlık için önemli olmasının yanı sıra daha da özel ölçekte Türkiye için çok önemlidir. Türkiye, dünya üzerinde yarı kurak iklim özelliklerine sahip bir bölgede yer almaktadır. Türkiye'nin konumu, fiziki coğrafya faktörleri ve iklimsel özellikleri göz önüne alındığında, yağışın alansal ve zamansal dağılımı bölgelere ve mevsimlere göre değişiklik göstermektedir. Örneğin; Akdeniz ve Ege bölgeleri kuraklık eğilimi

gösteren alanlar içerisinde yer alırken, kuzeyde yer alan Karadeniz kıyısındaki bölgelerde ise ekstrem yağışlara bağlı olarak sel, taşkın ve heyelan gibi afetlerin riskleri bulunmaktadır [5-6].

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nün (DSİ) verilerine göre; Türkiye'de yıllık ortalama yağış miktarı yaklaşık 643 mm'dir. Bu değer yıllık ortalama 501 milyar $m^3$ suya tekabül etmekte olup, buharlaşma ve evapotranspirasyon yoluyla 274 milyar $m^3$'ü atmosfere geri dönmekte, sızma yoluyla 69 milyar $m^3$'ü yeraltı suyunu beslemekte ve 158 milyar $m^3$'ü ise yüzeysel akışa geçmektedir. 69 milyar $m^3$ yeraltına sızan suyun ise 28 milyar $m^3$'ü kaynak suyu yoluyla yerüstü suyuna tekrar katılmaktadır. Ayrıca komşu ülkelerden gelen yıllık ortalama 7 milyar $m^3$ su miktarı ile birlikte 193 milyar $m^3$ yerüstü suyu potansiyeline sahip olan ülkemizin, 41 milyar $m^3$'lük yer altına sızan su göz önünde bulundurulduğunda toplam yenilenebilir su potansiyeli brüt olarak 234 milyar $m^3$'e ulaşmaktadır. Fakat günümüzün teknik ve ekonomik şartlarından dolayı, ülkemizin yıllık ortalama tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli toplamı 112 milyar $m^3$'tür. Bunun yaklaşık %39'undan yararlanılmakta ve kişi başına yaklaşık olarak yıllık 1.519 $m^3$ kullanılabilir su miktarı düşmektedir [7].

Bir ülkenin su potansiyeli; coğrafi konumuna, jeolojik yapısına, topografyasına ve bitki örtüsüne bağlı olarak oluşmakta olup, su potansiyelini etkileyen en önemli unsur ise yağıştır [2]. Bu özellikler altında, 25 hidrolojik su havzasına ayrılmış olan ülkemizdeki havzaların toplam yıllık ortalama yüzeysel akış miktarı, yaklaşık olarak 186 milyar $m^3$'tür [7]. Hidrolojik su havzalarının her birinin toplam yıllık yağış miktarı aynı olmayıp, havzalara ait su verimleri ile yer altı ve yüzey suyu potansiyelleri birbirinden önemli farklılık göstermektedir [2]. Türkiye'nin yıllık toplam akış miktarının yaklaşık yarısı Fırat-Dicle, Doğu Karadeniz, Doğu Akdeniz ve Antalya havzalarına aittir [8]. Fırat-Dicle Havzası en fazla su potansiyeline sahipken, Akarçay ve Burdur Gölü Havzaları ise en düşük su potansiyeline sahip olan havzalardır [9]. Ülkemizin yıllık toplam akış miktarının yaklaşık %30'una sahip olan Fırat-Dicle havzasını alansal büyüklük bakımından Kızılırmak ve Sakarya havzaları izlemektedir [8]. Diğer taraftan havzalara ait yüzeysel akış miktarı ile mevcut nüfus arasında dengesizlikler mevcuttur. Ülkemizin toplam nüfusunun %28'lik bölümüne sahip olan Marmara havzası, toplam yüzeysel akış miktarının sadece %4'üne sahiptir. Aynı

şekilde Kızılırmak, Sakarya, Büyük Menderes, Küçük Menderes, Konya Kapalı havzalarında da yüzeysel akış miktarı ile mevcut nüfus arasında oransal bakımdan önemli farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum havzalardaki su kullanımını etkileyerek, su sıkıntısının meydan gelmesine neden olmaktadır [4]. Yarı kurak iklim kuşağında yer almasına bağlı olarak su kaynakları potansiyeli düşük olan ülkemiz, kişi başına düşen kullanılabilir su potansiyeline göre su fakirliği yaşayan ülkeler arasına girmektedir. Dolayısıyla, yakın gelecekte daha önemli su sorunları ile karşı karşıya kalmaya aday olan ülkemizde, su kaynaklarının korunmasında ve planlı kullanımında doğru yaklaşımlar uygulanması gerekmektedir.

Kurak ve yarı kurak iklimlerin görüldüğü bölgeler iklim değişikliğine karşı daha duyarlı olmaktadır. Türkiye'de yaşanan iklim değişikliğinin en önemli etkileri su kaynakları üzerinde görülmekte olup, iklim değişikliğinin birçok farklı yansımasıyla karşı karşıya kalınmaktadır. Ani ve çok şiddetli yağışlar, taşkınlar, aşırı sıcaklıklar ve kuraklık olayları meydana gelen tehditlerden sadece iklim ve çevre üzerinde görülenlerden bazılarıdır [10]. Özellikle küresel iklim değişikliğinden kaynaklanan uzun süreli yağışların ortalama yağış miktarının altında kalması ile beraber sıcaklık değerlerinde meydana gelen artış sebebiyle ülkemiz kuraklık denilen yüzyılın en büyük felaketlerinden biriyle karşı karşıya kalmaktadır [11]. İklimsel değişimlerin neden olduğu geçici bir özellik olan kuraklık; kurak ve yarı kurak bölgelerin yanı sıra, orta enlemlerin nemli-denizel iklimleri gibi diğer iklim bölgelerinde de oluşabilmektedir [12]. Kurak veya yarı kurak iklim kuşağında yer alan bölgelerde mevcut su kaynaklarının da yetersiz olması sebebiyle, bu bölgelerde meydana gelen kuraklıkların sonucu çok daha ağır ve yıkıcı olmaktadır [13].

Afetlerin şiddeti, oluşum süreleri, toplam ekonomik kayıp, sosyal etki ve kalıcılığı temel alınarak yapılan değerlendirmede; kuraklık olayı, dünya üzerinde etkisini gösteren özellikle canlı yaşamını olumsuz yönde etkileyerek, insan can ve mal kaybına sebep olan önem sırasına göre sınıflandırılmış 31 çeşit doğal afet arasında ilk sırada yer almaktadır [14]. Nitelikleri frekans, süre, şiddeti ve etki alanı şeklinde sıralanabilen kuraklığı diğer doğal afetlerden ayıran en önemli özellikleri; başlangıç ve bitişinin zor tespit edilebilir oluşu, kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunun büyük olmasıdır [15].

Uluslararası çölleşme ile mücadele sözleşmesindeki kuraklık tanımlamasına göre; kuraklık, yağışın normal düzeyinin oldukça altında olduğu zaman ortaya çıkan ve arazi kaynakları üretim sistemlerini olumsuzca etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan, doğal oluşumlu bir olaydır [16]. Kuraklık, belirli bir zaman periyodunda yağışların beklenen miktardan az olması, ihtiyacın altında su bulunması gibi tanımlamaların ortak noktası olan su eksikliği sebebiyle meydana gelmektedir. Kuraklık için neredeki suyun göz önüne alınacağına (mesela; yağış, akış, zemin nemi, yeraltı suyu, baraj haznelerindeki su), hangi sürenin seçileceğine, eksikliğin aşması gereken değer için yapılan kabule ve kuraklığın kaplaması gereken bölge için seçilen büyüklüğe göre farklı tanımlamalara varılabilmektedir [17]. Meteorolojik, tarımsal, hidrolojik, coğrafi, sosyal ve ekonomik amaçla yapılmış çok sayıda araştırmada kuraklık ile ilgili birçok tanım ortaya konulmuştur. Kuraklık olayları dünyada ve ülkemizde dönemsel bir benzerlik göstermesine rağmen gerek oluş biçimi ve etkileri gerekse de şiddeti ve süresi bakımından farklılık göstermektedir. Bu sebeple kuraklığı meydana geldiği coğrafya içerisinde ele almak ve o bölgenin özeline indirgemek gerekmektedir [18].

Tabii afetler arasında ilk sıralarda yer alan kuraklık afetinin, ülke ekonomisi ve yaşam standartları üzerinde çok büyük etkilerinin olması sonucu ile beraber hem dünya hem de ülkemiz için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kuraklığın etkileri oldukça hissedilebilir olup, zararlarını azaltıcı tedbirler almak zor olmaktadır. Kuraklığın etkilerinin azaltılması, bu tehdit ve tehlikelerin önlenebilmesi, gerekli tedbirlerin alınması kuraklıkla ilgili yapılan bilimsel çalışmalar sonucu elde edilen bulguların doğru olarak değerlendirilmesiyle mümkün olmaktadır. Ayrıca, özellikle kuraklıkla ilgili yapılan hidrolojik çalışmalar sonucunda elde edilen bulgulardan su kaynakları çalışmaları planlanmasında, biriktirme haznelerinin tasarımı ve işletilmesi, etkin su kullanımı ve bölgeler arasında su transferi ile ilgili alınan optimal kararlarda yararlanılabilmektedir [19].

### 1.1. Çalışmanın Amacı

İklim değişikliği genel olarak, iklimin ortalama durumunda ya da onun değişkenliğinde onlarca ya da daha uzun yıllar boyunca süren istatistiksel olarak anlamlı değişimler olarak tanımlanabilir [20-21]. Son yıllarda iklim değişikliği, hidrolojik çevrim, su kaynakları ile onların yerel-bölgesel-küresel yönetimi ve dağıtımı üzerinde gün geçtikçe daha da fazla etkisini göstermektedir. Bu etkiler uzun yıllar boyunca ve çok yavaş olarak ortaya çıkmaktadır. Hatta bu etkilerin tehlikeli sinyalleri günümüzde hissedilebilir hale gelerek, dünyanın farklı bölgelerinde su kaynaklarının alansal ve zamansal davranışlarında daha önceden yaşanmamış değişimlerin meydana geldiği görülmektedir [22]. Değişimlerin bir bölümünü aniden meydana gelen olağanüstü meteorolojik olayların gerçekleşme sıklığındaki artışlar, büyük bir bölümünü ise yıllar arası değişim ile eğilim tipleri ve süreçleri oluşturmaktadır [23]. İklim değişikliğinin özellikle su kaynaklarına etkisi sonucunda dünyanın birçok bölgesinde nehir akımlarında ve baraj hazne hacimlerinde artış veya azalma şeklinde eğilimler meydana gelmekte olup, ayrıca zemin nemi üzerinde değişimler gözlenerek zemin nem açıklığı sonucunda zemin sızma kapasitesi ve su tutma kapasitesi önemli derecede etkilenmektedir [22].

Son yıllarda, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de iklimde gözlenen değişimlerin temel sebeplerini araştırma ve iklim değişikliğini süreç olarak değerlendirerek meydana getirdiği ve getireceği etkileri belirlemeye yönelik yapılan çalışmaların sayısı zamanla artmaktadır. Yağışlarda meydana gelen değişimlere bağlı olarak özellikle artma veya azalmasına yönelik eğilimlerin belirlenmesi için yapılan araştırmalar da bu çalışmalar arasında yer almaktadır. Çünkü yağışlarda meydana gelen değişimler bazı dönemlerde olağanüstü meteorolojik olaylarla aniden gelişerek, bazı dönemlerde ise uzun zaman dilimlerine yayılarak etkili olduğundan dolayı yağışlarda gözlenen değişimler iklim değişikliği etkilerine ilişkili en iyi kanıtlardan biri olarak gösterilebilmektedir [23].

Yağışlarda meydana gelen eksikliklerin analiz edilmesi sonucu elde edilen bulgular ile uzun bir süreçte gerçekleşen kuraklık afetinin su kaynaklarına etkisine yönelik çalışmalarda bilimsel destek sağlanabilir. Su kaynakları yönetimi çalışmalarında özellikle iklim değişikliğine bağlı yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıkların farklı

bölgelerdeki hidrolojik sistemler üzerindeki etkilerini irdelemek gerekmektedir. Su kaynaklarının yağış eksikliklerine karşı tepkilerinin belirlenmesi dünyada, ülkemizde ve nehir havzalarında kuraklık olaylarının kolay bir şekilde tanımlanması ve izlenmesi için önemlidir.

Türkiye yarı kurak iklim özelliklerine sahip olduğundan dolayı kuraklık olayları sıkça yaşanmaktadır. Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Yaşanan kuraklıklar sonucunda önemli ekonomik ve toplumsal kayıplar meydana gelmiştir. Bu tehdit ve tehlikelerin önlenebilmesi, kuraklıkla ilgili yapılan bilimsel çalışmaların yardımıyla elde edilen bulguların değerlendirilmesi sonucu alınabilecek önlemlerle mümkün olmaktadır.

Türkiye'deki kuraklık afetine etki eden belli başlı faktörler arasında iklim koşulları, atmosferik koşullar ve fiziki coğrafya faktörleri yer almaktadır. Bu sebeple, Türkiye'deki kuraklık eğilimlerini daha iyi anlayabilmek için, öncelikle ülkemizin iklimini, yağışlarını ve bunların oluşması üzerindeki en önemli etmen olan Türkiye'nin coğrafi konum ve fiziki coğrafya faktörleri ile özellikle havza bazında yapılan çalışmalarda havzaların hidrolojik, jeomorfolojik, topografik, coğrafik ve iklimsel özelliklerini incelememiz gerekmektedir. Çünkü bölgesel ya da havza bazında yapılan kuraklık tahmini, risk analizi ve yönetimi çalışmaları, kuraklık etkilerinin azaltılması, su kaynaklarının yönetimi ve su taleplerinin karşılanması için önemli bilgiler sağlamaktadır.

Türkiye'de su kaynakları planlaması ve yönetimi 25 temel hidrolojik su havzası üzerinden yapılmakta olup, alt havzalarda ise genelde sınırlı projeler kapsamında çalışmalar yapılmaktadır. Bu tez çalışmasında, Türkiye'deki farklı hidrolojik, jeomorfolojik, topografik, coğrafik ve iklimsel özelliklere sahip olan toplamda 21 adet baraj su toplama havzası seçilmiş (Arpaçay Barajı, Berdan Barajı, Çatalan Barajı, Çaygören Barajı, Demirköprü Barajı, Hasanlar Barajı, Hancağız Barajı, Hirfanlı

Barajı, Karaidemir Barajı, Kartalkaya Barajı, Kemer Barajı, Kılıçkaya Barajı, Ömerli Barajı, Oymapınar Barajı, Porsuk Barajı, Selevir Barajı, Sevişler Barajı, Sürgü Barajı, Tahtaköprü Barajı, Tercan Barajı ve Yapraklı Barajı) ve bu havzalardaki yağış eksiklerinden kaynaklanan kuraklıkların nehir akımları, baraj hazne hacimleri ile zemin nemi sistemleri üzerindeki etkisi ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir.

Çalışma kapsamında, seçilen barajlara ait su toplama havzalarındaki incelenen su kaynaklarının farklı zaman ölçeklerindeki yağış eksikliğine karşı verdiği tepkinin belirlenmesi amacıyla mevcut havzalarda meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri yapılmıştır. Bölgesel ortalama Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) serilerinden yararlanılarak meteorolojik kuraklık analizi sonucunda havzalara ait farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemler, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Yağış eksikliğinin farklı su kaynakları üzerine yaptığı etkilerin görülebilmesi için seçilen baraj havzalarındaki nehir akımları, baraj hazne hacimleri ve zemin nemi üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Hidrolojik ve tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ tespit edilmiş ve değerlendirilen su kaynaklarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkiler mevsimsel olarak incelenmiştir. Ayrıca nehir akımları ile zemin nemi arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Çalışma kapsamı üç aşamadan oluşmaktadır. Çalışmanın birinci aşamasında farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılmış ve farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemler, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Daha sonra ise havzalardaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Ayrıca, nehir akımlarının ve baraj hazne hacimleri farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkiler mevsimsel olarak incelenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise, yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzalarda zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenmiş, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bununla beraber zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkiler mevsimsel olarak incelenmiştir. Bu iki çalışmanın yanı sıra üçüncü aşamada nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (DMİ) elde edilen mevcut aylık ortalama yağış

verileri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DSİ) elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri, havza merkezine en yakın gözlem istasyonlarının direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada SYİ metodunun kullanılmasının sebebi; bu yöntem ile 1 aylıktan 48 aylığa kadar farklı zaman dilimlerinde inceleme yapılarak yağış eksikliğinin farklı su kaynakları üzerine yaptığı etkilerin görülmesinin mümkün olması ve ayrıca hem alansal hem de zamansal normalleştirmelerde başarılı olmasıdır. Ayrıca çalışma kapsamında, ülkemizdeki su kaynakları yönetim ve çalışmaları incelenerek havza bazında su kaynakları yönetimi için öneriler getirilmiştir. Bu sebeple, havza ölçeğinde yapılan bu çalışmanın kuraklık tahmini, risk analizi ve yönetimi çalışmaları, kuraklık etkilerinin azaltılması çalışmaları ve sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için önemli bilgiler sağlayacağı düşünülmektedir.

### 1.2. Çalışmada İzlenen Yol

Tezin hazırlanma sürecinde sırasıyla aşağıdaki aşamalar izlenmiştir:

1- Çalışmada tez konusunun belirlenmesi ardından, DMİ'den Türkiye'deki tüm meteoroloji istasyonlarına ait aylık yağış verileri alınmıştır.

2- Türkiye'deki mevcut barajlar içerisinden normal su kotunda baraj göl alanı ve göl hacmi ile birlikte yapılış amacı ve işletmeye açılış tarihi göz önünde bulundurularak 25 temel hidrolojik su havzasının alt havzalarını temsil edecek şekilde 21 adet baraj seçilmiştir. Bu barajlar havzaları Şekil 1.1.'de gösterilmiştir. Buradaki amaç, farklı hidrolojik, jeomorfolojik, topografik, coğrafik ve iklimsel özelliklere sahip baraj su toplama havzaları elde etmektir.

3- Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programı olan ArcGIS 10 programının bir yazılımı olan ArcHydro uygulaması kullanılarak seçilen her baraja ait su toplama havzalarının sınırları belirlenmiştir. Çalışmanın bu bölümü kapsamında, uluslararası bir proje olarak yürütülen "Shuttle Radar Topography Mission-SRTM"

projesinden elde edilen ~ 90 m çözünürlüğündeki SRTM90 uydu görüntülerinden elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılmıştır. Çalışmada ~ 90 m çözünürlüğünde Coğrafik Koordinat Sisteminde (WGS84) elde edilen SRTM90 SYM, Lambert Conformal Conic (ED50) koordinat sistemine dönüştürülerek kullanılmıştır. SRTM90 SYM, hidrolojik olarak yeniden düzenlenmiş ve kullanılacak ArcHydro programının ihtiyaç duyduğu ön işlemlerden geçirilerek seçilen barajlara ait su toplama havzaları elde edilmiştir [30-31]. Tez çalışması kapsamında seçilen barajlara ait su toplama havzalarının alanları 247 $km^2$ ile 27092 $km^2$ arasında değişmektedir.

4- Havzalara ait bölgesel ortalama aylık yağış değerlerini bulmak amacıyla her su toplama havzasına en yakın meteoroloji yağış istasyonları belirlenmiştir. Belirlenen meteoroloji istasyonları, aylık ortalama yağış değerlerinin süresine ve verilerin devamlılığına göre ön elemeden geçirilmiştir. Eksik kayıt tutulmuş meteoroloji istasyonlarında veri eksiklikleri, aritmetik ortalama metodu kullanılarak en yakın istasyonlardan tamamlanmış ve yağış istasyonlarına ait veri tabanı oluşturulmuştur. Thiessen poligonları metodu yardımıyla, Thiessen poligonları çizilerek havzalara ait bölgesel ortalama aylık yağış değerleri elde edilmiştir.

5- SYİ yöntemi kullanılarak, bölgesel ortalama yağış verilerinden 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. Havzaların farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri değerlendirilmiştir. Özellikle, 12 aylık SYİ serileri ve 3 aylık SYİ serileri ayrıntılı şekilde incelenerek, yıl ve mevsim bazında havzalarda meydana gelen kuraklıklar değerlendirilmiştir. Ayrıca, ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzaların etkilenme durumu araştırılmıştır. Böylelikle havzalara ait meteorolojik kuraklık analizi tamamlanmıştır.

6- Hidrolojik kuraklık analizi yapılması amacıyla, her baraja ait aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri DSİ'den elde edilmiştir. SPSS paket programı yardımıyla aylık ortalama akım ve hazne hacim değerlerinin dağılımları kontrol edilerek,

veriler standartlaştırılmıştır. Havzalarda hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada her havza için, standartlaştırılmış akım ve hazne hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım ve hazne hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir. Böylelikle havzalara ait hidrolojik kuraklık analizi tamamlanmıştır.

7- Tarımsal kuraklık analizi yapılması amacıyla aylık ortalama zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Çalışmada, iki farklı şekilde elde edilen "The Advanced Microwave Scanning Radiometer - Earth Observing System (AMSR-E)" uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı "The Land Parameter Retrieval Model (LPRM)" algoritması ile elde edilen aylık ortalama zemin nemi verileri ile gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır. Ayrıca, seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. SPSS paket programı yardımıyla aylık ortalama zemin nemi değerlerinin dağılımları kontrol edilerek, veriler standartlaştırılmıştır. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

8- Çalışmanın son bölümünde ise, standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenerek, zemin nemi ve nehir akımlarının 2000 yılından sonra ülkede yaşanan kuraklıklardan etkilenme durumu değerlendirilmiştir.

9- Tüm baraj havzaları için yapılan bu çalışmalar sonucu elde edilen bulgular karşılaştırılarak değerlendirilmiştir.




**Şekil 1.1.** Seçilen Barajlara Ait Su Toplama Havzalarının Sınırları

## 1.3. Literatür Özetleri

Konuyla ilgili daha önce yapılan araştırmalar ve elde edilen bulgular incelendiğinde; bu çalışmaların, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerinde etkisi, mevcut su kaynaklarının daha iyi kullanımı, sürdürülebilir su kaynaklarının incelenmesi ve havza bazında yönetimi, kurak ve yağışlı bölgelerin birbirinden ayırımı ve kullanılan metotlar, kuraklık olaylarının boyutu, kuraklık analizleri ve kuraklığın gelecekteki etkilerinin tahmini ve ileriye yönelik alınması gereken tedbirlere ilgili olduğu görülmektedir.

1940'lı yılların başlarından itibaren kuraklık üzerine yapılan çalışmalar artarak devam etmektedir. Kuraklık konusunda ülkemizde yapılmış olan ilk çalışmalardan biri, 1943 yılında Tanoğlu tarafından yapılmıştır. Araştırmacı, istasyonların sıcaklık ve yağış değerleri ile De Martonne yöntemini kullanmış ve Türkiye'ye ait bir kuraklık haritası çıkarmıştır [32-33]. 1949-1950 yıllarında Erinç, aylık yağış, sıcaklık ve buharlaşma değerlerini kullanarak Thorntwaite yöntemi ile Türkiye'nin kuraklık durumunun saptanması konusunda bir araştırma yapmıştır. Yine aynı araştırmacı 1956 yılında ise yaptığı çalışmada, De Martonne ve Thornwaite formüllerine göre hesapladığı indislerle, Türkiye'deki kurak aylar sayısını incelemiştir. Erinç'in 1965 yılında yaptığı bir başka çalışmasında ise, Erinç Formülü diye adlandırılan indisi önermiş ve bu indis üzerinde çalışmıştır. Araştırmacı, yağış ve buharlaşmayı oranlayarak bulduğu indisi Türkiye'nin 80 meteoroloji istasyonuna uygulayarak iklim sınıflandırması yapmıştır [34-37]. 1973 yılında Çelenk tarafından kuraklık konusunda bir başka çalışma yapılmış ve hazırladığı DMİ'ye ait "Türkiye'nin Kuraklık Etüdü" isimli çalışmada; Erinç ve Crowe formüllerini, mukayese edebilmek amacıyla da De Martonne ve Thorntwaite formüllerini kullanmıştır [38]. 1976 yılında ise Nişancı Türkiye'de kurak koşulların belirlenmesi ile ilgili bir çalışma yaparak Türkiye için ölçülmüş buharlaşma değerlerini ve bunların 0.5 faktörü ile indirgenmiş durumlarını yağış değerleri ile karşılaştırmış ve su bilançosu bakımından pozitif ya da negatif değerler elde etmiştir. Araştırmacı 1977 yılında yine Türkiye'nin kurak, yarı kurak ve nemli bölgeleri üzerine çalışarak, yağışlar yönünden elverişli hava durumu tiplerinin ya da sirkülasyon tiplerinin sık görüldüğü 1963, 1965 ve 1969 yıllarında kuraklığın süre ve şiddetinin azaldığı, buna karşılık elverişli olmayan hava tiplerinin sık görüldüğü 1964 ve 1970

yıllarında etkili olduğunu belirtmiştir [39-40]. Kuraklık ve etkileri üzerine birçok çalışması olan Şen özellikle kuraklık şiddeti ve süresiyle ilgili önemli araştırmalar yapmıştır. Çalışmalarında gidiş özelliklerini, periyodik-stokastik süreç için analitik olarak araştırmıştır. Autorun analizi olarak bilinen teknik üzerine yaptığı çalışmasında gidiş özellikleri ile ilgili olan kurak ve sulak devrelere bağlı olarak hidrolojik zaman serilerinin ardı sıra gelen olasılıklarını araştırmıştır [41]. Kuraklığın tespiti konusunda önemli bir çalışmada, 1988 yılında Aydeniz'in geliştirdiği Aydeniz metodu ile Türkiye'nin kuraklık açısından değerlendirilmesinin yapıldığı DMİ'ye ait yayındır. Bu çalışmada, Türkiye'nin hangi bölgelerinin hangi kuraklık sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Kullanılan formülde, yağış ve sıcaklıkla birlikte nispi nem ve güneşlenme süresi de dikkate alınmıştır. Bitkilerin su ihtiyacını bulmak için kullanılan formüllerden Blaney-Criddle dikkate alınarak iklim tasnif çalışmasında çöl-çok nemli arasında kalan, iklim alt sınıfları ortaya konulmuştur [42].

Kuraklık konusunda birçok çalışması olan Türkeş 1990 yılında, doktora tezi çalışmasında, Erinç indisini kullanarak Türkiye'nin yıllık ve aylık ortalama özellikleri ve yıllık indis değerlerine göre yıllar arası değişimleri araştırarak, normal frekans dağılımı yöntemiyle kurak ve nemli yılların ve kuraklığın ya da nemliliğin ölçüsünün saptanması üzerine çalışmıştır. [43].

1999 yılında Altıparmak tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında ise, Ege Bölgesi sınırları içinde yer alan Büyük Menderes havzasındaki 7 istasyonun verileri ile Thorntwaite yöntemini kullanarak elde edilen bulgulara göre bölgenin kuraklık durumunu incelenmiştir [44].

2001 yılında Erkuş tarafından yüksek lisans tezi olarak yapılan çalışmada, İstanbul'da bulunan 5 meteoroloji istasyonuna ait yıllık toplam yağış verilerinin stokastik modellenmesiyle elde edilen sentetik değerler kullanılarak kuraklık analizi çalışması yapılmıştır [45].

2002 yılında Sırdaş tarafından yapılan doktora tezi çalışmasında, 1993 yılında Mc. Kee ve arkadaşları tarafından geliştirilen SYİ metodunu kullanılmıştır. Yağışın takibi için önemli elemanlar olan kuraklık genliği, süresi ve şiddeti, yağış zaman serilerinden

faydalanarak elde edilmiş ve bu değişkenlerin maksimum ve minimum değerleri bulunarak ülke geneli için haritalar ve tablolar elde edilmiştir. Kuraklık tanımlamasında, yağışla birlikte sıcaklık ve nem de kullanılmıştır. Çalışmada üçlü değişken kuraklık ilişkisi yaklaşımı uygulamaları, Türkiye'nin farklı iklim bölgelerindeki 60 istasyon için sunulmuştur. Ayrıca çalışmada, SYİ'ye ilave olarak yeni bir yaklaşım olan kuraklık oranı yaklaşımı geliştirilmiştir. Türkiye'nin farklı klimatolojik bölgeleri için kuraklık oranı ile birlikte SYİ haritaları ocak, nisan, temmuz ve ekim ayları için elde edilmiştir [46].

2003 yılında Sırdaş ve Şen tarafından yapılan çalışmada, kuraklıkla ilgili olarak hem alansal hem de zamansal yeni yaklaşımlar getirilmiştir. Çalışmada, Türkiye'de bulunan 60 büyük klima istasyonunun 1930-1990 yılları arasındaki aylık yağış verileri kullanılmıştır. Standart yağış zaman serisinden faydalanılarak kuraklık genliği, süre ve şiddeti değişkenlerin maksimum ve minimum değerleri farklı kesim seviyeleri için elde edilmiş ve ülke geneli için haritalar hazırlanmıştır [47].

2003 yılında Özgürel ve ark. tarafından yapılan çalışmada, aylık girdi ve çıktıları eklenik olarak hidrolojik süreklilik ilkesi çerçevesinde hesaplanarak kuraklığın şiddetini ve gidişini belirlemede kullanılan bir yöntem olan Palmer Kuraklık Şiddet İndisi yöntemiyle; yağışın yanında sıcaklık, oransal nem ve güneşlenme süresi gibi parametrelerin dikkate alındığı ve ülkemizde yaygın olarak kullanılan Aydeniz yöntemi karşılaştırılarak Ege Bölgesi için kuraklık analizi yapılmış ve Palmer Kuraklık Şiddet İndisinin tarımsal kuraklığı daha iyi ifade eden bir indis olduğu sonucuna varılmıştır [48].

2004 yılında Pamuk ve ark. tarafından SYİ metodu ile Ege Bölgesinde kuraklığın irdelenmesi amaçlı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada, Ege Bölgesinde seçilen uzun süreli yağış ölçümlerine sahip meteoroloji istasyonlarının verileri kullanılarak, söz konusu bölge için kuraklık oluşumları analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Ege Bölgesi özellikle yağışlı dönemden sonra "normal" sınırlar içerisinde bir kuraklık süreci yaşamakta olduğu ancak yağış döneminde İç Batı Anadolu bölümünün nemli bir süreç geçirmekte olduğu sonucuna ulaşılmıştır [49].

2005 yılında Yeğnidemir tarafından yapılan yüksek lisans tezi çalışmasında, şiddetli kuraklıkların sık olarak görüldüğü İç Anadolu Bölgesinde, SYİ metodu ile kuraklık analizi yapılmış, farklı zaman dilimlerinde ve farklı kesim seviyelerindeki kuraklık karakteristikleri belirlenmiştir. Bölgenin kuraklık koşullarından önemli derecede etkilendiği ve yağışta meydana gelen eksilmenin su kaynakları ve tarımı önemli ölçüde etkilediği çalışmada vurgulanmıştır [50].

2005 yılında Vicente-Serrano ve L´opez-Moreno tarafından yapılan çalışma konuyla ilgili önemli araştırmalardan biridir. Çalışmada İspanya'da Aragon Nehir havzasında hidrolojik kuraklık değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışmada, nehir akımları ve baraj hazne hacimlerine ait veriler farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılarak, yağış eksikliklerine bağlı olarak meydana gelen hidrolojik kuraklık takibi için aylık ve mevsimsel olarak en uygun zaman ölçekleri bulunmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada, SYİ ile yapılan karşılaştırmalarda en uygun SYİ zaman ölçekleri, nehir akımları için kısa zaman ölçeklerinde (1-3 ay) ve hazne hacimleri için ise uzun zaman ölçeklerinde (7-10) elde edilmiştir. Bu bölgede, 12 aydan daha uzun SYİ zaman ölçeklerinin herhangi bir kuraklık tipinin izlenmesinin elverişli olmadığı görülmüştür. Bu değerlerin havza özelliklerine (topografik, jeolojik, iklim, şekil, büyüklük vs.) bağlı olarak değiştiği ve bunu daha iyi anlamak için farklı özellikte ve bölgelerdeki yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu vurgulanmıştır [51].

2006 yılında Yaltay'ın hazırlamış olduğu yüksek lisans tezi çalışmasında, Bitlis ili Ahlat ilçesine ait kuraklık risk tahmini yapılmıştır. Çalışmada, 1975-2004 yılları arasında ilçenin aylık ortalama yağış verileri kullanılarak istatistiksel bir yöntem olan Standart Örnek Fonksiyonu veya veri dizisi yöntemi ile bölgedeki kuraklık riski araştırılmıştır [52].

2007 yılında Keskin ve ark. tarafından gerçekleştirilen çalışmada SYİ yöntemi kullanılarak Isparta bölgesi meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. İnceleme sonucunda, SYİ yöntemi kriterleri göz önüne alındığında, Isparta Bölgesi özellikle yağışlı dönemlerin ardından normale yakın kuraklık derecesinde bir kuraklık geçirdiği bulunmuştur [53].

2007 yılında Yıldız tarafından Yukarı Kızılırmak havzası alt havzası olan Hirfanlı Baraj havzasında hidrolojik kuraklık değerlendirmesi yapılmıştır. Çalışmada farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanarak havzaya ait nehir akımları ve Hirfanlı Baraj hazne hacimleri üzerinde kuraklığın etkisi incelenmiş ve hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Çalışmada standartlaştırılmış akım ile kısa zaman ölçekli (2-4 aylık) SYİ arasında ve standartlaştırılmış hazne hacim ile uzun zaman ölçekli (8-10 aylık) SYİ arasında nispeten kuvvetli bir ilişki olduğu görülmüştür. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir [54].

2007 yılında Yıldız ve ark.'nın yaptığı farklı bir çalışmada ise, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi açısından Yukarı Kızılırmak havzasının Hirfanlı Baraj havzasında meydana gelen meteorolojik kuraklıkların zamansal ve alansal özellikleri incelenmiştir. Çalışma alanındaki 6 adet meteoroloji istasyonuna ait 1953-2003 yıllarına ait aylık yağış verilerinden elde edilen SYİ değerleri kullanılmıştır. Araştırmacılar tarafından, SYİ'nin zamansal ve alansal özellikleri yardımıyla bölgesel kuraklık özelliklerinin değerlendirilmesinde kullanılan kuraklık şiddeti alansal yayılım-frekans eğrisi geliştirilerek, bölgedeki önemli kuraklıkların şiddet, alansal yayılım ve dönüş aralıkları belirlenmiştir [55].

2007 yılında Patel ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Gujarat'ta (Hindistan) 160 adet meteoroloji istasyonuna ait 1981-2013 yılları arasındaki aylık ortalama yağış verileri kullanılarak elde edilen 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ değerleri ile çalışılmıştır. 3 aylık SYİ değerleri, kuraklık tiplerini ve yağışlı yıllarda meteorolojik kuraklığın alansal modellerini ve şiddetini göstermek için yorumlanmıştır. Ayrıca, Gujarat'taki kuraklık riskini değerlendirmek için SYİ zaman serileri kullanılmıştır. Çalışmada, 3 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerlerinin Gujarat'da mevsimsel kuraklığı zamansal ve alansal olarak yansıtmada etkili olduğu bulunmuştur. Bunun sebebi, SYİ'nin 1987 yılını son 20 yıldaki en kötü kuraklık olarak kategorize etmesi olarak gösterilmiştir. Ayrıca, söz konusu çalışmada eylül ayının özellikle kuraklığa açık bölgelerde tohum üretimi ile ilişkili herhangi bir anormalliğin iyi bir göstergesi olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak, Eylül ayına ait 3 aylık SYİ değerleri, Gujarat'ta kuraklık riskinin gerçek durumunu göstermediği çalışmada vurgulanmıştır [56].

2008 yılında Ma'rufah ve ark. tarafından yapılan çalışmada, Endonezya'nın kuzey ve güney bölgelerinde, El Niño yıllarında meteorolojik ve tarımsal kuraklığın süresi, alansal kapsamı, şiddeti ve gecikme süresinin anlaşılması amaçlanmıştır. El Niño yıllarında meteorolojik kuraklık ve tarımsal kuraklık yoğunlaşmıştır. Her bölgede meteorolojik kuraklık süresi farklı olup, genelde haziran ile kasım ayları arasında görülmüştür. Tarımsal kuraklığın ise, genellikle ağustos ayından kasım ayına kadar sürmekte olduğu belirtilmiştir. Üç ay boyunca meydana gelen yağış eksikliğinin Endonezya'daki tarımsal kuraklık üzerinde önemli bir etkisi olduğu görülmüştür. Çalışmada, SYİ 3 ve VHI değerlerinin Endonezya'daki meteorolojik kuraklık ile tarımsal kuraklık arasındaki ilişkiyi açıkladığı bulunmuştur. [57].

2009 yılında Yıldız tarafından yapılan çalışmada, Kızılırmak Nehrinin yukarı yöndeki drenaj alanlarını kapsayan ve sık sık kuraklık olaylarına maruz kalan Hirfanlı Baraj havzasında meydana gelen meteorolojik kuraklıkların özellikleri SYİ yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Ayrıca araştırmacı, aylık SYİ değerlerinin alansal ve zamansal özelliklerini kullanarak, çeşitli dönüş aralıkları için kuraklık şiddeti-alansal ve bölgesel-frekans eğrileri oluşturarak bölgedeki kuraklıkların şiddetine dair bir değerlendirme yapmıştır [58].

2010 yılında Küçükyaman tarafından yapılan yüksek lisans tez çalışmasında, Kovada Gölünde meydana gelen kuraklıkları meteorolojik ve hidrolojik açıdan incelemiştir. Çalışmada meteorolojik kuraklıkların değerlendirilmesi için 1964-2007 yılları arasında bulunan aylık ortalama yağış verileri kullanılmış ve SYİ yöntemi ile kuraklık sınıfları oluşturulmuştur. Hidrolojik açıdan yapılan değerlendirmede ise, 1964-2007 yılları arasındaki Kovada Gölünün, göl seviye ve hacim değerleri ile çalışılmış ve hareketli ortalamalar ile uzun devre eğilimi yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmada, meteorolojik ve hidrolojik kuraklıklara ait sonuçlar kıyaslanmış, kuraklık ile ilgi tahminler yapılarak yorumlanmış ve alınabilecek önlemler değerlendirmiştir. Araştırmacı tarafından elde edilen bulgular ve oluşturduğu modeller sonucunda çalışma alanındaki yağış ve göl seviyesi değerlerinde azalma olduğu ve bölgede kuraklığın meydana geldiği saptanmıştır [59].

2010 yılında Mishra ve Singh tarafından yapılan çalışmada, kuraklığı iklimsel ve hidrolojik parametreler ile karakterize ederek ve bu iki parametrenin arasındaki farklılığa dikkat çekerek kuraklığın tanımlamaları, temel kavramları, sınıflandırılması, indisleri ve kuraklık ile büyük ölçekli iklim indisleri arasındaki ilişkinin sınıflandırılarak açıklanmıştır [60].

2011 yılında Karavitis ve ark. tarafından yapılan çalışmada, SYİ kuraklık indisinin kullanılması ile Yunanistan gibi yarı kurak bölgelerde kuraklık süresinin, büyüklüğünün ve alansal boyutunun daha iyi bir şekilde anlaşılmasının sağlanabileceği belirtilmiştir. Bu kapsamda, tüm Yunanistan için 1947-2004 dönemini kapsayan 46 adet yağış istasyonuna ait yağış verilerinin 1, 3, 6, 12 ve 24 aylık zaman ölçeklerinde elde edilen farklı zaman serileri kullanılarak değerlendirme yapılmıştır [61].

2013 yılında Hınıs tarafından yapılan çalışmada, Bütünleşik Kuraklık İndeksi (BKİ) kullanılarak Aksaray ili için kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışmada 1969-2000 yılları arasındaki toplam 372 aylık yağış, sıcaklık, buharlaşma ve Karasu Nehri aylık akım verileri kullanılarak Normalleştirilmiş Yağış İndeksi (NYİ) ve BKİ metotları ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca, NYİ metodu ile 1950-2008 yılları arasındaki çoklu zaman dilimleri için hesaplanabilen ve yüzey suyu, yağış gibi parametrelerin uzun dönem değişimleri incelenmiştir [62].

2013 yılında Doğan tarafından yapılan doktora tezi çalışmasında, Türkiye'de yıllık yağış miktarının en az olduğu bölgelerden biri olan Konya Kapalı havzası çalışma alanı olarak seçilmiştir. Havzada bulunan 12 adet meteoroloji istasyonuna ait 1972-2009 yılları arası aylık ortalama yağış verileri üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada 6 farklı kuraklık indisi ve zaman adımı kombinasyonları yağış verilerine uygulanmış ve uygulama sonucu elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yağış eksikliğine karşı en başarılı sonucu veren yöntemler seçilerek havzaya ait 1972-2009 yılları arasında kuraklık analizi yapılmış ve havzada meydana gelen kuraklık olayları değerlendirilmiştir. Çalışmanın diğer bir sonuç ise, havzada 1973-1974 yılları arasında görülen kuraklığın çok şiddetli olduğu ve havzada bulunan bütün istasyonlara ait

(Karapınar istasyonu hariç) kuraklık sınıfı, süresi, genliği ve keskinlik özelliklerinin benzer özellikler gösterdiği tespit edilmiştir [13].

2014 yılında Yıldız tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de yarı kurak bir bölge olan İç Anadolu Bölgesinde meydana gelen meteorolojik kuraklıkların alansal-zamansal özellikleri ve şiddetleri kuraklığın şiddeti için bir ölçüt olan SYİ kullanılarak belirlenmiştir. Aylık yağış verilerinden elde edilen SYİ'nin zamansal ve alansal özelliklerini kullanarak, bölge için çeşitli dönüş aralıklarına ait kuraklık şiddeti-alansal yayılım-frekans eğrileri oluşturulmuş ve daha sonra geçmişte yaşanan seçilen kuraklıkların zamansal ve alansal özellikleri değerlendirmiştir [63].

2015 yılında Bulut'un yüksek lisans tezi çalışmasında, 149 meteoroloji istasyonundan elde edilmiş zemin nemi gözlemleri kullanılmıştır. Çalışmadaki 2008-2012 yılları arasındaki mevcut istasyon verileri değerlendirilerek, kalite kontrol analizi yapılmış ve daha sonra istasyon bazlı yağış verileri ile karşılaştırılarak tutarlılığının "güvenilir" veya "güvenilmez" olarak sınıflandırılması ile yapılmıştır. zemin nemi gözlemleri, uydu bazlı gözlem verileri (ASCAT, LPRM) ve hidrolojik model verileri (API, NOAH) ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamanın sonucunda, istasyonlar ile diğer kaynaklar arasında Pearson Korelasyon Katsayısı (R); NOAH için 0.751, API için 0.638, LPRM için 0.720 ve ASCAT için 0.634 olarak hesaplanmıştır. Bu kıyaslamadan elde edilen sonuçlar daha sonra istasyon, uydu ve model bazlı benzer değerlendirme çalışmalarının sonuçları ile kıyaslanmıştır. Çalışmada, Türkiye genelinde istasyon bazlı zemin nemi gözlem değerleri önemli korelasyon ve doğruluk sonuçları verdiği ve gelecek çalışmalarda kullanılabileceği gösterilmiştir [29].

2016 yılında Bulut ve Yılmaz tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'deki kuraklık analizi için hem hidrolojik modelden elde edilen zemin nemi değeri, hem de uzaktan algılama ile elde edilen bitki örtüsü indeksi kullanılmıştır. Bu parametrelerin kullanımı ile 2000 – 2014 yılları arasındaki zemin nemindeki değişimler ve aynı yıllar arasındaki bitki örtüsündeki değişimler özellikle kuraklıkların gerçekleştiği yıllar odak noktası olarak seçilerek incelenmiş ve özellikle 2007 ve 2013 yıllarında meydana gelen tarımsal kuraklığın detaylı analizi yapılmıştır. Çalışmada, NOAH hidrolojik modelinden elde edilen kök seviyesindeki zemin nemi değerleri ile MODIS

uydusundan elde edilen Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) değerlerinin büyüme sezonundaki değişimleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda, ham ve normalleştirilmiş veriler kullanılarak büyüme sezonunda yapılan analizlerde özellikle bir ay aralıklı incelenen zemin nemi ve NDVI değerleri arasında yüksek lineer ilişki bulunmuş ve bitki örtüsündeki değişimlerin bir ay öncesinden zemin nemindeki değişimler aracılığıyla elde edilebilmesi kanısına varılmıştır [64].

# 2. KURAMSAL TEMELLER

## 2.1. Kuraklığın Oluşumu ve Tanımlamaları

Artan dünya nüfusu ve yaşam standartlarının yükselmesi ile birlikte, kentleşme oranı, orman tahribatları, sanayi üretimi ihtiyaçlarının artması, küresel ısınma, sera etkisi, iklim değişiklikleri, su kaynaklarında meydana gelen değişmeler ile kullanım oranlarının artması ve çölleşme unsurları beraberinde insan yaşamına etki eden en önemli doğal afetlerden biri olan kuraklık kavramı ortaya çıkmış ve zamanla toplum, çevre ve ülkeler üzerinde önemli derecede etki göstererek, sonuçları tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Uluslararası çölleşme ile mücadele sözleşmesinde kuraklık için "*yağışların kaydedilen normal düzeylerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu arazi ve kaynak üretim sistemlerini olumsuz olarak etkileyen ve ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olay*" şeklinde tanımlama yapılmıştır [16].

Su eksikliğinden veya azlığından kaynaklanan kuraklık, tüm canlıların yaşamını birçok alanda farklı zaman dilimlerinde ve çeşitli şiddetlerde olmak üzere olumsuz yönde etkilemekte ve medeniyetlerin temel sorunlarının merkezinde yer almaktadır. Çünkü, kuraklığın ekonomik ve toplumsal kavramlarla yakından ilişkili olmasının yanı sıra kuraklık toplumun yaşama alanını, yaşam standardını, sağlığını, psikolojisini, ekonomisini ve ticaretini de etkilemektedir. Örneğin, üretim sistemleri doğrudan yağışlarla ya da yeraltı sularına bağlı olan az gelişmiş bölgelerde, kuraklık ciddi derecede olumsuzluklara yol açmaktadır. Fakat kuraklığın bu unsurlar üzerindeki etkisi zamanla artış göstermesine rağmen, kavram olarak kuraklık toplumsal yapıda henüz tam anlamıyla anlaşılmamış ve etkilerine ait sonuçları nitelikli bir biçimde bütünüyle değerlendirilmemiştir [65].

Kuraklık, bir bölge üzerinde su miktarında bir süre boyunca normal düzeye göre belli bir miktarı aşan eksiklik görülmesidir [66]. Kuraklık için bu şekilde genel bir tanım verilmekle birlikte, neredeki suyun göz önüne alınacağına (mesela; yağış, akış, zemin nemi yeraltı suyu, baraj haznelerindeki su), hangi sürenin seçileceğine, eksikliğin aşması gereken değer için yapılan kabule ve kuraklığın kaplaması gereken bölge için

seçilen büyüklüğe göre farklı tanımlamalara varılabilmektedir. Özellikle, kuraklık ile bir bölgedeki iklimin kurak karakterde olması arasındaki fark göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü kurak bir bölgede normal zamanlarda bile su eksikliği meydana gelmektedir. Kuraklık ise, bölgenin iklimine bağlı olmaksızın, su miktarındaki normalin altına düşmesi halinde görülen ekstrem bir zaman- alan sürecidir. Yarı kurak bölgelerde kuraklığın etkileri daha da önemlidir. Bunun nedeni ise, su miktarının zaten az olduğu bu bölgelerde insanlar kuraklığın etkilerinin çok fazla farkında olmadıklarından dolayı kuraklığın ekonomik zararları daha da büyük olarak ortaya çıkmaktadır [17].

Kurak dönemlerin tanımlanması ise incelemenin maksadına göre farklı büyüklükler esas alınarak yapılmaktadır. Örneğin, hidrolojide kuraklığın tanımlaması yapılırken genellikle akarsulardaki akış esas alınmaktadır. Ancak bunun yerine yağış, buharlaşma kayıpları çıkarıldıktan sonra yağış, zemin nemi, yeraltı akışı ya da (doğal veya baraj haznelerinde) biriken su miktarı da göz önüne alınabilmektedir [17].

Geçmişten günümüze kuraklık kavramının farklı çevreler tarafından kabul edilmiş tek bir tanımı bulunmamaktadır. Çünkü, bilimsel teorik ve uygulamalı olarak yapılan çalışmalarda kuraklık kavramına çeşitli disiplinler tarafından farklı görüş açılarından bakılmaktadır. Genel olarak, yeryüzünün herhangi bir yerinde ve belli bir zaman süresince yağışın normalin ya da ortalamanın altında gerçekleşmesi kuraklığın birçok tanımında esas alınmış ve yağış eksikliği, uzun süre devam etmesi ve olumsuz etkilere sahip olması ortak terimler haline gelmiştir. Bu şekilde kuraklık olayının birbirinden farklı alanlarda etkili olması kuraklık tanımlamalarını genişletmiştir. Özellikle yapılan tanımlamalar mesleklere göre (örneğin; hidrolojik, tarımsal, meteorolojik, coğrafik) veya endüstri, enerji üretimi, su temini, gemi yüzdürme (navigasyon), mesire yerleri bakımından olmaktadır [67]. Yevjevich'e (1967) göre, kuraklık aşağıdaki gibi farklı şekilde tanımlanabilmektedir;

1. Meteorologlar kuraklığı yağışa (atmosferdeki su buharı miktarına) göre tanımlamaktadır.

2. Ziraat mühendisleri kuraklığı zeminin nem oranına (bitkilerin su ihtiyacının karşılanabilmesine) göre tanımlamakta olup, bu durum bitki cinsine, mevsime ve zeminin nem durumuna bağlı olmaktadır.

3. İnşaat mühendisleri ve hidrologlar kuraklığı akarsulardaki akışa veya biriktirme haznelerindeki su miktarına (sağlanabilen su miktarına) göre tanımlamaktadırlar. Mevcut miktardaki suyun istenilen miktardan az olması halinde kuraklık gözlenmekte ve su gereksiniminin artışı da kuraklığa neden olabilmektedir.

4. Hidrojeologlar kuraklığı yer altı suyuna göre tanımlamaktadırlar. Yeraltı su akışının debisinin ve yeraltı suyu yüzeyinin düşmesi halinde kuraklık meydana gelmektedir.

5. Ekonomistler kuraklığı toplum üzerindeki etkilerine göre tanımlamaktadırlar. Buna göre, mevcut su miktarının toplumun kendine göre kabul ettiği normal değerlerin altına düşmesi olarak adlandırılmaktadır.

6. Ekolojide ise kuraklık bitki ve hayvanların yaşamının etkilenmesine göre tanımlanmaktadır [68].

Wilhite ve Glantz (1987) tarafından da verilmiş bir takım kuraklık tanımları bulunmaktadır. Bu tanımlamalarda en zor yön, gerekli olan temel bilgilerin arasında yer alan yağış, akış, zemin nemi, hava şartları, buharlaşma, sıcaklık gibi değişkenlerin çeşitliliğidir. Yapılan kuraklık çalışmalarında, diğer tüm değişkenlerin kökenini temsil etmesi bakımından birinci değişken yağış eksiklikleri ve ikinci değişken olarak ise akış değeri göz önünde tutulmaktadır [67,69].

Geçmişten günümüze kuraklık insan faaliyetleri ve diğer canlıların su kaynaklarına olan bağımlılığı sebebiyle toplum ve ekosistemler üzerinde çeşitli olumsuz etkilere neden olmuştur. Sonuç olarak kuraklık farklı çevre ve meteorolojik şartlar altında meydana gelerek, canlıların olumsuz etkilenmesine, insan can ve mal kaybına sebep olan önemli doğal afetler arasında yer almaktadır [17]. 2003 yılında Kömüşcü ve arkadaşları ile 2008 yılında Türkeş ve Tatlı'nın yaptıkları çalışmalarda, diğer doğal afetlerden kuraklığı ayıran en önemli özelliklerinin; kuraklığın başlangıç ve bitişinin

zor tespit edilebilir oluşu, kümülatif olarak artması ve aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ile ekonomik boyutunun çok büyük olması şeklinde değinmişlerdir. Ayrıca karmaşık bir doğaya sahip olan kuraklık olaylarını belirlemek, tahmin etmek ve izlemek kolay olmamaktadır [70-72]. Kuraklık olaylarını detaylı bir şekilde araştırarak, yapılan çalışmalarda ülke ya da bölgelere özgü meteorolojik ölçütler kullanılarak kuraklığın incelenmesi ve saptanması için bir takım yaklaşım, yöntemler ve önerilerin getirilmesi gerekmektedir.

### 2.1.1. Kuraklığa Etki Eden Faktörler

Günümüzde kuraklığın diğer büyük doğal afetlerden en büyük farkı, ortaya çıkışına neden olabilecek parametrelerin fazla oluşudur. Kuraklığa neden olan etmenlerden genel olarak bahsedilirse; artan nüfus, bozulan ve daralan tarım alanları, ormanların tahribatı, zamanla yok olan canlı türleri, yeraltı su kaynakları düzeylerinin alçalması ve su rezervlerin düşmesi ve atmosfere bırakılan sera gazı ile bağlantılı sıcaklık artışı ile ortaya çıkan küresel sorunlar şeklinde sıralanabilir. Özetlenmeye çalışılan tüm bu etmenler kuraklığa yol açmaktadır. Ayrıca, bu sorunlar insanlığın geleceğini riske sokan boyutlara ulaşmaktadır [73].

Sonuç olarak, yukarıda bahsedilen kuraklığa etki eden etmenler arasında bir sınıflandırma yapmak gerekirse, bunları doğal nedenler, insan kaynaklı nedenler ve iklim değişikliğinin etkileri olarak üç sınıfa ayırmak mümkün olabilir.

#### 2.1.1.1. Doğal Nedenler

Su kaynaklarının sürekliliğini sağlayan temel kaynak yağışlardır. Yağışlardaki geçici bir düşüş kuraklığın başlıca nedeni olabilir. Ayrıca, yağışlarda meydana gelen anormallikler, iklim değişikliğinin doğal ve yinelenen bir özelliğidir. Yağışlardaki değişimlerin yanı sıra kuraklığın oluşmasında ve şekillenmesinde etkili olan parametreler; sıcaklık, nemlilik, buharlaşma, rüzgar hızı, atmosfer basıncı, bölgenin

coğrafyası (denize yakınlık-uzaklık, yükselti gibi özellikler) ve erozyon şeklinde sıralanabilir [74].

#### 2.1.1.2. İnsan Kaynaklı Nedenler

Kuraklığa yol açan doğal etmenlerin yanı sıra insan kaynaklı faaliyetler de kuraklığın gidişatını, hızını ve yönünü belirlemekte ve kuraklığın etkilerini arttırmaktadır. Bu tür etmenler birbirleriyle ilişkili olup, birbirlerinden ayırt edilmeleri zordur. İnsanların iklim değişikliğine, sektörel su politikalarına, su talebine ve su tüketimine katkı sağlayan faaliyetleri, kuraklık oluşumuna neden olan insan kaynaklı etkilerdir. Kuraklık, yağışlara ve aynı zamanda su talebi ve su tüketimine bağlı olarak yıldan yıla kümülatif artış gösterebilmektedir [75]. Ayrıca kuraklığa sebep olacak; tuzluluk, aşırı otlatma, tarım arazilerinin ve sulak alanların amaç dışı kullanımı, orman yangınları ve orman tahribatı gibi faktörler de insan kaynaklı etkilerdir.

#### 2.1.1.3. İklim Değişikliği

ABD Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi bilim adamları tarafından yapılan bir araştırmadan elde edilen bulgular, dünyada şiddetli kuraklıklardan etkilenen karasal alan yüzdesinin 1970'li yıllarla kıyaslandığında 2000'li yıllarda iki katına çıktığını ve ana neden olarak ise iklim değişikliği olarak gösterilmiştir. Karbondioksit miktarı ve diğer sera gazları salınımı gibi insan faaliyetleri; sıcaklığı, yağışları ve hava ile ilgili diğer olayları etkilemekte ve böylelikle küresel iklim değişikliğine neden olmaktadır [76].

### 2.2. Kuraklık Türleri

Nitelikleri; frekans, şiddet, süre ve etki alanı şeklinde sıralanabilen kuraklığın başlangıç ve bitişinin zor tespit edilebilir oluşu, kümülatif olarak artması, aynı anda birden fazla kaynağa etkisi ve ekonomik boyutunu büyük olması kuraklığa ait en

önemli özelliklerdir. Ayrıca ortaya çıkışına neden olabilecek parametrelerin çok fazla olması kuraklığın etki alanlarını da genişletmektedir. Bu sebeple kuraklık etki alanına göre birçok alanı yakından ilgilendirmektedir [15].

Genel olarak dört farklı kuraklık türünden söz etmek mümkün olup, her biri farklı özelliklere ve sıklıklara sahip olduklarından dolayı farklı kuraklık durumları ortaya çıkmaktadır.

### 2.2.1. Meteorolojik Kuraklık

Meteorolojik kuraklıklar yağışların uzun yıllar ortalamasına göre eksiklik göstermesi ile başlamaktadır. Kuraklığın başlaması için bazı bölgelerde yağış eşik değerinin 2.5 mm'nin altına düşmesi gerekmektedir. Herhangi bir su yapısının planlanmasında ve projelendirilmesinde hidrolojik esaslı kuraklıklar önemli olduğundan ve bu yapıların işletimi için de yüzey akışlarının esas alınmasından dolayı suya olan talebin karşılanmaması durumunda kuraklıktan söz edilebilmektedir. Meteorolojik kuraklık yağışların azalması sonucunda ortaya çıkmakta ve buna karşı insan yaptırımı bulunmamakta olup, doğrudan ekolojiye ve ekonomiye etkisi de yoktur. Kuraklığın hissedilebilmesi için yağışın az olduğu uzun zaman süreleri gerekmektedir [67].

Meteorolojik kuraklık normalin altında bulunan yağış gidişleri ile oluşmakta ve genel olarak bölgesel özellik göstermektedir. Meteorolojik kuraklık, bölgesel klimatolojinin gösterdiği davranışlara göre tahmin edilebilmektedir. Meteorolojik değişkenler farklı zamansal ve alansal özelliklere sahiptirler. Bu sebeple, dünyanın birçok bölgesi için farklı kuraklık çözümlemeleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Yağış, sıcaklık, nem gibi meteorolojik faktörlerde görülen azalmalar, zaman içerisinde diğer kaynaklara da etki etmekte olup, farklı kuraklık türlerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Ayrıca meteorolojik kuraklık, diğer kuraklık türlerini de tetiklemektedir [46].

Farklı zaman dilimlerinde yağışta meydana gelen eksikliğin değişimi meteorolojik kuraklığın izlenmesi bakımından sayısal olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Yağış eksikliğinin farklı su kaynakları üzerindeki etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği

mantığına göre, yapılan analizlerde 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık farklı zaman dilimleri seçilebilir. Örneğin 1 aylık veya 3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nemi düzeyine hemen etki etmekte olup, yer altı sularına, nehirlere, göllerde etkisini daha geç göstermektedir. 6, 9 ve 12 aylık zaman dilimlerindeki kuraklık durumu akarsu ve göllere, 24 aylık zaman dilimdeki kuraklık durumu ise yeraltı sularına etkisini izlemek bakımından tercih edilebilmektedir [77].

### 2.2.2. Hidrolojik Kuraklık

Hidrolojik kuraklık, su kaynaklarının (yağışlar, yeraltı ve yüzey suları) beklenen normal seviyelerin ve ortalamaların altında kalması olarak tanımlanabilmektedir. Hidrolojik kuraklık, meteorolojik kuraklık sona erdikten sonra dahi uzun bir süre varlığını sürdürebilmektedir [77]. Hidrolojik kuraklık, yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarındaki eksiklik şeklinde de ifade edilebilmektedir. Bu kuraklık tipi; akarsular, göller, su biriktirme hazneleri ve yeraltı su seviyeleri ölçümleri ile takip edilebilir. Ayrıca, yağmur suları ve kar seviyelerinde meydana gelen azalma ile akarsular, dereler, su biriktirme haznelerinde meydana gelen azalma arasında zaman farkı bulunmaktadır. Yağışta meydana gelen eksiklik uzun zaman içerisinde görüldüğünde, yüzey ve yeraltı suları miktarında oluşan azalma sonucu ile hidrolojik kuraklık ortaya çıkmaktadır [46].

Gerçek su sıkıntısı hidrolojik kuraklık sonucunda ortaya çıkmakta olup, ilk olarak su kaynakları ile yerleşim alanlarına su teminini etkilenmektedir. Hidrolojik kuraklığın ilk belirtileri arasında doğal akarsu akışlarında azalmalar, yeraltı suyu sevilerinde düşmeler ve biriktirme haznelerinde (bent, baraj, gölet) ve su temini yapılan göl seviyelerindeki azalmalar gelmektedir. Bu kaynaklardaki düşüşlerin hesaplanması ile hidrolojik kuraklığın su temini arz ve talebi arasına bir kıyaslama yapılabilir. Özellikle ülkemiz açısından hidrolojik kuraklığın en büyük etkisi, hidroelektrik enerjisi üretimi ve tarım ürünleri üzerinde olmaktadır [67].

### 2.2.3. Tarımsal Kuraklık

Tarımsal kuraklık, genel olarak bitkinin ihtiyaç duyduğu miktardaki suyun toprakta bulunmaması olarak tanımlanabilir [77]. Ayrıca, en basit hali ile bitkilerin terlemesindeki azalış olarak da tanımlanabilmektedir [67]. Zemin nemi, toprakta tutulan ve yetiştirilen bitki için elverişli su miktarına denilmektedir. Bitkiler gelişme dönemlerinde farklı miktarda suya ihtiyaç duymaktadır. Bu sebeple, tarımsal kuraklık bitkinin kök bölgesinde, büyüyüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumunda ortaya çıkmaktadır. Büyüme periyodunda, bitkinin ihtiyacı olan suya belirli bir kritik döneminde yeterli zemin nemi bulunmadığı zamanlarda tarımsal kuraklık meydana gelmektedir [77]. Tarımsal kuraklık, hidrolojik kuraklıktan daha önce ve meteorolojik kuraklıktan ise daha sonra ortaya çıkan kuraklık çeşididir [46]. Toprağın derinlikleri doymuş olduğunda bile, tarımsal kuraklık etkileri ürün verimliliğini ciddi bir şekilde etkilemektedir. Ayrıca yüksek sıcaklıklar, düşük bağıl nem ve fön rüzgârları da tarımsal kuraklığa etki etmektedir [77].

Tarımsal kuraklık her türlü iklim şartlarında zaman zaman tekrarlanarak ortaya çıkan bir olaydır. Bunun yanında, sadece az yağış alan bölgelerde değil, yağışı fazla olan yerlerde de ortaya çıkabilmektedir. Tarım açısından bakıldığında, kuraklığın ilk belirtileri öncelikle ortalama yağışlarda ve terleme ile buharlaşma miktarında azalmalardır. Ayrıca, bilinçsizce yapılan üst havza arazi kullanımı ve orman tahribatları ve bitki desenindeki değişimler akarsu kalitesini etkileyerek sızma durumunu azaltarak tarımsal kuraklıkların aşağı havza alanlarında ortaya çıkmasına sebep olabilmektedir. Tarımsal kuraklık canlı yaşamı için çok önemli olup, tarım alanı dışında birçok ekonomik sektörü etkileyen sosyal bir kuraklık haline zaman içerisinde dönüşebilir [67].

### 2.2.4. Sosyo-ekonomik Kuraklık

Kuraklığın bir taraftan tarıma ve canlılara, diğer taraftan da su kaynaklarına ve dolayısıyla bu kaynaklardan faydalanması gereken endüstriler üzerindeki etkisi sosyoekonomik kuraklığı oluşturur [69]. Sosyoekonomik kuraklık, fiziksel olarak

meydana gelen su eksikliği sonucunda insanların üretim ve tüketim faaliyetlerinin etkilenmeye başlaması ile ortaya çıkmaktadır [46]. Bu bağlamda kuraklığın ekonomik, sosyal ve çevresel etkilerini bir bütünlük çerçevesinde ele alınarak incelenmesi gerekir [69]. Sosyo-ekonomik kuraklık yer ve zaman bağlı olarak ortaya çıktığından diğer kuraklık tiplerinden farklı bir durum göstermektedir [77]. Ayrıca, sosyo-ekonomik kuraklık, meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık sonucunda ortaya çıkan bir süreç olduğundan dolayı kuraklık dönemlerinde ekonomik malların arz ve talebiyle yakından ilişkilidir.

## 2.3. Kuraklık Etkileri

Kuraklığın özellikle canlı yaşamı ve ekonomi üzerinde önemli etkileri vardır. Tarımsal üretim, hayvan yetiştirme, hidroelektrik üretimi gibi faaliyetler kuraklıktan olumsuz yönde etkilenmektedir. Kurak dönemlerde şehirlere ve endüstriye sağlanan su azalmakta, akarsulardaki canlılar olumsuz yönde etkilenmekte, akarsularda yapılan ulaşım ve akarsuların dinlence amacıyla kullanımı zorlaşmaktadır. Bunun yanında, bitkilerin suya gereksinimi olan dönemlerde su eksikliğinin meydana gelmesi haznelerden gerekli su sağlanamadığı takdirde çiftçiler için çok zararlı olabilmektedir. Uzun süreli yaşanan kuraklıklarda akarsular tamamen kuruyabilmektedir. Ayrıca, artan nüfus ile birlikte yaşam standartlarının yükselmesi su kaynaklarının kullanılış oranlarının artmasından kaynaklanan yarı kurak bölgelerde sulama gerektiren ürünlerin yetiştirilmesini önemli ölçüde etkilemektedir [17].

Yaşanan kuraklıkların ülke ekonomisi ve yaşam standartları üzerinde çok büyük etkilerinin olması, bu konudaki hidrolojik çalışmalara önem kazandırmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kuraklığın etkileri şiddetli şekilde hissedilebilir olduğundan bunların zararlarını azaltıcı tedbirler almak oldukça zor olmaktadır. Kuraklıkla ilgili hidrolojik çalışmalar sonucu elde edilen bulgular yardımıyla kuraklıkların etkilerini azaltacak su kaynakları çalışmaları planlanabilir. Biriktirme haznelerinin tasarımı ve işletilmesi, suyun etkin kullanımı ve bölgeler arasında su transferi ile ilgili optimal kararlar bu çalışmaların sonuçlarına dayanarak verilebilir [17].

## 2.4. Dünyada Kuraklık

Dünyada büyük zararlara sebep olan kuraklık, bir iklim anomalisi olarak varlığını devam ettirmektedir. Normalin üstünde ya da altında meydana gelen yağışlar, dünyanın hemen her bölgesinde gözlenmekte ve bunun sonucunda da son yıllarda bazı ülke ve bölgelerde önemli derecede kuraklık yaşanmaktadır. Kuraklık sorununun etkileri son derece önemli olup, dünya genelinde hızlı bir biçimde yayılmaktadır. 1960'lı yılların sonunda ve 1970'li yılların başında, Sudan, Somali ve Hindistan'da kuraklık afeti sonucunda kıtlık meydana gelmiştir. Bu yıllarda yaşanan kıtlık, Afrika kıtasında on binlerce insanın yaşamını yitirmesine ve Büyük Sahra'nın kuzeye doğru kayma eğilimi göstermesine yol açmıştır [46]. Bahsedilen bu olaylar, kuraklığın dünyada sebep olduğu felaketlerden sadece birkaçıdır.

Görüldüğü gibi, kuraklık felaketi dönem dönem artmakta ve dünyada birçok bölgede büyük zararlara yol açmaktadır. Dünyada meydana gelen kuraklıkların başlıca sebebi, dünya çevresinde görülen geniş ölçekli atmosfer-okyanus dalgalanmalarının etkisinden ortaya çıkmaktadır. Bu olaylar, atmosferdeki normal dolaşımın bir sonucu olmaktadır. Bununla beraber, kuraklaşmanın küresel anlamda en büyük nedeni ise sera gazı etkisidir. Kuraklık, bir bölgedeki yağışın uzun bir süre normal değerlerin altına düşmesi ile oluşmaktadır. Dolayısıyla atmosferde yerküresi ölçeğindeki sirkülasyonlar da büyük ölçekli anormalliklerden doğan çalkantılarla ilişkilidir. Bunun yanında, yerel anormalliklere neden olan yerel ve bölgesel iklim etkenlerinin de rolü bulunmaktadır. Yüksek sıcaklık ve evapotranspirasyonun yüksek değerler alması ve yüksek basınç kuraklığın oluşmasında etkili ve kuraklıkla ilişkilidir. Atmosferde aynı anda birçok yüksek basınç merkezinin birlikte bulunması sonucunda dünyanın birçok bölgesinde kuraklık görülmektedir. Atmosfer-okyanus sistemi kuraklıkların sürekliliğine neden olmaktadır. Ayrıca, insanların atmosfer üzerine etkisiyle ilişkili olan havada sera etkisinin artması, stratosferde ozonun azalması ve şehirlerin yakınında havanın ısınması olaylarının sıcaklık ve kuraklık üzerine etkileri bulunmaktadır [67]. Son yıllardaki araştırmalara göre atmosferdeki karbon dioksit gazının miktarı ikiye katlanmış olup, bu katlanma da sera etkisini artırır niteliktedir. Bu sebepten dolayı, dünyada daha önceleri doğal olaylar nedeniyle meydana gelen kuraklık ve çölleşme olaylarının yanı sıra, son yıllarda insan etkilerine bağlı olarak da arttığı düşünülmekte

ve gözlenmektedir. Örneğin, 1860'lı yıllarında insanoğlu kömür ve yağları kullanmaya başlamasıyla beraber yeryüzündeki karbondioksit oranı %30 ve ortalama küresel sıcaklık ise 0.6 °C yükselmiş ve yerküre bir ısınma evresine girmiştir. Bu ısınmanın sonucunda özellikle ülkemizin yer aldığı enlemler diliminde kar ve buzulların erimesi kış aylarında daha çok taşkınlara, yaz aylarında ise kuraklığa yol açacağı beklenmektedir [78].

Günümüzde dünyanın içinde bulunduğu şartlar mevcut doğal kaynakların etkin bir şekilde kullanılmasını zorunlu kılmakta ve bu sebeple, su ve toprak kaynakları önemli yer tutmaktadır. Ayrıca, dünyada ülkelerin çoğu su açığı ile karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle, havza bazında yaşanan su kıtlığının temel nedeni su kullanımlarının artması ve çeşitlenmesinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir havzada su bütçesinin ayrıntılı bir şekilde değerlendirilmesi ve farklı kullanımlar için suyun optimum şekilde temin edilmesi önem taşımaktadır. Su, geçmişte pek çok ülkede öncelik olarak sulama ihtiyacını karşılamak için önem kazanmıştır. Fakat günümüzde hızlı nüfus artışı sonucunda endüstriyel gelişime paralel olarak içme ve kullanma suyu ile birlikte endüstriyel su ihtiyacı da giderek artmakta olduğundan, tüm dünyada su daha da önemli hale gelmiştir [79, 80].

## 2.5. Türkiye'de Kuraklık

Küresel iklim değişimi ile ilgili çalışmalar, Türkiye'nin üzerinde bulunduğu enlemlerde ortalama hava sıcaklıklarının artmasının yanında, yağışların da kış mevsiminde artarken yaz mevsiminde ise azalmasına işaret etmektedir. Öngörülen bu senaryolar, başta tarım olmak üzere birçok sektörde de kuraklığın yakın gelecekte daha da önemli bir sorun haline geleceğini göstermektedir. Bu nedenle kuraklığın tanımlanması, izlenmesi, üzerinde çalışmalar yapılması ve elde edilen bulgular sonucunda çözüm önerilerinin geliştirilmesi mecburi olmuştur [81, 82].

Türkiye'deki kuraklık afetine etki eden en önemli faktörler arasında atmosferik koşullar, fiziki coğrafya faktörleri ve iklim koşulları yer almaktadır. Bu sebeple, Türkiye'deki kuraklık eğilimlerini anlayabilmek için, öncelikle Türkiye'nin iklimini,

yağışlarını ve bunlar üzerindeki en önemli etmen Türkiye'nin coğrafi faktörlerini incelememiz gerekmektedir.

### 2.5.1. Türkiye'nin İklimi ve Yağışlar

İklimin temel elemanları sıcaklık, yağış, nispi nem, güneşlenme süresi ve şiddeti, atmosfer basıncı, rüzgar hızı ve yönü, buharlaşma gibi gözlenebilen ve ölçülebilen parametrelerdir. İklimlerin oluşmasında bahsedilen bu parametreler üzerinde doğrudan veya dolaylı bir şekilde etkili olan, fakat ölçülemeyen kara-deniz, deniz-buz, deniz-hava etkileşimleri ile volkanik gazlar, insan faaliyetleri, arazi kullanımı, gelen ve yansıyan ışınlar gibi etkileşimler de söz konusudur. Bu elemanlar tek başlarına veya birbirleri ile ilişkili olarak atmosferi etkilemekte olup, kısa zaman dilimlerinde hava olaylarının uzun zaman dilimlerinde ise dünya üzerinde çeşitli iklim tiplerinin oluşmasını sağlamaktadırlar [83].

Türkiye iklimini etkileyen en önemli etmen coğrafi konumdur. Türkiye; Avrupa, Asya ve Afrika kıtaları arasında, Kuzey Yarım Kürede 36°- 42° kuzey paralelleri ile 26°-45° doğu meridyenleri arasında yer almaktadır. Yüzölçümü 779,452 km² olan Türkiye'nin, ortalama yükseltisi yaklaşık 1132 m kadardır. Türkiye iklim bakımından genellikle büyük ölçekte yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçen Akdeniz ikliminin özelliklerine sahip olup, dünyanın yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Ayrıca, ülkemizde yerel fiziki coğrafya özellikleri nedeniyle de çok farklı iklim tipleri görülmektedir [46].

Coğrafi konumu nedeniyle Türkiye, sürekli değişen hava akımlarının etkisi altındadır. Orta kuşak iklim bölgesinde bulunan Türkiye'nin güneyinde; Afrika'nın kuzey yarısından başlayarak Mısır, Arabistan, Suriye Çölü, Irak ve İran'dan geçip Orta Asya'ya kadar uzanan geniş bir şerit halinde az yağışlı ve sıcak bir iklim, kuzeyinde ise; her mevsimi yağışlı bir iklim kuşağı görülmektedir. Ayrıca ülkemiz, bir Akdeniz ülkesi olmasından dolayı bu iklim özelliklerine de sahiptir. Kuzey sıra dağları ile kuzeyde bulunan serin ve nemli iklim kuşağından tecrit edilmiş olan Türkiye, batıda

ve güneyde Akdeniz havzası iklimi ile güneydoğuda ise çöl iklimleri ile sıkı bir temas halindedir [32].

Türkiye'de ekim ayı sonundan mayıs ayına kadar ki dönemde, farklı bölgelerden Akdeniz havzasına gelen hava kütlelerine bağlı cephe sistemleri ve alçak basınç oluşumları (cephesel depresyonlar) yağış koşullarını yönetmektedir. Bu depresyonlar, batıdan doğuya doğru hareket etmekte olup, geçtikleri alanlarda yağışlara neden olmaktadır. Cephesel depresyonların geçiş frekansının en yüksek olduğu kış aylarında, Türkiye'nin özellikle kıyı bölgeleri çok yağış almaktadır. Ayrıca, kış mevsiminde Doğu Avrupa veya Hazar havzasından gelen soğuk hava kütleleri Doğu, Güneydoğu ve İç Anadolu Bölgelerini zaman zaman etkilemektedir. Bu dönemde Anadolu'da düşük sıcaklık koşulları hüküm sürmekte olup, bölge polar hava kütleleri ile beslenen bir yüksek basınç rejiminin etkisi altında kalmaktadır. Bu antisiklonal rejimin hakim olduğu durumlarda, batıdan gelen cephesel depresyonların iç bölgelere sokulması güçleşmekte ve bu durumda da yağış ihtimali azalmaktadır. Türkiye'nin iç ve kıyı bölgeleri arasında soğuk mevsimlerde yağış koşulları bakımından önemli farklılıklar ortaya çıkmaktadır. Mayıs ayından itibaren karaların ısınmaya başlaması ile birlikte termik yüksek basınç alanı Orta ve Doğu Avrupa üzerinde azalmaktadır. Türkiye üzerinde etkisini sürdüren cephe sistemleri, kış mevsimi boyunca kuzey enlemlere çekilmektedir. Bunun yanında, subtropikal yüksek basıncı kuzeye doğru yer değiştirerek Avrupa üzerinde genişlemektedir. Basra alçak basıncı ise derinleşmekte ve Türkiye'nin güney bölgelerine kadar ulaşarak Akdeniz havzasını tropikal hava kütleleri etkisi altına almaktadır. Bu mevsimde kuzey ve kuzeybatıdan Basra alçak basıncına doğru yönelen hava kütleleri, güneye doğru inildikçe ısınmakta ve nem bakımından fakirleşmektedir. Bu nedenle, yağış ihtimali büyük ölçüde azalmaktadır. Karadeniz kıyıları ve Kuzeydoğu Anadolu bölümü hariç Türkiye'de, mayıs ayının sonundan itibaren ekim ayına kadar süren kurak bir dönem hakim olmaktadır. Görüldüğü gibi, Türkiye üzerinde etkili olan geniş ölçekli atmosfer sirkülasyonu yağış rejimini düzenleyerek, fiziki coğrafya faktörler ile birlikte yağışın alansal-zamansal dağılımını ve miktarlarını belirlemektedir. Bununla beraber, zaman içerisinde sirkülasyon koşullarında ortaya çıkan anomaliler de yağış rejimi üzerinde etkili olmaktadır. Bu etkilerin yanında, Türkiye'de yağış tutarlarının coğrafi dağılışında ve yağış rejimindeki bölgesel farklılıklar üzerinde morfoloji ve özellikle orografik etkiler

büyük rol oynamaktadır. Fakat, hava akımlarının karşısında genellikle doğu-batı yönünde uzanan Kuzey Anadolu Dağları ile Torosların iç yamaçları önünde yamaç sübsidansı nedeniyle yağış miktarları azalmaktadır [37, 50].

Sonuç olarak; Türkiye'de bakı, yükselti, denize yakınlık-uzaklık (karasallık derecesi) ve orografik özellikler gibi fiziki coğrafya faktörlerin de yağış rejimi, yağış miktarları ve dağılımı üzerinde etkileri büyüktür. Kıyılara paralel uzanan yüksek sıra dağlar, sirkülayon sistemini etkilemekte ve cephesel depresyonların iç kısımlara doğru sokulmasını güçleştirmektedir. Bu durum, bahsedilen dağların denizlere bakan yamaçlarında yağışların artmasına neden olmakla beraber, geri kalan yamaçlarda ve iç bölgelerde ise yağışların azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca, İç Anadolu, Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri üzerinde kış aylarında egemen olan antisiklonal rejim, karasallığın etkisiyle güçlenme imkanı bulmakta ve dolayısıyla yağış ihtimali azaltmaktadır. Bunun yanında Türkiye'de birbirine yakın bölgeler arasında çok fazla yükselti farkının olması, yerel farklılıkların ortaya çıkmasına ve özellikle yağış ve sıcaklık koşullarının yatay ve düşey yönde hızlı değişimler göstermesine neden olmaktadır. Türkiye'de bölgeler ve yöreler arasında görülen büyük iklim farklılıklarının temeli öncelikle mevcut yükselti farklılıklarından kaynaklanmaktadır [37, 50].

Türkiye'de, uzun yıllar yağış ortalaması yaklaşık 643 mm'dir. Zaman içinde ortalama yağış değişmekte olup, ortalama yağışın azalmasının yanı sıra yağış rejiminde meydana gelen sapmalar da dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Yağış miktarındaki bu azalmalar ve yağış rejimindeki sapmalar, özellikle tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir. Ayrıca, kuraklığa neden olan şartların devam etmesi durumunda, gelecekte su ile ilgili daha büyük sıkıntılar yaşanabilecektir [84].

### 2.5.2. Türkiye'de Kuraklık Eğilimleri

Türkiye'de kurak koşulların hakimiyetine neden olan meteorolojik koşullar genellikle sirkülasyon sistemleri ve Kuzey Atlantik Salınımında (NAO) görülen değişmelere bağlı olarak açıklanabilmektedir. Özellikle 1980'li yıllardan sonra yaşanan

kuraklıklar, Sibirya antisiklonun zayıflaması (kış kuraklığı), Azor antisiklon sırtının Doğu Akdeniz'e ulaşması (kış kuraklığı), Akdeniz'e gelen cephe sistemlerinin azlığı, Basra alçak basıncının kuzeye sokulması (yaz kuraklıkları), Azor ve Basra alçak basınçlarının birleşerek kuvvetlenmesi (yaz kuraklıkları) şeklinde kendini göstermiştir. Ayrıca, Kuzey Atlantik Salınımının pozitif devrelerinin Türkiye'deki kurak koşullarla uyumluluğu bilinmektedir [25].

Daha önce bahsedildiği gibi ülkemiz yarı kurak iklim özelliklerine sahip olduğundan dolayı kuraklık olayları sıkça yaşanmaktadır. Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27].

Yapılan bilimsel çalışmalarda, mevcut su kaynaklarının kirlenerek kullanılmaz hale gelmesi nedeniyle 2050'de 65 ülke ve toplam 7 milyar insanın su kıtlığı sorunuyla karşı karşıya kalacağını belirtmektedirler [79].

## 2.6. Kuraklık İndisleri

Su varlığının tanımlanmasıyla ya da gösterilmesiyle ilgili çok çeşitli etmenler bulunmaktadır. Fakat, su potansiyelini, bitkilerin su ihtiyacını ve kuraklık olaylarını değerlendirmek için en kullanışlı gösterge ise yağıştır. Yağış, zaman ve alan ile süreklilik göstermemekte olup, istatistiksel değerlendirilmesi çok karmaşık bir iklim elemanıdır. Buna karşılık, özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda kuraklık ve çölleşme ile mücadele için gerçekleştirilen her girişim ve uygulamada, alanın yağışı göz önünde bulundurulmak zorundadır [46].

Bir bölgedeki bütün kuraklık olaylarının hesaplamalarında temel faktör olarak kullanılan yağış faktörünün yanı sıra, o bölgedeki evapotranspirasyon, bitki köklerinde tutulan su miktarı, sıcaklık ve nem gibi faktörlerinde göz önünde bulundurulması

gerekmektedir. Örneğin, aynı miktarda yağış alan iki farklı bölgenin ortalama sıcaklıkları arasında çok büyük fark varsa şayet, bu bölgelerden birinde kuraklık hissedilirken diğerinde ise kuraklık hissedilmeyebilir. Ayrıca, yukarıda bahsedilen değişkenlerin de hesaba katılması ile birlikte bu bölge için daha verimli sonuçlar elde edilebilir [50].

Kuraklığın tanımlanabilmesi için çok çeşitli indisler geliştirilmiştir. Kuraklık ve kuraklık olasılığı indislerinin avantajlı ve dezavantajlı yönleri bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda yaygın olarak yağış verilerinden yararlanılarak türetilen indisler kullanılmaktadır. Bu indislerin birbirlerine göre de üstün ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Günümüzde en doğru, ayrıntılı ve yeterli kuraklık indislerinin esas olarak su kaynağı ve bir sistemin su talebi arasındaki dengeyi tanımlayan su dengesi eşitliğinden üretilenler olduğu konusunda yaygın bir düşünce bulunmaktadır [85].

Kuraklıkların alansal ve zamansal özelliklerini saptanmak amacıyla kullanılan indisler, yağış gibi tek bir meteorolojik parametrenin kullanımından birçok değişkeni içeren karmaşık yöntemlerin kullanımına kadar uzanmaktadır [46]. Günümüzde ise en yaygın olarak kullanılan indisler şunlardır:

1. Normal Yüzde İndisi
2. Palmer Kuraklık Şiddeti İndisi
3. Yüzey Su Sağlama İndisi
4. Ürün Nem İndisi
5. Erinç İndisi
6. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ)
7. Keşif Kuraklık İndisi
8. Bütünleşik Kuraklık İndisi

Bu çalışmada, kuraklık indislerinden Standart Yağış İndisi (SYİ) kullanılmıştır. Bu sebeple, SYİ metoduyla ilgili detaylı bilgiler çalışmanın materyal ve metot bölümünde verilmiştir.

# 3. MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1. Materyal

Çalışma kapsamında, Türkiye'de farklı özelliklere sahip havzalarda yağış eksikliğinin çeşitli hidrolojik sistemler üzerine etkilerinin araştırılması yapılmıştır. Çalışmada, seçilen mevcut 21 baraja (Arpaçay Barajı, Berdan Barajı, Çatalan Barajı, Çaygören Barajı, Demirköprü Barajı, Hasanlar Barajı, Hancağız Barajı, Hirfanlı Barajı, Karaidemir Barajı, Kartalkaya Barajı, Kemer Barajı, Kılıçkaya Barajı, Ömerli Barajı, Oymapınar Barajı, Porsuk Barajı, Selevir Barajı, Sevişler Barajı, Sürgü Barajı, Tahtaköprü Barajı, Tercan Barajı ve Yapraklı Barajı) ait su toplama havzalarındaki incelenen su kaynaklarının farklı zaman ölçeklerindeki yağış eksikliğine karşı verdiği tepkinin belirlenmesi amacıyla mevcut su toplama havzaları için yapılan meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri için gerekli girdiler araştırılarak temin edilmiştir. Seçilen barajlara ait su toplama havzalarının ve Türkiye genelindeki mevcut meteoroloji istasyonlarının dağılımı Şekil 3.1'de verilmiştir.

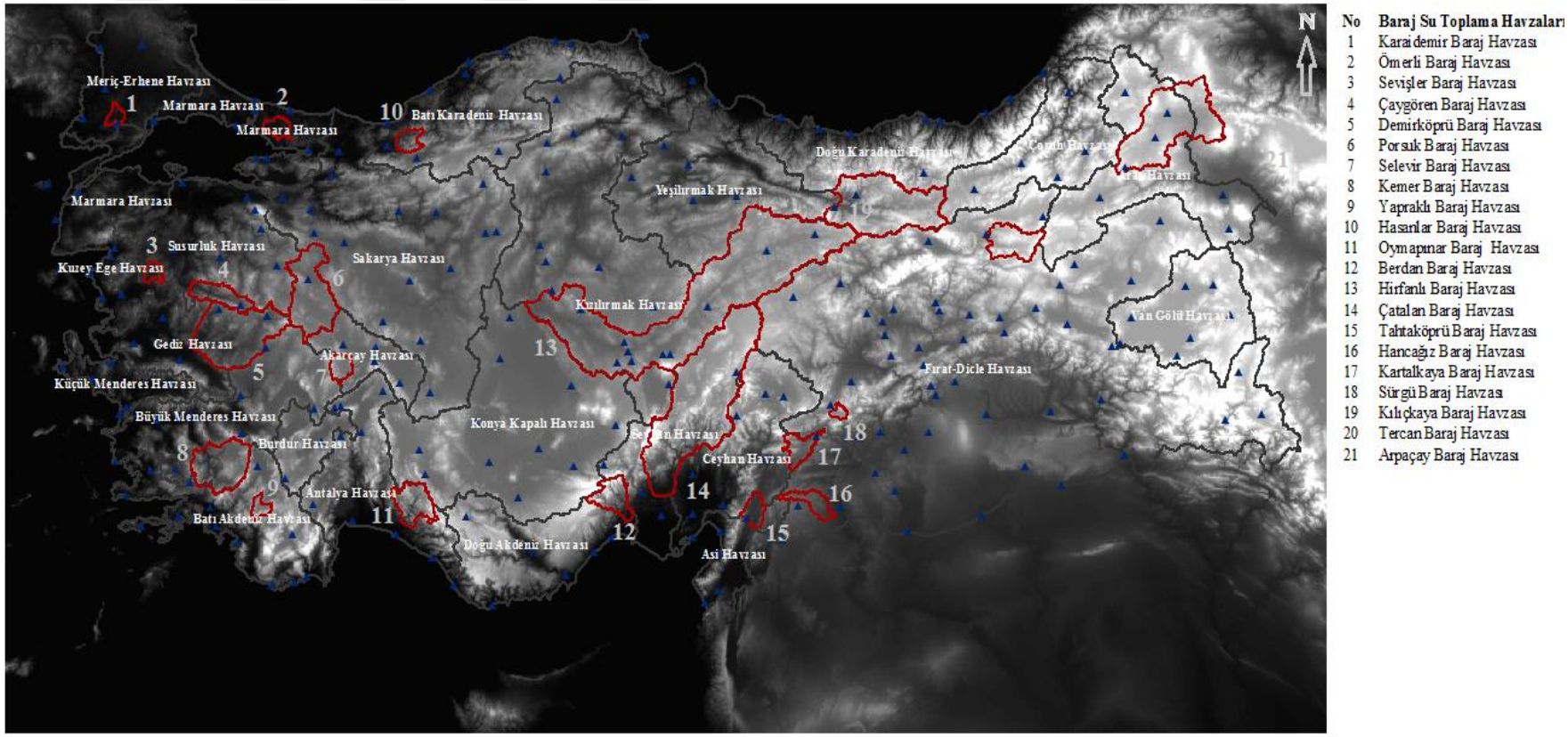
Çalışmada, seçilen her baraja ait su toplama havzalarının sınırları ve kot-alan dağılımı görselleri Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) programı olan ArcGIS 10.1 programının bir yazılımı olan ArcHydro uygulaması kullanılarak belirlenmiştir. Thiessen poligonları yöntemi ile elde edilen havzalara ait bölgesel ortalama aylık yağış değerleri için, tüm Türkiye kapsamındaki meteoroloji istasyonlarına ait mevcut aylık ortalama yağış verileri Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (DMİ) temin edilmiştir. Bölgesel ortalama yağış verilerini elde etmek için seçilen meteoroloji istasyonlarının verilerindeki eksik kayıtlar hidroloji çalışmalarında yaygın olarak kullanılan aritmetik ortalama metodu ile tamamlanmıştır. Hidrolojik kuraklık analizi için yapılan çalışmada gerekli olan 21 baraja ait mevcut aylık ortalama nehir akımı ve hazne hacim verileri ile baraj göllerine ait aylık kot seviyeleri Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden (DSİ) temin edilmiştir. Tarımsal kuraklık analizi çalışması için yapılan çalışmada 2 farklı şekilde elde edilen zemin nemi verileri kullanılmıştır [28-29]. Çalışılan verilerden birincisi, The Advanced Microwave Scanning Radiometer-Earth Observing System (AMSR-E)" uydusundan mikrodalga bandında

gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı "The Land Parameter Retrieval Model (LPRM)" algoritması ile elde edilen aylık ortalama zemin nemi verileri ve ikincisi ise havza merkezine en yakın gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verileridir [28-29]. SPSS paket programı yardımıyla aylık ortalama nehir akım, hazne hacim ve zemin nemi değerlerinin dağılımları kontrol edilmiştir. Çizelge 3.1.'de baraj su toplama havzalarına ait özellikler ve her baraj havzası çalışması için kullanılan veri aralığı verilmiştir.

Çalışmada, Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yöntemi kullanılarak, bölgesel ortalama yağış verilerinden 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. Elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzalarda farklı zaman ölçeklerinde meydana gelen yağış eksikliğinin mevcut hidrolojik sistemler üzerine etkileri araştırılmıştır.

**Çizelge 3.1.** Seçilen Barajlara Ait Özellikler ve Kullanılan Veri Aralığı

| *Bulunduğu Coğrafi Bölge* | *No* | *Baraj Adı* | *Bulunduğu Havza* | *Akarsu* | *Baraj Yapılış Amacı* | *Su Toplama Alan ($km^2$)* | *Yağış Verisi Aralığı (yıl)* | *Akım Verisi Aralığı (yıl)* | *Hazne Hacim Verisi Aralığı (yıl)* | *Zemin Nemi Veri Aralığı (yıl)* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | *Uydu Kaynaklı Gözlemler* | *İstasyon Ölçümleri* |
| *Marmara Bölgesi* | 1 | Karaidemir Barajı | Meriç-Ergene Havzası | Karaidemir (Poğaça) Deresi | Sulama+Taşkın Kontrolü | 401 | 1980-2013 | 1982-2013 | 1982-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |
| | 2 | Sevişler Barajı | Kuzey Ege Havzası | Yağcılı Çayı | Sulama+Sanayi | 438 | 1950-2013 | 1990-2013 | 1990-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |
| | 3 | Ömerli Barajı | Maramara Havzası | Riva Çayı | İçme Suyu | 608 | 1950-2013 | 1975-2013 | 1975-2013 | - | 2008-2013 |
| *Ege Bölgesi* | 4 | Selevir Barajı | Akarçay Havzası | Kali Çayı | Sulama+Taşkın Kontrolü | 734 | 1964-2013 | 1981-2013 | 1981-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |
| | 5 | Çaygören Barajı | Susurluk Havzası | Simav Çayı | Sulama+Enerji | 1559 | 1957-2013 | 1980-2013 | 1980-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |
| | 6 | Kemer Barajı | Büyük Menderes Havzası | Akçay Irmağı | Sulama+Taşkın Kontrolü+Enerji | 3521 | 1954-2013 | 1992-2013 | 1992-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |
| | 7 | Porsuk Barajı | Sakarya Havzası | Porsuk Çayı | Sulama+Taşkın Kontrolü+İçme Suyu | 4664 | 1959-2013 | 1973-2013 | 1973-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |
| | 8 | Demirköprü Barajı | Gediz Havzası | Gediz Nehri | Sulama+Taşkın Kontrolü+Enerji | 6458 | 1957-2013 | 1985-2013 | 1984-2011 | 2003-2011 | 2008-2013 |
| *Karadeniz Bölgesi* | 9 | Hasanlar Barajı | Batı Karadeniz Havzası | Küçük Melen Çayı | Sulama+Taşkın Kontrolü+Enerji | 696 | 1950-2013 | 1985-2013 | 1985-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |
| | 10 | Kılıçkaya Barajı | Yeşilırmak Havzası | Kelkit Çayı | Taşkın Kontrolü+Enerji | 8146 | 1950-2013 | 1995-2013 | 1990-2013 | 2002-2011 | - |
| *Akdeniz Bölgesi* | 11 | Yapraklı Barajı | Batı Akdeniz Havzası | Dalaman Çayı | Sulama | 464 | 1953-2013 | 1991-2013 | 1991-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |
| | 12 | Kartalkaya Barajı | Ceyhan Havzası | Aksu Çayı | Sulama+Taşkın Kontrolü+İçme Suyu | 1102 | 1966-2013 | 1972-2013 | 1972-2013 | 2002-2011 | - |
| | 13 | Berdan Barajı | Doğu Akdeniz Havzası | Tarsus (Berdan) Çayı | Sulama+Taşkın Kontrolü+İçme Suyu+Enerji | 1573 | 1950-2013 | 1995-2013 | 1995-2013 | 2002-2011 | - |
| | 14 | Oymapınar Barajı | Antalya Havzası | Manavgat Çayı | Enerji | 1880 | 1955-2013 | 1984-2013 | 1984-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |
| *İç Anadolu Bölgesi* | 15 | Çatalan Barajı | Seyhan Havzası | Seyhan Nehri | Sulama+Taşkın Kontrolü+İçme Suyu+Enerji | 15303 | 1963-2013 | 1997-2013 | 1997-2002 | 2003-2011 | - |
| | 16 | Hirfanlı Barajı | Kızılırmak Havzası | Kızılırmak Nehri | Taşkın Kontrolü+Enerji | 27092 | 1950-2013 | 1953-2003 | 1979-2003 | 2002-2011 | - |
| *Doğu Anadolu Bölgesi* | 17 | Sürgü Barajı | Fırat-Dicle Havzası | Sürgü Deresi | Sulama | 247 | 1966-2013 | 1971-2013 | 1971-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |
| | 18 | Tercan Barajı | Fırat-Dicle Havzası | Tuzla Çayı | Sulama+Enerji | 2189 | 1957-2013 | 1996-2013 | 1996-2013 | 2002-2011 | - |
| | 19 | Arpaçay Barajı | Aras Havzası | Arpaçay Nehri | Sulama+Taşkın Koruma | 8063 | 1950-2013 | 1990-2013 | 1990-2013 | 2002-2011 | - |
| *Güney Doğu Anadolu Bölgesi* | 20 | Tahtaköprü Barajı | Asi Havzası | Karasu Deresi | Sulama | 800 | 1950-2013 | 1976-2013 | 1976-2013 | 2003-2011 | - |
| | 21 | Hancağız Barajı | Fırat-Dicle Havzası | Nizip Çayı | Sulama | 1022 | 1950-2013 | 1992-2013 | 1992-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |




**Şekil 3.2.** Seçilen Barajlara Ait Su Toplama Havzalarının ve Türkiye Genelindeki Mevcut Meteoroloji İstasyonlarının Dağılımı

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

Son yıllarda, su toplama havzalarının tespit edilmesi çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) işlemlerin hızlı ve doğru bir şekilde yapılması açısından yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Su toplama havzalarının belirlenmesi, CBS ile doğrudan mevcut topografik haritalar üzerinde eşyükselti eğrileri ile tepe noktaları izlenerek su ayırım çizgileri elde edilebilmekte olup, aynı zamanda CBS üzerinde çalışan farklı uygulamalar ile de otomatik bir şekilde yapılabilmektedir [30-31].

Su toplama havzalarının CBS ortamında otomatik olarak elde edilmesinde, ArcHydro modülü yaygın olarak kullanılmakta olan uygulamalardan biridir. Havza sınırlarının bir model kullanılarak CBS ortamında otomatik şekilde belirlenmesi çalışmaları "*Arazi Verilerinin Temin Edilerek Ön İşleme Tabi Tutulması*" ve "*Su Toplama Alanı Tespit İşlemi*" olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Sayısal yükseklik modeli (SYM) ise su toplama havzalarının belirlenmesi sırasında temel veri olarak kullanılmaktadır [30-31].

Havzalara ait sınırların bir model kullanılarak CBS ortamında otomatik olarak belirlenmesi çalışmasında, öncelikle çalışma alanına ait verilerin temin edilmesi gerekmektedir. Yeryüzünün sürekli bir biçimde değişmekte olan arazi yapısını 3 boyutlu olarak hücresel yapıda gösteren SYM, su toplama havzalarının belirlenmesinde temel veri olarak kullanılmaktadır. SYM, raster veri özelliğindedir ve herhangi bir arazi yüzeyini en iyi şekilde temsil eden düzenli/düzensiz aralıklarla elde edilen çok sayıda yükseklik ölçümünden oluşmaktadır [30-31].

Çalışmanın bu bölümü kapsamında, CBS yazılım programı olan ArcGIS 10.1 ve CBS hidrolojik araç çubuğu olan ArcHydro uygulaması kullanılarak seçilen her baraja ait su toplama havzalarının sınırları belirlenmiştir. Bu çalışmada, uluslararası bir proje olarak yürütülen "Shuttle Radar Topography Mission-SRTM" projesi kapsamında elde edilen ~90 m çözünürlüğündeki SRTM90 uydu görüntülerinden elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada, ~ 90 m çözünürlüğünde

Coğrafik Koordinat Sisteminde (WGS84) elde edilen SRTM90 SYM, Lambert Conformal Conic (ED50) koordinat sistemine dönüştürülerek kullanılmıştır. SRTM90 SYM, hidrolojik olarak yeniden düzenlenmiş ve kullanılacak ArcHydro programının ihtiyaç duyduğu ön işlemlerden geçirilerek seçilen barajlara ait su toplama havzaları elde edilmiştir [30-31]. Çalışmada, ArcHydro uygulamasında havza sınırlarının belirlenmesi için gerekli olan "Arazi Verilerinin Temin Edilerek Ön İşleme Tabi Tutulması" ve "Su Toplama Alanı Tespit İşlemleri" aşamaları sırasıyla yapılmıştır. İşlemlere ait bütün adımlar Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.




**Şekil 3.3.** ArcHydro ile Su Toplama Havzalarının Belirlenmesi

Alanları 247 $km^2$ ile 27092 $km^2$ arasında değişmekte olan mevcut 21 adet baraja ait su toplama havzası oluşturulmuştur. Literatürde mevcut olan barajlara ait su toplama havza alanları ile çalışma sırasında belirlenen baraj havza alanları birbirleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca, çalışmada seçilen barajlara ait bölgesel ortalama aylık yağış değerlerini bulmak amacıyla, yine CBS yazılım programı olan ArcGIS 10.1 ve CBS hidrolojik araç çubuğu olan ArcHydro uygulaması kullanılarak Thiessen poligonları metodu yardımıyla Thiessen poligonları elde edilmiştir.

### 3.2.2. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu

Yağış, alansal ve zamansal büyük değişmeler göstermekte olup, çok sayıda sistem için su varlığını önemli ölçüde etkilemekte olan ana faktördür. Bu sebeple, birçok kuraklık indisi temel olarak yağış koşullarına dayanmaktadır. Kuraklığın saptanması çalışmaları sırasında kullanılan yağış koşulları; alınan yağışla merkezi eğilim ölçüleri (ortalama-medyan vb.) arasında karşılaştırma yapma, standart sapma, değişim aralığı gibi dağılım ölçülerinin kullanımı, kurak-nemli dönemlerin karakteristikleri ve çeşitli sistemlerin su ihtiyaçlarının bilinen kritik seviyeleriyle alakalı bir takım yağış sınırlarının kullanımını içermektedir [46].

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), 1993 yılında McKee ve arkadaşları tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir [83]. Bu yöntem, yağıştaki meydana gelen azalmanın yeraltı suyu, su biriktirme haznesi depolaması, zemin nemi, kar yığını ve akarsu gibi hidrolojik sistemler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir. Zaman dilimleri, çeşitli su kaynaklarının uygunluğunda kuraklık etkilerini yansıtmaktadır. Örneğin; zemin nemi şartları kısa dönem yağış anormalliklerine hemen cevap verebilirken, yeraltı suyu, akarsu ve su biriktirme haznesi depolama daha uzun dönem yağış anormalliklerini yansıtabilmektedir. Başka bir ifade ile, SYİ metodu için çoklu zaman ölçümlerinde farklı zaman dilimlerindeki yağış azalmasını belirlemek için tasarlanmıştır da denilebilir.

Yağışın belirli bir zamanda ortalamadan çıkarılarak standart sapmaya bölünmesi ile elde edilen değer olan SYİ ile herhangi bir bölgede belirli bir zaman ölçeğinde kurak veya nemli olaylardaki anormallikler belirlenebilmektedir [49].

Teorik olarak bakıldığında, bilindiği gibi standart değerler herhangi bir zaman serisinde aşağıdaki eşitlikle bulunabilir;

$$x_i = \frac{X_i - \overline{X}}{\sigma} \tag{3.1}$$

Öncelikle kuraklık analizinde verilmiş olan zaman serisine X dersek, elemanlarını da $X_1, X_2, X_3, \ldots, X_n$ dizisi şeklinde gösterebiliriz. Burada $\overline{X}$ aritmetik ortalama; $X_i$ seride alınan herhangi bir yağış değeri; $\sigma$ standart sapma ve $x_i$ standart değeri göstermektedir.

Bu tür standartlaştırmanın faydaları; standartlaştırılmış dizinin aritmetik ortalaması 0 ve standart sapması 1'e eşit olması, ortaya çıkan standart dizi sıfır etrafında salınım yapan oldukça küçük pozitif ve negatif işaretlerden meydana gelen bir sapmalar topluluğunu göstermesi, ardışık gelen negatif ve pozitif değerlerin kurak ve sulak dönmeleri göstermesi ve ayrıca standartlaştırılmış dizinin boyutunun olmamasıdır [19]. Fakat, bu ilişki yağış serisinin normal dağılım göstermesi durumunda kullanılmaktadır. Tersi koşulda seri uygun bir dağılıma uydurularak bu dağılımdan gözlemlere karşılık gelen olasılıkların standart normal dağılımdaki karşılığı olan z-değerleri (SYİ) belirlenmektedir.

Sadece yağış değerlerine bağlı olan ve kolay hesaplanabilen bir indis olan SYİ, sadece olasılıkla ilgili olup, devam eden periyotta yağış eksikliğini hesaplamaktadır. SYİ, ortalaması sıfır (0), varyansı ise bir (1) olan standart normal dağılıma uymaktadır. Yöntem, kar yığını, su biriktirme haznesi, akış, zemin nemi ve yeraltı suyu gibi hidrolojik değişkenler için hesaplanabilir ve normalleştirilmiş olduğundan kurak ve nemli periyotlar aynı yolla temsil edilebilmektedir. Bu şekilde, kurak dönemin yanı sıra nemli dönemler de bu yöntem ile izlenebilir [86].

Genellikle, yağış serileri normal olmayan bir dağılıma sahiptir. Gerçekte indisin hesaplanması yağışın 12 ay ve daha az periyotlarda normal dağılıma uymaması nedeniyle, yağış serileri öncelikle normal dağılıma uygun hale getirilir. SYİ değerleri yağışta meydana gelen eksiklik ile lineer olarak artan veya azalan bir eğilim gösterir. SYİ değerlerinin normalize edilmesi sonucunda seçilen zaman dilimi içerisinde hem kurak ve hem de nemli dönemler aynı şekilde temsil edilir. SYİ değerleri dikkate alınarak yapılan bir kuraklık değerlendirmesinde indisin sürekli olarak negatif olduğu zaman periyodu "kurak dönem" olarak tanımlanır. İndisin sıfırın altına ilk düştüğü ay kuraklığın başlangıcı olarak kabul edilirken indisin pozitif değere yükseldiği ay kuraklığın bitimi olarak kabul edilir [48,87]. Bu şekilde, yağış serilerini normalleştirerek SYİ değerlerine dönüşümü tamamlandıktan sonra kuraklık sınıflandırması yapılarak değerlendirme yapılabilir. Yapılan kuraklık sınıflandırılması Çizelge 3.2.'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.2.** SYİ Kuraklık Sınıflandırılması

| **SYİ** | **Kuraklık Kategorisi** | **Zaman Kategorisi** |
|---|---|---|
| (0.00) – (-0.99) | Normal | % 34.1 |
| (-1.0) – (-1.49) | Orta Derece Kurak | % 9.2 |
| (-1.5) – (-1.99) | Çok Kurak | % 4.4 |
| -2 ≥ | Aşırı Kurak | % 2.3 |

SYİ değerleri hesaplanırken, en az 30 yıllık sürekli periyoda sahip olan aylık yağış serileri hazırlanır [49]. Araştırma yapılan alandaki aylık yağış zaman serisi ile seçilen zaman dilimine bağlı olarak önceki ay (i) yardımı ile herhangi bir ay için SYİ değerleri hesaplanabilir. Bu şekilde SYİ vasıtasıyla, 3 aylık yağış toplamından 48 aylık yağış toplamına kadar hesaplama yapılabilir. Buradaki 3 aylık değerler kısa dönem veya mevsimsel dönemleri, 12 aylık değerler orta dönem ve 48 aylık değerler ise uzun dönemleri göstermektedir. Bu sebeple, SYİ aylık veya yıllık kayıtta zaman ölçeğine bağlı olmaktadır. Örneğin, 3 aylık SYİ ocak 2000 yılı için 1999 yılının kasım, aralık ile 2000 yılının ocak aylarının aylık toplam yağış verisinden, 12 aylık SYİ ocak 2000 yılı için 1999 yılının şubat ayından 2000 yılına kadar olan aylık toplam yağış

verisinden faydalanılır [46]. Bu zaman dilimleri seçilirken, yağışta meydana gelen eksikliğin kullanılabilir su kaynakları üzerindeki etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği gibi sübjektif bir mantığa göre seçilir. Çünkü, herhangi bir ayda yağışta meydana gelen eksilme zemin nemine hemen etki edebilirken, yeraltı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman periyodu içinde olmaktadır [49].

Thom (1958) Gama dağılımının yağış serilerini en iyi temsil eden dağılım olduğunu ortaya koymuştur [88]. Gama dağılımı, dağılım frekansı veya olasılık yoğunluk fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. Bu dağılımın ihtimal yoğunluk fonksiyonu (İYF) x>0 yağış değerlerini göstermek üzere aşağıda verilmiştir.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{x/\beta} \qquad x > 0 \text{ için} \tag{3.2}$$

$\alpha > 0$ , $\alpha$ şekil parametresi (3.3)

$\beta > 0$ , $\beta$ ölçek parametresi (3.4)

$x > 0$ , $x$ yağış miktarı (3.5)

Burada $\Gamma(\alpha)$ Gamma fonksiyonudur ve $\alpha$'nın pozitif değerleri için;

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1}\, e^{-y} dy \tag{3.6}$$

olarak verilmiştir.

SYİ herhangi bir istasyon için yağış toplamlarının verilmiş olan dağılımına Gamma olasılık yoğunluk fonksiyonu uydurulmasını içermektedir. Gamma ihtimal yoğunluk fonksiyonunun $\alpha$ ve $\beta$ parametreleri ilgilenilen her istasyon ve zaman ölçeği (3, 12, 48 gibi veya yılın her ayı) için tahmin edilebilir [46]. Thom (1996) tarafından verilen maksimum olasılık çözümleri, optimum $\alpha$ ve $\beta$ parametrelerinin tahmininde kullanılır [46].

$$\alpha = \frac{1}{4A}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}}\right) \quad (3.7)$$

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \quad (3.8)$$

$$A = \ln(x) - \frac{\sum \ln(x)}{n} \quad (3.9)$$

n= yağış gözlemlerinin sayısıdır. Sonuç parametreleri herhangi bir istasyonda verilmiş olan ay bazında veya diğer zaman ölçekleri için gözlenen yağışın kümülatif olasılık dağılım fonksiyonunu bulmak amacıyla kullanılmaktadır [46]. Bu durumda kümülatif olasılık dağılım fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\beta^{\alpha}\,\Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} dx \quad (3.10)$$

$t = x/\beta$ olduğu zaman, 3.11 eşitliği eksik gamma fonksiyonunu oluşturmaktadır.

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha}\, e^{-1} dt \quad (3.11)$$

Gamma fonksiyonu $x = 0$ için tanımsız olur ve yağış dağılımı sıfır değerleri de içerebilir. Bu durumda toplam olasılık dağılımı aşağıdaki şekilde yazılabilir;

$$H(x) = q + (1 - q).G(x) \quad (3.12)$$

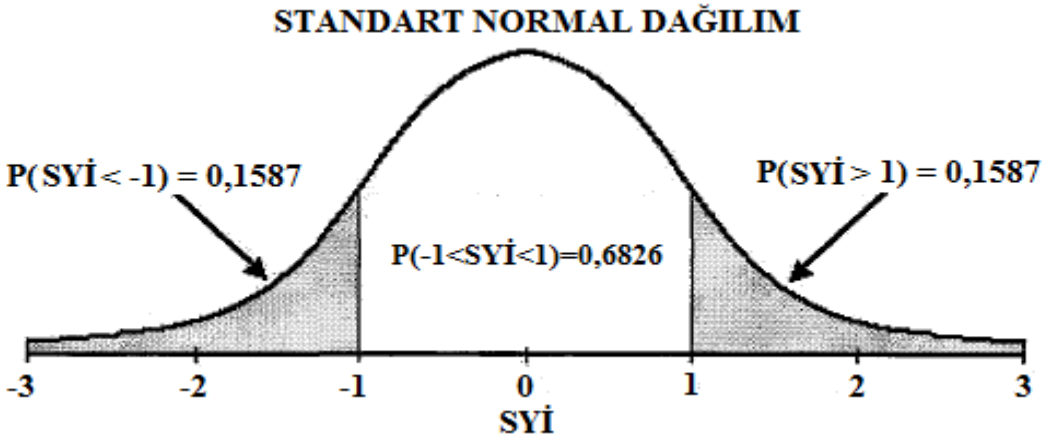
Burada "q" sıfırın olasılığıdır. Eğer "m" yağış zaman serisinde sıfırların sayısı ise,

$$q = m/n \quad (3.13)$$

olarak tahmin edilebilir. Thom (1996) toplam olasılık yoğunluk fonksiyonu G(x)'i belirlemek için eksik gamma fonksiyonunun tablolarını kullanmıştır. McKee vd. (1993) toplam olasılık fonksiyonunu belirlemek için Press vd. (1992) tarafından geliştirilmiş olan bilgisayar yazılımı bir yöntem kullanmışlardır.

Kümülatif olasılık fonksiyonu H(x), ortalaması sıfır (0) ve varyansı bir (1) olan SYİ değerini ifade eden standart normal rasgele değerli Z değişkenine dönüştürülür. H(x), SYİ'nin değeridir. Bu durum Panofsky ve Brier (1958) tarafından tanımlanan formun dağılımının, bir değişim olarak yeni bir dağılıma dönüşümü için gerekli olan bir özelliktir. Bu durumda olasılık dağılımından daha küçük olan değişimin verilen değeri dönüşüme karşılık gelen değerden daha küçük olasılıkla eşit olmalıdır. Ayrıca, SYİ değerlerinin normalize edilmesi ile o istasyona ait yağış dizilerinde hem zaman ve hem de alan bazında olan değişkenliklerin dikkate alınması sağlanmaktadır [46, 86].

Şekil 3.3'de verilen zaman periyodunda gamma parametreleri için tahmin değerleri gösterilmiştir. SYİ ortalaması 0 ve varyansı 1 olan standart normal dağılıma uymaktadır. Ayrıca, SYİ gamma parametreleri tahmin edilmiş olan olasılık dağılımını göstermektedir. Bu da herhangi bir zaman dilimine veya yere göre olabilir. Çizelge 3.3'de de SYİ değerlerine karşılık gelen olasılık dağılım değerleri verilmiştir [46,86-88].




**Şekil 4.3.** Gamma Parametreleri İçin Tahmini Değerler

**Çizelge 3.3.** SYİ Değerlerine Karşılık Gelen Olasılık Dağılım Değerleri

| SYİ | Toplam Olasılık | SYİ | Toplam Olasılık |
|---|---|---|---|
| -3.0 | 0.014 | 0.5 | 0.6915 |
| -2.5 | 0.062 | 1.0 | 0.8413 |
| -2.0 | 0.0228 | 1.5 | 0.9332 |
| -1.5 | 0.0668 | 2.0 | 0.9772 |
| -1.0 | 0.1587 | 2.5 | 0.9938 |
| -0.5 | 0.3085 | 3.0 | 0.9986 |
| 0.0 | 0.500 | | |

Çeşitli SYİ aralıkları için belirlenen kuraklık şiddetinin tespiti kuraklık analizi ve kuraklık takibi çalışmalarında büyük öneme sahiptir. SYİ metodu, bölgeye ait yağış verilerini kullanarak o bölge ile ilgili kuraklığın başladığı, şiddetlendiği ve bittiği değerleri belirleyen yani, yağış verilerine bağlı olarak kuraklığın temel büyüklükleri olan süresi, genliği ve şiddeti hakkında oldukça sağlıklı sonuçlar veren bir metottur.

Çalışma kapsamında, SYİ yöntemi kullanılarak, bölgesel ortalama yağış verilerinden 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. Elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzalarda farklı zaman ölçeklerinde meydana gelen yağış eksikliğinin mevcut hidrolojik sistemler üzerine etkileri araştırılmıştır.

Bu çalışmada, Türkiye'de bulunan 21 adet baraj havzasına ait meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri yapılmıştır. İlk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak daha sonra ise havzalardaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzalarda zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu iki çalışmanın yanı sıra nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'den elde edilen aylık ortalama nehir akımı ve hazne hacim verileri ile baraj göllerine ait aylık kot seviyeleri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri, havza merkezine en yakın

gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır.

SYİ metodunun kullanılmasındaki amaç ise; bu yöntem ile 1 aylıktan 48 aylığa kadar farklı zaman dilimlerinde inceleme yapılarak yağış eksikliğinin farklı su kaynakları üzerine yaptığı etkilerin görülmesini sağlayan ve hem alansal hem de zamansal normalleştirmelerde başarılı bir yöntem olduğundan dolayı tercih edilmiştir. Ayrıca, SYİ'nin, meteorolojik ve hidrolojik kuraklıkları izlemede bilinen faydalarının yanı sıra bitkilerin büyüme ve hasat süreleri ile ilişkili olarak farklı zaman dilimlerinde seçilebilme özelliğinden dolayı tarımsal kuraklığın etkileri ile ilgili de yararlı bilgiler vermektedir.

# 4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Kuraklık çalışmaları, bir bölgenin herhangi bir noktasında elde edilen kayıtların zamanla değişimi göz önünde tutularak yapılmalıdır. Tüm kuraklık çeşitlerinin ortak bir noktası ise, yapılan tanımlamalar için esas alınması gerekli olan yağış, akış ve zemin nemi eşik değerinin bulunmasıdır. Zamansal ve alansal bakımdan göz önünde tutulan eşik seviyesinden daha az yağış, akış veya zemin nemi olması halinde zaman, alan veya zaman-alanda etkili olan kuraklıklar baş göstermektedir [67].

Kuraklığın herhangi bir zaman süresince ve bölgesel dağılımında değişimler görülmektedir. Debi, zemin nemi, yeraltı su seviyesi gibi büyüklükler bir bölgenin her noktasında aynı değerde olmadığı gibi zaman içerisinde de bu büyüklüklerin değerleri değişmektedir. Bahsedilen bu değişimler, kuraklık olaylarının yönetimi açısından büyük önem taşımakta olup, kuraklığın özellikle ekonomik yönde zararlarını azaltıcı şekilde etkili olabilirler [17].

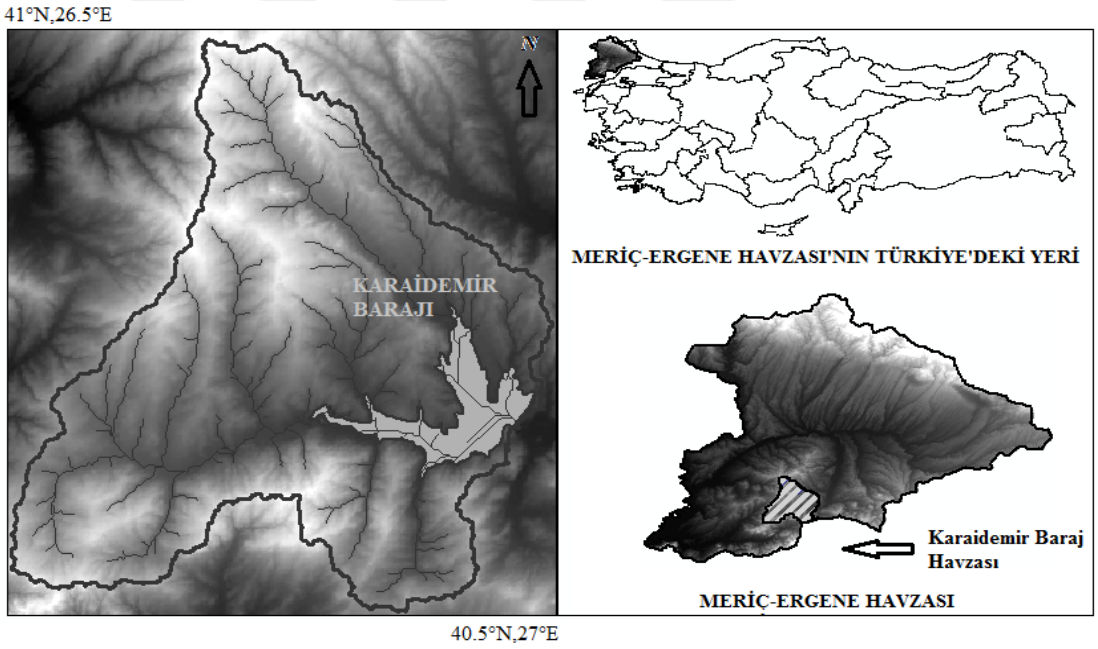
Bu çalışmada, Türkiye'deki farklı hidrolojik, jeomorfolojik, topografik, coğrafik ve iklimsel özelliklere sahip su toplama havzaları seçilerek bu havzalardaki yağış eksiklerinden kaynaklanan kuraklıkların nehir akımları, baraj hazne hacimleri ve zemin nemi sistemleri üzerindeki etkisi ayrıntılı biçimde incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Türkiye'de bulunan 21 adet baraj havzasına ait meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri yapılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, seçilen baraj su toplama havzaları yedi coğrafi bölgeye göre sınıflandırılmış ve her baraja ait su toplama havzası için yapılan analizler ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

## 4.1. Marmara Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları

### 4.1.1. Karaidemir Baraj Havzası

#### 4.1.1.1. Karaidemir Baraj Havzası Özellikleri

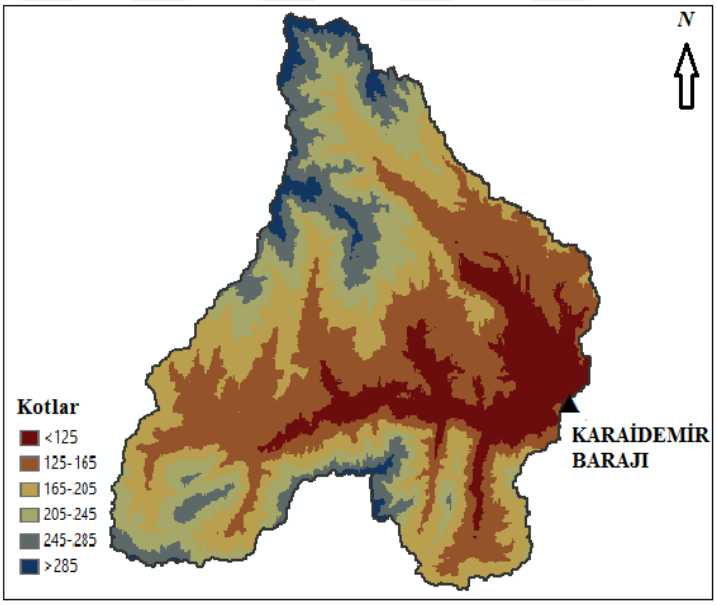
Çalışma alanı olarak seçilen Karaidemir Baraj havzası, Tekirdağ ilinin batısında, 26°42'-27°2' doğu boylamları, 41°6.5'-40°52' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Tekirdağ iline bağlı Malkara ilçesinin büyük bölümünü ve Edirne iline bağlı Uzunköprü ve Keşan ilçelerinin ise çok küçük bir bölümünü içine almaktadır. Meriç-Ergene havzasının bir alt havzası olan Karaidemir Baraj havzası yaklaşık olarak 401 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.1).




**Şekil 4.5.** Karaidemir Baraj Havzasının Konumu

Karaidemir baraj havzasında yüksek dağlar ve vadiler görülmemektedir. Genel olarak aşınmış tepelerden oluşan havza, yarı ova özelliği gösteren plato görünümündedir. Doğal göller açısından da yoksun olan havza, yer altı suyu bakımından ise devamsız

tabakalar şeklinde zayıf akiferlere sahiptir [90]. Arazinin düz ve engebesiz olması nedeniyle yağmur suları mevcut akarsu ve dere yatakları ile direk akışa geçmektedir, bu sebeple havzada su birikiminin oluşması gölet ve baraj yapılarının yapılması ile mümkündür [91]. Havza toprakları tarıma elverişli olup, karakteristik bitki örtüsünün görülebileceği geniş alanlar bulunmamaktadır. Fakat bitki türü görünümü açısından zengin çeşitlilik göstermekte olan havzada odunsu bitki türleri, bozuk orman alanları ve otsu bitki türleri hakimdir [90]. Şekil 4.2'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 85-331 m aralığında değişmektedir. Ayrıca havzanın kuzey batı ve güney batı bölgesinde yükselti fazla olup, içlere doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Görüldüğü gibi yükselti farklılıkları az olup, havza düz ve engebesiz bir topografyaya sahiptir.

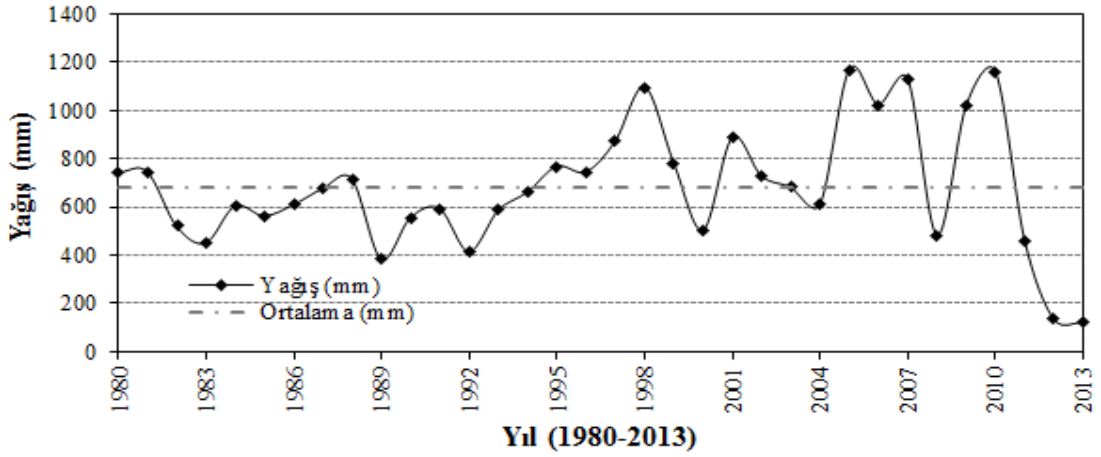



**Şekil 4.6.** Karaidemir Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 85-331 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak havzanın kuzey bölümü Ergene-Meriç iklim bölgesinde, güney bölümü Marmara iklim bölgesinde kalmaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine etkisi büyüktür. Akdeniz

ve karasal Karadeniz iklimlerinin geçiş bölgesinde yer alan havzada, yarı karasal iklimin hakimiyeti daha fazla görülmektedir [90]. Kış aylarında Sibirya antisiklonu Balkanlar üzerinden gelerek soğuk ve yağışlı havanın etkili olmasına, dönem dönemde kuru ve dondurucu soğukların meydana gelmesine neden olmaktadır. Havza, iç kesimlerde kaldığı için Marmara ikliminin ılıman etkisinden daha az etkilenmektedir. Yaz ayları genelde sıcak ve kurak olup, ilkbahar ve sonbahar ayları yağışlı geçmektedir. Ayrıca yağış rejimi olarak Akdeniz iklimi yağış rejimi görülmektedir [91].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1980-2013 yılları arasında ölçüm yapan Malkara ve Uzunköprü meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya yakın kesiminden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde küçük farklılaşmalar görülmüştür. Havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden az miktarda farklılık göstermektedir. Havzanın güney bölümü Marmara denizi kıyısına yakın olmasından dolayı içlerde kalan kuzey bölümüne göre nispeten daha fazla yağış almaktadır. Bunun yanında havzada yükselti farkının fazla olmaması havzanın kuzey ve güney bölgesindeki yıllık ortalama yağış miktarının az miktarda farklılık göstermesine neden olmaktadır (Örneğin; Malkara'da 684 mm iken, Uzunköprü'de 632 mm'ye düşmüştür). Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 124 mm iken maksimum yağış 2005 yılında 1168 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada genellikle Marmara ikliminden karasal iklime geçiş ikliminin baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 683 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.3'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları uzun dönemler halinde görülmüş ve yakın geçmişe yaklaştıkça ise kısa dönemler halinde devam etmiştir. Ayrıca, ortalama yağışın altında kalan yağışların nispeten fazla olmasının yanı sıra kısa dönemler halinde ortalama yağışın çok üzerinde yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.7.** Karaidemir Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.1'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ayında ve sonbahar mevsiminde ise kasım ayında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin sonbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir

**Çizelge 4.4.** Karaidemir Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 73.1 | 67.0 | 73.1 | 48.5 | 42.0 | 39.8 | 24.2 | 10.2 | 38.5 | 61.3 | 99.4 | 105.5 | **682.6** |

Havzanın kuzeyinde sıcaklık güneyine göre nispeten daha fazladır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 13.2 ºC'dir. En sıcak aylar, temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 23~24 ºC olmakla beraber ocak ve şubat aylarında sıcaklık 3~4 ºC civarına düşmektedir.

Malkara ilçesi sınırları içerisinde doğan Poğaça (Karaidemir) deresi üzerinde 1981 yılında sulama ve taşkın koruma amaçlı olarak hizmete alınan Karaidemir Barajı, normal su kotunda 15.50 $km^2$ göl alanına, 120.30 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 1.62 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 21.33 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0.00 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.5.** Karaidemir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| **Havza** | **Yağış Verisi Aralığı (Yıl)** | **Akım Verisi Aralığı (Yıl)** | **Hacim Verisi Aralığı (Yıl)** | **Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Uydu Kaynaklı Gözlemler** | **İstasyon Ölçümleri** |
| **Karaidemir Baraj Havzası** | 1980-2013 | 1982-2013 | 1982-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |

#### 4.1.1.2. Karaidemir Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

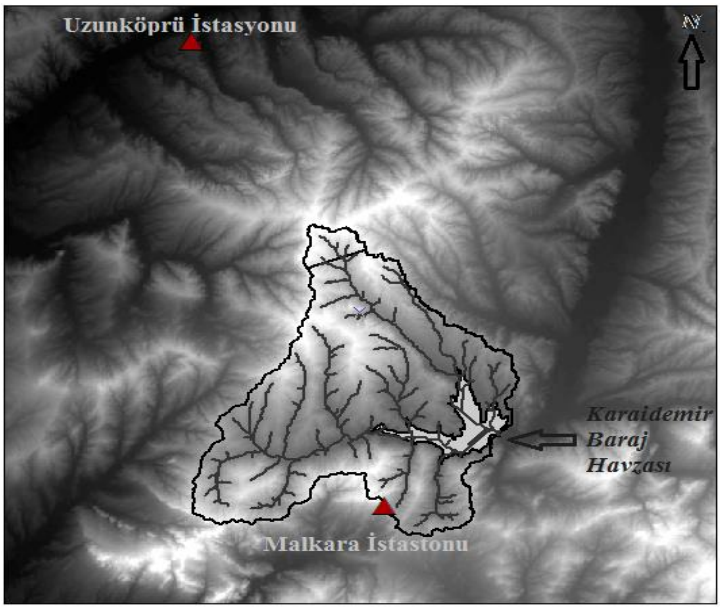
##### 4.1.1.2.1. Karaidemir Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada görülen havza çevresinde yer alan en yakın 2 adet meteoroloji istasyonu (Malkara ve Uzunköprü) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.3'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.6.** Karaidemir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Malkara | 40.88 | 26.90 | 207 | 684 |
| **2** | Uzunköprü | 41.27 | 26.70 | 45 | 632 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 2 adet meteoroloji istasyonuna ait 1980-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.4'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.4'de görülmektedir.




**Şekil 4.8.** Karaidemir Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

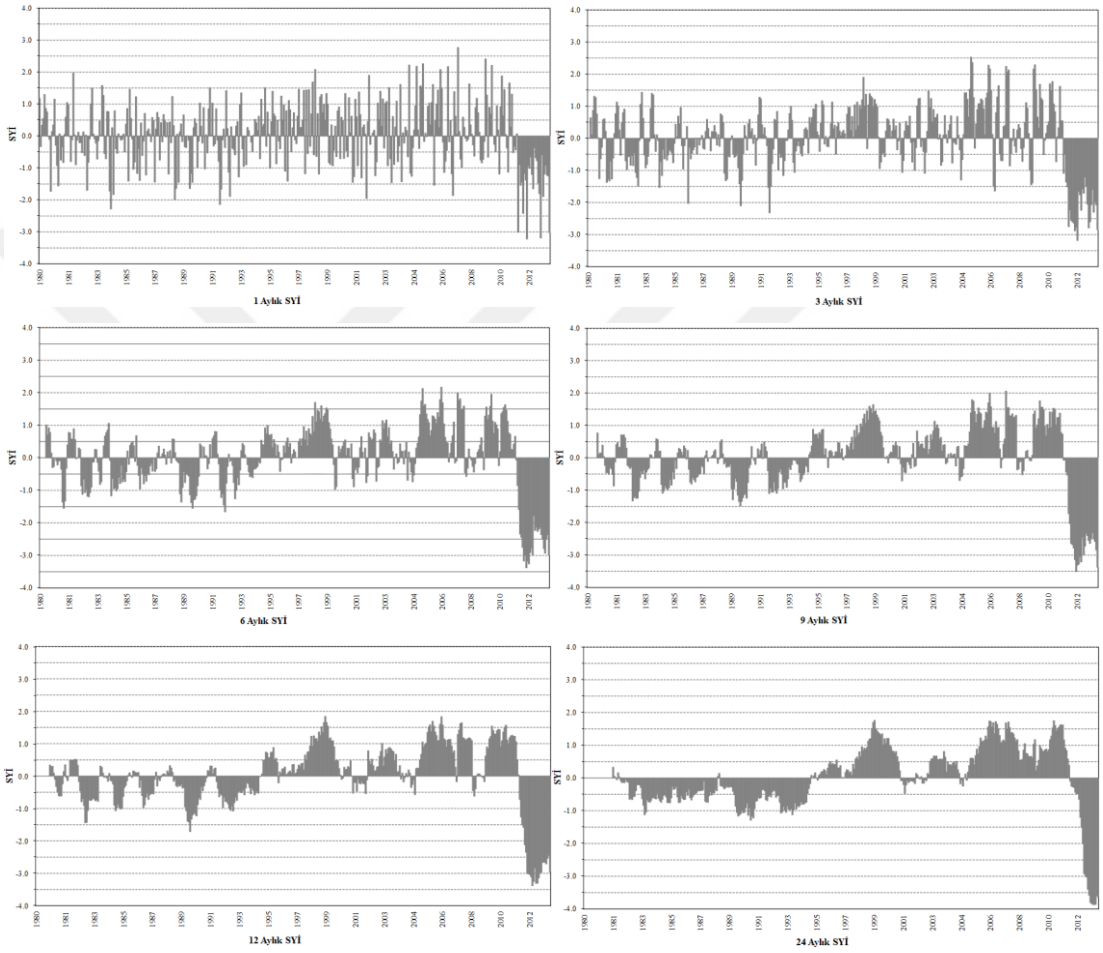
**Çizelge 4.7.** Karaidemir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | **Meteoroloji İstasyonu** | **R (Pearson)** |
|---|---|---|
| **1** | Malkara | 0.99 |
| **2** | Uzunköprü | 0.79 |

#### 4.1.1.2.2. Karaidemir Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.5'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman

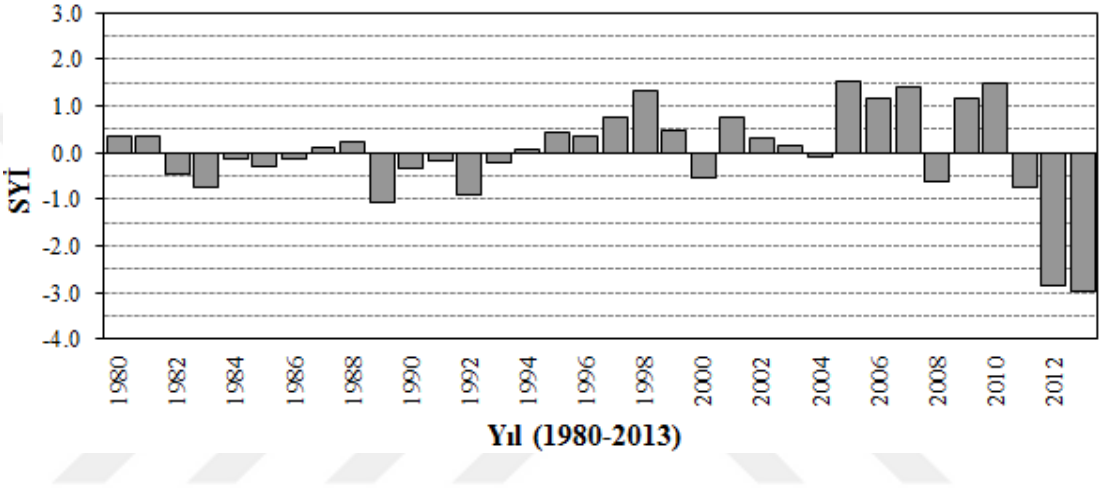
ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 9 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 18 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.9.** Karaidemir Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1980-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.6'da görüldüğü gibi toplamda 34 yılda 16 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 2 aşırı kurak, 1 orta derecede ve 13 normale yakın biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların

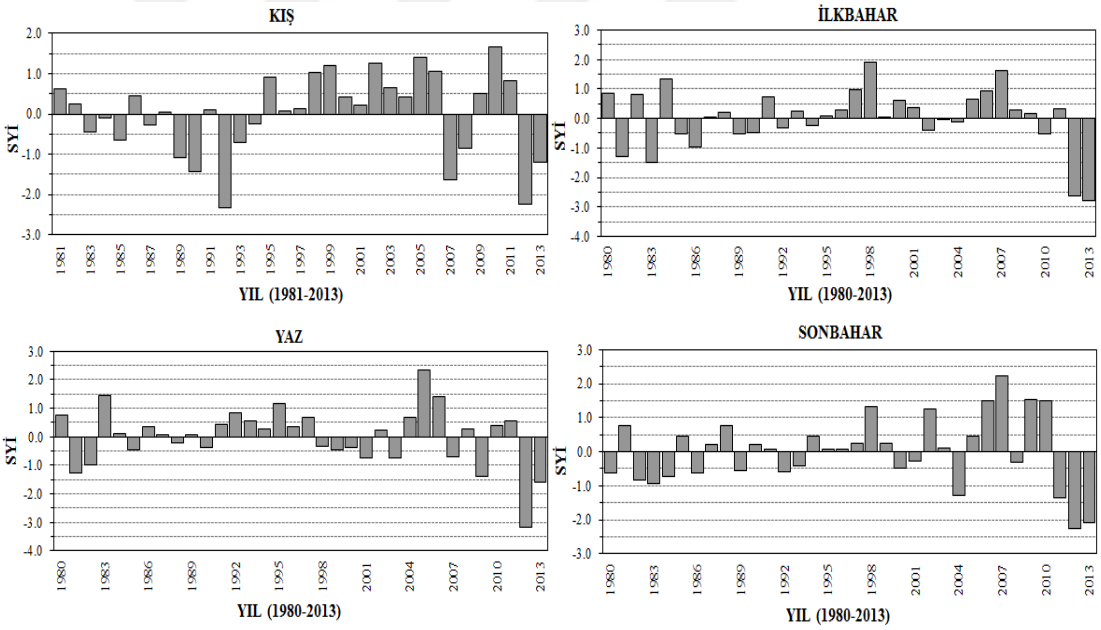
ortalama süresi 2.67 yıl olup, 1982-1986 ve 1989-1993 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.36 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.96 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1982-1986, 1989-1993 ve 2011-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmekte olup, havzada çok kuraklıkların yaşanmadığı dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.10.** Karaidemir Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 7'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 13 yıl, ilkbahar mevsiminde 14 yıl, yaz mevsiminde 14 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 15 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar her mevsimde 2 yıl (sadece yaz mevsimi için 1 yıl) boyunca yaşanmıştır. Çok kuraklıklar sadece kış ve yaz mevsimlerinde, orta derecede kuraklıklar en fazla kış mevsiminde ve normale yakın kuraklıklar ise en fazla sonbahar mevsiminde yaşanmıştır. Ayrıca her mevsimde farklı şiddetlerde kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri birbirlerine yakın değerlere (-

0.36~-0.40) sahip olup, ortalama kuraklık süresi bakımından da birbirinden farklı değerler göstermektedir. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.17 yıl) en fazla, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde (1.56 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 3 ile 4 yıl arasında değişmekte olup, sadece en uzun süre yaz mevsiminde 1998-2001 yılları arası 4 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 34 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Burada ayrıca özellikle kış mevsiminin ortalama kuraklık süresi bakımından yaz mevsimine göre daha fazla olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.11.** Karaidemir Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları 1932, 1955-1956,

1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1954-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Karaidemir Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1980'li yılların başlarında sulak dönemler yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1982-1986 yıllarında ortalama sıcaklıkların artmasıyla beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar normale yakın kuraklıklar olup, özellikle 1983-1984 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1987-1988 yıllarına gelindiğinde yağışların artmasıyla beraber havzada sulak bir döneme geçiş olmuştur. 1980'li yılların sonu 1990'lı yılların başlangıcında tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada beş yıl boyunca normale yakın kuraklıklar yaşanmıştır. Sadece 1989 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde, 1989-1991 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın etkilendiği görülmüştür.1994 yılından 2000 yılına kadar yaşanan uzun kurak dönemlerin ardından yağışların artmasıyla beraber havzada tamamen sulak bir döneme geçiş olmuştur. 2000 yılında havzada normale yakın kuraklık yaşanarak 2004 yılına kadar sulak dönemler devam etmiştir. Ülke genelinde 1996 ve 1999-2001 yıllarında şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen, havza yaşanan şiddetli kuraklıklardan sadece 2000 yılında etkilenmiştir. 2004 yılında havzada tekrar normale yakın kuraklık yaşanmış, fakat ardı sıra gelen uzun süreli kurak dönemler olmamıştır. 2005 yılından 2011 yılına kadar tekrar sulak dönemler devam etmiştir. Bu dönemde, sadece 2008 yılında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Ayrıca, havzanın özellikle 2007 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıktan hiç etkilenmeyip, sadece 2008 yılındaki kuraklıktan normale yakın kuraklık yaşayarak etkilendiği dikkat çekmiştir. 2011-2013 yılları arasında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk kez aşırı kuraklıklara rastlanmıştır. Bu dönemde uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamış olup, özellikle ortalama sıcaklıklarda artma eğilimi olması ve yağışların ortalamanın altında kalması sonucu son dönemlerde kuraklık büyüklüklerinde çok fazla artış gözlemlenmiştir. Sadece 2011 yılında havzada normale yakın kuraklık görülmüş, fakat 2012 ve 2013 yıllarında kuraklık büyüklüklerinde de çok fazla artış

olmuştur. 2013 yılında görülen aşırı kuraklık özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla sonbahar mevsiminde görülmesinin yanı sıra bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada özellikle 2012 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklüklerde kuraklıklar yaşanmıştır. 2012 yılında her mevsimde aşırı kuraklık görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Karaidemir Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak çok kuraklıklara hiç rastlanmamış olup, aşırı ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada, sulak dönemlerin hakim olduğu görülmüştür. Ayrıca, uzun süreli kuraklıklara sadece 1995 yılına kadar rastlanılmıştır. Çalışmada ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada 2012 yılına kadar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta ise son yıllarda özellikle 2012-2013 yıllarında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu havzada aşırı kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüklerin artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmiştir.

#### 4.1.1.3. Karaidemir Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

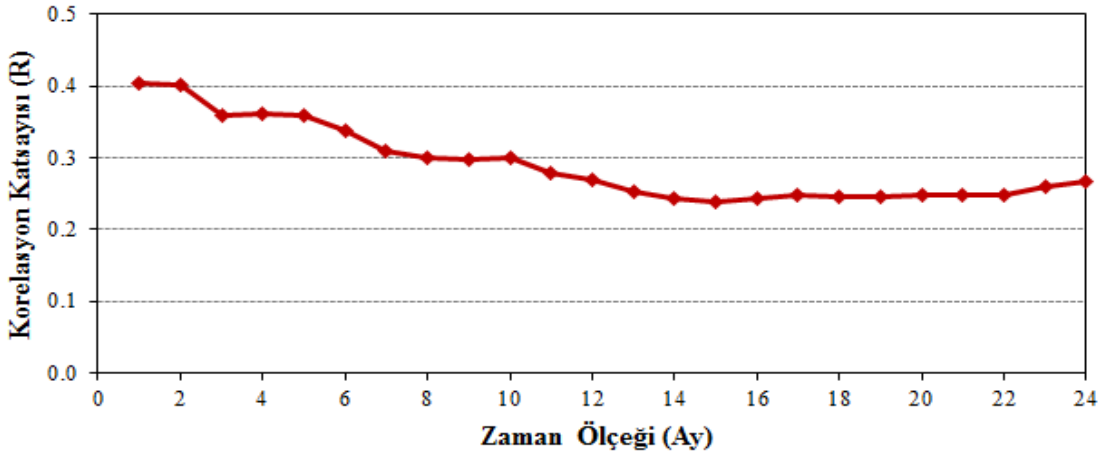
##### 4.1.1.3.1. Karaidemir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Karaidemir Baraj havzasında 1982-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 1.62 $m^3/s$ iken maksimum akım 21.33 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 3.12 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.1.1.3.1.1. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

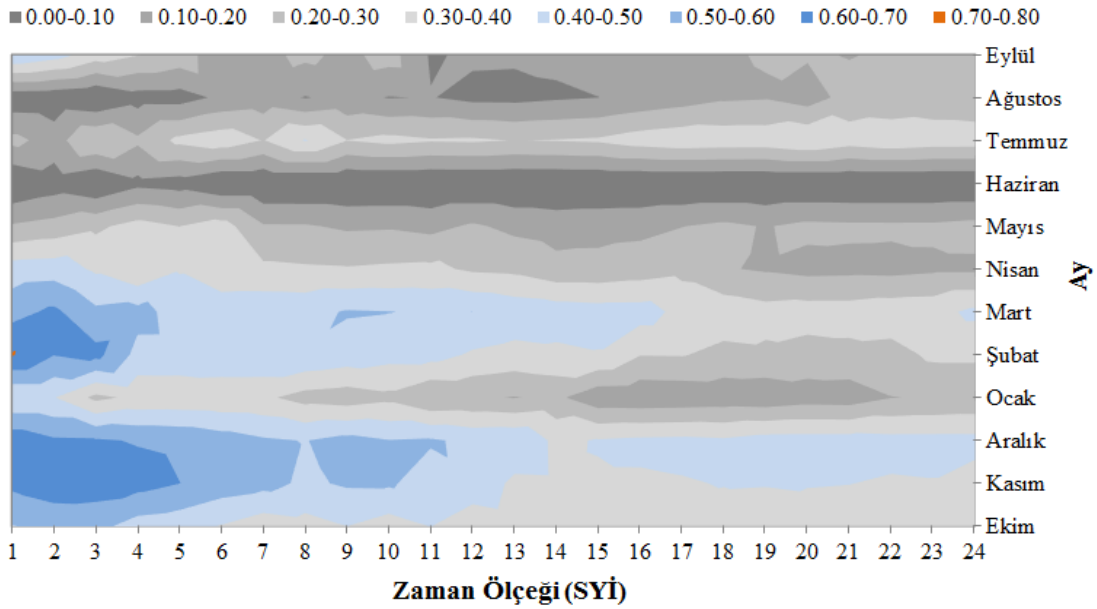
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.403) 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Karaidemir Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.12.** Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.1.1.3.1.2. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.9'da standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.13.** Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri (R>0.60) sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsiminde (aralık-şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine; sonbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.65), kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde aralık (R=0.67) ve şubat aylarında (R=0.71), ilkbahar mevsiminde ise 1 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.62) ulaşılmıştır. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsiminde maksimum korelasyon değerleri aralık ayından şubat ayına kadar yükseliş göstermiş (0.65≤R<0.75) ve şubat ayında 1 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine (R=0.71) ulaşmıştır. Sadece ocak ayında korelasyon değerleri düşüş göstererek R=0.50 değeri altında kalmıştır. Bu mevsimde, her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde ise, korelasyon değerlerinin sonbahar ve kış mevsimine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Mart ayında düşmeye başlayan korelasyon değerlerinin maksimumu R=0.60 değerini aşmış, fakat nisan ve mayıs aylarında korelasyon değerleri düşmeye (<R≤0.45) devam etmiş ve mayıs ayında mevsimin en düşük korelasyon değerleri (<R≤0.34) elde edilmiştir. İlkbahar

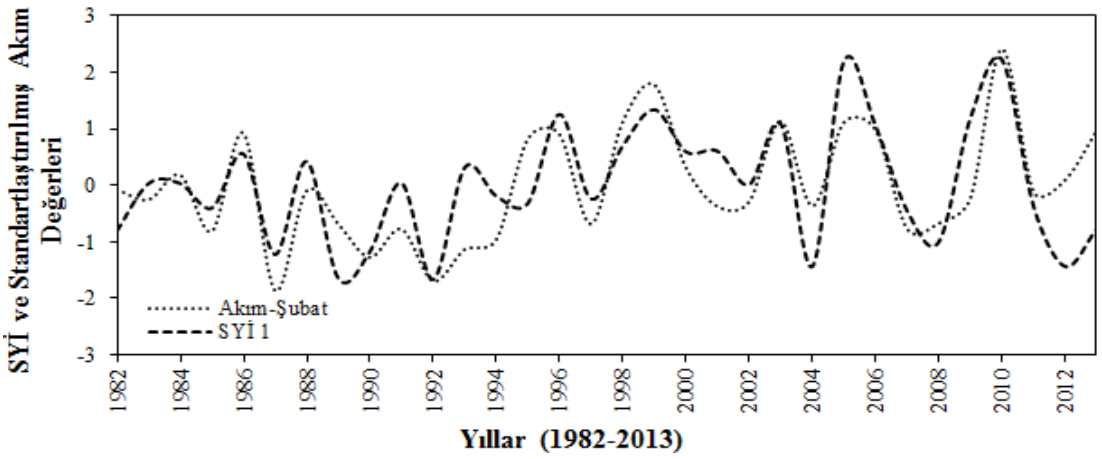
mevsiminde maksimum korelasyonlara martta 2 aylık, nisanda 2 aylık ve mayısta 5 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerleri yaz mevsiminde düşmeye ($R<0.40$) devam ederek diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziranda 4 aylık, temmuz ve ağustosta 6 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Diğer mevsimlere göre haziran ayında maksimum korelasyon değeri 4 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, maksimum korelasyon değerleri eylül ayından itibaren yükselişe ($0.50\leq R\leq 0.65$) geçerek $R=0.50$ değerini aşmış ve kasım ayında mevsimin en yüksek korelasyon değerleri ($R\leq 0.65$) elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlara eylülde 1 aylık, ekimde 2 aylık ve kasımda ise 3 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerlerinde artış görülmesinin yanı sıra bulundukları zaman ölçeklerinde de basamak şeklinde bir artış olduğu dikkat çekmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde kasım ayında 7 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.53$), kış mevsiminde aralık ayında 9 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.53$) ve şubat ayında 8 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.50$), ilkbahar mevsiminde ise mart ayında 9 aylık zaman ($R=0.51$) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine ($R\geq 0.50$) sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsiminde ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, ilkbahar mevsimi ortasından (nisan) sonbahar mevsimi ortasına (ekim) kadar elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük ($R<0.42$) olduğu tespit edilmiştir. Sadece temmuz ayı için maksimum korelasyon değeri $R=0.40$ değerini aşmıştır. Maksimum korelasyonlara, ilkbahar mevsiminde (nisan-mayıs) 10-12 aylık zaman ölçeklerinde, yaz mevsiminde 7-8 aylık zaman ölçeklerinde ve sonbahar mevsimde 10 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle yaz mevsimi başlangıcında (haziran) maksimum korelasyon değeri 7 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Maksimum korelasyon değeri sonbahar mevsimi ortasından (ekim) itibaren yükselişe ($R\geq 0.40$) geçmeye başlamıştır.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde 7-12 aylık

zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.41), sonbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.65), kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.71) ve ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.62) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi sadece yaz mevsimi için en yüksek korelasyon değeri 8 aylık uzun zaman ölçeğinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimleri için maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde ilkbahar mevsimi sonu ve yaz aylarında korelasyon değerlerinin ($R<0.30$) düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, yaz aylarında (temmuz-ağustos) ise en yüksek korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde (7-8 aylık) ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.40 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde şubat ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.71) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu ($R\leq0.15$) ayın da yaz mevsiminde haziran ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.10'da ise 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği şubat ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1987, 1989, 1990, 1992, 2004 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.14.** Karaidemir Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

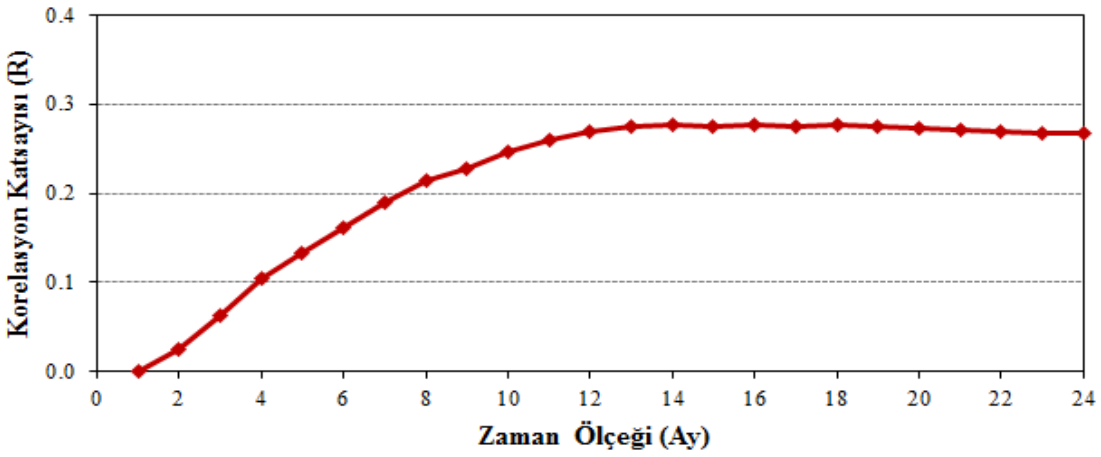
#### 4.1.1.3.2. Karaidemir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Karaidemir Baraj havzasında 1982-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Karaidemir barajı normal su kotunda 120.30 $hm^3$ göl hacmine ve 15.50 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin -0.03 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.1.1.3.2.1. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

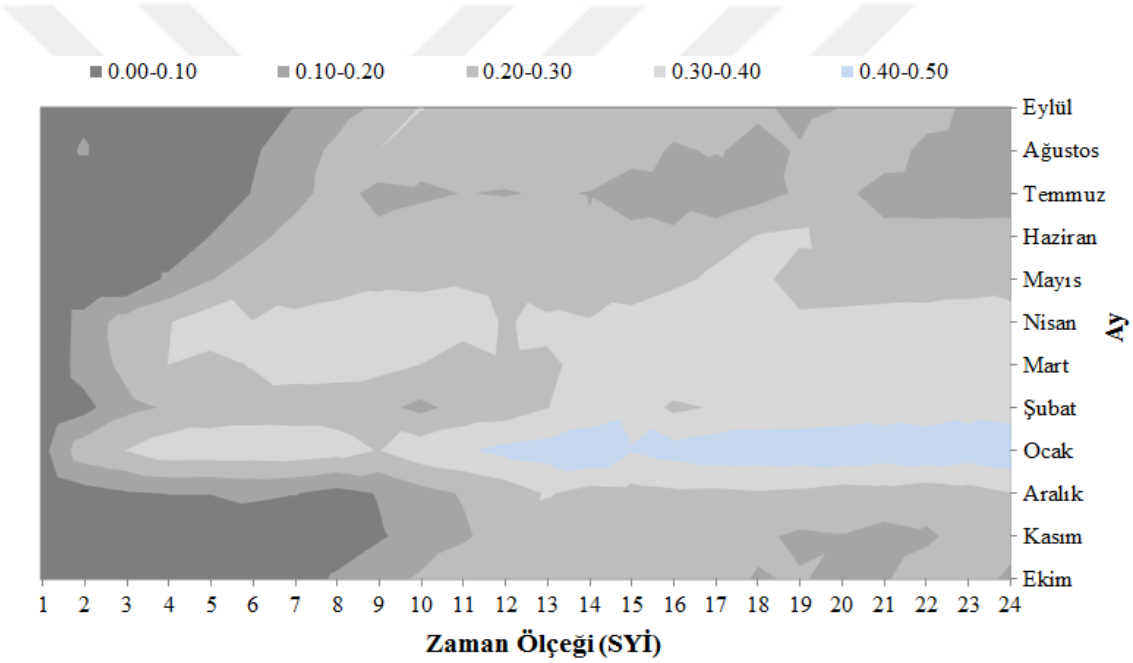
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (11-14 aylık) nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. 11 aylık zaman ölçeğinden itibaren maksimum korelasyon değerine ulaşma eğilimi gözlemlenmiş olup, bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 11-14 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri R=0.27 civarında elde edilmiştir. Bu demektir ki küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 10-13 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Karaidemir Baraj havzasında 1-19 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 19 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.15.** Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.1.1.3.2.2. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.12'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.16.** Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

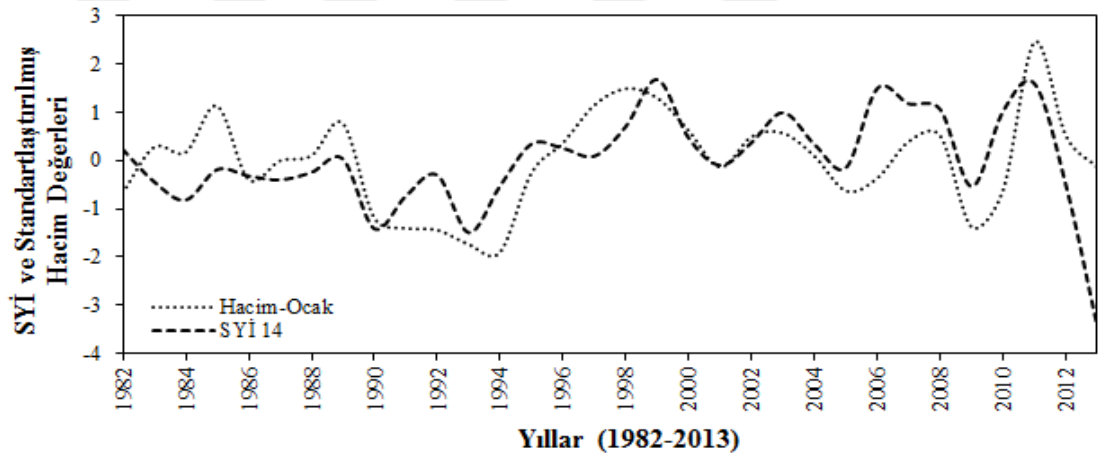
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.36$) 14-17 aylık zaman ölçeklerinde kış mevsiminde (ocak-şubat) ve ilkbahar mevsiminde (mart-nisan) bulunmuştur. Kış mevsiminde maksimum korelasyon 14 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında ($R=0.49$), 15 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ($R=0.36$) ve ilkbahar mevsiminde maksimum

korelasyon 16 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.39), 17 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.40) elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, ocak ayında 12 aydan uzun zaman ölçeklerinde (R≤0.49) yüksek korelasyonlar elde edilmiş ve en yüksek korelasyon değerine kış mevsiminde ocak ayında 14 aylık zaman ölçeğinde (R=0.49) ulaşılmıştır. Ayrıca, ocak ayında 12-24 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri birbirine çok yakın değerlere sahip olup, bu ölçeklerde bulunan korelasyon değerlerinin maksimuma ulaşmaya çalışması dikkat çekmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği bu zaman ölçeklerinde, özellikle ilkbahar mevsimi sonu (mayıs), yaz ve sonbahar mevsimlerindeki korelasyon değerlerinin nispeten düşük (R<0.30) olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük olduğu bu aylarda, sonbahar ve kış mevsimleri başlangıcı (eylül-aralık), ilkbahar mevsimi sonu (mayıs) ve yaz mevsiminde (temmuz ayı hariç) maksimum korelasyon değerleri R=0.30 değerini aşmış olup, bulunan değerler birbirine çok yakındır. Fakat, yaz mevsiminde temmuz, sonbahar mevsiminde ise ekim ve kasım aylarında diğer aylara kıyasla maksimum korelasyonların daha düşük (R<0.30) olduğu ve maksimum korelasyon değerlerinin 8-12 aylık zaman ölçeğinde değiştiği görülmüştür. Ayrıca maksimum korelasyon temmuz ayında 8 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R<0.25) inmektedir.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 8-19 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 19 aylık zaman ölçeğinde (R=0.32) haziran ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.30) eylül ayında, kış mevsiminde 14 aylık zaman ölçeğinde (R=0.49) ocak ayında, ilkbahar mevsiminde 17 aylık zaman ölçeğinde (R=0.40) nisan ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.30 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri temmuz ayında ise 8 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R<0.25) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsiminde (ocak), en düşük korelasyon değeri ise yaz mevsiminde (temmuz) elde edilmiştir. Çalışmada özellikle yaz ve sonbahar mevsimlerinde 1-7 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin düşük olması, fakat maksimum korelasyon değerlerine 8-12 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılması dikkat çekmiştir. Yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) diğer mevsimlere göre daha kısa zaman ölçeklerinde (8-9 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması dikkat çeken

diğer bir durumdur. Buradan yola çıkarak 8 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.13'de 14 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ocak ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1990, 1991, 1993, 1994 ve 2009 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.17.** Karaidemir Baraj Havzasında 14 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

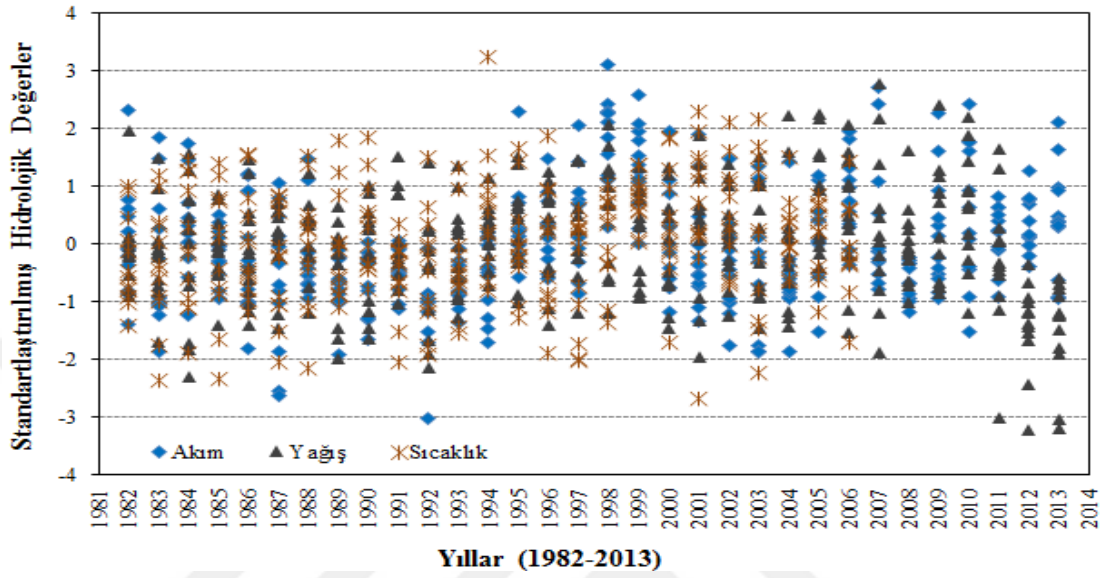
Karaidemir Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Sürekli veriler şeklinde ele alınarak yapılan karşılaştırmadan elde edilen bulgulara göre, standartlaştırılmış nehir akımı ile kısa zaman ölçekli (1-2 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Maksimum korelasyon (R=0.403) 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiş

olup, zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise daha öncede bahsedildiği gibi mevsimsel farklar ortaya çıkmıştır. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.71) ve en düşük maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.10) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ve farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerlerinin sürekli veriler olarak ele alınarak karşılaştırılması sonucunda ise maksimum korelasyona uzun zaman ölçekli (11-14 aylık) SYİ arasında nispeten kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.27) 11-14 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 14 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.49) ve en düşük maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.24) ulaşılmıştır.

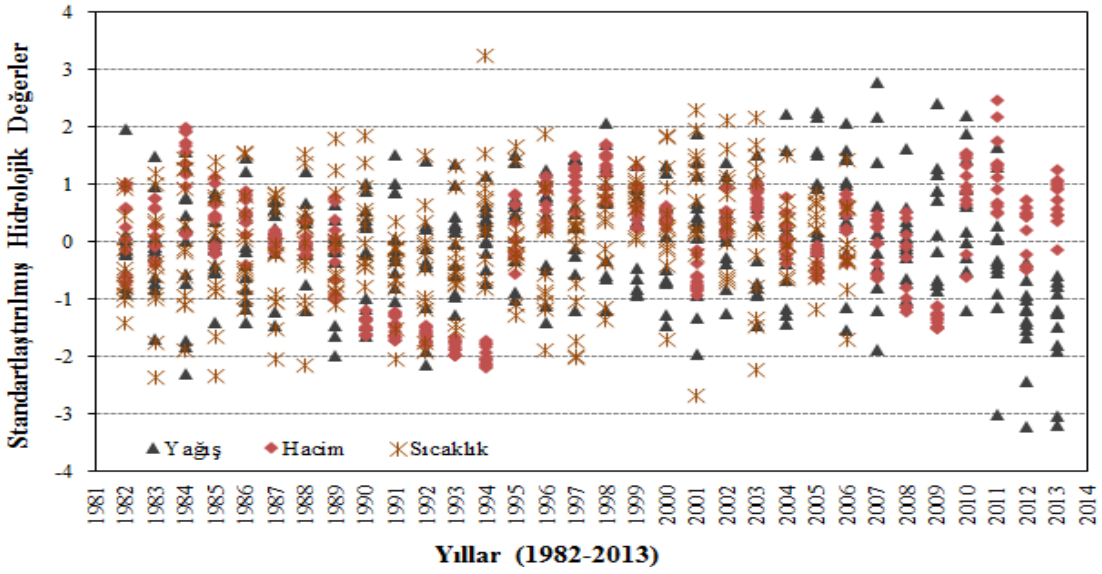
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.14 ve 4.15'de görüldüğü gibi ay bazında 1982-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne

hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.18.** Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.19.** Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.1.1.4. Karaidemir Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

#### 4.1.1.4.1. Karaidemir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza

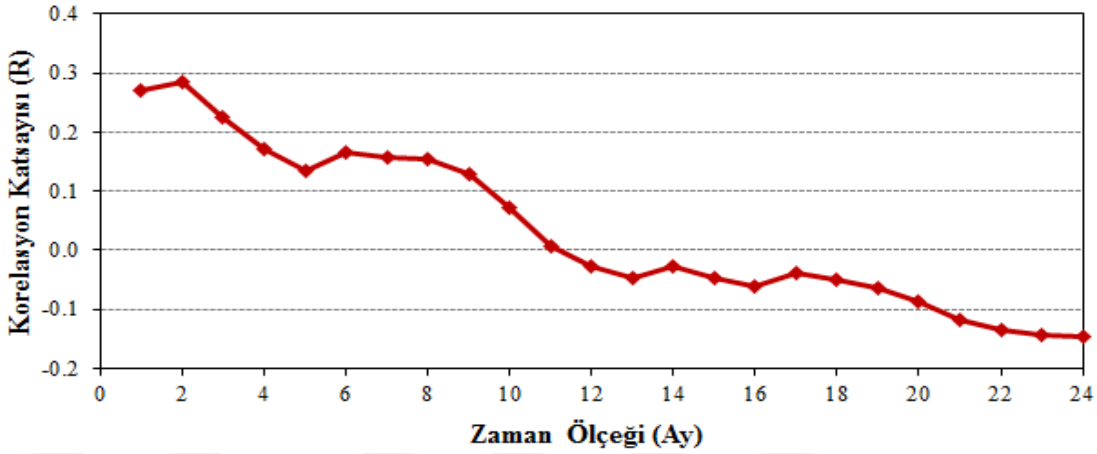
merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.1.1.4.1.1. Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.16'da gösterilmiştir. Bilindiği üzere 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Böylece zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) nispeten yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde R=0.29 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Karaidemir Baraj havzasında kısa zaman ölçekli

SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

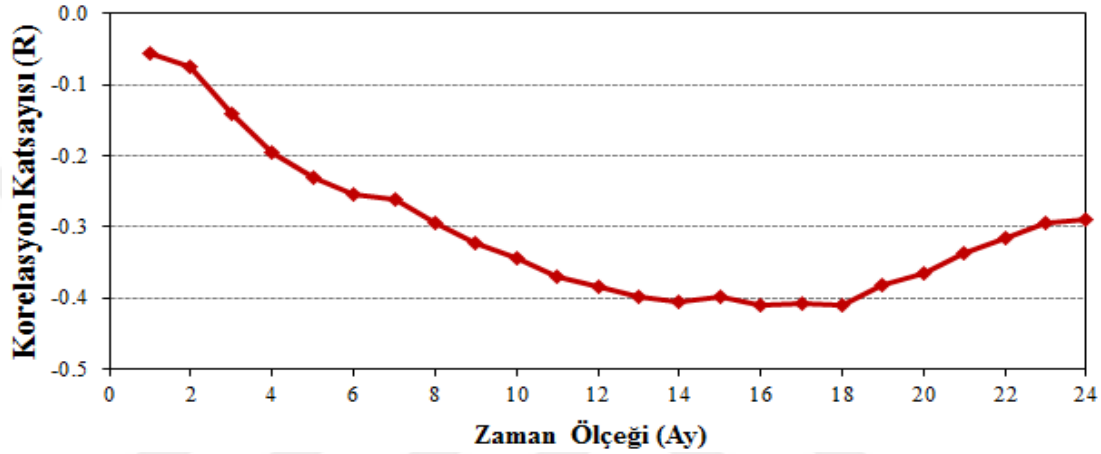



**Şekil 4.20.** Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.1.1.4.1.2. Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.17'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Yapılan çalışmada, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) daha anlamlı korelasyon olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar

kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=-0.06 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Karaidemir Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında daha anlamlı bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek daha da zayıfladığı görülmüştür.

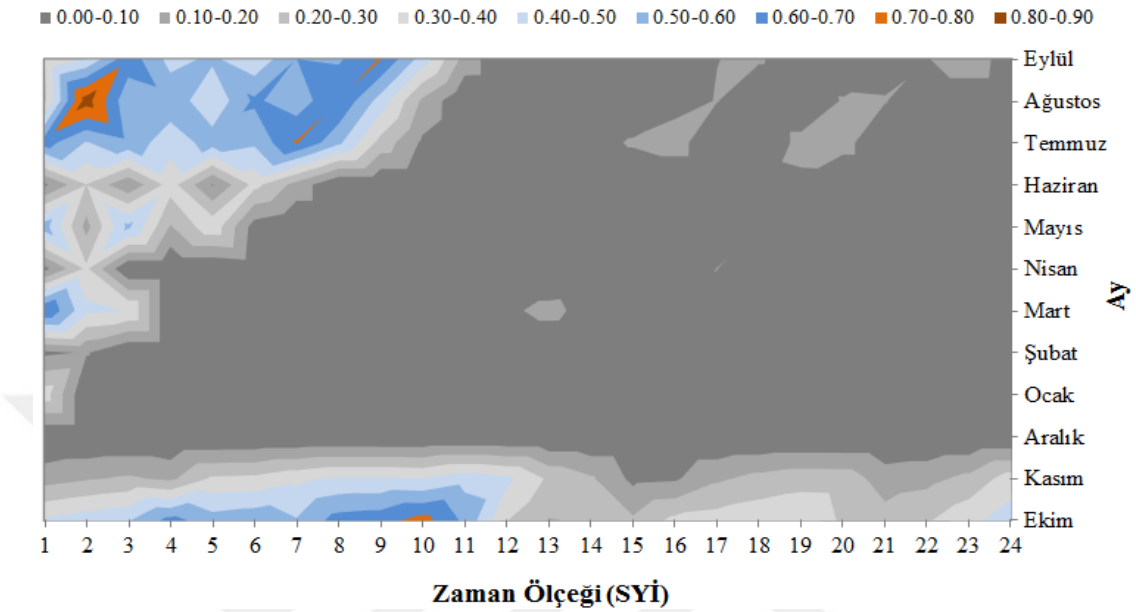



**Şekil 4.21.** Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.1.1.4.1.3. Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.18'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin

neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.22.** Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

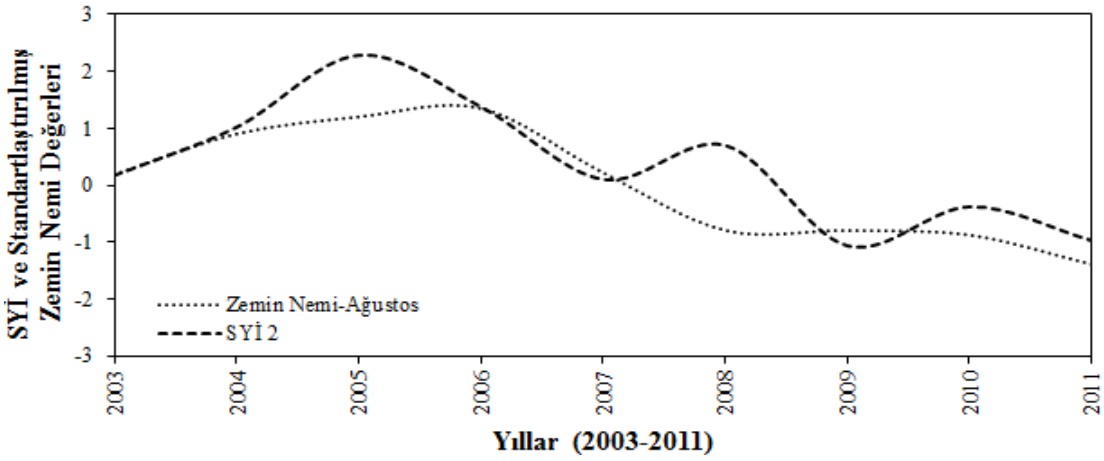
Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece kasım-aralık ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) 1-4 aylık zaman ölçeğinde bulunarak R=0.30 değerini (aralık ve şubat ayları hariç) aşmıştır. Şekil 4.18'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($0.63 \leq R \leq 0.85$) sonbahar mevsiminde (eylül-ekim), ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsiminde (temmuz-ağustos) görülmektedir. Maksimum korelasyonlar sonbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde eylül (R=0.66) ile 4 aylık zaman ölçeğinde ekim aylarında (R=0.64), ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.71) ve yaz mevsiminde ise 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz (R=0.65) ile 2 aylık zaman ölçeğinde

ağustos aylarında (R=0.85) elde edilmiştir. Özellikle kış mevsimi başlangıcı ve sonunda korelasyon değerleri (R<0.10) diğer aylara göre çok daha düşük olup özellikle 3-6 aylık zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar bulunmuştur. Kış mevsiminde maksimum korelasyon 6 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=-0.23) ve 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.11) elde edilmiştir.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimin başlangıcında aralık ayında korelasyon değerleri çok düşüktür. Diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri (R<0.10) aralık ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Ayrıca aralık ayının bütün korelasyon değerlerinin negatif olması dikkat çekmiştir. Ocak ve şubat aylarında nispeten yükselen korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerlerine (0.11≤R≤0.36) ulaşmış olup, bu aylarda 2 aylık zaman ölçeğinden uzun zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında en yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.71) bulunduğu aylardan biri olmasına rağmen, korelasyon değerleri nisan ayında biraz düşerek (R≤0.32) mayıs ayında tekrar yükselişe (R≤0.55) geçmiştir. Maksimum korelasyonlar mart ayında 1 aylık, nisan ayında 2 aylık ve mayıs ayında 1 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde ise, haziran ayında diğer yaz aylarına göre nispeten daha düşük korelasyonlar görülmüş fakat yine de değerlendirilen zaman ölçeğinde nispeten yüksek korelasyonlar (R≤0.35) elde edilmiş olup, maksimum korelasyon değerine 4 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Temmuz ayında yükselen korelasyon değerleri (0.43≤R≤0.65) 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşmaktadır. Ağustos ayında ise korelasyon değerleri yükselmeye devam ederek, tüm ayların en yüksek maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.85) ulaşılmıştır. Sonbahar mevsiminde ise eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri yüksektir. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine 3 ve 4 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmış olup, birbirine yakın değerler (0.64≤R≤0.66) elde edilmiştir. Kasım ayında ise, korelasyon değerleri düşüş (R≤0.33) göstererek sonbahar mevsiminin en düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. Kasım ayında maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.85) 2 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.66) 3 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında, kış mevsiminde (R=0.36) 1 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında ve ilkbahar mevsiminde (R=0.71) 1 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.30 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, yaz mevsiminde ağustos ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.85) ve kış mevsiminde ise aralık ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.23) elde edilmiştir. Çalışmada, ekim ve kasım aylarında özellikle 12 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.45) görülmesi dikkat çeken bir durumdur. Ayrıca özellikle yaz mevsiminde, ilkbahar ve kış mevsimlerine göre daha yüksek korelasyonların görülmesi dikkat çeken diğer bir durumdur.

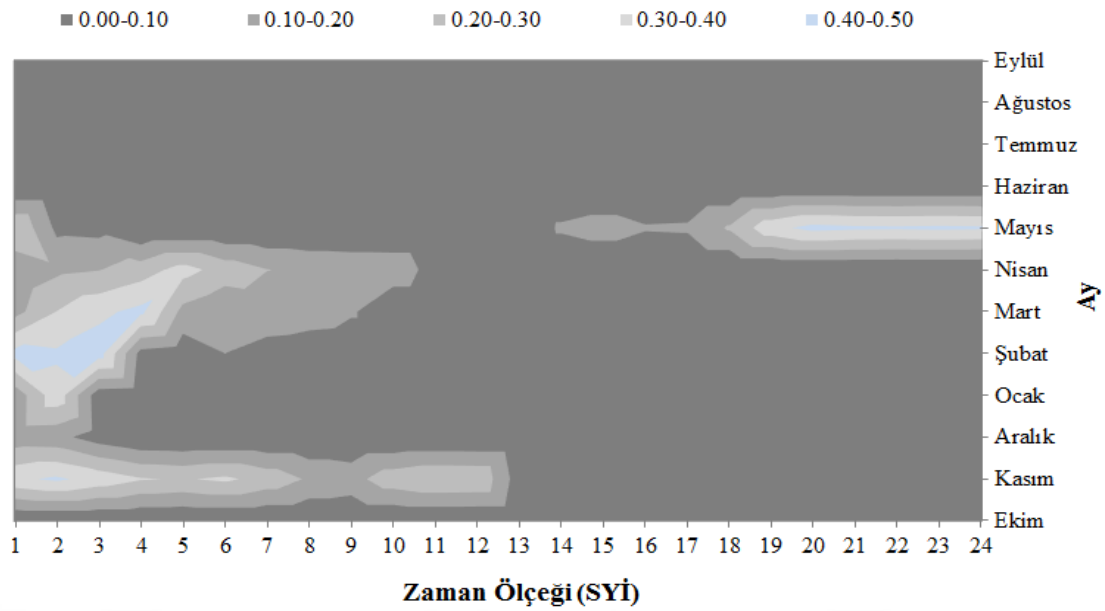
Şekil 4.19'da 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ağustos ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2009, 2010 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ağustos ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde temmuz ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.23.** Karaidemir Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.1.1.4.1.4. Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.20'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.24.** Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için yapılan 1-24 aylık zaman ölçekleri incelenmiş fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur (sadece mart ve nisan ayı için 4 ve 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir). Şekil 4.20'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($0.42 \leq R \leq 0.45$) sonbahar mevsiminde (kasım), kış mevsimi sonunda (şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. En yüksek korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.42$), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ($R=0.45$) ve ilkbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ($R=0.43$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle yaz mevsiminde ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ise korelasyon değerleri ($R<0.10$) diğer aylara göre çok daha düşük çıkmıştır. Bu aylarda, incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değer aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon değerlerine ($R \geq -0.69$) yaz mevsiminde haziran ayında 3 aylık zaman ölçeğinde, temmuz ve ağustos

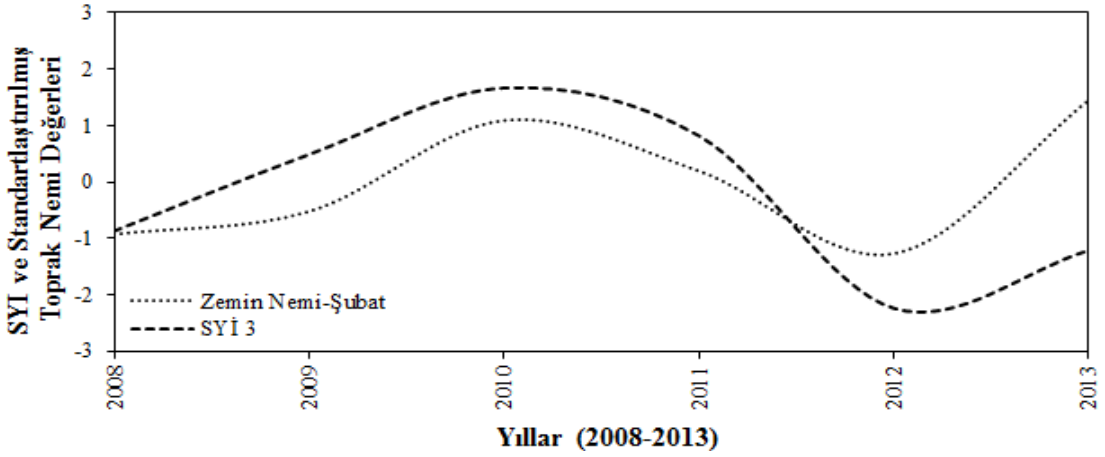
aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde ise eylül ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve ekim ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında düşük olan korelasyon değerleri ($R \leq 0.14$), 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum değere ulaşmıştır. Ocak ayında yükselmeye başlayan korelasyon değerleri ($R \leq 0.36$), şubat ayında tüm ayların en yüksek korelasyon değerlerine ($0.10 \leq R \leq 0.45$) ulaşmıştır. Ocak ve şubat aylarında maksimum korelasyon değerleri 2 ve 3 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Kış mevsiminde maksimum korelasyon değerinde artış olurken, bulunduğu zaman ölçeğinde de basamak şeklinde bir artış olduğu dikkat çekmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında maksimum korelasyon değeri, şubat ayında bulunan maksimum korelasyon değerine ($R \leq 0.43$) yakın çıkmıştır. Fakat, nisan ayından itibaren korelasyon değerlerinde nispeten düşüş görülmüş ($0.12 \leq R \leq 0.34$) ve maksimum korelasyon değerine 5 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimi sonunda (mayıs) korelasyon değerleri düşmeye ($R \leq 0.30$) devam etmiş ve mevsimin en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Burada mayıs ayında özellikle 12 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.43$) görülmesi dikkat çekmiştir. Yaz mevsimi başlangıcı haziran ayında korelasyon değerleri ciddi bir düşüş ($R \geq -0.69$) göstermiş ve tüm mevsimlerde görülen en düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. Bu ayda korelasyon değerleri maksimuma 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşmıştır. Temmuz ve ağustos aylarında ise 1 aylık zaman ölçeğinde bulunan ve yaklaşık aynı değere sahip olan maksimum korelasyon değerlerinde haziran ayına göre nispeten artış ($R \geq -0.29$) görülmüştür. Sonbahar mevsiminde eylül ve ekim aylarında yaz mevsimi sonuna göre düşüş gösteren ($-0.50 \leq R \leq -0.44$) maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Kasım ayında ise korelasyon değerleri ciddi bir yükseliş göstererek, mevsimin en yüksek korelasyon değerlerine ($0.29 \leq R \leq 0.42$) ulaşmış ve maksimum korelasyon değeri 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde, her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeklerinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=-0.284$), sonbahar

mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.42), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.45), ilkbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.43) ulaşılmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde şubat ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.45) ve yaz mevsiminde ise haziran ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.69) elde edilmiştir. Çalışmada mayıs ayında özellikle 12 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.43) görülmesi dikkat çekmiştir.

Şekil 4.21'de 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile şubat ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2012 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.25.** Karaidemir Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise

zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, küçük bir havza olan Karaidemir Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. İstasyon ölçümleri kaynaklı zemin nemi verilerinden elde edilen korelasyonların düşük çıkmasının nedeninin ise verilerin değerlendirilen zaman aralığının (2008-2013) kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.85) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde kış mevsiminde aralık ayında (R=-0.23) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim), ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) ve en düşük korelasyon değerleri ise kış mevsimi başlangıcı ve sonunda bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.45) ve en düşük maksimum

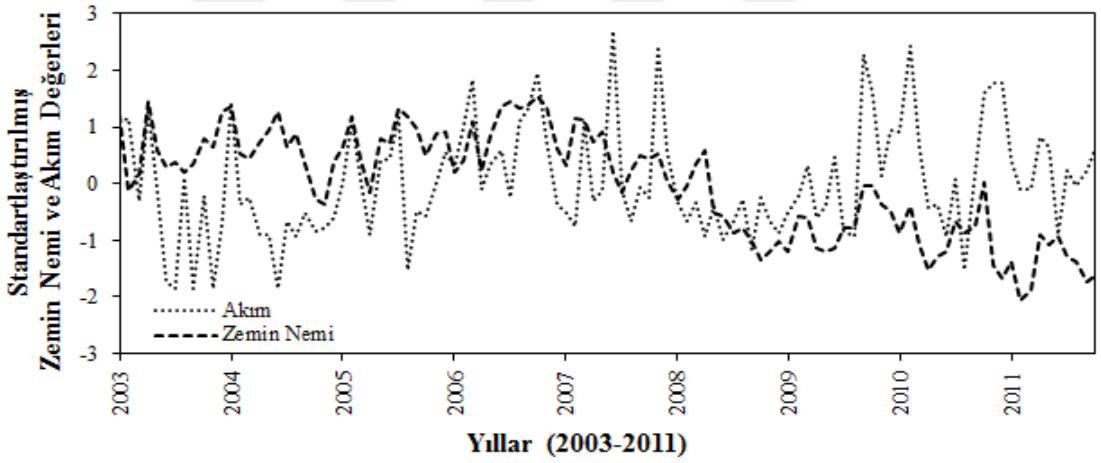
korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminde haziran ayında (R=-0.69) ulaşılmıştır. Yine çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde (kasım), kış mevsimi sonunda (şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve en düşük korelasyon değerleri ise yaz mevsiminde ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) bulunmuştur. 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile ağustos ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 3 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile şubat ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2008, 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan çeşitli büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.1.1.5. Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

#### 4.1.1.5.1. Karaidemir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

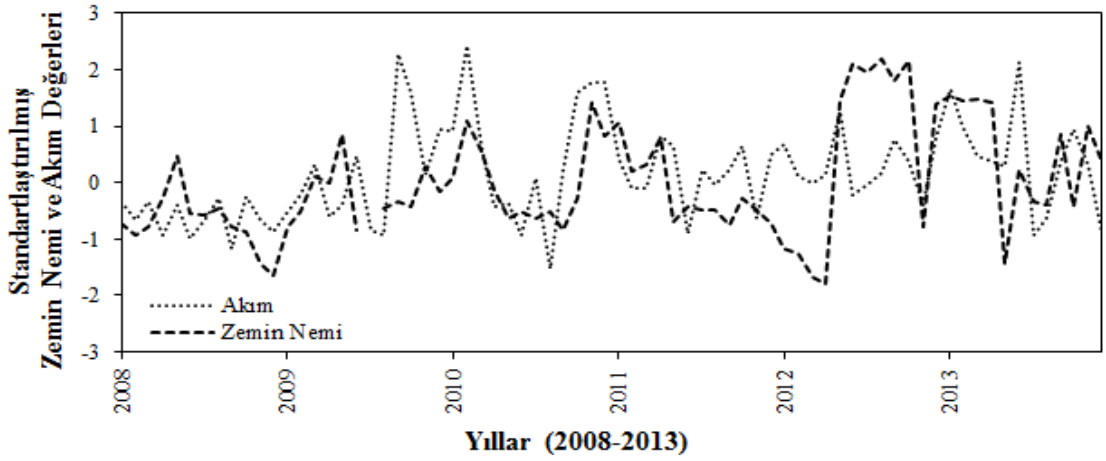
Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.10 elde edilmiştir. Şekil 4.22'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.26.** Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.1.1.5.2. Karaidemir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.37 bulunmuştur. Şekil 4.23'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2010 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir. Ayrıca, standartlaştırılmış aylık akım ve zemin nemi verileri zaman serisi şeklinde karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerdeki genel uyumluluğu göze çarpmaktadır.




**Şekil 4.27.** Karaidemir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

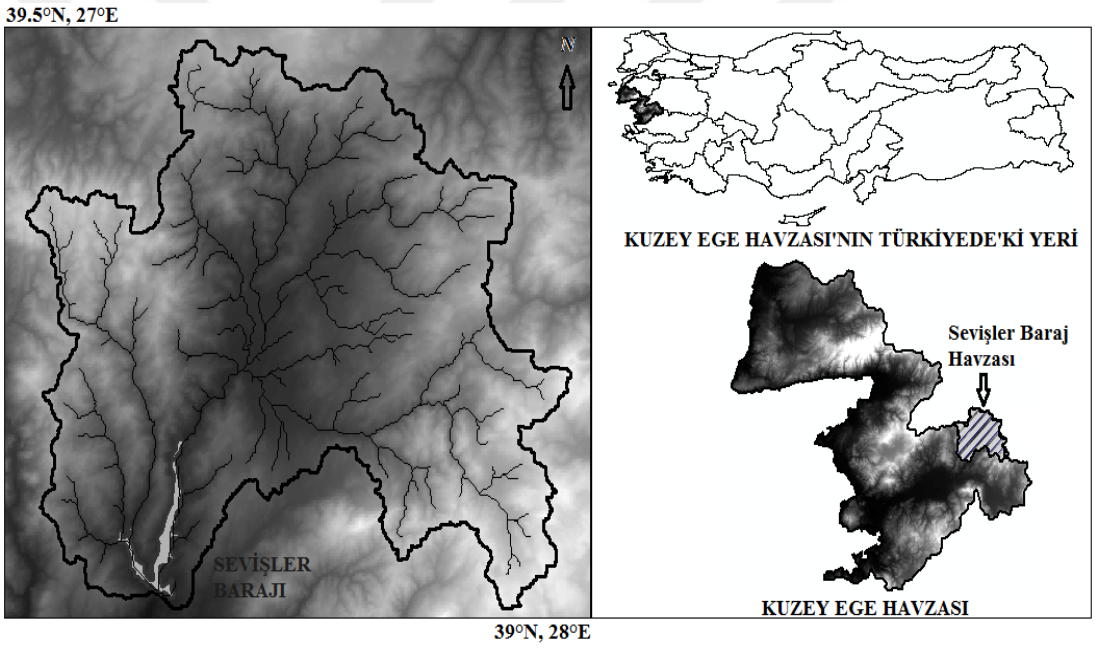
Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle

karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.1.2. Sevişler Baraj Havzası

#### 4.1.2.1. Sevişler Baraj Havzası Özellikleri

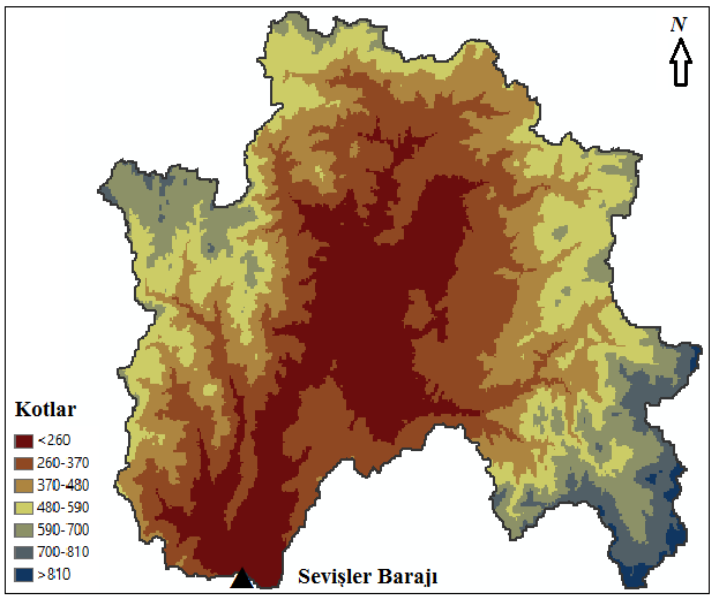
Çalışma alanı olarak seçilen Sevişler Baraj havzası Balıkesir ilinin güneyinde 27°26.9'-27°8' doğu boylamları, 39°29'-39°27' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havzanın kuzeyi Balıkesir iline bağlı Savaştepe ilçesinin büyük bir bölümünü ve güneyi ise Manisa iline bağlı Soma ilçesinin yaklaşık üçte bir bölümünü içine almaktadır. Kuzey Ege havzasının bir alt havzası olan Sevişler Baraj havzası yaklaşık olarak 438 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.24).




**Şekil 4.28.** Sevişler Baraj Havzasının Konumu

Sevişler Baraj havzasının arazisi çok engebeli bir yapıya sahiptir. Özellikle doğu ve kuzey batı bölümleri dağlık olan havzanın etrafı dağlar ve tepelerle çevrilidir. Akarsu kolları ile beraber araziler bölünerek vadiler oluşmuş ve havzanın bazı bölümlerinde düzlükler meydana gelmiştir. Havzada, diğer bir baraj olan Sarıbeyler Barajı yer almaktadır. Bitki örtüsü bakımından fakir olan havzanın, en verimli toprakları iç

kesimlerde yer almaktadır. Genel olarak havzada maki görülmekte ve çeşitli bitki türleri bulunmakla beraber, çam ve meşe ağaçları çoğunluktadır. Ayrıca, havzanın doğusunda ve güneyinde ormanlık alanlar hakimdir [97]. Şekil 4.25'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 152-914 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 152-370 m rakımda olup, yükseltinin en düşük görüldüğü bölgedir. Havzanın kuzey batı ve doğu bölgesinde yükselti fazla olup, içlere doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Havzanın güney batısı hariç, sınırlarında yükseltinin fazla olduğu da görülmektedir. Ayrıca, havza sınırından içlere doğru gidildikçe yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havza, çok engebeli bir topografyaya sahip olup etrafı dağlarla çevrilidir.

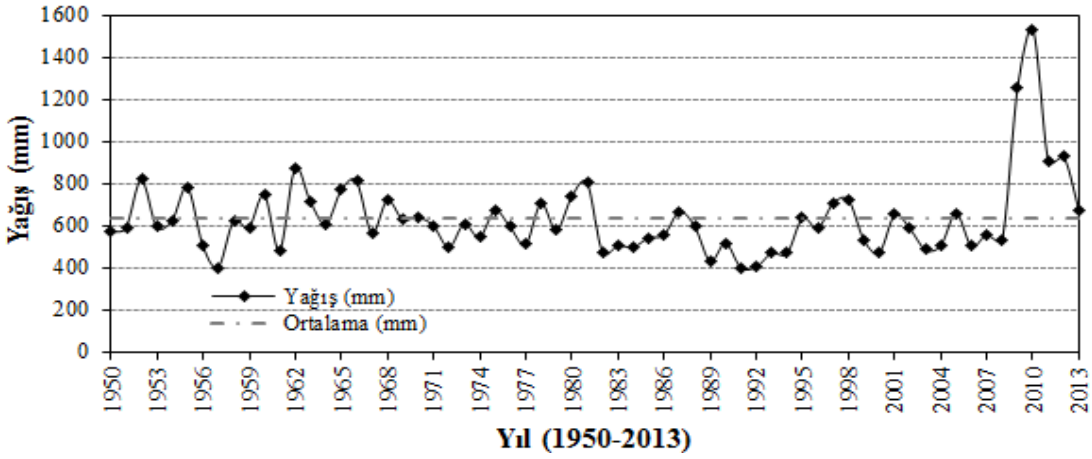



**Şekil 4.29.** Sevişler Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple, havzanın yükselti farklılıklarının 152-914 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak havzanın kuzeyde büyük bir bölümü Marmara iklim bölgesinde, güneyde küçük bir bölümü ise Ege kıyısı ikliminden Orta Batı Anadolu iklimine geçiş iklim bölgesinde

kalmaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Havzanın kuzey bölgesi, Marmara bölgesi ikliminden Ege bölgesi iklimine geçiş iklimi altındadır. Bu bölgede yazları kurak ve sıcak, kışları ise soğuk ve yağışlı geçmektedir [97]. Havzanın güney bölümünde ise yarı nemli Akdeniz iklim tipi görülmektedir. Bu bölgede ise, cephesel depresyonların artması ile beraber kış mevsiminde bol yağış görülmekte ve yaz mevsimi ise yağışsız geçmektedir [98].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1950-2013 yılları arasında ölçüm yapan Balıkesir, Akhisar ve Bergama meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya yakın kesiminden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde küçük farklılaşmalar görülmüştür. Havzada doğudan batıya doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden az miktarda farklılık göstermektedir. Havzanın batı bölümü Ege denizi kıyısına yakın olmasından dolayı, daha içeride kalan doğu bölümüne göre nispeten daha fazla yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Bergama'da 691 mm iken, Balıkesir'de 612 mm'ye düşmüştür. Havzada, 1950 yılından 2009 yılına kadar toplam yıllık yağış miktarları ortalamaya yakın değerler göstermiştir. Bu da havzada görülen Marmara ikliminin daha baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat, 2009-2012 yılları arasında havzada toplam yıllık yağış miktarında büyük bir artış olmuştur. Havzada minimum toplam yıllık yağış miktarı 1991 yılında 400 mm iken, maksimum toplam yıllık yağış miktarı 2010 yılında 1532 mm olarak bulunmuştur. Havza bütününe bakıldığında, yıllık ortalama yağış 632 mm civarındadır. Bu miktar ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.26'dan görüldüğü gibi, havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıklarının kısa dönemler halinde devam ettiği, genellikle de kısa dönemler halinde ortalama yağışın altında yağış meydana geldiği görülmektedir. Fakat, 1982-1996 yıllarında ortalama yağışın altında kalan yağışların uzun dönemler halinde görülmesi dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.30.** Sevişler Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.5'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında; en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Ayrıca, kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.8.** Sevişler Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 89.8 | 79.5 | 63.3 | 54.3 | 42.0 | 21.8 | 7.7 | 6.5 | 23.2 | 49.5 | 85.4 | 109.4 | ***632.3*** |

Havzada, kuzeyden güneye doğru gidildikçe sıcaklık artmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise yaklaşık 15ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 25~26ºC olmakla beraber ocak ve şubat aylarında sıcaklık 5~6ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Bakırçay Nehrinin ana kollarından biri olan Yağcılı Deresi, Savaştepe ilçesinde doğup Soma ilçesinde Bakırçay Nehri ile birleşerek Çandarlı Körfezinde Ege Denizine ulaşır. Yağcılı Deresi üzerinde 1982 yılında sanayi ve sulama amaçlı olarak hizmete alınan Sevişler Barajı, normal su kotunda 6.05 $km^2$ göl alanına, 127 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 2.27 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 19.44 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

**Çizelge 4.9.** Sevişler Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| **Havza** | **Yağış Verisi Aralığı (Yıl)** | **Akım Verisi Aralığı (Yıl)** | **Hacim Verisi Aralığı (Yıl)** | **Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Uydu Kaynaklı Gözlemler** | **İstasyon Ölçümleri** |
| **Sevişler Baraj Havzası** | 1950-2013 | 1950-2013 | 1990-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |

#### 4.1.2.2. Sevişler Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

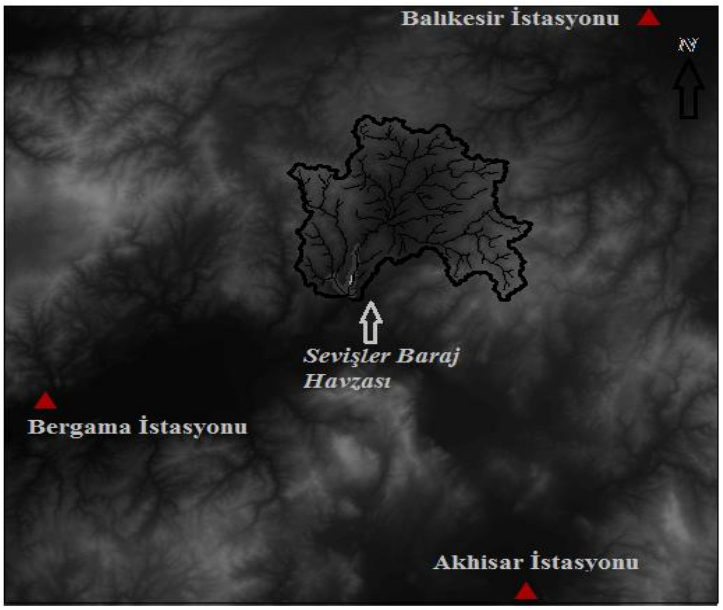
##### 4.1.2.2.1. Sevişler Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada görülen havza çevresinde yer alan en yakın 3 adet meteoroloji istasyonu (Balıkesir, Bergama ve Akhisar) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.7'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yükseklikliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.10.** Sevişler Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Balıkesir | 39.7 | 27.9 | 110 | 612 |
| **2** | Bergama | 39.11 | 27.17 | 53 | 691 |
| **3** | Akhisar | 38.91 | 27.82 | 92 | 581 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 3 meteoroloji istasyonuna ait 1950-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.27'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.8'de görülmektedir.




**Şekil 4.31.** Sevişler Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

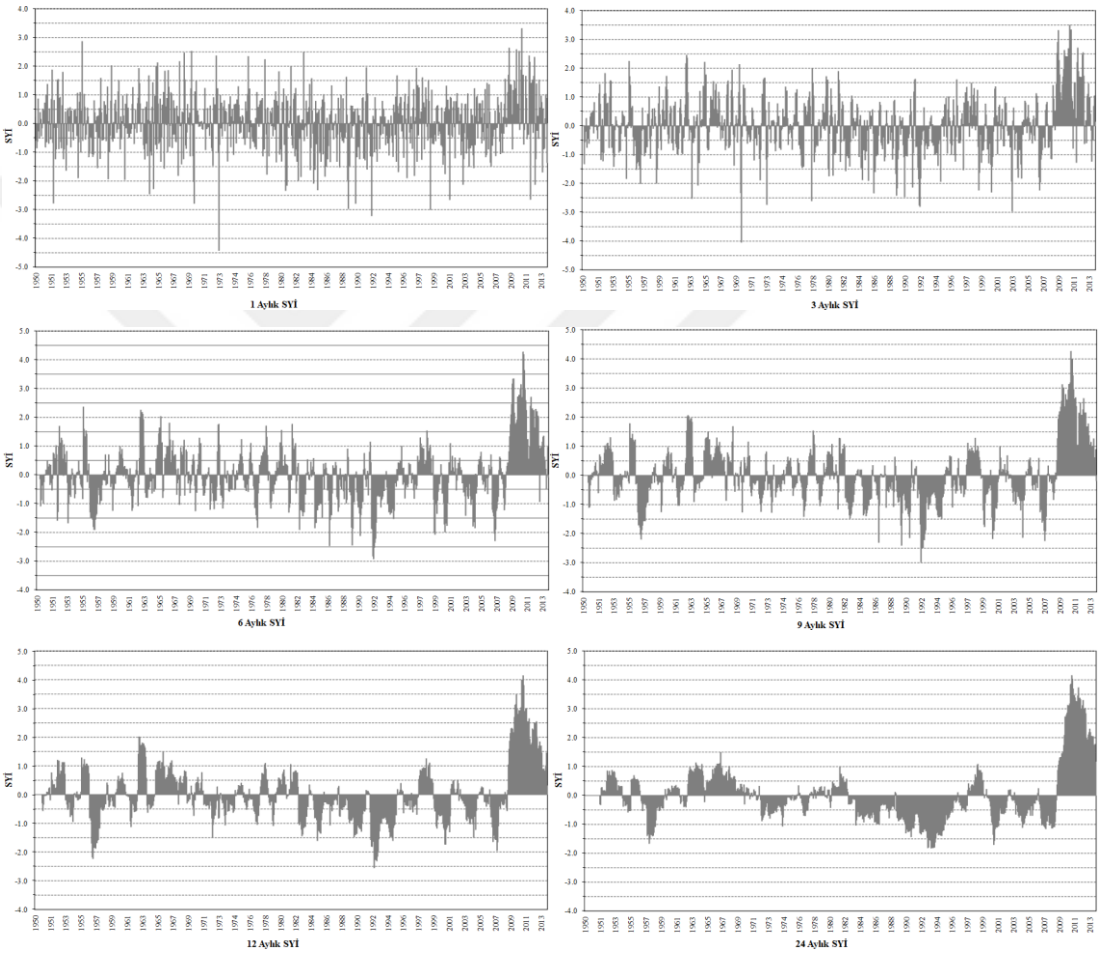
**Çizelge 4.11.** Sevişler Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | **Meteoroloji İstasyonu** | **R (Pearson)** |
|---|---|---|
| **1** | Balıkesir | 0.98 |
| **2** | Bergama | 0.91 |
| **3** | Akhisar | 0.87 |

#### 4.1.2.2.2. Sevişler Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.28'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa

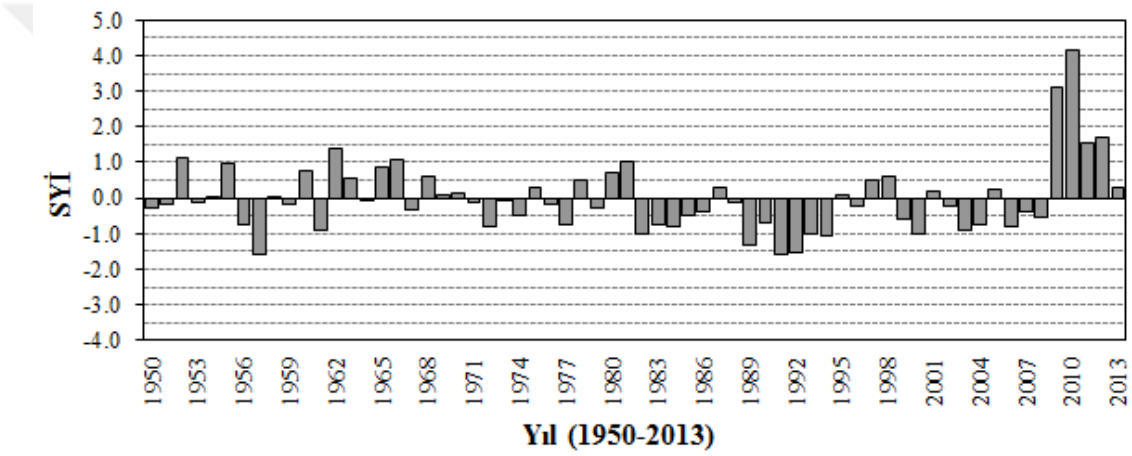
zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 3.5 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 11 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 16 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.32.** Sevişler Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1950-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.29'da görüldüğü gibi toplamda 64 yılda 37 yıl kuraklık yaşanmıştır. Yaşanan kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı; 3 çok kuraklık,

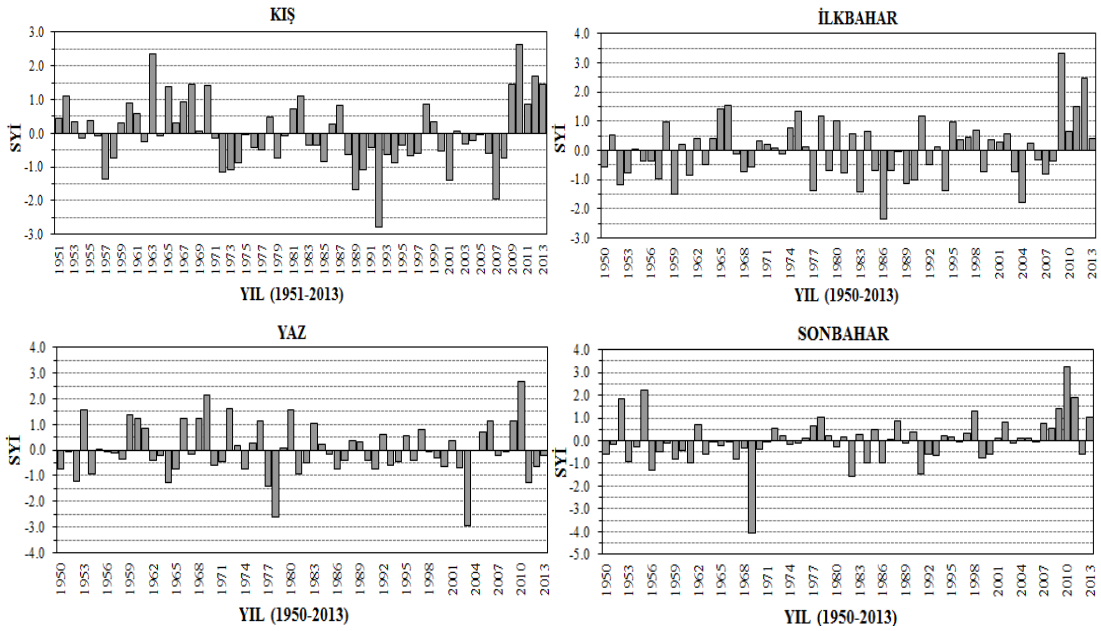
5 orta derecede ve 29 normale yakın biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.31 yıl olup, 1988-1994 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 7 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.36 (normale yakın kuraklık) olup, 1991 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -1.57 (çok kuraklık) olarak bulunmuştur. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1950-1951, 1956-1957, 1971-1974, 1976-1977, 1982-1986, 1988-1994, 1999-2000, 2002-2004 ve 2006-2008 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmekte olup, havzada aşırı kuraklıkların yaşanmadığı dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.33.** Sevişler Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.30'da yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 36 yıl, ilkbahar mevsiminde 31 yıl, yaz mevsiminde 38 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 35 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar en fazla yaz mevsiminde, çok kuraklıklar en fazla kış ve ilkbahar mevsimlerinde, orta derecede kuraklıklar en fazla ilkbahar mevsiminde ve normale yakın kuraklıklar ise en fazla yaz mevsiminde yaşanmıştır. Ayrıca her mevsimde farklı

büyüklüklerde kuraklıklar meydana gelmiştir. 3 mevsime ait ortalama kuraklık şiddetlerinin birbirine yakın değerlere (-0.38~-0.40) sahip olduğu ve sadece sonbahar mevsiminin ortalama kuraklık şiddetinin (-0.34) diğer mevsimlerden farklı olduğu görülmüştür. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise her mevsimde farklı değerler görülmüş, sadece yaz ve sonbahar mevsimlerinde birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (3.60 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.72 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 ile 10 yıl arasında değişmektedir. En uzun süre 10 yıl olarak kış mevsiminde 1988-1997 ve 9 yıl olarak sonbahar mevsiminde 1963-1971 yılları arasında bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle değişik iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 64 yılda her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, özellikle yaz mevsiminde çok kuraklıkların görülmeyişi ile beraber kış mevsiminin ortalama kuraklık süresinin diğer mevsimlere göre daha yüksek olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.34.** Sevişler Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1950-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Sevişler Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1950'li yıllarda kurak ve sulak dönemler beraber görülmüş, fakat çok uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Sadece 1950-1951 ve 1956-1957 yıllarında iki yıl süreyle kuraklık yaşanmıştır. 1950'li yıllarda görülen kuraklıklar genel olarak normale yakın kuraklıklar olup, sadece 1957 yılında çok kuraklığa rastlanılmıştır. Özellikle 1955-1956 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan, havzanın 1956 yılındaki kuraklıktan etkilendiği görülmüştür. 1960 yılından itibaren kurak ve sulak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber, 1971 yılına kadar ardı ardına kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp sulak dönemlerin hakim olduğu, yer yer normale yakın kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Havzada 1961, 1964 ve 1967 yıllarında normale yakın kuraklıklar meydana gelmiştir. Bu dönemde, ülke genelinde de şiddetli kuraklıklara rastlanılmamış ve genel olarak sulak bir dönem olmuştur. 1971-1974 yılları arasında tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada dört yıl boyunca normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Ülke genelinde de 1971-1974 yıllarında şiddetli kuraklıklar yaşanmış ve bu durumdan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1970'li yılların ortasından itibaren 1975-1981 yılları arasında havzada önemli bir yağış eksikliği gözlenmemiş ve bu yıllarda kurak ve sulak dönemler periyodiklik göstermiştir. Bu dönemde havzada 1976-1977 ve 1979 yıllarında normale yakın kuraklıklar yaşanmıştır. Özellikle 1977 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Sulak dönemlerden sonra kurak dönemlerin başlayışı ve ortalama sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber 1982-1994 yıllarında sulak dönemlerin yerini uzun süreli kurak dönemler almıştır. Sadece 1987 yılında kuraklık yaşanmamış, fakat diğer yıllarda çok, orta derecede ve normale yakın kuraklıklara rastlanılmıştır. Ülke

genelinde 1983-1984 ve 1989-1991 yıllarında yaşanan şiddetli kuraklıkların tamamından havza etkilenmiştir. 1995 yılından itibaren uzun süreli kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber 1998 yılına kadar ardı ardına kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp, sulak dönemlerin hakim olduğu bir dönem olmuştur. Yine bu dönemde, 1996 yılında ülke genelinde şiddetli kuraklıklar meydana gelmiştir ve havzada da sadece 1996 yılında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1999-2006 yıllarında ortalama sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem daha yaşanmıştır. Bu dönemde sadece 2000 yılında orta derecede kuraklık yaşamış, diğer yıllarda görülen kuraklıklar normale yakın olmuştur. Ayrıca, 2001 ve 2006 yıllarında kuraklık yaşanmamıştır. Özellikle 1999-2000 ve 2007-2008 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 2009 yılından itibaren kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber 2013 yılına kadar havzada tamamen sulak dönemler hakim olmuştur. Ülke genelinde 2013 yılında şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havza, yaşanan şiddetli kuraklıklardan etkilenmemiştir. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla yaz mevsiminde görülmesinin yanı sıra bütün mevsimlerde de birbirinden farklı değerler göstermiştir. Havzada özellikle 1950, 1956, 1957 ve 2003 yıllarında her mevsimde farklı büyüklüklerde kuraklıklar yaşanmıştır.

Sevişler Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı kuraklıklara hiç rastlanmamış olup, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada özellikle normale yakın kuraklıkların hakim olduğu görülmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada ağırlıklı olarak normale kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Ayrıca 1980'li yılların başından 1990'lı yılların ortasına kadar ve 1990'lı yılların sonundan 2000'li yılların sonuna kadar havzada uzun süreli kuraklıklar meydana gelmiştir. Bunun yanında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu, havzada farklı büyüklükte kuraklıkların yaşanmasının yanı sıra özellikle son yıllarda kuraklık olayları meydana gelmemesi ve havzada sulak dönemlerin hakim olması dikkat çeken diğer bir noktadır.

#### 4.1.2.3. Sevişler Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.1.2.3.1. Sevişler Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

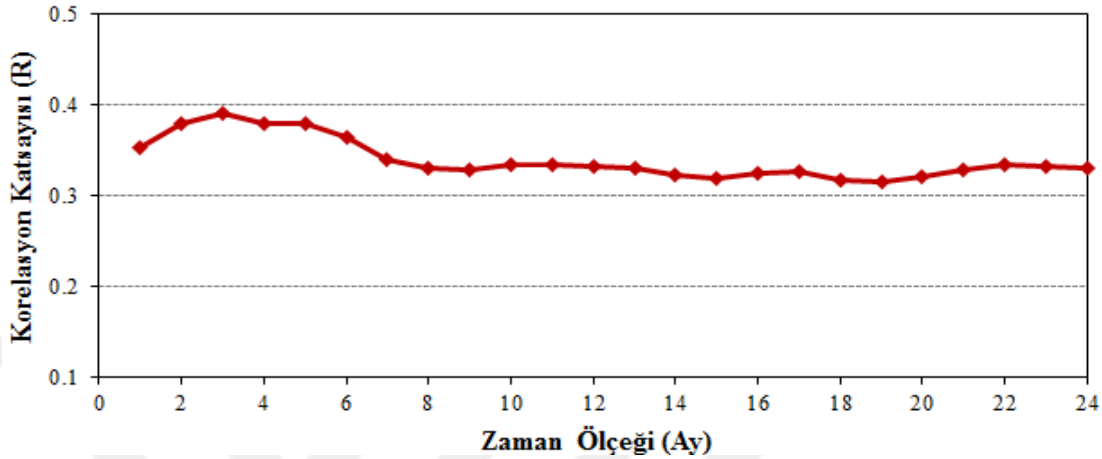
Sevişler Baraj havzasında 1990-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 2.27 $m^3/s$ iken maksimum akım 19.44 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.42 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

###### 4.1.2.3.1.1. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.31'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (2-4 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Ayrıca, bu dönemde elde edilen korelasyon değerleri birbirine çok yakındır. Burada maksimum korelasyon (R=0.39) 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ay ve geçmiş 2 aydaki yağış

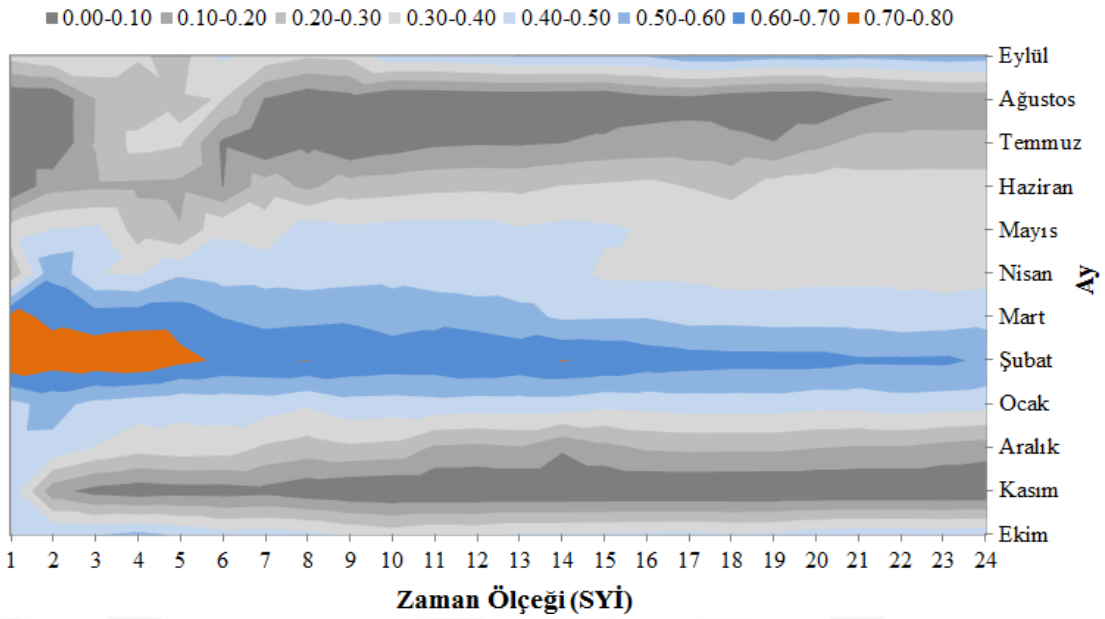
toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Sevişler Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.35.** Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.1.2.3.1.2. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.32'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.36.** Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

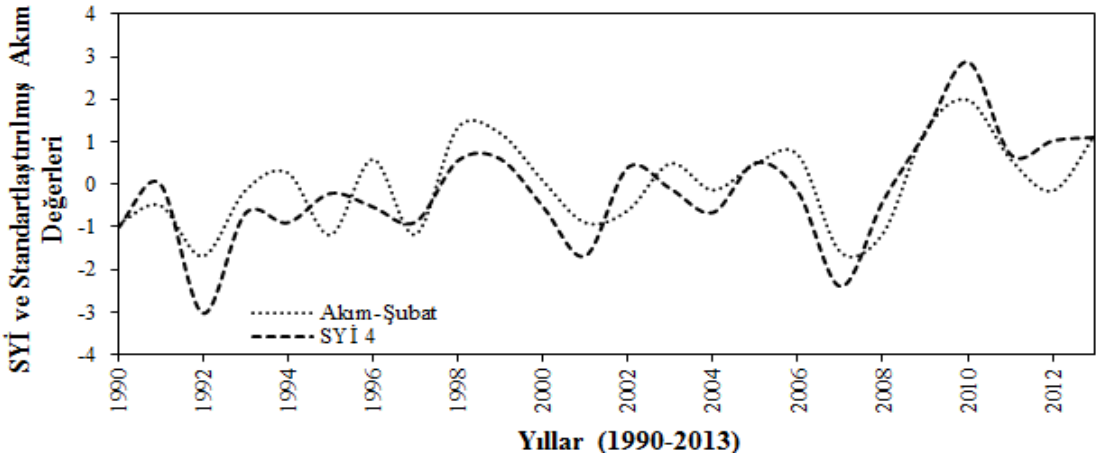
Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($0.60 \leq R \leq 0.79$) kış mevsimi sonunda (şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine; kış mevsiminde şubat ayında 4 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.79$) ve ilkbahar mevsiminde mart ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.73$) ulaşılmıştır. Kış mevsimi başlangıcı olan aralık ayı, mevsimin en düşük korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.48$) bulunduğu aydır. Fakat, ocak ayından itibaren korelasyon değerleri ($R \leq 0.54$) yükselişe geçmiş ve şubat ayında kış mevsiminin en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.79$) görülmüştür. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar aralıkta 1 aylık, ocakta 2 aylık ve şubatta ise 4 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Özellikle şubat ayında 4 aylık zaman ölçeğinde tüm ayların en yüksek korelasyon değerine ($R=0.79$) ulaşmıştır. Ayrıca, diğer mevsimlere göre en yüksek korelasyon değerlerine kış mevsiminde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimi başlangıcı en yüksek korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.73$) bulunduğu aylardan biri olmasına rağmen, nisan ayından itibaren korelasyon değerleri ($R \leq 0.58$) nispeten düşüşe geçmiş ve mayıs ayında ilkbahar mevsiminin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.42$) görülmüştür. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar martta 1

aylık, nisanda 2 aylık ve mayısta ise 3 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Ayrıca, bu mevsimde korelasyon değerleri düşme gösterirken zaman ölçeklerinde artışın olması dikkat çeken bir durumdur. Yaz mevsiminde haziran ayında korelasyon değerlerinde birdenbire çok fazla düşüş olmuş ve bu ayda mevsimin en düşük korelasyonları ($R \leq 0.18$) görülmüştür. Temmuz ve ağustos aylarında korelasyon değerleri nispeten artış göstererek maksimumları $R=0.30$ değerini aşmıştır. Maksimum korelasyonlar haziran ayında 3 aylık, temmuz ayında 4 aylık ve ağustos ayında 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsimi incelenen kısa zaman ölçeklerinde diğer mevsimlere göre korelasyon değerlerinin en düşük görüldüğü mevsimdir. Korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde, yaz mevsimine göre yükseliş göstererek maksimumları $R=0.40$ değerini aşmıştır. Eylül ayında korelasyon değerleri ($R \leq 0.42$) yükselmeye başlamıştır. Ekim ayında ise korelasyon değerlerinde yükseliş devam ederek, bu ayda sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değerlerine ($R \leq 0.53$) ulaşılmıştır. Fakat, kasım ayında korelasyon değerlerinde özellikle 1 aylık zaman ölçeğinden uzun zaman ölçeklerinde ciddi bir düşüş görülmüştür. Bu ayda, 1 aylık zaman ölçeğinden uzun zaman ölçeklerinde tüm mevsimlerin en düşük korelasyon değerine ($R \leq 0.14$) ulaşılmıştır. Maksimum korelasyonlar eylül ayında 6 aylık, ekim ayında 4 aylık ve kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri ($0.41 \leq R \leq 0.70$) kış mevsimi sonunda (şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde şubat ayında 8 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.70$) ve ilkbahar mevsiminde mart ayında ($R=0.58$) 9 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde yaz mevsiminde, sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük ($R \leq 0.29$) olduğu tespit edilmiştir. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (haziran, temmuz ve ağustos) 7 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde, sonbahar mevsiminde (kasım) ve kış mevsimde (aralık) ise 7 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) maksimum korelasyon değeri 7 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar ($0.45 \leq R \leq 0.49$) birbirine yakın değerlere sahip olup, 7-8 ve 11-12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-4 ve 6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise7-9 ve 11-12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.34), sonbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.53), kış mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.79) ve ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.73) ulaşılmaktadır. İncelenen zaman ölçeklerinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-8 aylık zaman ölçeklerinde (sadece haziran ve eylül ayları için 12 aylık zaman ölçeği geçerlidir) elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimi sonunda (kasım) korelasyon değerleri ($R \leq 0.34$) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada yaz ve sonbahar mevsimi başlangıcında yüksek korelasyon değerlerine 12 aydan uzun zaman ölçeklerinde ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.30 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde şubat ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.79) ve yaz mevsiminde ise haziran ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.28) elde edilmiştir. Ayrıca, korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu ayın da sonbahar mevsiminde kasım ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.33'de ise 4 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği şubat ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1990, 1992, 1997, 2001, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.37.** Sevişler Baraj Havzasında 4 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

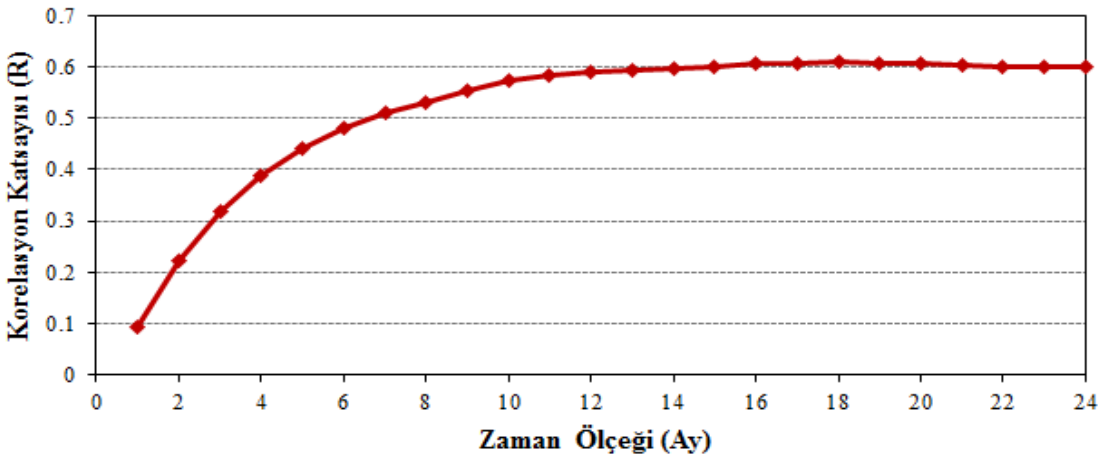
#### 4.1.2.3.2. Sevişler Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Sevişler Baraj havzasında 1990-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Sevişler barajı normal su kotunda 127 $hm^3$ göl hacmine ve 6.05 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.01 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.1.2.3.2.1. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

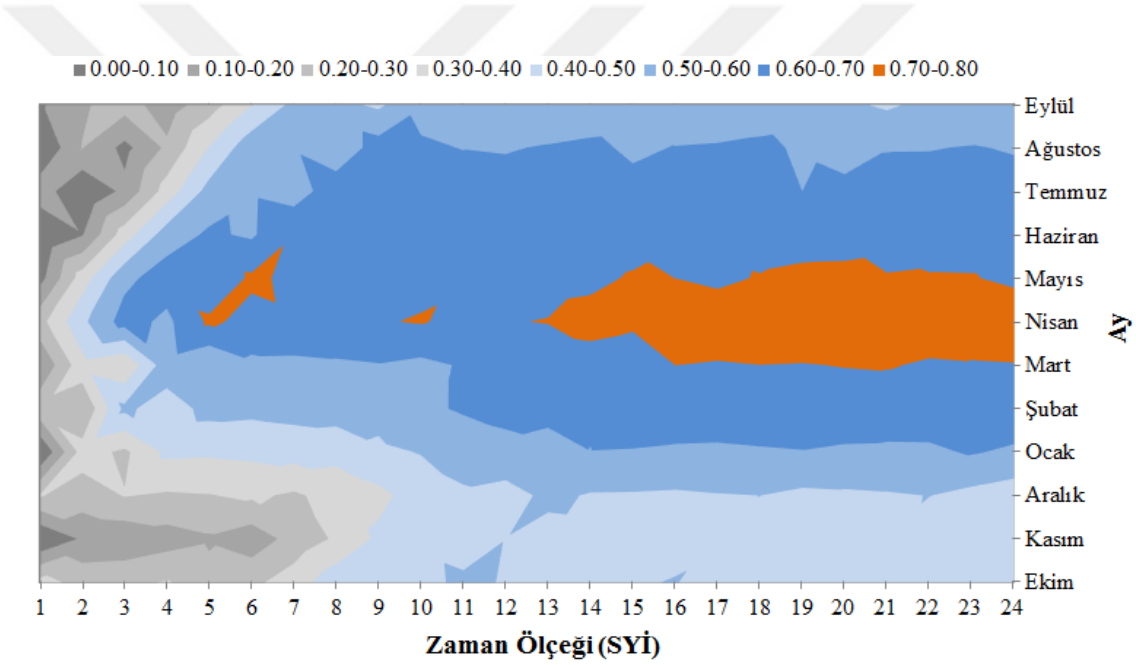
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.34'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (10-14 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. 10 aylık zaman ölçeğinden itibaren maksimum korelasyon değerine ulaşma eğilimi gözlemlenmiş olup, bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 10-14 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri yaklaşık R=0.59 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 9-13 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Sevişler Baraj havzasında 1-18 aylık zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 18 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.38.** Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.1.2.3.2.2. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.35'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



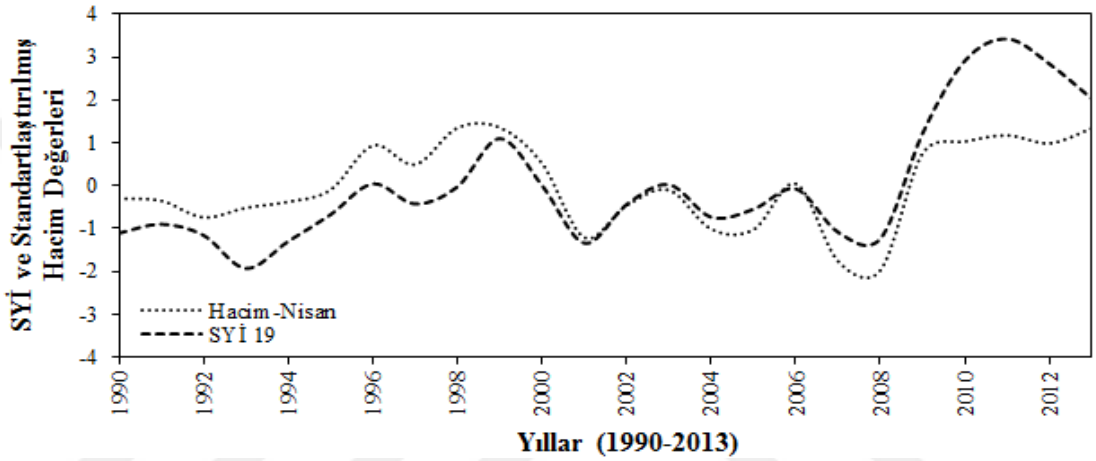

**Şekil 4.39.** Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.75$) ilkbahar mevsiminde görülmektedir. İlkbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerine 21 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ($R=0.71$), 19 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.75$) ve 6 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ($R=0.72$) ulaşılmıştır. Şekil 35'de görüldüğü

gibi, ilkbahar mevsiminde özellikle 12 aydan uzun zaman ölçeklerinde ($R \geq 0.63$) yüksek korelasyonlar elde edilmiş ve en yüksek korelasyon değerine ilkbahar mevsiminde nisan ayında 19 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.75$) ulaşılmıştır. Ayrıca mart, nisan ve mayıs aylarında 13-24 aylık zaman ölçeklerindeki korelasyon değerleri birbirine çok yakın değerlere sahip olup, bu ölçeklerde bulunan korelasyon değerlerinin maksimum değere ulaşmaya çalışması dikkat çekmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım) ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) korelasyon değerlerinin nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük ($R \leq 0.53$) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine ekim ayında 11 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.53$), kasım ayında 12 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.50$) ve aralık ayında 13 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.52$) ulaşılmıştır. Ayrıca, kış mevsiminde (ocak ve şubat) 23-24 aylık zaman ölçeğinde, yaz mevsiminde 7, 8 ve 9 aylık zaman ölçeklerinde ve sonbahar mevsiminde (eylül) 10 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerlerinin $R=0.60$ değerini aştığı ve bulunan değerlerin ($0.60 \leq R < 0.69$) birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında, en yüksek korelasyon değerleri 6-24 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.69$) haziran ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.60$) eylül ayında, kış mevsiminde 24 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.68$) şubat ayında, ilkbahar mevsiminde 19 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.75$) nisan ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.60$ değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri kasım ayında ise 12 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R=0.50$) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri ilkbahar mevsiminde (nisan), en düşük korelasyon değerleri ise sonbahar mevsiminde (kasım) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimde (eylül ve kasım) 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri ($R<0.25$) çok düşüktür. Fakat maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre daha kısa zaman ölçeklerinde (7-9 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması dikkat çeken diğer bir durumdur. Buradan yola çıkarak havzada, 5 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.36'da 19 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile nisan ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1992, 1993, 2001, 2004, 2005, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde nisan ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



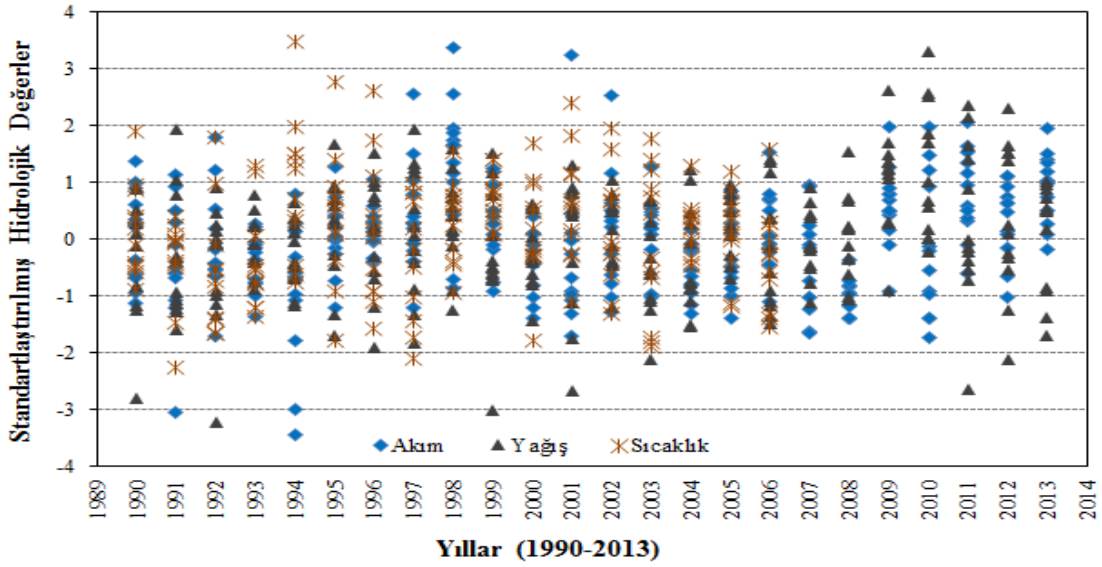

**Şekil 4.40.** Sevişler Baraj Havzasında 19 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Nisan Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Sevişler Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda, farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (2-4 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.39) 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek

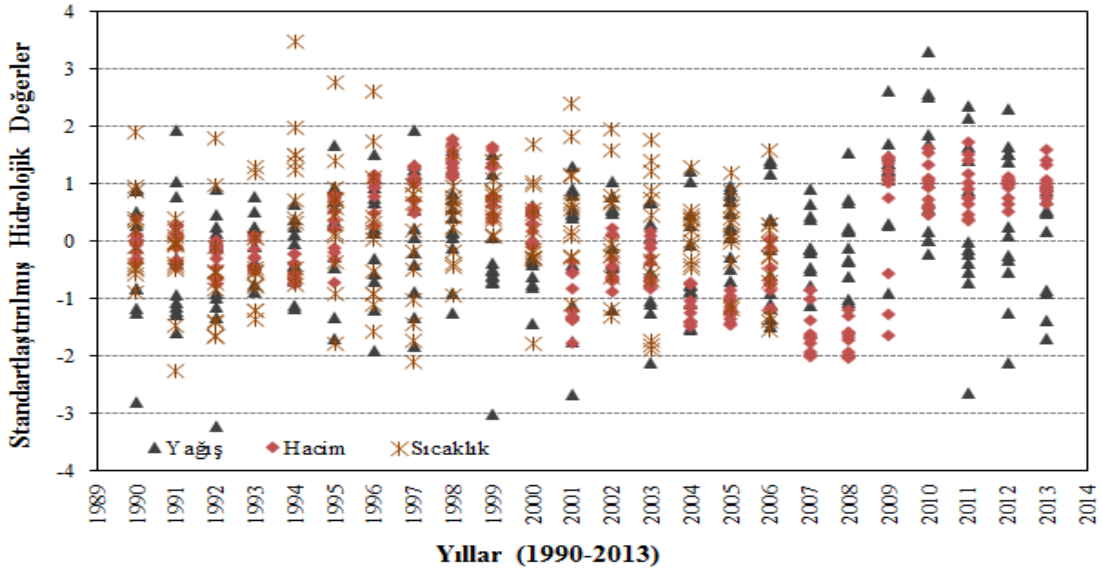
maksimum korelasyon değerine, kış mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.79), en düşük maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 12 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.28) ve değerlendirilen zaman ölçeklerinde (1-12 aylık) en düşük korelasyon değerlerine kasım ayında ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış maksimum korelasyona (R=0.59) 10-14 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine ilkbahar mevsiminde 19 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.75) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 12 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.50) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.37 ve 4.38'de görüldüğü gibi ay bazında 1990-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.41.** Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.42.** Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.1.2.4. Sevişler Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

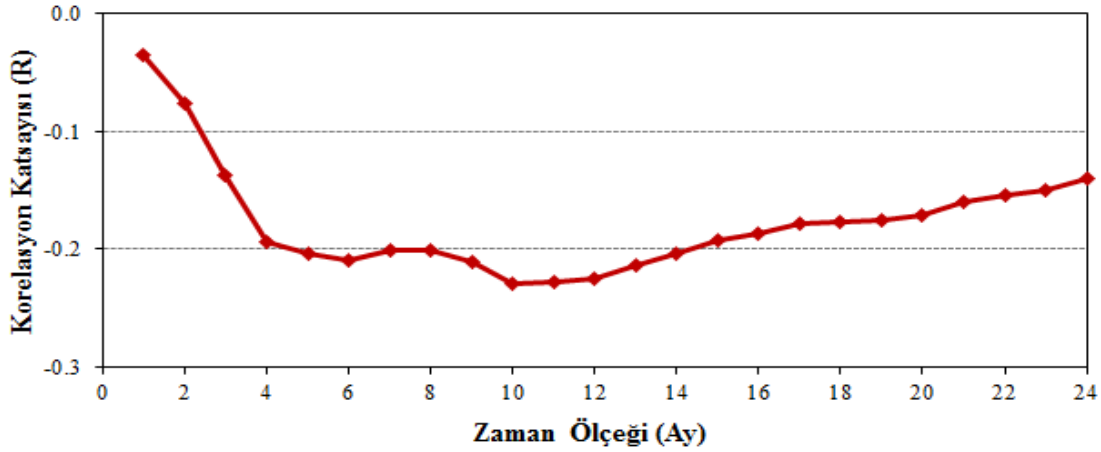
##### 4.1.2.4.1. Sevişler Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.1.2.4.1.1. Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.39'da gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında, en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=-0.04 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Sevişler Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında daha anlamlı bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

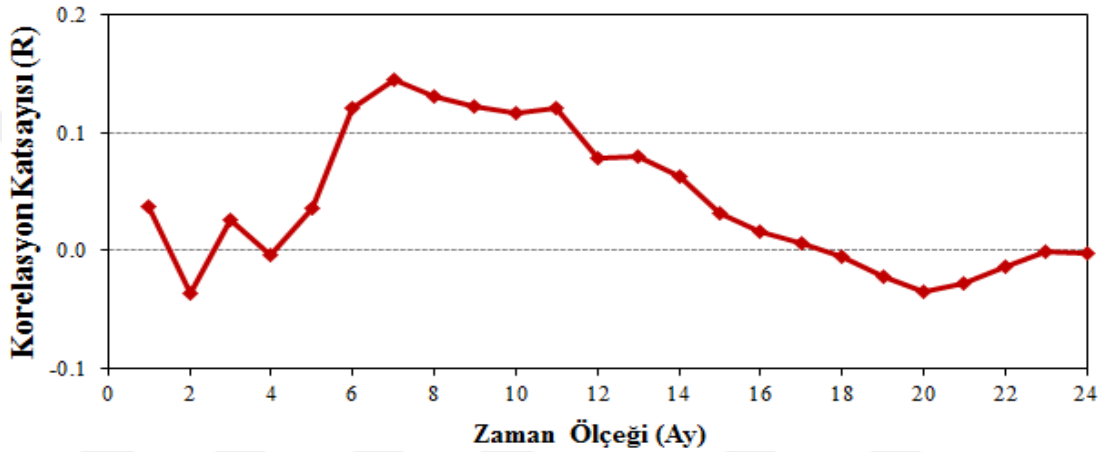



**Şekil 4.43.** Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.1.2.4.1.2. Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.40'da gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Yapılan çalışmada, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-6 aylık) korelasyonların daha anlamlı olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde bulunmuştur. Görüldüğü gibi, korelasyon değerleri ilk olarak 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum değere ulaşmaya çalışmış, fakat daha sonra 6 aylık zaman

ölçeğinde ulaşmıştır. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.04 ve 6 aylık zaman ölçeğinde R=0.12 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki ve kendinden beş ay önceki aylardaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Sevişler Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek daha da zayıfladığı görülmüştür.

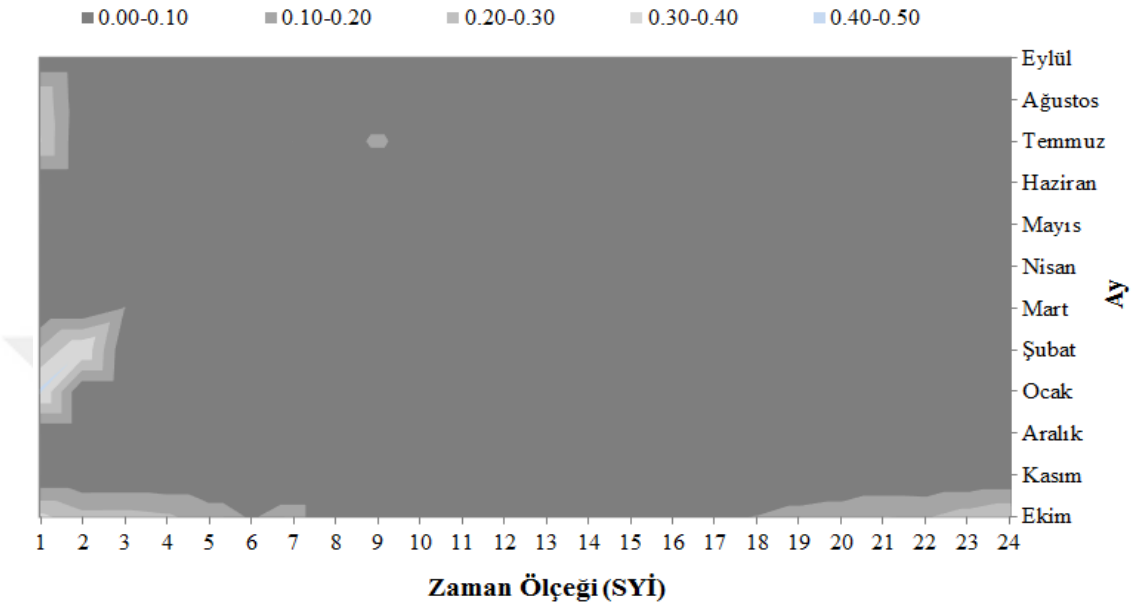



**Şekil 4.44.** Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.1.2.4.1.3. Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.41'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman

ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.45.** Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

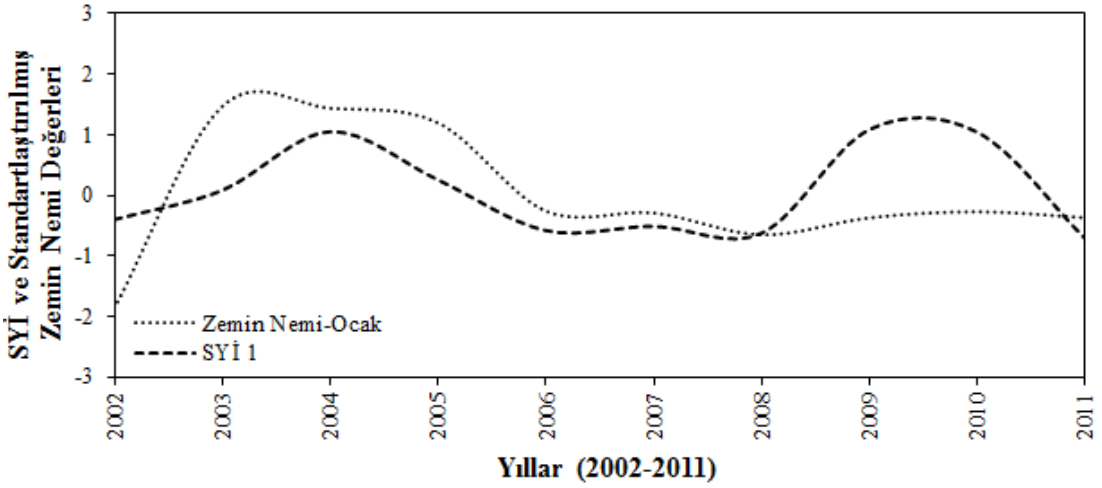
Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış, fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeklerinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece haziran ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.41'den görüldüğü gibi, incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($0.33 \leq R < 0.42$) kış mevsiminde (ocak ve şubat) görülmektedir. En yüksek korelasyon değerlerine, kış mevsiminde ocak ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.42$) ve şubat ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.39$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım), kış mevsiminde (aralık) ve yaz mevsiminde (haziran) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu ve tüm zaman ölçeklerinde negatif değerler

aldığı belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine ($R \leq -0.14$) eylül ayında 2 aylık zaman ölçeğinde, kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ve haziran ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri çok düşüktür ve tüm zaman ölçeklerinde negatif değerler elde edilmiştir. Korelasyon değerleri ocak ayında yükselmiş ($R \leq 0.42$) ve şubat ayında da nispeten yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.39$) görülmeye devam etmiştir. Bu mevsimde ocak ve şubat ayları, en yüksek korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.42$) bulunduğu aylardır. Maksimum korelasyonlara aralıkta 2 aylık, ocakta 1 aylık ve şubatta ise 2 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Ayrıca, şubat ayında 16 aydan uzun zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon değerlerinin ($R < 0.10$) görülmesi dikkat çekmiştir. İlkbahar mevsiminde korelasyon değerleri mart ayından itibaren düşmeye başlamış ($R \leq 0.10$) ve mayıs ayına kadar düşmeye devam etmiştir. Mayıs ayında mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.01$) elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlar mart ayında 3 aylık, nisan ayında 1 aylık ve mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Yaz mevsiminde haziran ayında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve tüm zaman ölçeklerinde negatif değerler elde edilmiştir. Bu ayda, mevsimin en düşük korelasyon değerleri bulunmuştur. Fakat temmuz ve ağustos aylarında korelasyon değerlerinde ($R \leq 0.31$) yükselme görülmüştür. Haziran ayında 6 aylık, temmuz ve ağustos aylarında 1 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise korelasyon değerleri eylül ayında itibaren düşüş göstermiş ($R \leq -0.20$) ve değerlendirilen tüm zaman ölçeklerinde negatif değerler elde edilmiştir. Ekim ayında ise korelasyon değerleri yükselmiş ve mevsimin en yüksek korelasyon değerleri ($0.01 \leq R \leq 33$) elde edilmiştir. Ayrıca 2 aylık zaman ölçeğinden uzun zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri diğer aylara göre en yüksek değerleri almış ve özellikle 13 aylık zaman ölçeğinden uzun zaman ölçeklerinde de nispeten yüksek korelasyon değerlerinin ($R \leq 30$) görülmesi dikkat çekmiştir. Fakat, kasım ayında korelasyon değerlerinde çok düşüş olmuştur. Diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri ($R \leq -0.35$) kasım ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Maksimum korelasyonlar eylül ayında 2 aylık ve ekim ayında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeğinde, her mevsime ait en yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.31), sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.33), kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.42) ve ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.10) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.10 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde ocak ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.42) ve sonbahar mevsiminde ise kasım ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.35) elde edilmiştir. Ayrıca, korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha yüksek olduğu ayın da sonbahar mevsiminde ekim ayı olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanında çalışmada, ekim ve şubat aylarında uzun zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon değerlerinin görülmesi dikkat çekmiştir.

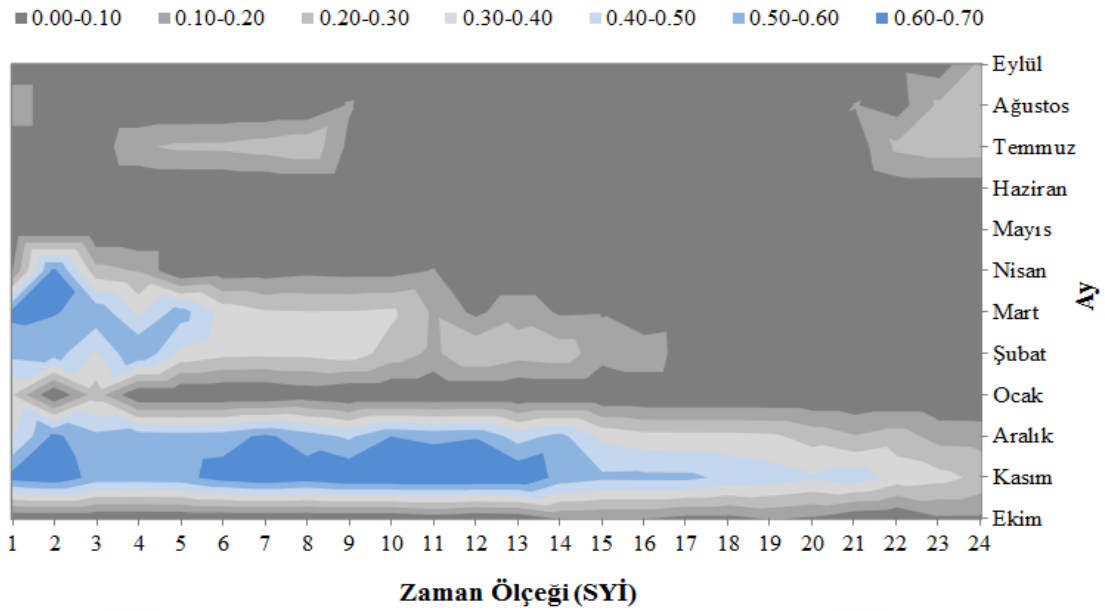
Şekil 4.42'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ocak ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2002, 2006, 2007, 2008 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ocak ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.46.** Sevişler Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.1.2.4.1.4. Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.43'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.47.** Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış, fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece şubat ayı için 4 aylık zaman ölçeği geçerlidir) 1-2 aylık ve 6 aylık zaman ölçeklerinde bulunmuştur. Şekil 4.43'den görüldüğü gibi, incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($0.60 \leq R < 0.69$) sonbahar mevsiminde (kasım), kış mevsiminde (aralık ve şubat) ve ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) görülmektedir. En yüksek korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde kasım ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.68$), kış mevsiminde aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.62$) ve şubat ayında 4 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.60$), ilkbahar mevsiminde mart ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.62$) ve nisan ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.63$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu aylarda, incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değerler aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon

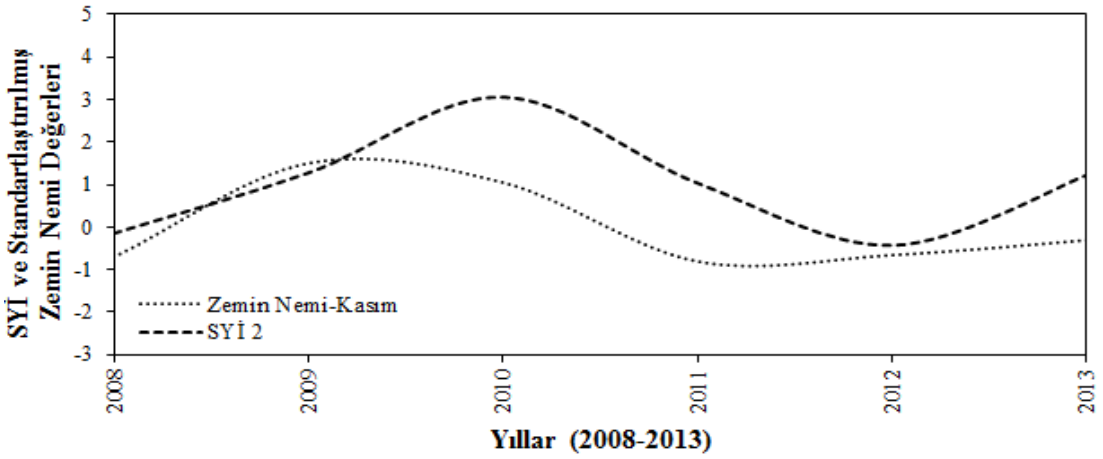
değerlerine (R≥-0.16) sonbahar mevsiminde eylül ve ekim aylarında 6 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde mayıs ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ve yaz mevsiminde haziran ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında tüm ayların en yüksek korelasyon değerlerinden birine (R≤0.62) ulaşılmasına rağmen, ocak ayından itibaren korelasyon değerleri düşüşe geçmiş ve bu ayda kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri (R≤0.32) görülmüştür. Şubat ayında ise korelasyon değerleri (R≤0.60) yükselmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar aralıkta 2 aylık, ocakta 1 aylık ve şubatta ise 4 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ve nisan ayında yine yüksek korelasyonlar (R≤0.63) görülmeye devam etmiş ve kış mevsimine göre değişme olmamıştır. Fakat, mayıs ayında korelasyon değerleri ciddi bir düşüş göstererek, mevsimin en düşük korelasyon değerleri (R≤-0.02) elde edilmiş ve değerlendirilen zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar bulunmuştur. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar martta 1 aylık, nisada 2 aylık ve mayısta ise 6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Yaz mevsimi başlangıcında haziran ayında düşmeye devam eden korelasyon değerleri, değerlendirilen zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar bulunarak mevsimin en düşük korelasyon değerleri (R≤-0.01) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri temmuz ve ağustos aylarında nispeten yükseliş (R≤0.22) göstermiştir. Haziran ayında 1 aylık, temmuz ayında 6 aylık ve ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri eylül ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 6 aylık zaman ölçeğinde (R=-0.16) elde edilmiştir. Ekim ayında ise, korelasyon değerleri (R≤-0.15) nispeten yükselmiş ve maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Fakat kasım ayında korelasyon değerleri ciddi bir yükseliş göstererek tüm ayların en yüksek korelasyon değerleri (0.56≤R≤0.68) elde edilmiştir. Kasım ayında 2 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değeri (R=0.68) bulunmuştur. Ayrıca bu ayda 6 aydan uzun zaman ölçeklerinde de yüksek korelasyon değerlerinin görülmesi dikkat çekmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeğinde, en yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.22), sonbahar mevsiminde

2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.68), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.62) ve ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.63) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.20 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde kasım ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.68) ve sonbahar mevsiminde ise eylül ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.16) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada kasım ve aralık aylarında özellikle 6 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.69) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.44'de 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile kasım ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2012 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde kasım ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.48.** Sevişler Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, büyük ölçekli bir havza olan Sevişler Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, istasyon ölçümleri kaynaklı ve uydu kaynaklı zemin nemi verilerinden elde edilen korelasyonların düşük çıkmasının nedeninin, verilerin değerlendirilen zaman aralıklarının kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada 1 ve 6 aylık kısa zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Özellikle istasyon kaynaklı zemin nemi veri serisi ile yapılan karşılaştırmada ilk olarak maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşmaya çalışması gözden kaçırılmamalıdır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.42) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde kasım ayında (R=-0.35) ulaşılmıştır. Ayrıca elde edilen bulgulara göre, 1 aylık zaman ölçeğinden uzun zaman ölçeklerinde tüm ayların en yüksek korelasyon değerlerinin sonbahar mevsiminde ekim ayında görülmüştür. Sonuç olarak çalışmada, en yüksek korelasyon

değerleri kış mevsimi (ocak ve şubat) ile sonbahar mevsimi ortasında (ekim) ve en düşük korelasyon değerleri ise sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım), kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.68) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde eylül ayında (R=-0.16) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri kış ve ilkbahar (mart ve nisan) mevsimleri ile sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve en düşük korelasyon değerleri ise yaz mevsimi ile sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül ve ekim) bulunmuştur. Her iki farklı şekilde elde edilmiş zemin nemi veri serileri için yapılan mevsimsel karşılaştırmalarda, incelenen zaman ölçeğinde elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.40 değerini aşması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile ocak ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile kasım ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2002, 2006, 2007, 2008, 2011 ve 2012 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan çeşitli büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

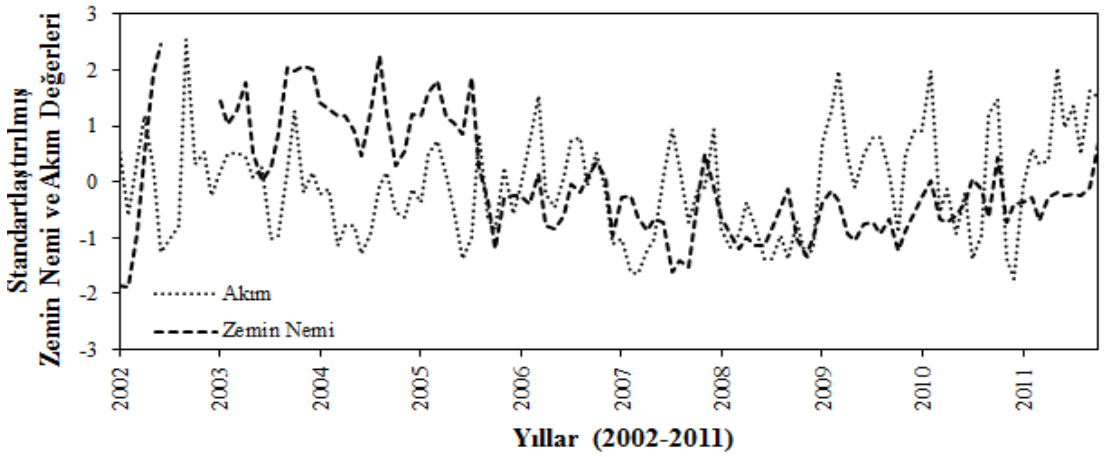
#### 4.1.2.5. Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım

verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

#### 4.1.2.5.1. Sevişler Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

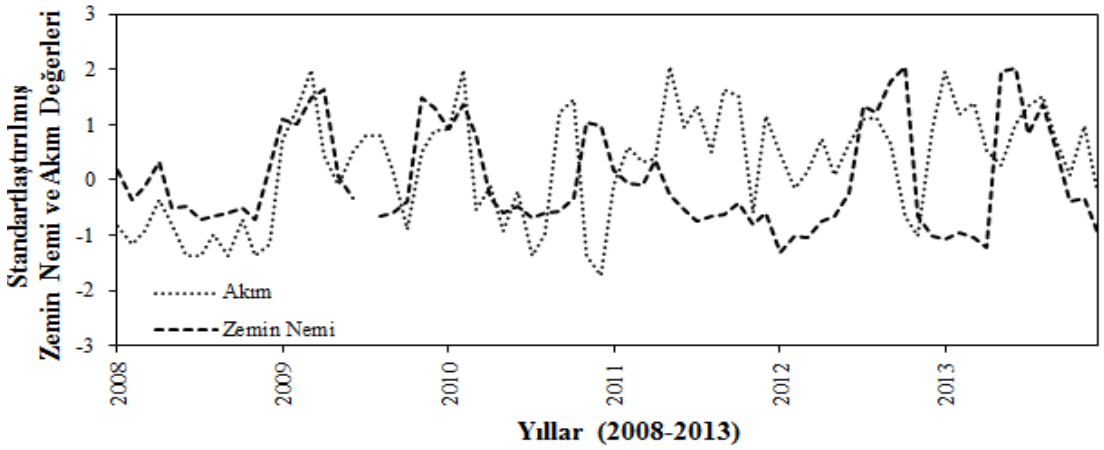
Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.10 elde edilmiştir. Şekil 4.45'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2006, 2007, 2008 ve 2010 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.49.** Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.1.2.5.2. Sevişler Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.16 bulunmuştur. Şekil 4.46'da nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2010 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.



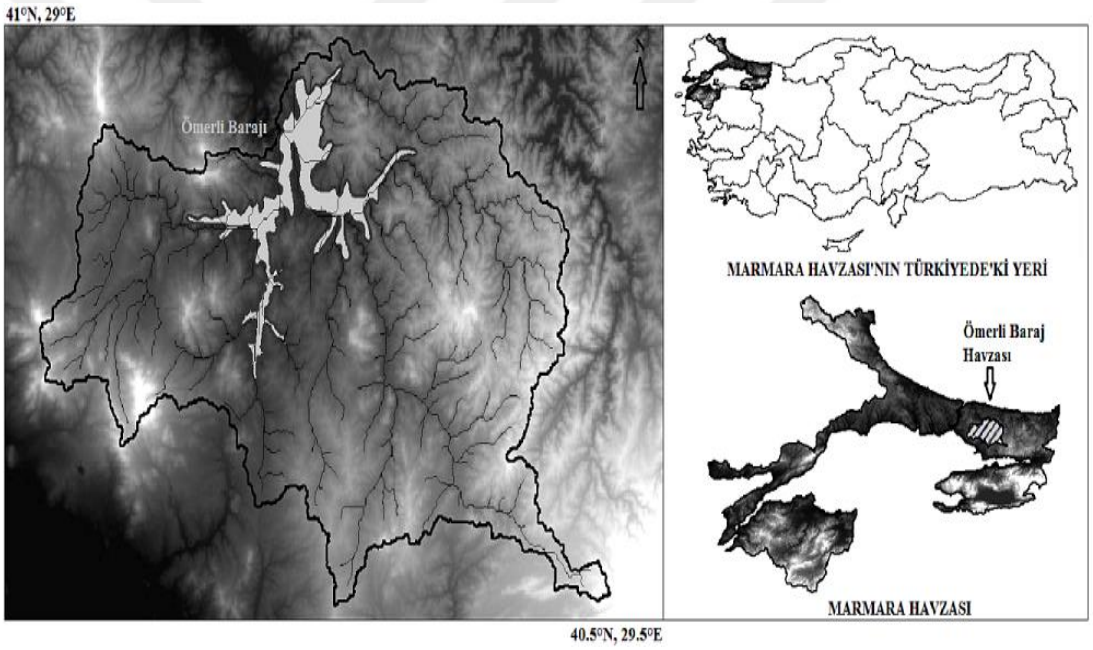

**Şekil 4.50.** Sevişler Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.1.3. Ömerli Baraj Havzası

#### 4.1.3.1. Ömerli Baraj Havzası Özellikleri

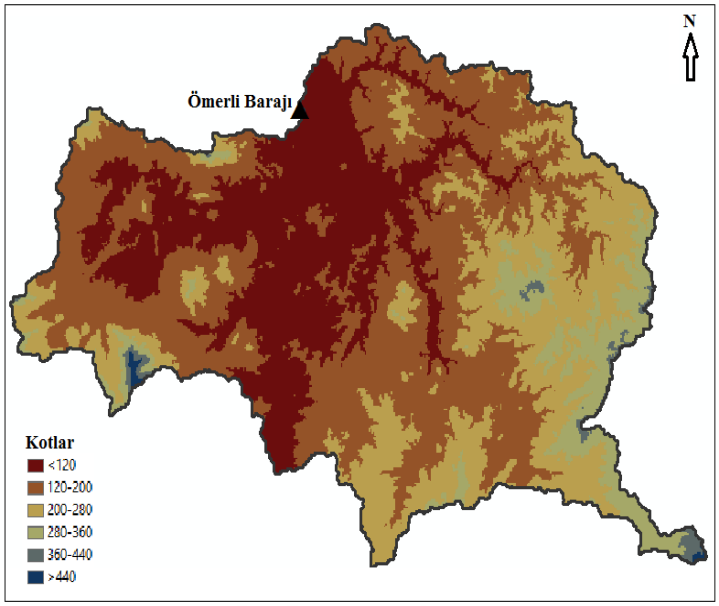
Çalışma alanı olarak seçilen Ömerli Baraj havzası İstanbul ilinin doğu yarısında ve Kocaeli sınırları içerisinde 29°7.6'-29°42' doğu boylamları, 41°6'-40°52' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havzanın doğusu İstanbul ili Anadolu yakasının büyük bir bölümünü ve batısı ise Kocaeli iline bağlı Gebze ilçesinin yaklaşık üçte bir bölümünü içine almaktadır. Marmara havzasının bir alt havzası olan Ömerli Baraj havzası yaklaşık olarak 608 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.47).




**Şekil 4.51.** Ömerli Baraj Havzasının Konumu

Ömerli Baraj havzası dalgalı bir topoğrafyaya sahiptir. Havzanın topografyası, erozyon-birikim dönüşümleri sonucu ile oluşan hafif kıvrımlar ve nadir olarak görülen orta büyüklükteki birikim tepeleri şeklinde görülmektedir [99]. Havzadaki en yüksek yer havzanın güney bölgesinde bulunan 537 m yüksekliğindeki Aydos Dağı'dır. Aydos Dağı etekleri, Teferrüç Tepesi, Türbe Tepesi ve Kalebayır Tepesi eteklerinde

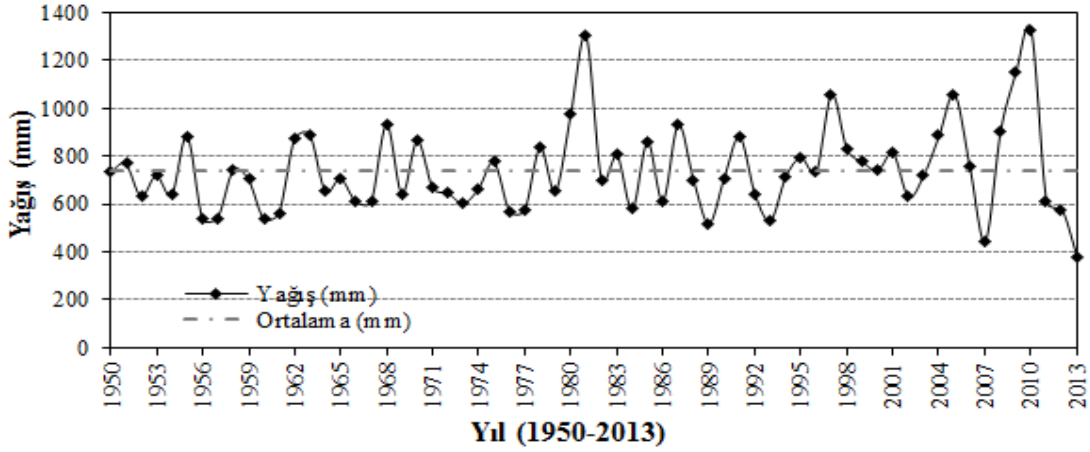
eğim yer yer %40'ı aşmakta olup, kuzeyde Sırapınar, doğuda Ömerli ve Emirli, güneyde Tepeören ve Orhanlı ile batıda Sarıgazi, Samandıra, Sultan Çiftliği yerleşimlerinde ise %5'in altına düşmektedir [100]. Havzadaki dik yamaçlı bölgelerde erozyon kaynaklı aşınmalar ile birlikte gelen birikintiler Ömerli Baraj gölünün aktif hacmi üzerinde etkili olmaktadır [99]. Havzanın iklimi, topografyası ve jeolojik yapısında görülen farklılaşma, bitki örtüsünün de çeşitlilik göstermesine neden olmaktadır. Bitki örtüsü bakımından incelendiğinde, havzada güneyden kuzeye doğru Akdeniz friganasının yerini fundalıklar, nemli meşe ve kayın ormanları almaktadır. Ayrıca, Kocaeli Yarımadası'nın orta ve güney bölümlerinde bazı yüksek tepeler üzerinde meşe baltalık orman, fundalık, mera, turbalık ve sulak alan habitatları bulunmakta olup, bu alanlar bozulmadan kalmış olan nadir ve endemik bitki türlerini barındırmaktadır [101]. Havzanın yeraltı suyu yumuşak özellikte olup, havzanın batı kıyılarına doğru azalmaktadır. Bölgedeki kuyu verimleri yüksek olmadığı halde su kalitesi yüksektir. Havzadaki tepelerin eteklerinde çok fazla kaynak suyuna rastlanmaktadır [102]. Akarsu kollarının debisi çok değişken olup, yağış ve yüzey suları ile beslenmekte ve bunun yanında az miktarda taban akımı etkisi de görülmektedir. Ayrıca havzada buharlaşma fazla olduğundan dolayı yaz aylarında dereler kurumaktadır [100]. Şekil 4.48'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 44-535 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 44-120 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük görüldüğü bölgedir. Havzanın doğusu ve güney doğusu arazi yüksekliğinin en fazla görüldüğü bölgedir. Havzada kuzeye doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir.




**Şekil 4.52.** Ömerli Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple, havzanın yükselti farklılıklarının 44-535 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak havzanın kuzeyde küçük bir bölümü Batı Karadeniz iklim bölgesinde, güneyde büyük bir bölümü ise Marmara iklim bölgesinde kalmaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Havzada genel olarak Marmara iklimi hakimdir. Havzanın kuzey batıya doğru yöneliminden dolayı, Karadeniz'den gelen hakim rüzgar ve yağış rejiminden etkilenmektedir. Havzanın kuzeyinde kıyı şeridi boyunca Karadeniz'in sert etkileri görülmekte olup, güneye doğru gidildikçe bu etki azalmaktadır. Havzada, yaz ayları genellikle sıcak ve kurak olup, kış ve bahar ayları ise ılıman ve yağışlı geçmektedir. Fakat havzanın kuzey bölümünün Karadeniz'e yakın olması sebebiyle, bu bölge yaz aylarının sıcak ve kurak geçmesini engellemektedir. Havzada yağış, en çok kış ve sonbahar mevsimlerinde görülmektedir. Yağışların kış ve sonbahar mevsimlerinde yoğunlaşmasının sebebi, havzanın Balkanlar ve Karadeniz'den gelen cephesel yağışların etkisi altında kalmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, havzada hakim rüzgar yönü kuzeydoğu yönündedir [103].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1950-2013 yılları arasında ölçüm yapan Kocaeli, Şile ve Kartal meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya yakın kesiminden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde küçük farklılaşmalar görülmüştür. Havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden az miktarda farklılık göstermektedir. Havzanın kuzey bölümü Karadeniz kıyısına yakın olmasından dolayı, daha içeride kalan güney bölümüne göre nispeten daha fazla yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Şile'de 820 mm iken, Kartal'da 672 mm'ye düşmüştür. Havzada, 1950 yılından 2007 yılına kadar toplam yıllık yağış miktarları ortalamaya yakın değerler göstermiştir. Bu da havzada görülen Marmara ikliminin daha baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat, 2007-2013 yılları arasında havzada toplam yıllık yağış miktarı çok fazla değişmiş olup, maksimum ve minimum yağışlar bu dönemde görülmüştür. Havzada minimum toplam yıllık yağış miktarı 2013 yılında 378 mm iken, maksimum toplam yıllık yağış miktarı 2010 yılında 1325 mm olarak bulunmuştur. Havza bütününe bakıldığında, yıllık ortalama yağış 741 mm civarındadır. Bu miktar ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.49'dan görüldüğü gibi, havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıklarının kısa dönemler halinde devam ettiği, genel olarak da kısa dönemler halinde ortalama yağışın altında yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.53.** Ömerli Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.9'da, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında; en az yağış ise yaz mevsiminde haziran ve temmuz aylarında görülmektedir. Ayrıca, kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin sonbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.12.** Ömerli Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 95.4 | 72.0 | 66.8 | 47.0 | 32.0 | 28.2 | 25.4 | 34.5 | 55.1 | 87.0 | 88.0 | 110.0 | ***741.35*** |

Havzada, kuzeyden güneye doğru gidildikçe sıcaklık artmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise yaklaşık 14.2ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 24ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 6ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Kocaeli Gebze ilçesi yakınlarından doğan Riva çayı, kuzey batı yönünde irili ufaklı birçok dere ile birleşerek İstanbul Beykoz ilçesinden Çayağzı deresi olarak Karadeniz'e dökülür. Riva çayı üzerinde 1973 yılında içme suyu temini amaçlı olarak hizmete alınan Ömerli Barajı, normal su kotunda 23.10 $km^2$ göl alanına, 386.5 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 7.7 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 68.91 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri ile havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.10'da verilmiştir.

**Çizelge 4.13.** Ömerli Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| **Havza** | **Yağış Verisi Aralığı (Yıl)** | **Akım Verisi Aralığı (Yıl)** | **Hacim Verisi Aralığı (Yıl)** | **Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Uydu Kaynaklı Gözlemler** | **İstasyon Ölçümleri** |
| **Ömerli Baraj Havzası** | 1950-2013 | 1975-2013 | 1975-2013 | - | 2008-2013 |

### 4.1.3.2. Ömerli Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

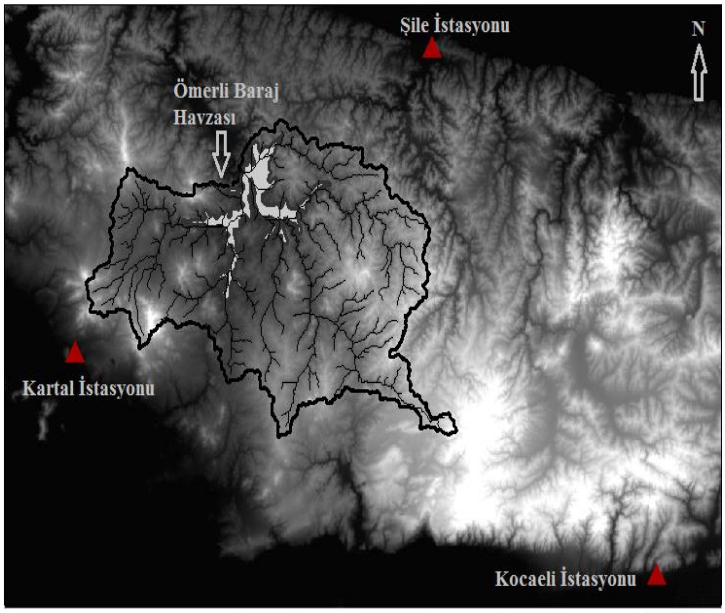
#### 4.1.3.2.1. Ömerli Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada görülen havza çevresinde yer alan en yakın 3 adet meteoroloji istasyonu (Kocaeli, Şile ve Kartal) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.11'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yükseklikliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.14.** Ömerli Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Kocaeli | 40.77 | 29.92 | 18 | 789 |
| **2** | Şile | 41.17 | 29.60 | 83 | 820 |
| **3** | Kartal | 40.91 | 29.16 | 74 | 672 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 3 adet meteoroloji istasyonuna ait 1950-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.50'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.12'de görülmektedir.




**Şekil 4.54.** Ömerli Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

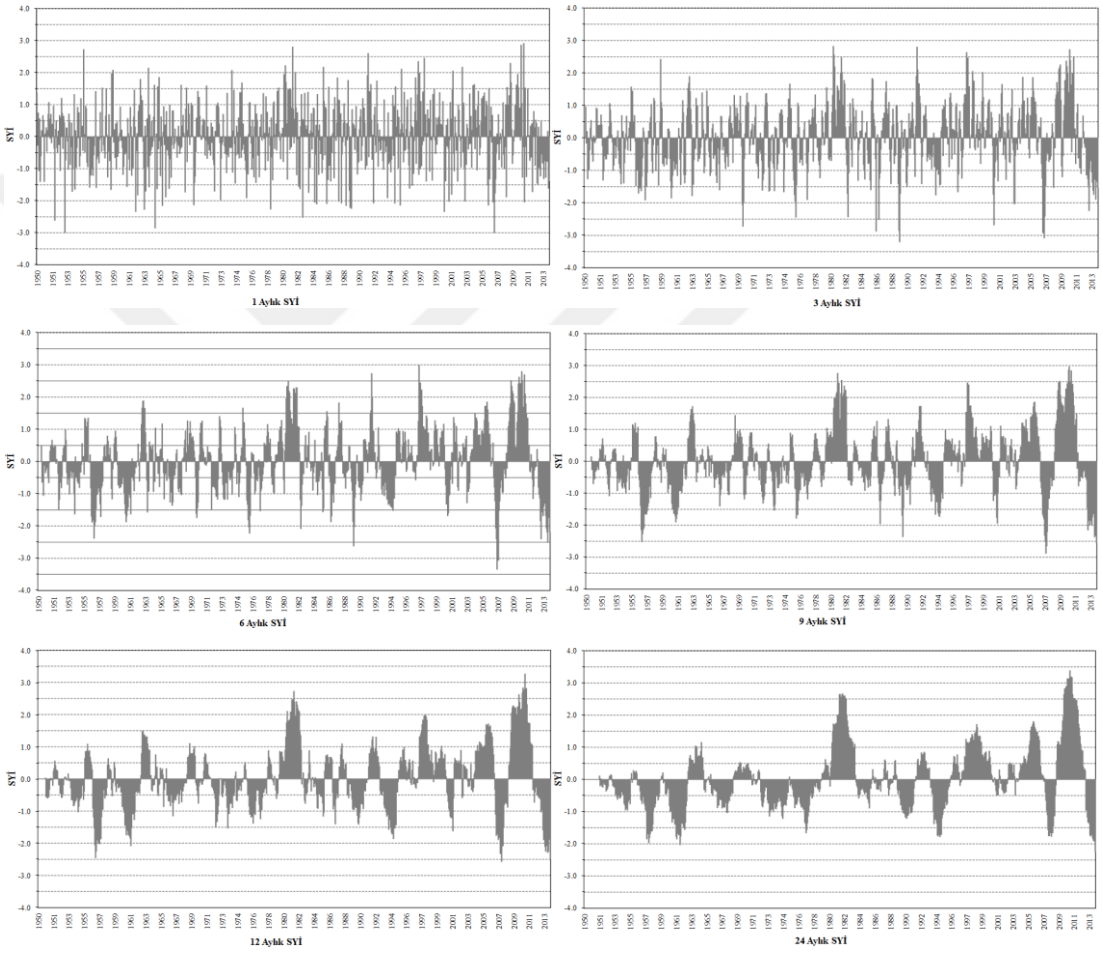
**Çizelge 4.15.** Ömerli Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | **Meteoroloji İstasyonu** | **R (Pearson)** |
|---|---|---|
| 1 | Kocaeli | 0.76 |
| 2 | Şile | 0.95 |
| 3 | Kartal | 0.94 |

#### 4.1.3.2.2. Ömerli Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.51'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa

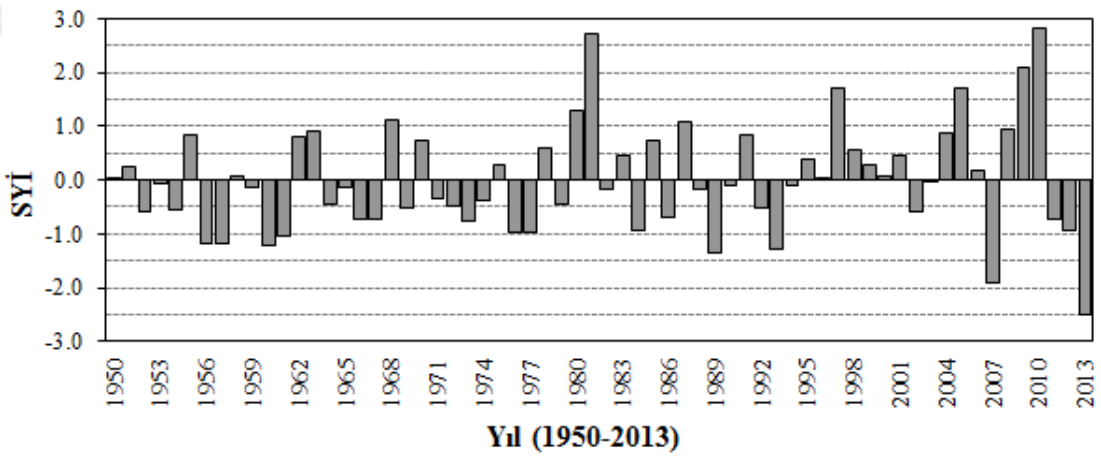
zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 11 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 12 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.55.** Ömerli Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1950-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.52'de görüldüğü gibi toplamda 64 yılda 35 yıl kuraklık yaşanmıştır. Yaşanan kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı; 1 aşırı kurak,

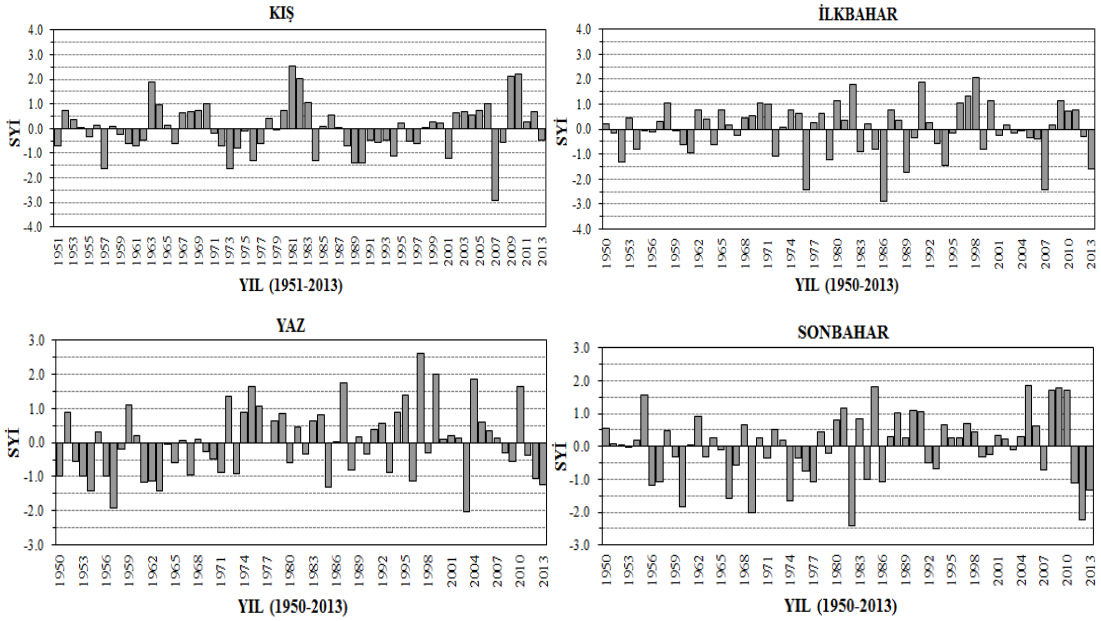
1 çok kurak, 6 orta derecede kurak ve 27 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.19 yıl olup, 1964-1967 ve 1971-1974 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 4 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.39 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.49 (aşırı kurak) olarak bulunmuştur. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1952-1954, 1956-1957, 1959-1961, 1964-1967, 1971-1974, 1976-1977, 1988-1990, 1992-1994, 2002-2003 ve 2011-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.56.** Ömerli Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.53'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 30 yıl, ilkbahar mevsiminde 30 yıl, yaz mevsiminde 32 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 28 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar en fazla ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, çok kuraklıklar en fazla sonbahar mevsiminde, orta derecede kuraklıklar en fazla yaz mevsiminde ve normale yakın kuraklıklar ise en fazla kış, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yaşanmıştır. Ayrıca

her mevsimde farklı büyüklüklerde kuraklıklar meydana gelmiştir. Üç mevsime ait ortalama kuraklık şiddetleri birbirleri ile aynı değerlere (-0.39) sahip olduğu ve sadece yaz mevsiminin ortalama kuraklık şiddetinin (-0.40) diğer mevsimlerden farklı olduğu görülmüştür. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise her mevsimde farklı değerler görülmüş, sadece yaz ve sonbahar mevsimlerinde birbirine yakın değerler elde edilmiştir. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.31 yıl) en fazla, sonbahar mevsiminde (1.65 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 ile 7 yıl arasında değişmektedir. En uzun süre 7 yıl olarak kış mevsiminde 1988-1994 yılları arasında bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle değişik iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 64 yılda her mevsim farklı büyüklükte kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, aşırı kuraklıkların en fazla ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde görülmesi ile beraber kış mevsiminin ortalama kuraklık süresinin diğer mevsimlere göre daha yüksek olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.57.** Ömerli Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1950-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Ömerli Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1960'li yılların başlarında sulak dönemler yaşanmıştır. Sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada 1952-1961 yılları arasında sulak dönemlerin yerini uzun süreli kurak dönemler almıştır. Bu dönemde hazada sadece 1955 ve 1958 yıllarında kuraklık yaşanmamış olup, diğer yıllarda orta derecede ve normale yakın kuraklıklara rastlanılmıştır. Özellikle 1955-1956 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın 1956 yılında yaşanan kuraklıktan etkilendiği görülmüştür. 1962-1963 yıllarında yağışların artması ile beraber havzada sulak dönemler görülmüştür. Sulak dönemlerin ardından 1964-1967 yılları arasında tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada dört yıl boyunca normale yakın kuraklıklar yaşanmıştır. Fakat 1960'lı yılların ülke geneli için ise sulak geçen bir dönem olduğu dikkat çekmiştir. 1960'lı yılların sonlarında ise kurak ve sulak dönemler beraber görülmüş ve uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. 1971-1974 yılları arasında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada dört yıl boyunca normale yakın kuraklıklar yaşanmıştır. Ülke genelinde de 1971-1974 yıllarında şiddetli kuraklıklar yaşanmış ve bu durumdan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Havzada 1970'li yılların ortalarından 1980'li yılların başına kadar ise kurak ve sulak dönemler beraber görülmüş olup, uzun süreli kuraklıklara rastlanılmamıştır. Sadede 1976-1977 yıllarında iki yıl boyunca normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Özellikle 1977 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Yağışların artmasıyla beraber 1980'li yılların başından 1988 yılına kadar havzada önemli bir yağış eksikliği gözlenmemiş ve sulak dönemlerin hakim olduğu, yer yer normale yakın kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Bu dönemde sadece 1982, 1984 ve 1986 yıllarında

havzada normale yakın kuraklıklar görülmüştür. 1980'li yıllarda ülkede yaşanan 1983-1984 kuraklıklarından havza, sadece 1984 yılındaki kuraklıktan etkilenmiştir. Ortalama sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber 1988-1994 yıllarında sulak dönemlerin yerini uzun süreli kurak dönemler almıştır. Sadece 1991 yılında kuraklık yaşanmamış, fakat diğer yıllarda orta derecede ve normale yakın kuraklıklara rastlanılmıştır. Ülke genelinde 1989 ve 1990 yıllarında yaşanan şiddetli kuraklıkların tamamından havza etkilenmiştir. 1990'lı yılların ortasından itibaren uzun süreli kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber 7 yıl boyunca tamamen sulak dönemlerin hakim olduğu bir dönem olmuştur. Ayrıca bu dönemde, 1996 ve 1999-2001 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havza etkilenmemiştir. 2002-2003 yıllarında sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamıştır. Ortalama sıcaklıkların artması ve yağışların azalması ile beraber sulak dönemlerin yerini kurak dönemler almış ve havzada normale yakın kuraklıklar görülmüştür. Fakat, bu dönem de ülke için sulak geçen bir dönem olmuştur. Havzada 2004-2010 yılları arasında yağışların artmasıyla beraber sulak dönemler tekrar başlamıştır. Sadece 2007 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa çok kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde havzanın özellikle 2008 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıktan hiç etkilenmeyip, sadece 2007 yılındaki kuraklıktan çok kuraklık yaşayarak etkilendiği dikkat çekmiştir. 2011-2013 yılları arasında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklığa rastlanılmıştır. Uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemlerin başlamış ve özellikle ortalama sıcaklıklarda artma eğiliminin olmasından ve yağış eksikliğinden dolayı son dönemlerde kuraklık büyüklüklerinde çok fazla artış gözlemlenmiştir. Sadece 2011 ve 2012 yıllarında havzada normale yakın kuraklıklar görülmüş, fakat 2013 yılında kuraklık büyüklüğünde çok fazla artış olmuştur. 2013 yılında görülen aşırı kuraklık özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla yaz mevsiminde görülmesinin yanı sıra bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada özellikle 1993 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklüklerde kuraklıklar yaşanmıştır.

Ömerli Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta

derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada uzun dönemli normale yakın kuraklıklara 1995 yılına kadar rastlanılmış ve özellikle kurak dönemlerin daha fazla hakim olduğu görülmüştür. 1995 yılından 2011 yılına kadar ise havzada sulak dönemler hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada 2013 yılına kadar ağırlıklı olarak normale yakın ve orta derecede kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta da son yıllarda da özellikle 2013 yılında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu havzada aşırı kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmiştir.

#### 4.1.3.3. Ömerli Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

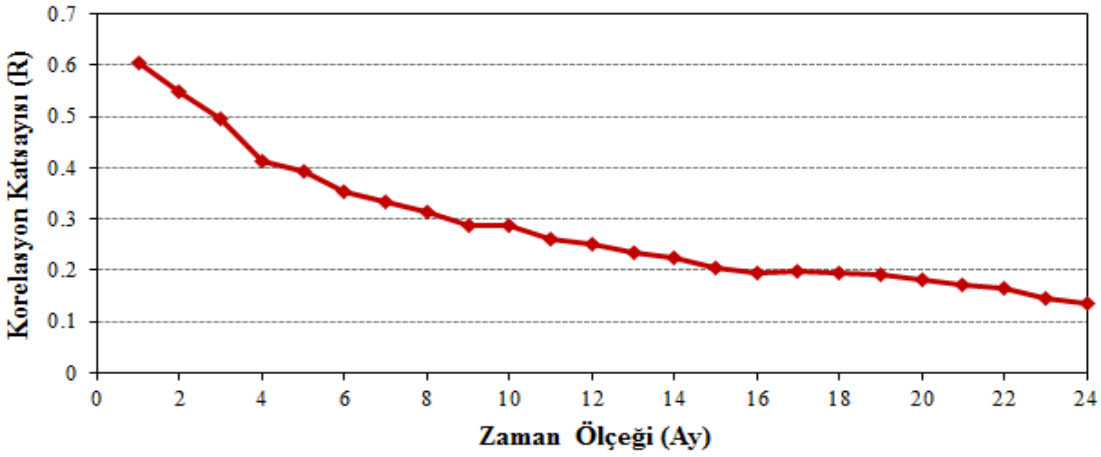
##### 4.1.3.3.1. Ömerli Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Ömerli Baraj havzasında 1975-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 7.74 $m^3/s$ iken maksimum akım 68.91 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.14 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Daha önce bahsedildiği akarsu kollarının debisi çok değişken olup, yağış ve yüzey suları ile beslenmekte ve bunun yanında az miktarda taban akımı etkisi de görülmektedir [99]. Ömerli barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü bazı aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.1.3.3.1.1. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

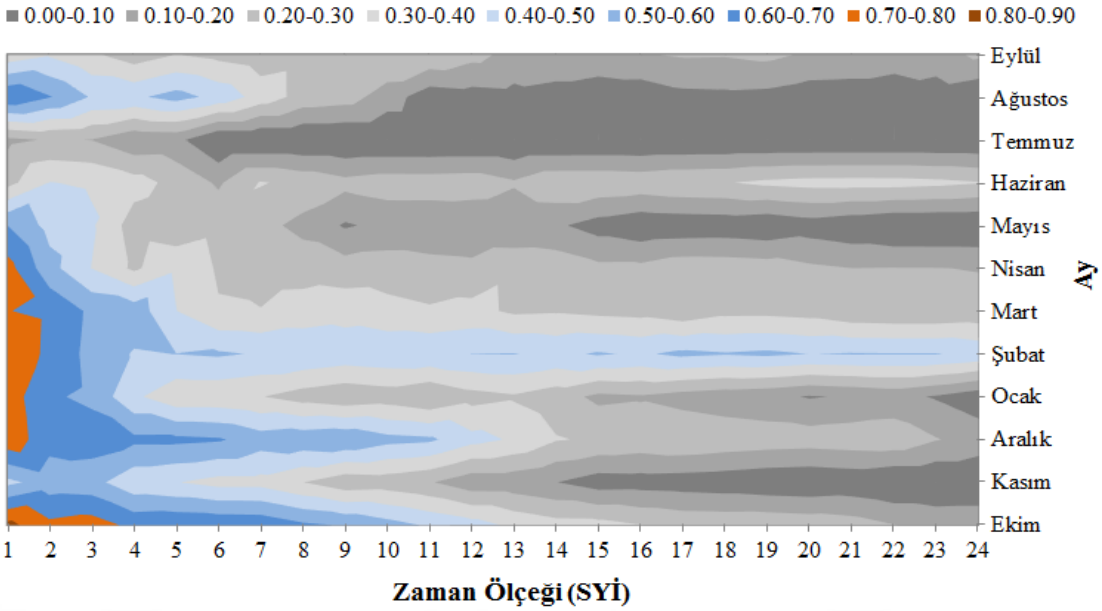
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.54'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmekte ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerleri R=0.50 değerini aşmaktadır. Burada maksimum korelasyon değerine (R=0.61) 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Bu demektir ki nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu nispeten küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Ömerli Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.58.** Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.1.3.3.1.2. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.55'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.59.** Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($0.33 \leq R \leq 0.83$) kış mevsiminde ve sonbahar mevsimi ortasında (ekim) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine; kış mevsiminde aralık ($R=0.77$), ocak ($R=0.76$) ve şubat ($R=0.79$) aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde ve sonbahar mevsiminde ise ekim ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.83$) ulaşılmıştır. Kış mevsimi en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu mevsimlerden biri olup, incelenen zaman ölçeğinde tüm aylarda elde edilen maksimum korelasyon değerleri ($0.76 \leq R \leq 0.79$) birbirine yakın çıkmıştır. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar tüm aylarda 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ve nisan aylarında yine yüksek korelasyon değerlerine ($R \leq 0.74$) ulaşılmasına rağmen, mayıs ayından itibaren korelasyon değerleri ($R \leq 0.60$) nispeten düşüşe geçmiş ve ilkbahar mevsiminin en düşük korelasyon değerleri görülmüştür. Bu mevsimde de maksimum korelasyonlar tüm aylarda 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayından itibaren korelasyon değerleri ($R \leq 0.40$) düşmeye devam etmiş ve temmuz ayında korelasyon değerlerinde ciddi bir düşüş görülmüştür. Temmuz ayında tüm mevsimlerin en düşük korelasyon değerlerine ($R \leq 0.21$) ulaşılmıştır. Ağustos

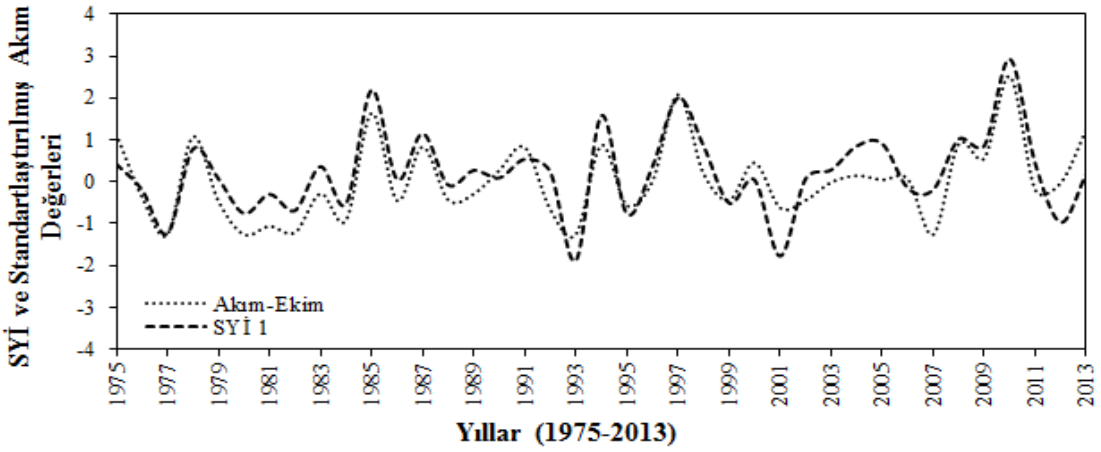
ayında ise korelasyon değerlerinde (R≤0.69) yükselme görülmüş ve mevsimin en yüksek korelasyonları elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlar haziranda 2 aylık, temmuzda 2 aylık ve ağustosta 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Eylül ayında korelasyon değerleri (R≤0.38) düşmüştür, fakat ekim ayında ise korelasyon değerleri ciddi bir yükseliş göstererek, bu ayda tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerlerine (R≤0.83) ulaşılmıştır. Kasım ayında ise korelasyon değerlerinde nispeten bir düşüş (R≤0.58) gözlemlenmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (0.43≤R≤0.67) kış mevsiminde (aralık ve şubat) ve sonbahar mevsimi ortasında (ekim) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde aralık ayında 9 aylık zaman ölçeğinde (R=0.59) ve şubat ayında 12 aylık zaman ölçeğinde (R=0.50), sonbahar mevsiminde ise ekim ayında 7 aylık zaman ölçeğinde (R=0.67) ulaşılmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsiminde (temmuz) ve ilkbahar mevsiminde (mayıs) korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük (R≤0.23) olduğu tespit edilmiştir. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (temmuz) 8 aylık zaman ölçeğinde ve ilkbahar mevsiminde (mayıs) 7 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Özellikle yaz mevsiminde (temmuz) maksimum korelasyon değeri 8 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye (R<0.10) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar (0.26≤R≤0.36) birbirine yakın değerlere sahip olup, 7, 9 ve 10 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Çalışmada, uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1 ve 2 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7 ve 10 aylık (sadece şubat ayı için 12 aylık zaman ölçeği geçerlidir) zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.69), sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.83), kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.79) ve ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.74) ulaşılmaktadır. İncelenen zaman ölçeklerinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) ve sonbahar mevsimi başında (eylül) korelasyon değerleri (R≤0.40) diğer aylara göre düşük olduğu

görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.70 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde ekim ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.83) ve yaz mevsiminde ise temmuz ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.21) elde edilmiştir.

Şekil 4.56'da ise 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği ekim ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1977, 1980, 1982, 1984, 1993, 1995, 2001 ve 2007 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ekim ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.60.** Ömerli Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ekim Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

#### 4.1.3.3.2. Ömerli Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

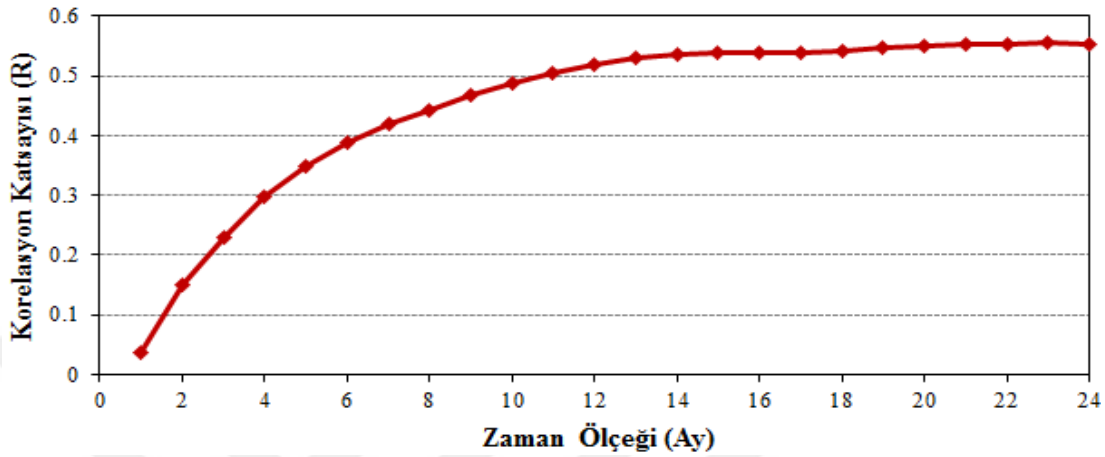
Ömerli Baraj havzasında 1975-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Ömerli Barajı normal su kotunda 386.5 $hm^3$ göl hacmine ve 23.10 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin -0.68 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür ve aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

##### 4.1.3.3.2.1. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.57'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (11-15 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. 11 aylık zaman ölçeğinden itibaren maksimum korelasyon değerine ulaşma eğilimi gözlemlenmiş olup, bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 11-15 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri yaklaşık R=0.53 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki nispeten küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi

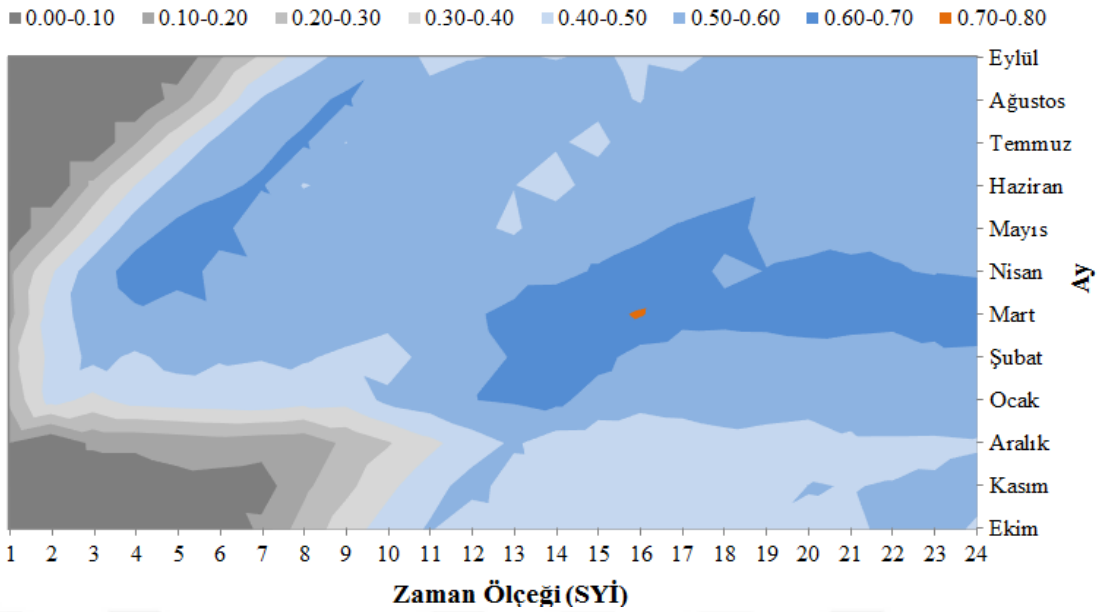
üzerinde bu ve geçmiş 10-14 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Ömerli Baraj havzasında uzun zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.61.** Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.1.3.3.2.2. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.58'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



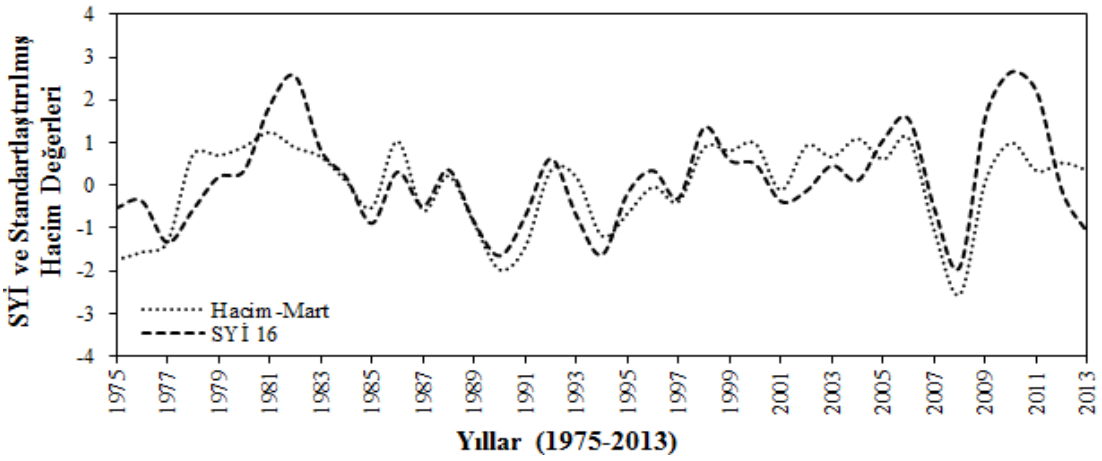

**Şekil 4.62.** Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri (0.63≤R≤0.71) ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve kış mevsimi sonunda (şubat) görülmektedir. İlkbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerine 16 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.71), 5 ve 17 aylık zaman ölçeklerinde nisan ayında (R=0.65), kış mevsiminde ise 15 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.64) ulaşılmıştır. Şekil 4.58'de görüldüğü gibi, özellikle kış (ocak ve şubat) ve ilkbahar mevsimleri için 11 aydan uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyonlar (R≤0.71) elde edilmiş ve en yüksek korelasyon değerine ilkbahar mevsiminde mart ayında 16 aylık zaman ölçeğinde (R=0.71) ulaşılmıştır. Ayrıca mart, nisan ve mayıs aylarında 14-24 aylık zaman ölçeklerindeki korelasyon değerleri birbirine çok yakın değerlere sahip olup, bu ölçeklerde bulunan korelasyon değerlerinin maksimum değere ulaşmaya çalışması dikkat çekmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım) ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) korelasyon değerlerinin nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük (R≤0.54) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine ekim ayında 23 aylık zaman ölçeğinde (R=0.54), kasım ayında 12 aylık zaman ölçeğinde (R=0.54) ve aralık

ayında 13 aylık zaman ölçeğinde (R=0.51) ulaşılmıştır. Ayrıca, kış mevsimi başlangıcında (ocak) 13 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) 18 aylık zaman ölçeğinde, yaz mevsiminde 7, 8 ve 9 aylık zaman ölçeklerinde ve sonbahar mevsimi başlangıcında ise (eylül) 10 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.58 değerini aşmıştır. Ayrıca, bulunan maksimum korelasyon değerlerinin ($0.58 \leq R < 0.63$) birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında, en yüksek korelasyon değerleri 7-18 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 23 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 9 aylık zaman ölçeğinde (R=0.61) ağustos ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.58) eylül ayında, kış mevsiminde 15 aylık zaman ölçeğinde (R=0.64) şubat ayında, ilkbahar mevsiminde 16 aylık zaman ölçeğinde (R=0.71) mart ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.55 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri kış mevsiminde aralık ayında 13 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.51) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri ilkbahar mevsiminde (mart), en düşük korelasyon değerleri ise kış mevsiminde (aralık) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimde ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri ($R < 0.15$) çok düşüktür. Fakat maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) diğer mevsimlere göre daha kısa zaman ölçeklerinde (7-10 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması dikkat çeken diğer bir durumdur. Buradan yola çıkarak havzada, 5 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.59'da 16 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile mart ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1975, 1976, 1977, 1985, 1989, 1990, 1991, 1994, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde mart ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



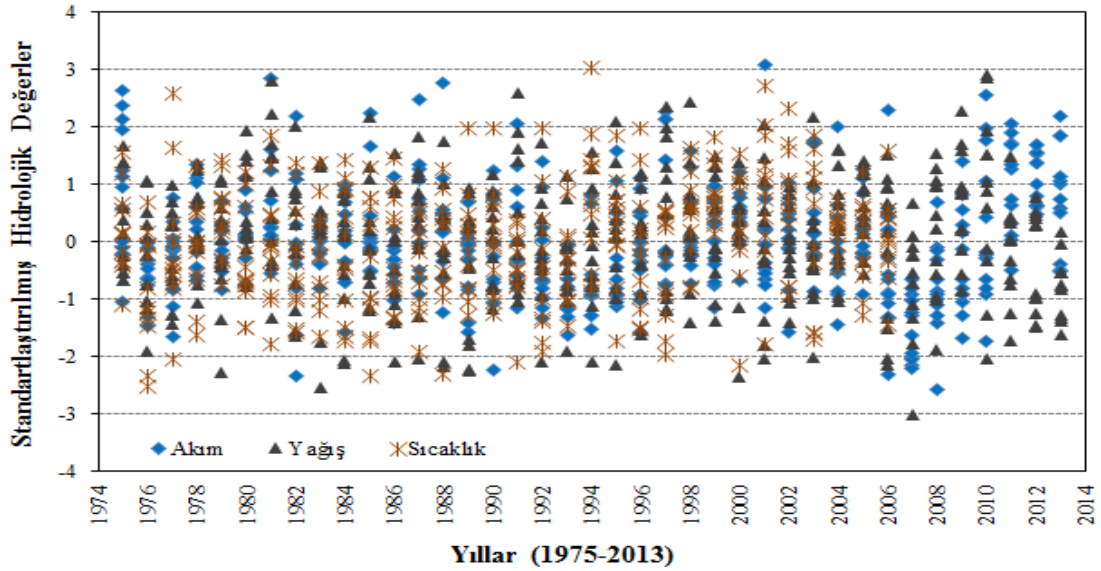

**Şekil 4.63.** Ömerli Baraj Havzasında 16 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Ömerli Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda, farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (1-2 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.61) 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerine, sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.83), en düşük maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.21) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve maksimum korelasyona (R=0.53) 11-15 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek

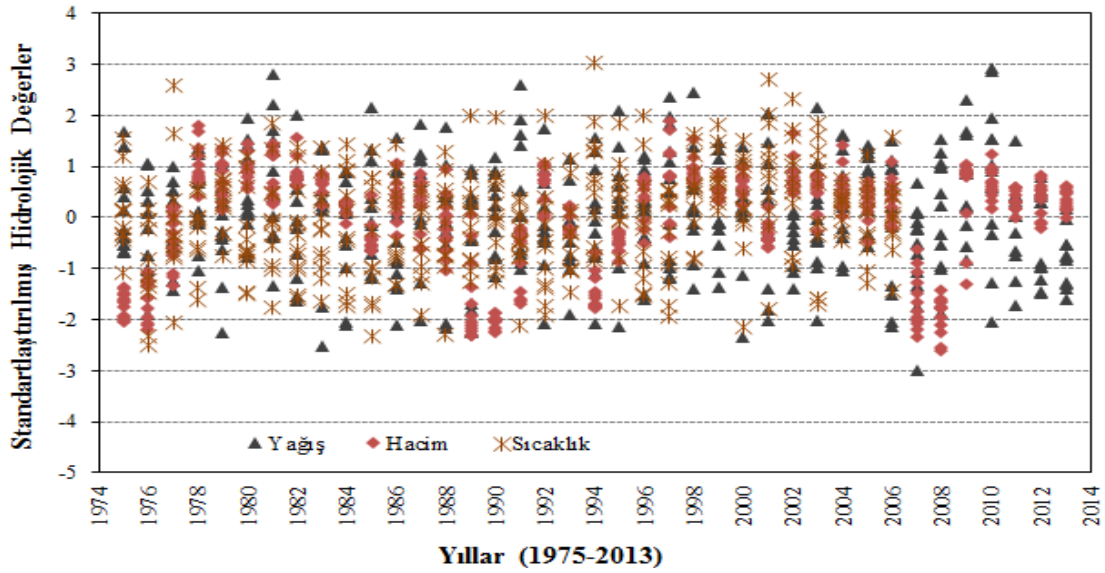
maksimum korelasyon değerlerine ilkbahar mevsiminde 16 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.71) ve en düşük maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 12 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.51) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.60 ve 4.61'de görüldüğü gibi ay bazında 1975-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.64.** Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.65.** Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.1.3.4. Ömerli Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

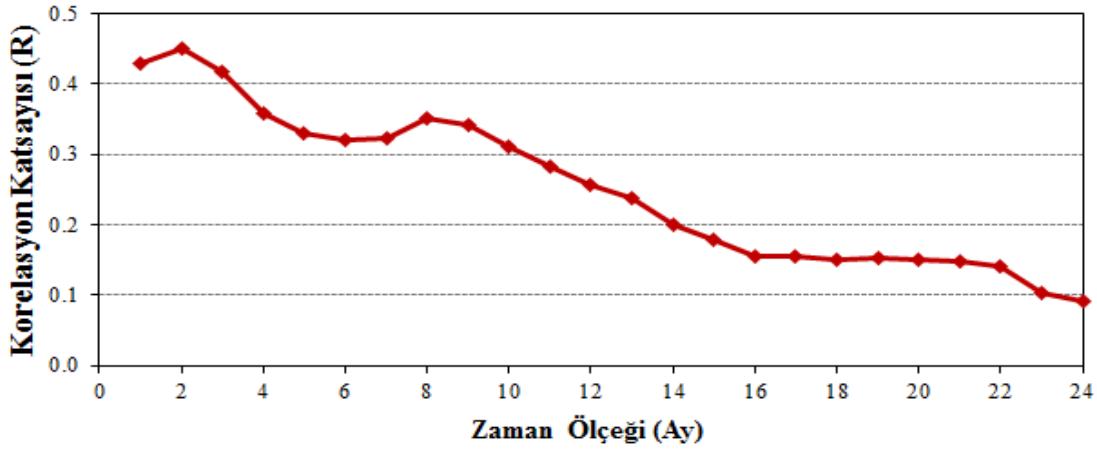
#### 4.1.3.4.1. Ömerli Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada, gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır. Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra istasyon kaynaklı aylık ortalama zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.1.3.4.1.1. Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

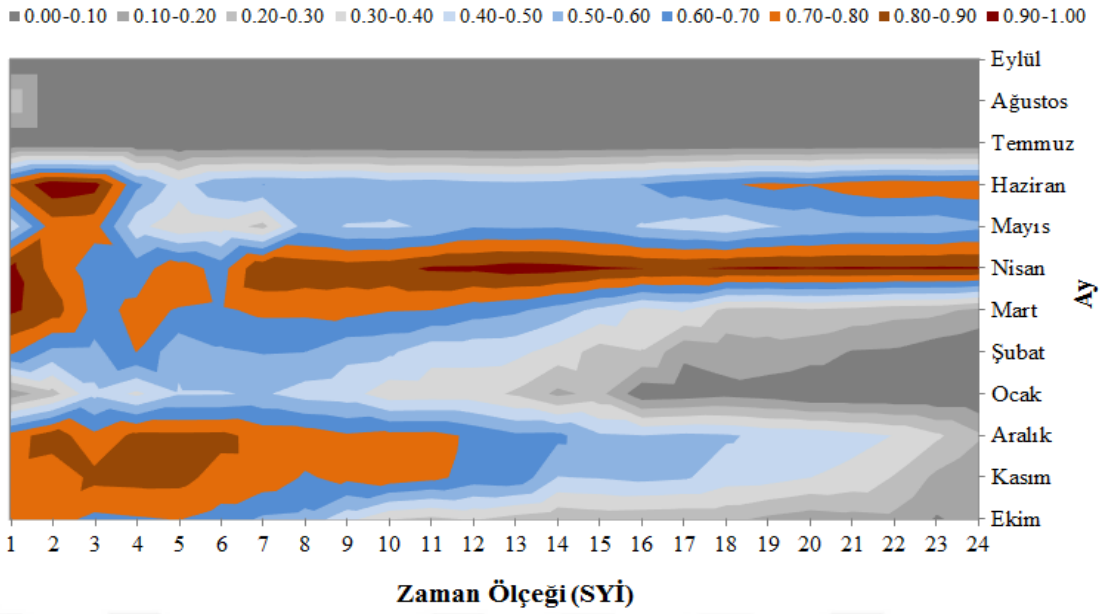
Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.62'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) korelasyonların daha yüksek olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde R=0.45 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, nispeten küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ömerli Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek daha da zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.66.** Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.1.3.4.1.2. Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.63'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.67.** Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış, fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece kasım ayı için 4 aylık zaman ölçeği ve ocak ayı 6 aylık zaman ölçeği için geçerlidir) 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde bulunmuştur. Şekil 4.63'den görüldüğü gibi, incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($0.92 \leq R < 0.98$) ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve yaz mevsiminde (haziran) görülmektedir. En yüksek korelasyon değerlerine, ilkbahar mevsiminde mart ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.92$) ve nisan ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.93$), yaz mevsiminde ise haziran ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.98$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) ve yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu aylarda, incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değerler aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon değerlerine ($R \geq -0.5$) sonbahar mevsiminde eylül ayında 2 aylık zaman ölçeğinde, yaz

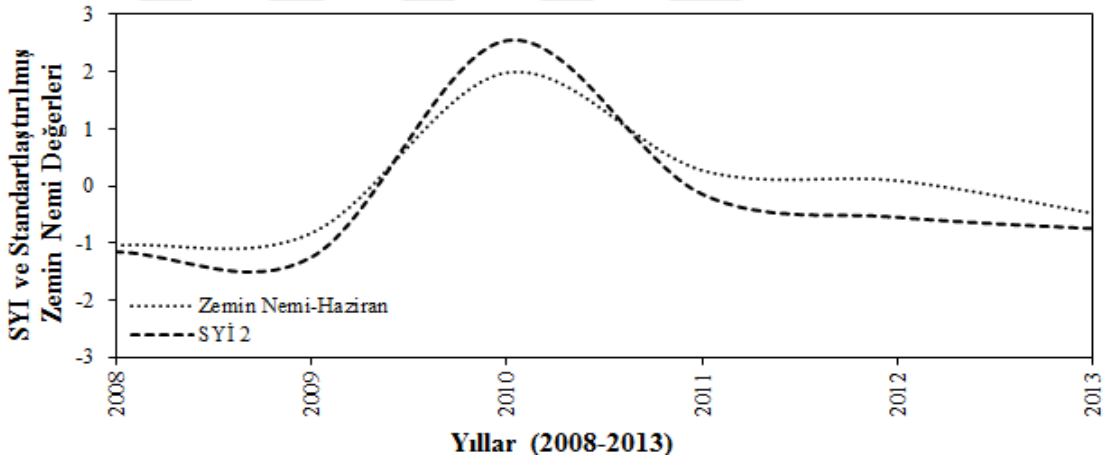
mevsiminde ise temmuz ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ve ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında yüksek korelasyon değerlerine ($R \leq 0.86$) ulaşılmasına rağmen, ocak ayından itibaren korelasyon değerleri düşüşe geçmiş ve bu ayda kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.49$) görülmüştür. Şubat ayında ise korelasyon değerleri ($R \leq 0.72$) yükselmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar aralıkta 2 aylık, ocakta 6 aylık ve şubatta ise 1 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ve nisan aylarında korelasyon değerleri ($R \leq 0.93$) yükselmeye devam etmiştir. Mayıs ayında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş göstererek, mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.75$) elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlara martta 1 aylık, nisanda 1 aylık ve mayısta ise 2 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Yaz mevsimi başlangıcında haziran ayında korelasyon değerleri ($R \leq 0.98$) ciddi bir yükseliş göstermiş ve bu ayda tüm ayların en yüksek korelasyon değerine ($R=0.98$) 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerleri temmuz ve ağustos aylarında ise ciddi bir düşüş ($R<-0.37$) göstermiş ve değerlendirilen zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyonların negatif değerler aldığı görülmüştür. Haziran ve temmuz aylarında 2 aylık zaman ölçeğinde, ağustos ayında da 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri eylül ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=-0.52$) elde edilmiştir. Ekim ayında korelasyon değerleri ($R \leq 0.74$) yükselerek, maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Kasım ayında korelasyon değerleri yükselmeye devam etmiş ve mevsimin en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.84$) elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlar kasım ayında ise 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde, en yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.98$), sonbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.84$), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.86$) ve ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.93$) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.80$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, yaz mevsiminde

haziran ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.98) ve sonbahar mevsiminde ise eylül ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.52) elde edilmiştir. Çalışmada özellikle nisan ve haziran aylarında uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.93) görülmesi dikkat çekmiştir.

Şekil 4.64'de 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile haziran ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde haziran ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde mayıs ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.68.** Ömerli Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Haziran Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

İstasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada, sadece istasyon kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, istasyon kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması

sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan analizleri özetlemek gerekirse, nispeten küçük bir havza olan Ömerli Baraj havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. İstasyon ölçümleri kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İstasyon kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada 2 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde istasyon ölçümleri kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.98) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde eylül ayında (R=-0.52) ulaşılmıştır.

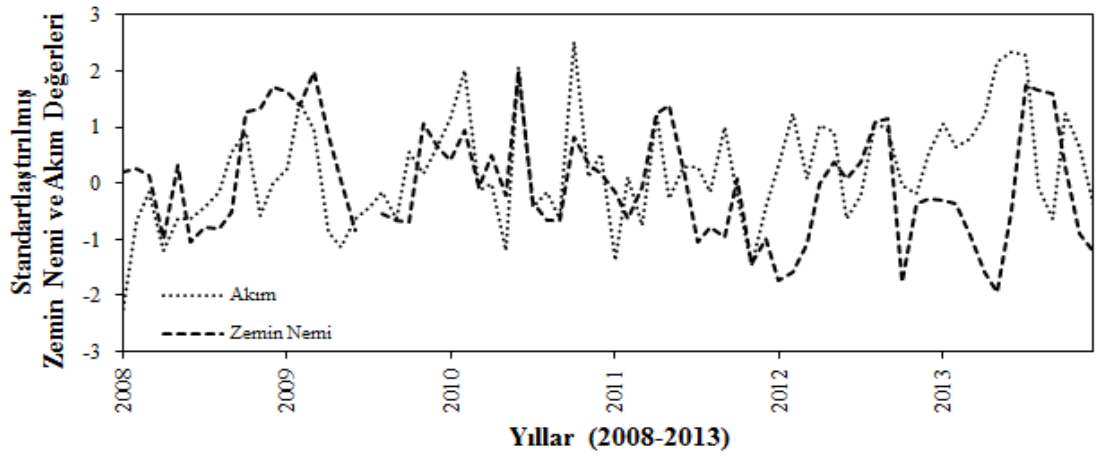
Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsimi başlangıcında (aralık), ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) ve en düşük korelasyon değerleri ise yaz mevsimi (temmuz ve ağustos) ile sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) bulunmuştur. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.80 değerini aşması dikkat çekmiştir. 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile haziran ayına ait standartlaştırılmış istasyon ölçümleri kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2008, 2009 ve 2013 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan çeşitli büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.1.3.5. Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki incelenmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.1.3.5.1. Ömerli Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.19 bulunmuştur. Şekil 4.65'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmekte olup, standartlaştırılmış aylık akım ve zemin nemi verileri zaman serisi şeklinde karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerdeki genel uyumluluğu göze çarpmaktadır. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.



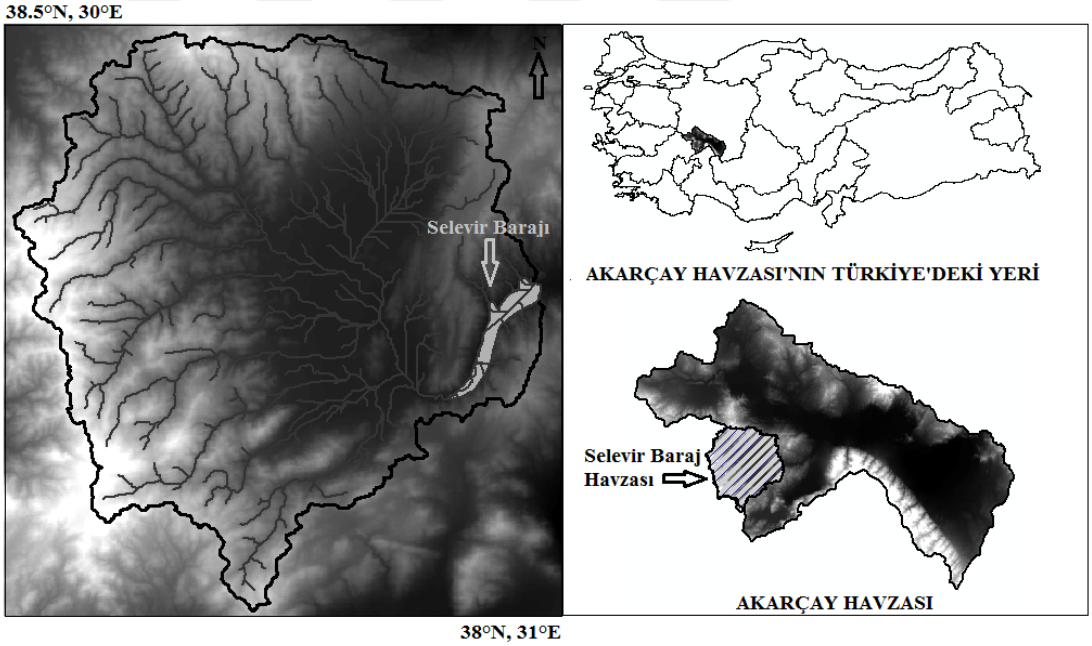

**Şekil 4.69.** Ömerli Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

## 4.2. Ege Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları

### 4.2.1. Selevir Baraj Havzası

#### 4.2.1.1. Selevir Baraj Havzası Özellikleri

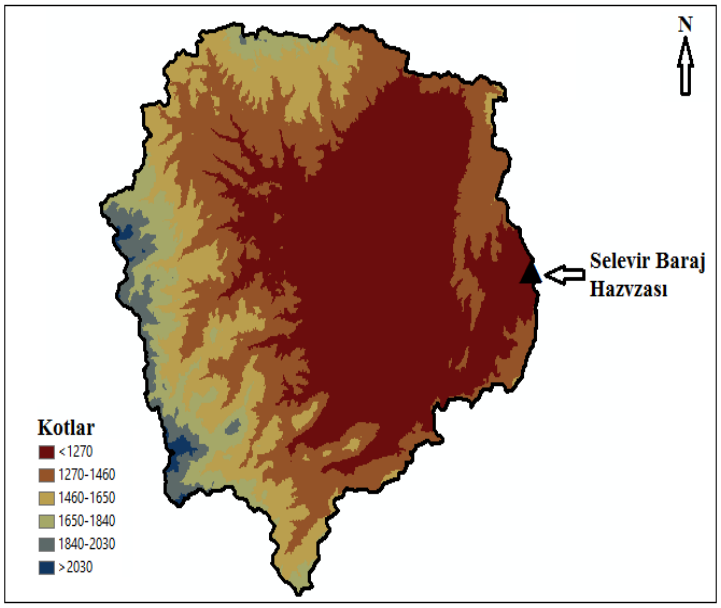
Çalışma alanı olarak seçilen Selevir Baraj havzası, Orta Anadolu'nun batısında Afyon il sınırları içerisinde 30°21'-30°45' doğu boylamları, 38°39'-38°20' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Afyon iline bağlı Şuhut ilçesinin büyük bir bölümü ile merkez ilçe, Sincanlı ve Dinar ilçelerinin çok küçük bir bölümünü içine almaktadır. Akarçay havzasının bir alt havzası olan Selevir Baraj havzası, yaklaşık olarak 734 km$^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.66).




**Şekil 4.70.** Selevir Baraj Havzasının Konumu

Selevir Baraj havzası, etrafı yüksek dağlarla çevrili ve engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Havzada yüzey şekillerinin oluşumunda tektonik hareketler ile birlikte dış olay ve süreçler de etkili olmuştur. Havzanın batısında Kumalar Dağı, doğusunda

Bazlar Dağı, kuzeyinde Işıklar Dağı ve güneyinde Kocaçal Tepe ve Kayrakdağ bulunmaktadır. Havzanın batısı engebeli bir görünüme sahip olup, doğusu ise daha sade bir görünüm arz etmektedir. Volkanik Kumalar Dağı ve akarsuların bu dağ üzerine yerleşmeleri havzanın batısını engebeli hale getirirken, Bazlar Dağı üzerinde bir aşınım yüzeyinin bulunması ise havzanın doğusunun daha sade bir görünüm kazanmasına neden olmuştur. Havzanın batısındaki Kumalar Dağında volkanik kayaçlar geniş yer kaplarken, doğusundaki Bazlar Dağında ve güneyindeki Kocaçal Tepe ve Kayrak Dağında ise kalker formasyonları geniş yer kaplamaktadır. Havzanın en önemli ovası Şuhut ovasıdır. Bitki örtüsü bakımından çok fakir olan havzada, çoğunlukla antropojen stepler görülmektedir. Yağışların yetersiz oluşu havzada bitki örtüsünün gelişimini engellemiştir. Özellikle batı bölgesinin çok arızalı ve eğimli bir topografyaya sahip olması erozyonu hızlandırarak, bitki örtüsü üzerinde olumsuz etki yaratmış ve arazi çıplaklaşmıştır. Yeraltısuyu bakımından zengin olan havzada, yeraltısuyu akım yönünü kuzeybatıdan güneydoğuya doğrudur [104]. Şekil 4.67'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 1082-2214 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 1082-1460 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Dağlık ve düzlük alanların beraber görüldüğü engebeli bir arazi yapısına sahip olan havzanın etrafı dağlar ve tepelerle çevrilidir. Havzada doğudan batıya doğru gidildikçe yükselti artmakta ve havzanın özellikle batı bölgesi doğu bölgesine göre daha engebelidir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir.

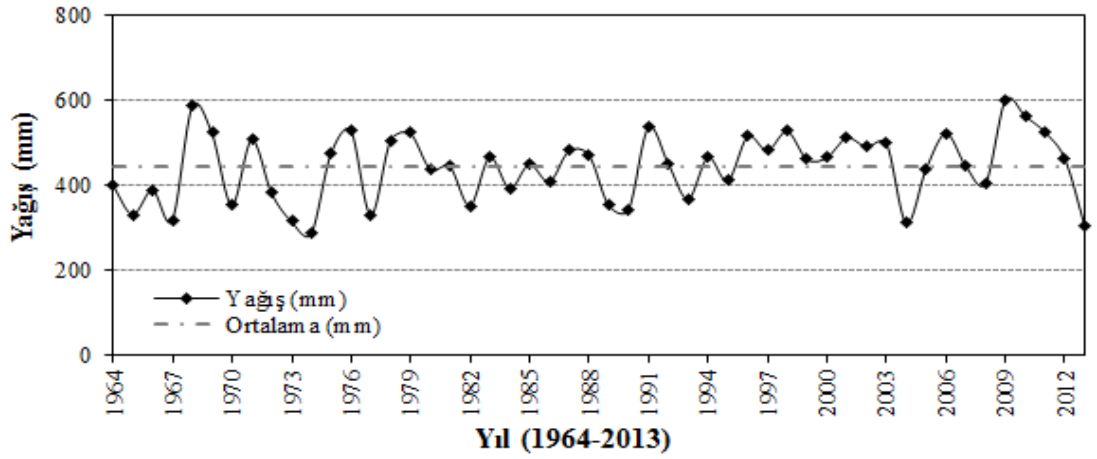



**Şekil 4.71.** Selevir Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 1082-2214 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havza Orta Batı Anadolu ve Orta Anadolu iklim bölgelerinin kesiştiği bölgede yer almaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Havzada ılıman Ege ikliminden, karasal İç Anadolu iklimine geçiş iklimi ile Orta Anadolu yağış rejimi görülmektedir. Havzada genellikle yazları sıcak ve kurak, baharları yağışlı ve ılık, kışları ise yağışlı ve soğuk geçmektedir [104].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1964-2013 yılları arasında ölçüm yapan Senirkent, Afyon ve Uluborlu meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Akdeniz ve Ege bölgelerine daha yakın kesimlerden iç kesimlere doğru gidildikçe yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın daha içeride kalan kuzey bölgesi güney bölgesine göre daha az yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Senirkent'te 669 mm iken, Afyon'da 409 mm'ye düşmektedir. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan

yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 1974 yılında 287 mm iken, maksimum yağış 2009 yılında 603 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada içerilere doğru gidildikçe Ege ikliminden karasal iklime geçiş ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 444 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.68'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları genellikle kısa dönemler halinde görülmüştür. Bununla beraber, ortalamadan daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları ise 1990'lı yılların ortasına kadar kısa dönemler halinde meydana gelmiş olup, 1990'lı yıllardan itibaren uzun dönmeler halinde görülmüştür. En uzun yağış sıklıkları 1996-2003 ve 2009-2012 yılları arasında bulunmuştur. Ayrıca, ortalama yağışın üzerinde kalan yağışların daha fazla olmasının yanı sıra, kısa ve uzun dönemler halinde ortalama yağış miktarına yakın yağışların meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.72.** Selevir Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.13'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde nisan ayında, en az yağış ise yaz mevsiminde ağustos ayında ve sonbahar mevsiminde eylül ayında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.16.** Selevir Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 47.7 | 41.9 | 46.8 | 49.6 | 46.3 | 32.3 | 17.2 | 12.6 | 16.2 | 38.9 | 38.8 | 55.3 | ***443.5*** |

Havzanın güneyinde görülen ortalama sıcaklık miktarı kuzeyine göre nispeten daha fazladır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 11.4 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 22~23 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 0~2 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Kaynağını havzanın batısında bulunan Kumalar Dağından alan Kali Çayı üzerinde 1967 yılında sulama ve taşkın kontrolü amaçlı olarak hizmete alınan Selevir Barajı, normal su kotunda 5.04 $km^2$ göl alanına, 70 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 1.17 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 10.94 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın

gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.14'de verilmiştir.

**Çizelge 4.17.** Selevir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Selevir Baraj Havzası** | 1964-2013 | 1981-2013 | 1981-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |

### 4.2.1.2. Selevir Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

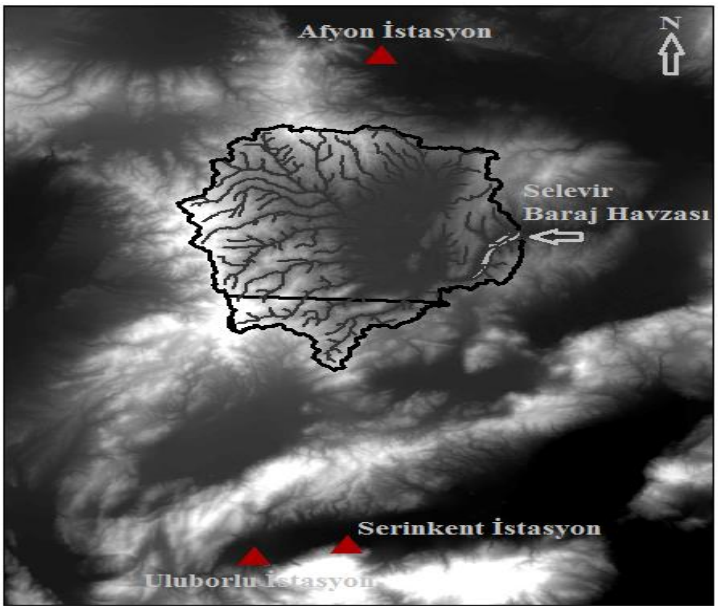
#### 4.2.1.2.1. Selevir Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 3 adet meteoroloji istasyonu (Senirkent, Afyon, ve Uluborlu) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.15'de verilmiştir [94]. İstasyonlara ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.18.** Selevir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Senirkent | 38.11 | 30.56 | 959 | 669 |
| **2** | Afyon | 38.74 | 30.56 | 1034 | 409 |
| **3** | Uluborlu | 38.09 | 30.46 | 1025 | 624 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 3 meteoroloji istasyonuna ait 1964-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.69'da seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.16'da görülmektedir.



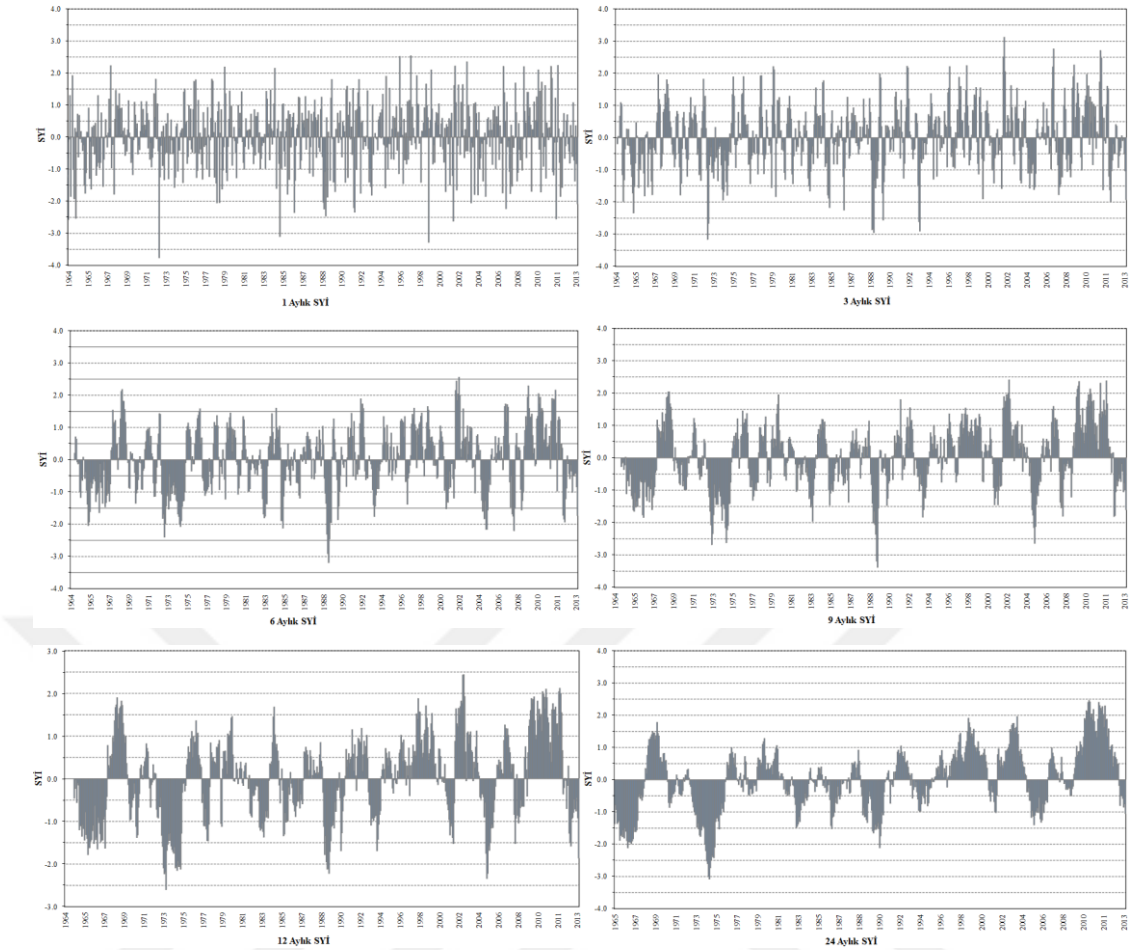

**Şekil 4.73.** Selevir Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

**Çizelge 4.19.** Selevir Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Senirkent | 0.76 |
| **2** | Afyon | 0.98 |
| **3** | Uluborlu | 0.77 |

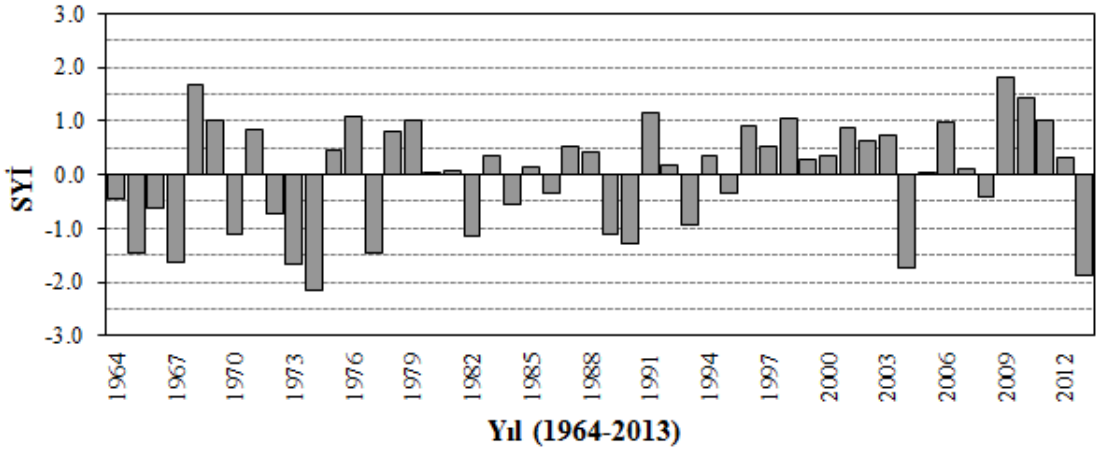
#### 4.2.1.2.2. Selevir Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.70'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 7 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 11 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.74.** Selevir Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

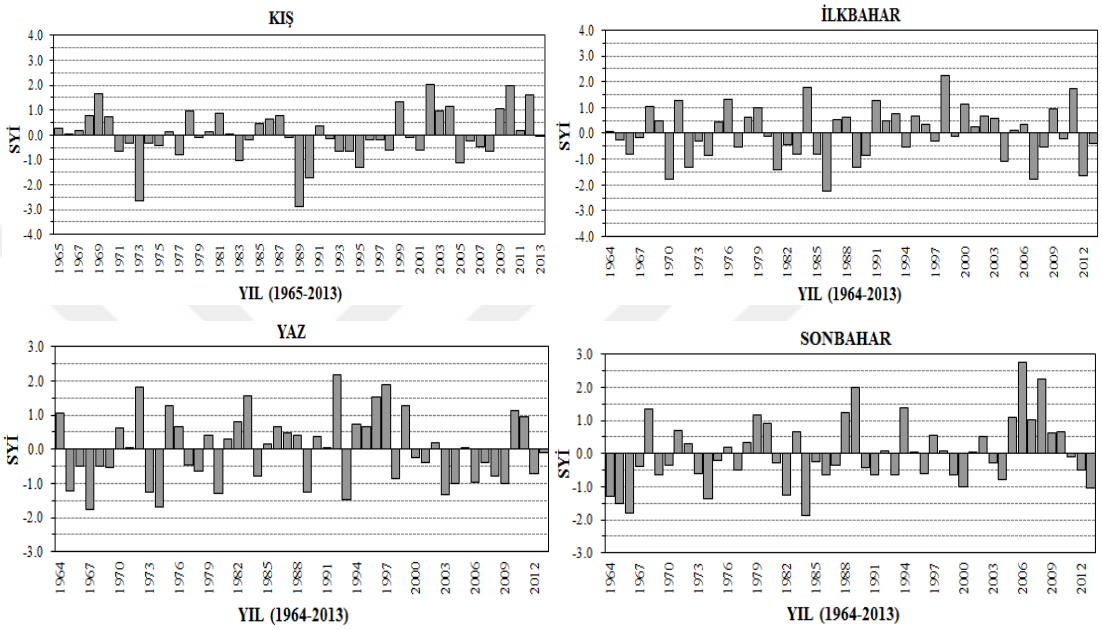
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1964-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.71'de görüldüğü gibi toplamda 50 yılda 19 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 1 aşırı kurak, 4 çok kurak, 6 orta derecede kurak ve 8 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1.46 yıl olup, 1964-1967 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 4 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.42 (normale yakın kurak) olup, 1974 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.15 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1964-1967, 1972-1974 ve 1989-1990 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.75.** Selevir Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.72'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları sonbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 26 yıl, ilkbahar mevsiminde 25 yıl, yaz mevsiminde 24 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 27 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık kış mevsiminde 2 yıl boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde, orta derecede kuraklık en fazla yaz mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla kış mevsiminde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (-0.37~-0.42) elde edilmiştir. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise her mevsimde farklı değerler (1.79~2.89 yıl) görülmüştür. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.89 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.79 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 ile 7 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre kış mevsiminde 1992-1998 yılları 7 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine

neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 50 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, aşırı kuraklıkların en fazla kış mevsiminde görülerek yaz ve sonbahar mevsimlerinde hiç görülmemesi ile beraber, kış mevsiminin ortalama kuraklık süresinin diğer mevsimlere göre daha yüksek olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.76.** Selevir Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1964-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Selevir Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1964'li yılların ortalarında başlayarak 4 yıl boyunca kurak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar çok, orta derecede ve normale yakın kuraklıklardır. Fakat, 1960'lı yıllarda ülke genelinde ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. 1968-1971 yılları arasında yağışların artması ile beraber havzada ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde sadece 1970 yılında orta derecede kuraklık görülmüştür. Sulak dönemlerin ardından 1972-1974 yıllarında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar aşırı, çok ve normale yakın kuraklıklar olup, 1971 yılı hariç, 1972-1974 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Özellikle 1974 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık yaşanmıştır. 1970'li yılların ortalarından 1980'li yılların başına kadar, yağışların tekrar artması ile beraber havzada ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde, sadece 1977 yılında orta derecede kuraklık görülmüş ve bu yılda ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza etkilenmiştir. 1978-1981 yılları arasında ise, havzada tamamen sulak bir dönem yaşanmıştır. 1982 yılından 1990 yılına kadar nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber, havzada sulak ve kurak dönemler birlikte görülmüştür. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar orta derecede ve normale yakın kuraklıklar olup, özellikle 1984, 1989 ve 1990 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Havzada yağışların artması ile beraber 1990'lı yıllarda ve 2000'li yıllarda havzada ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde havzada 2004 yılında çok kuraklık, 2008 yılında normale yakın kuraklık ve 2013 yılında ise çok kuraklık yaşanmıştır. Havza ülke genelinde yaşanan 1991, 1996, 1999-2001, 2007 kuraklıklarından etkilenmemiş olup, 2008 ve 2013 yıllarında yaşanan kuraklıklardan etkilenmiştir. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla sonbahar mevsiminde görülmesinin yanı sıra, sonbahar mevsimi hariç diğer tüm mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada, özellikle 1974, 1977 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çekmiştir.

Selevir Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı ve çok

kuraklıklara daha az sayıda rastlanılmış olup, genellikle normale yakın ve orta derecede kuraklıklar hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, uzun süreli kuraklıklara rastlanılmaması ve ağırlıklı olarak sulak dönemlerin görülmesi dikkat çeken diğer bir durumdur. Özellikle, 1990'lı yılların ortalarından itibaren havzada sulak dönemler hakimiyetini sürdürmüştür. Ayrıca 2013 yılında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza etkilenmiş olup, bu yılda çok kuraklık yaşanmıştır. Bu sebeple uzun süreli sulak dönemlerden sonra 2013 yılında yaşanan çok kuraklık sonucu, havzada kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.1.3. Selevir Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

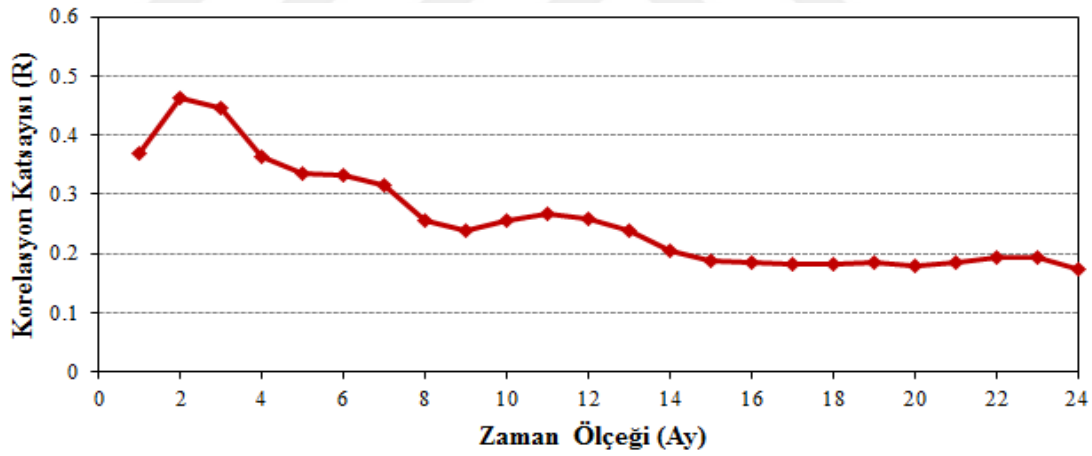
##### 4.2.1.3.1. Selevir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Selevir Baraj havzasında 1981-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 1.17 $m^3/s$ iken maksimum akım 10.94 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.10 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.1.3.1.1. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

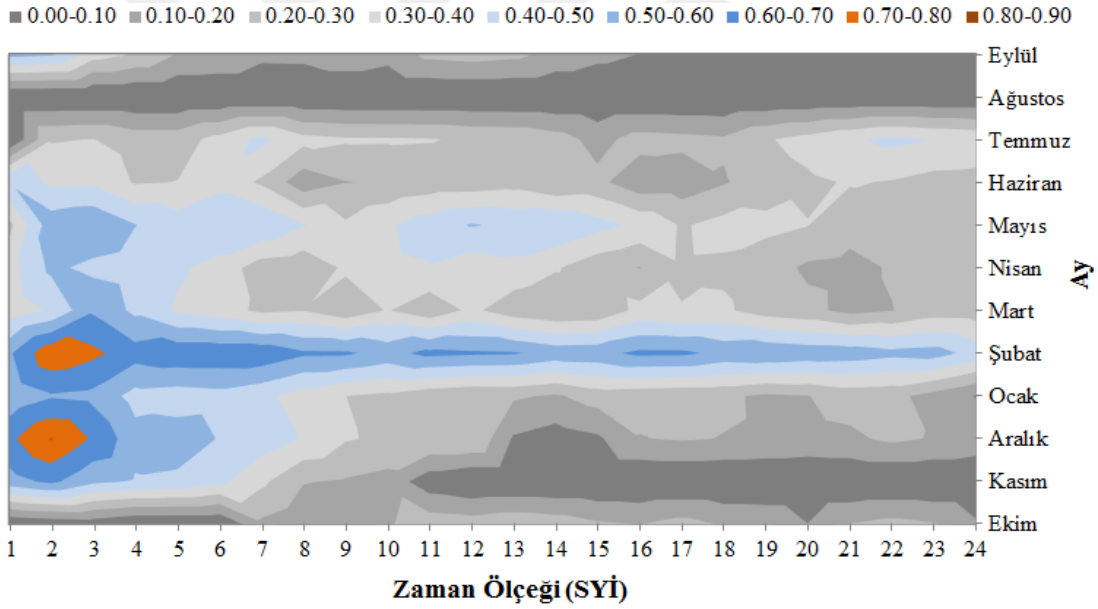
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.73'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (2-3 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.46) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde, bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Selevir Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.77.** Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.2.1.3.1.2. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.74'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.78.** Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.78$) kış mevsiminde (aralık ve şubat) görülmektedir. Maksimum

korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.80) ve 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.78) ulaşılmıştır. Kış mevsimi en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu mevsimdir. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine (R=0.80) ulaşmıştır. Şubat ayında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş göstermiş (R≤0.59) ve mevsimin en düşük korelasyon değerleri bu ayda elde edilmiştir. Şubat ayında maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Ocak ayında ise, korelasyon değerleri tekrar yükselmiş ve maksimum korelasyon değeri 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.78) elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde korelasyon değerleri kış mevsimine göre nispeten düşüş göstermiş, fakat maksimum korelasyonlar R=0.50 değerini aşmıştır. Bu aylarda elde edilen maksimum korelasyon değerleri (0.52≤R≤0.59) birbirine yakın çıkmıştır. İlkbahar mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 3 aylık, nisan ayında 2 aylık ve mayıs ayında 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ayında korelasyon değerleri düşmeye başlamış (R<0.50), temmuz ve ağustos aylarında düşüş devam etmiştir. Ağustos ayında, 3 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri (R<0.10) elde edilmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 1 aylık, temmuz ayında 6 aylık ve ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri (R<0.55) tekrar yükselmiştir. Eylül ayında maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Ekim ayında korelasyon değerlerinde düşüş gözlemlenmiş ve bu ayda 3 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en düşük maksimum korelasyon değeri (R<0.10) elde edilmiştir. Kasım ayında ise korelasyon değerleri tekrar yükselerek 2 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminin en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.62) elde edilmiştir.

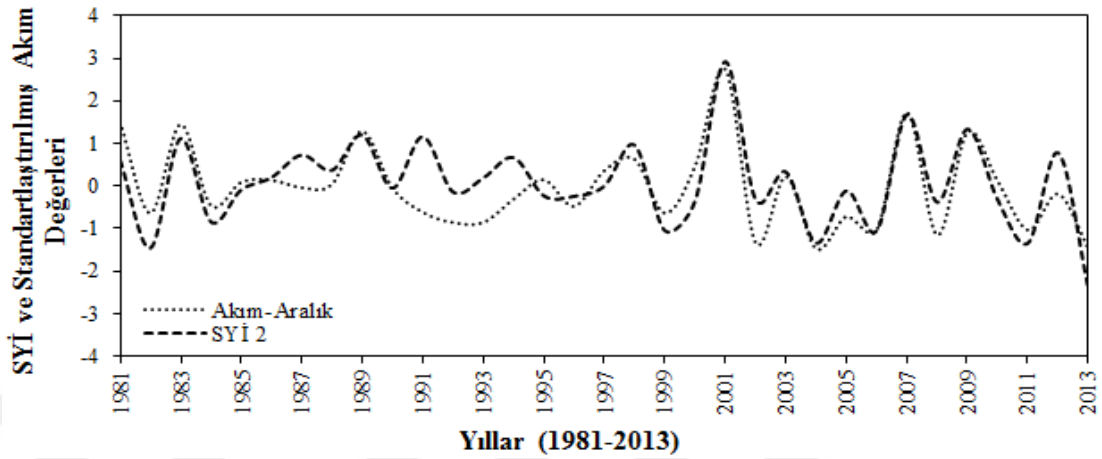
6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (R≥0.51) kış mevsimi sonu (şubat) ve ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.68) ve ilkbahar mevsiminde 12 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.51) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine de (R≤0.68) kış mevsiminde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsiminde (haziran ve ağustos) ve sonbahar mevsiminde

(eylül ve ekim) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük ($R<0.30$) olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde ve ağustos ayında maksimum korelasyona 12 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde ise eylül ayında maksimum korelasyona 12 aylık zaman ölçeğinde ve ekim ayında maksimum korelasyona 11 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle yaz mevsiminde (ağustos) maksimum korelasyon değeri 12 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar ($0.32\leq R\leq 0.45$) $R=0.30$ değerini aşmış ve 7, 11 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-3 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 8 ve 11 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.49$), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.62$), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.80$) ve ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ($R=0.59$) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri kısa zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm aylar için maksimum korelasyon değerleri 1-3, 7 ve 11 aylık kısa ve uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsimi sonu (ağustos) ve sonbahar mevsimi ortasında (ekim) korelasyon değerlerinin ($R\leq 0.26$) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.45$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek korelasyon değeri ($R=0.88$) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu ($R<0.10$) ayın da yaz mevsiminde ağustos ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.75'de ise 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği aralık ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1982, 1999, 2004, 2006, 2011 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki

kuraklık takibinde aralık ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.79.** Selevir Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

### 4.2.1.3.2. Selevir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

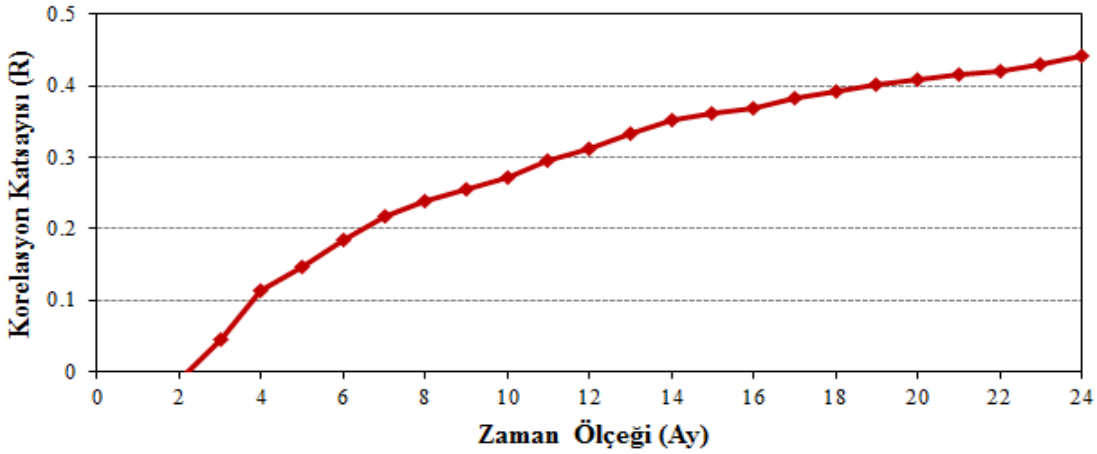
Selevir Baraj havzasında 1981-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Selevir barajı normal su kotunda 70 $hm^3$ göl hacmine ve 5.04 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.16 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele

alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.1.3.2.1. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

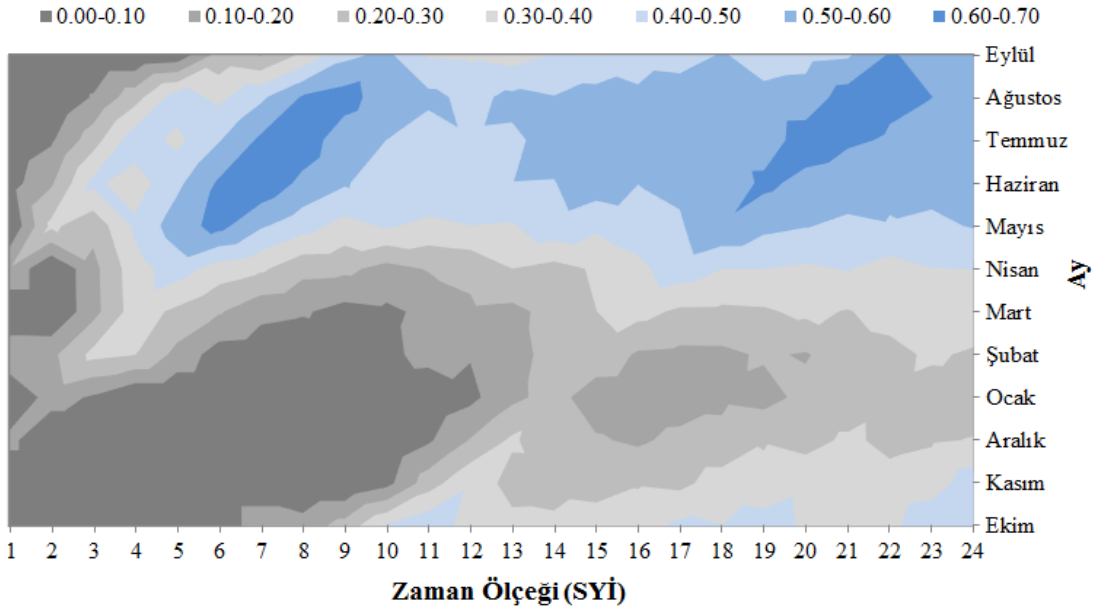
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.76'da gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (12-15 aylık) nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. 12 aylık zaman ölçeğinden itibaren maksimum korelasyon değerine ulaşma eğilimi gözlemlenmiş olup, bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 12-15 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri yaklaşık R=0.35 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki nispeten küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 11-14 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Selevir Baraj havzasında uzun zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.80.** Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.1.3.2.2. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.77'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



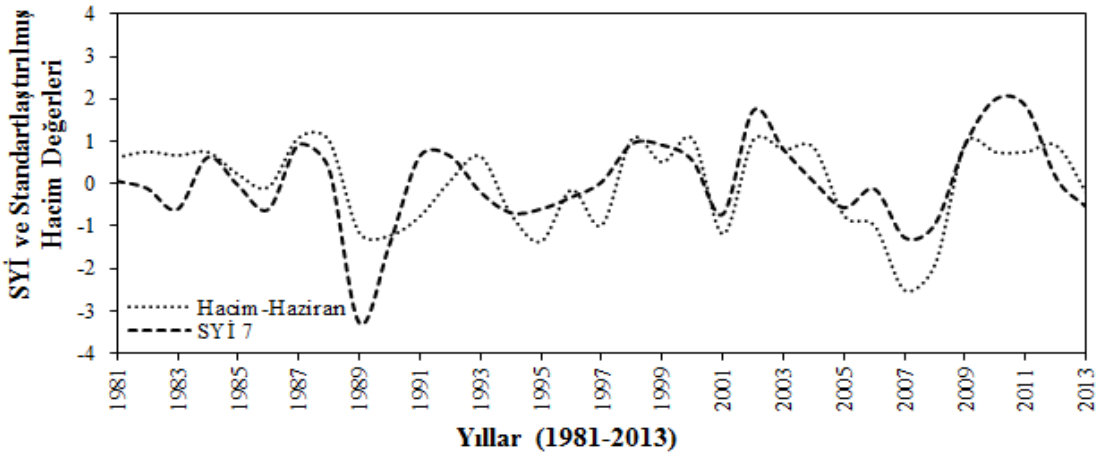

**Şekil 4.81.** Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.68) ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs), yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) bulunmuştur. İlkbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.63), yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.68), 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.66) ve 9 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.65) ve sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerine 22 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.61) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde haziran ayında 7 aylık zaman ölçeğinde (R=0.68) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle kış mevsiminde ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) korelasyon değerlerinin diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük (R≤0.39) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine aralık ayında 21 aylık zaman ölçeğinde (R=0.32), ocak ayında 22 aylık zaman ölçeğinde (R=0.28), şubat ayında 23 aylık zaman ölçeğinde (R=0.33) ve mart ayında 24 aylık zaman ölçeğinde (R=0.39) ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsimi ortasında (ekim ve kasım) 23 ve 24 aylık zaman

ölçeklerinde ve ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) 17 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.45 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.46 \leq R \leq 0.48$) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 6-24 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde (R=0.68) haziran ayında, sonbahar mevsiminde 22 aylık zaman ölçeğinde (R=0.61) eylül ayında, kış mevsiminde 23 aylık zaman ölçeğinde (R=0.33) şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde (R=0.63) mayıs ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.30 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri sonbahar mevsiminde ocak ayında ise 22 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.28) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde, en düşük korelasyon değerleri ise kış mevsiminde elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimde (ekim ve kasım) ve kış mevsiminde 1-9 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri ($R<0.25$) çok düşüktür. Fakat, maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Çalışmada, özellikle ilkbahar mevsimi sonu ve yaz mevsiminde daha kısa zaman ölçeklerinde (6-9 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca, yaz mevsiminde 13 aydan uzun zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin yüksek olduğu da dikkat çeken diğer bir noktadır. Buradan yola çıkarak havzada, 5 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.78'de 7 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile haziran ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1989, 1990, 1995, 2001, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde haziran ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



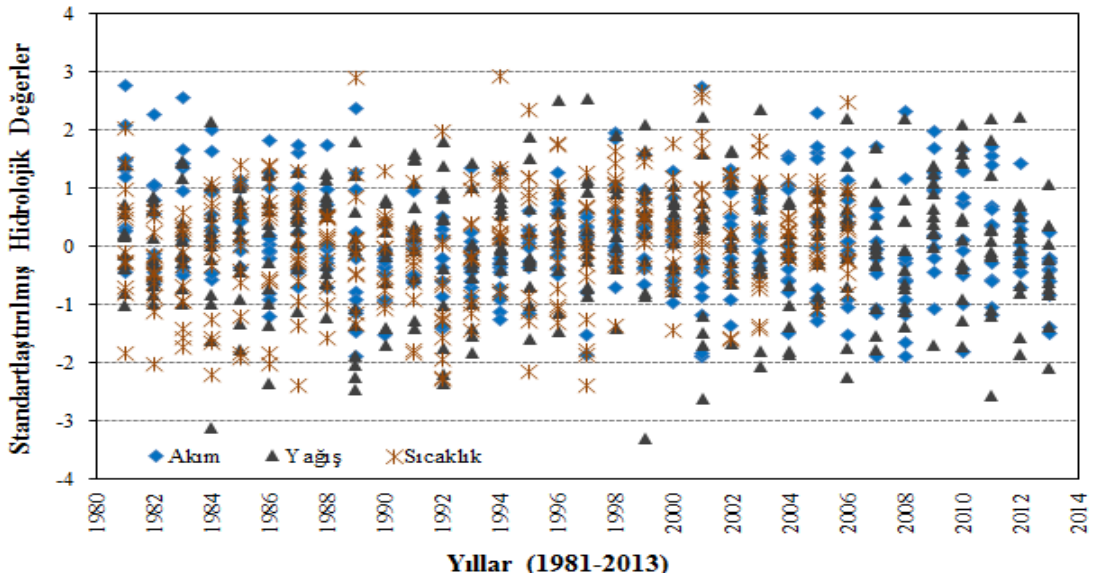

**Şekil 4.82.** Selevir Baraj Havzasında 7 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Haziran Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Selevir Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (2-3 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.46) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.80) ve en düşük maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R<0.10) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (12-15 aylık) SYİ arasında nispeten kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.35) 12-15 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı

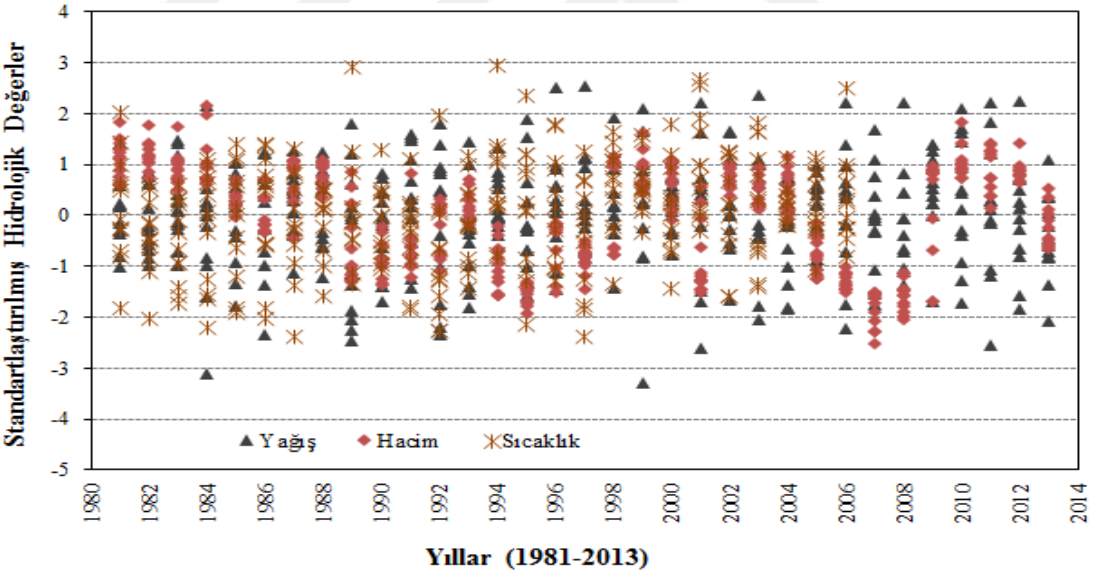
zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.68) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerine ise kış mevsiminde 22 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.28) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.79 ve 4.80'de görüldüğü gibi ay bazında 1981-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.83.** Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.84.** Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.2.1.4. Selevir Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

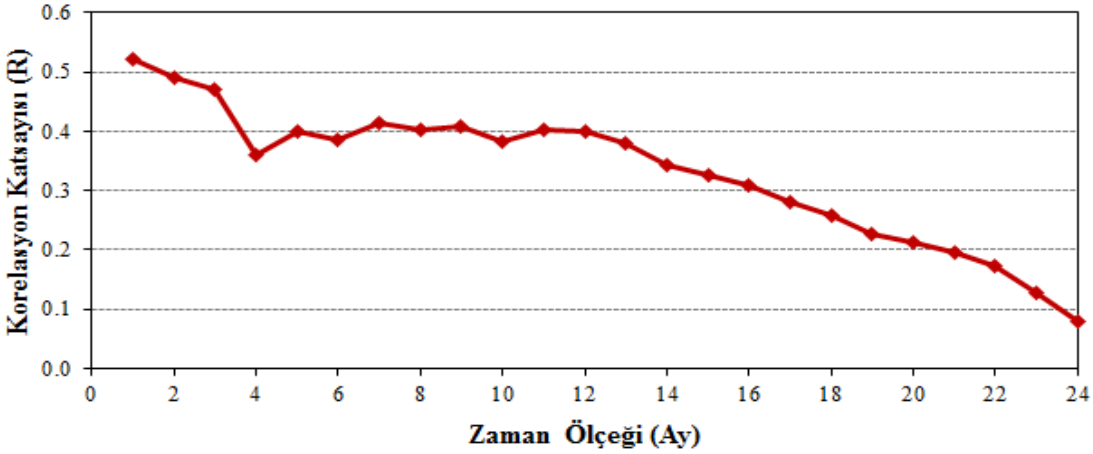
##### 4.2.1.4.1. Selevir Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.1.4.1.1. Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.81'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.52 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Selevir Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

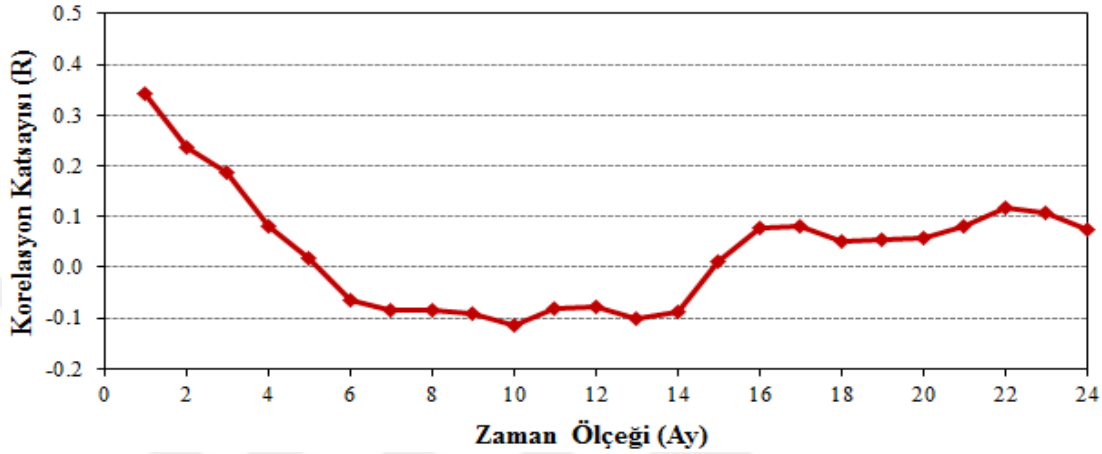



**Şekil 4.85.** Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.1.4.1.2. Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.82'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) nispeten yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.34 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada

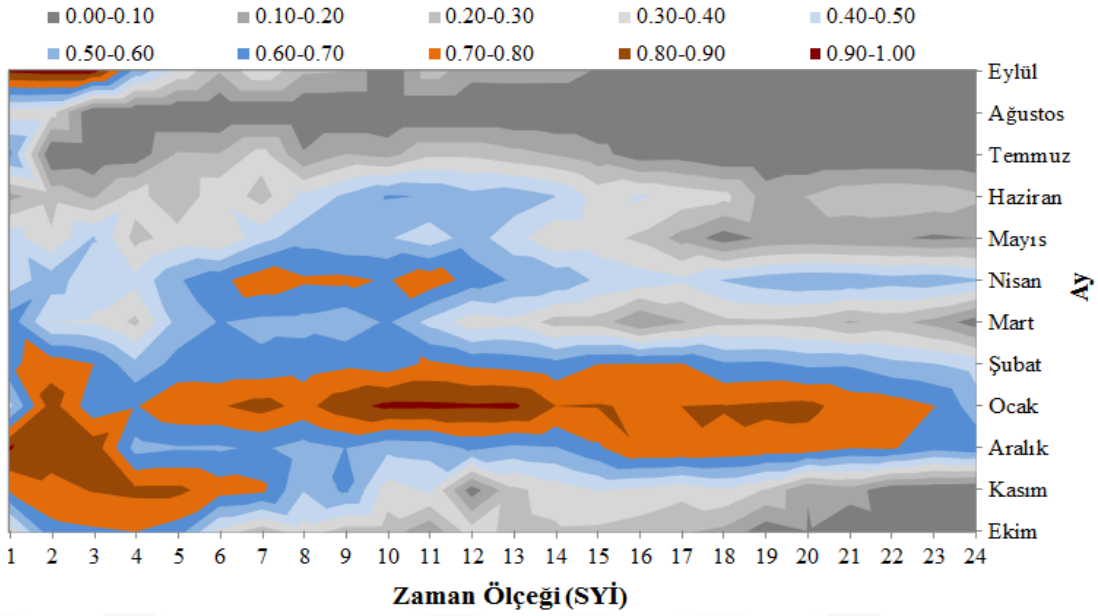
herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Selevir Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.86.** Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.1.4.1.3. Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.83'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



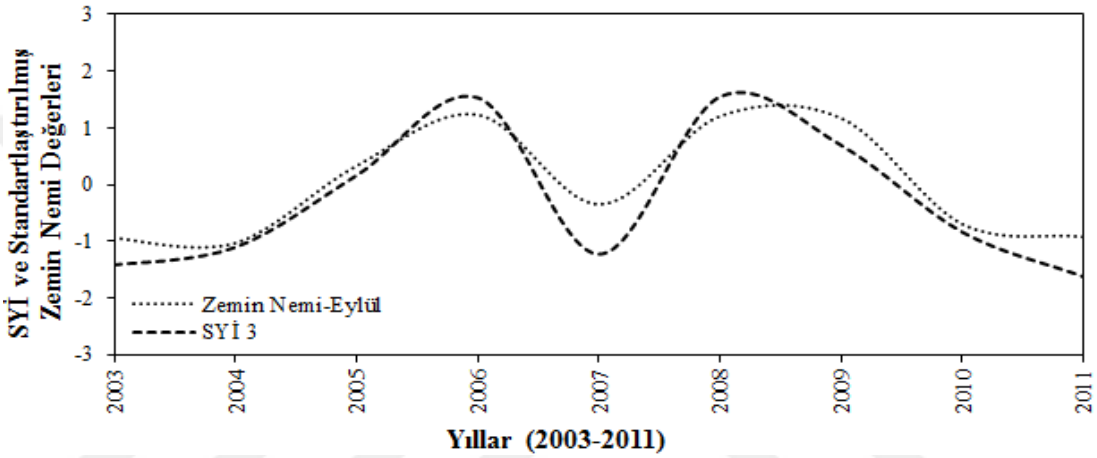

**Şekil 4.87.** Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.83'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.96$) sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım) ve kış mevsiminde (aralık ve ocak) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde eylül ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.96$) ve kasım ayında 5 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.83$), kış mevsiminde ise aralık ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.91$) ve ocak ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.85$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle yaz mevsiminde korelasyon değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine ($R>0.35$) yaz mevsiminde haziran ayında 6 aylık zaman ölçeğinde, temmuz ve ağustos aylarında 1 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.91$) elde edilmiş ve bu ayda maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerlerinde ocak ve şubat aylarında nispeten düşüş gözlemlenmiş ($R \leq 0.85$) ve maksimum korelasyon değerleri 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ve nisan aylarında korelasyon değerleri ($R \leq 0.67$) düşmeye devam etmiştir. Mayıs ayında ise, mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R < 0.52$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 1 aylık, nisan ayında 6 aylık ve mayıs ayında ise 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve ağustos ayında mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.36$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ayında 6 aylık, temmuz ve ağustos aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise eylül ayında korelasyon değerleri ciddi bir şekilde yükselerek, bu ayda tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde ($R = 0.96$) ulaşılmıştır. Ekim ayında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş ($R \leq 0.70$) göstermiş, fakat kasım ayında tekrar yükselişe ($R \leq 0.83$) geçmiştir. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyonlar ekim ayında 4 aylık ve kasım ayında 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R = 0.62$) 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde ($R = 0.96$) 3 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında, kış mevsiminde ($R = 0.91$) 1 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R = 0.67$) 6 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R = 0.65$ değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1, 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde eylül ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri ($R = 0.96$) ve yaz mevsiminde ise ağustos ayında en düşük maksimum korelasyon değeri ($R = 0.36$) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada aralık, ocak ve nisan aylarında özellikle 7 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin ($R < 0.95$) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.84'de 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile eylül ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2003, 2004, 2007, 2010 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde eylül ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde temmuz ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.

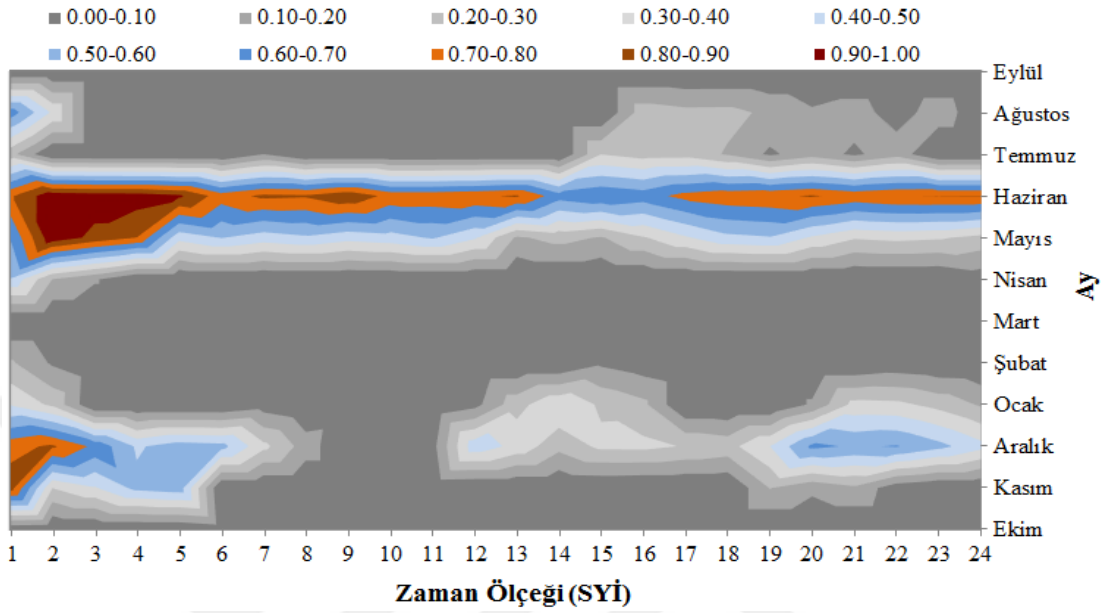



**Şekil 4.88.** Selevir Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.2.1.4.1.4. Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.85'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze

çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.89.** Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.85'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.97$) sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsimi başlangıcında (aralık), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) bulunmuştur. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.85$), kış mevsiminde aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.82$), ilkbahar mevsiminde mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.97$) ve yaz mevsiminde ise haziran ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.97$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde,

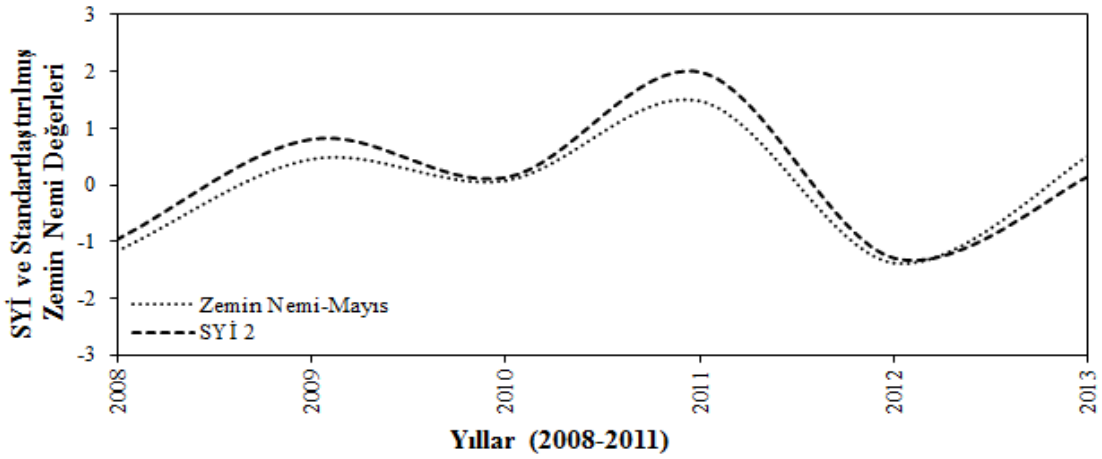
özellikle sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim), kış mevsimi sonunda (şubat), ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Özellikle eylül, ekim ve mart aylarında incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değerler aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon değerlerine ($R \leq 0.24$) sonbahar mevsiminde eylül ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ve ekim ayında 6 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde şubat ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde mart ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, yaz mevsiminde ise temmuz ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında yüksek korelasyon değerlerine ($R \leq 0.82$) ulaşılmasına rağmen, ocak ayından itibaren korelasyon değerleri düşüşe geçmiş ve şubat ayında kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.22$) görülmüştür. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar aralık ayında 2 aylık, ocak ve şubat aylarında ise 1 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri düşüşe devam etmiş ve mart ayında, tüm ayların en düşük korelasyon değerine ($R < 0.10$) 4 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle mart ayında değerlendirilen zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyonların negatif değerler aldığı görülmüştür. Nisan ayında ise korelasyon değerleri ($R \leq 0.49$) nispeten yükselerek, maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Mayıs ayında korelasyon değerleri yükselmeye devam etmiş ve tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.97$) elde edilmiştir. Bu mevsimde mart ayında 4 aylık zaman ölçeğinde, nisan ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve mayıs ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir. Yaz mevsimi başlangıcında haziran ayında da korelasyon değerleri yüksek olup ($R \leq 0.97$), bu ayda tüm mevsimlerin en yüksek maksimum korelasyon değerlerinden biri görülmüştür. Temmuz ayında ise korelasyon değerleri düşüş göstermiş ve bu ayda mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.24$) elde dilmiştir. Ağustos ayında korelasyon değerleri ($R \leq 0.66$) tekrar yükselişe geçmiştir. Bu mevsimde haziran ayında 2 aylık zaman ölçeğinde, temmuz ve ağustos aylarında ise 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, eylül ve ekim aylarında çok düşük korelasyon değerleri bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde ($R \leq 0$) elde edilmiştir.

Kasım ayında korelasyon değerleri ciddi bir yükseliş göstermiş ve mevsimin en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.85$) elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlar kasım ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.97$) 2 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.85$) 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde ($R=0.82$) 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R=0.97$) 2 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için en yüksek korelasyon değeri $R=0.80$ değerini aşmıştır. Ayrıca, tüm mevsimlerdeki en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, ilkbahar mevsiminde mayıs ayında ve yaz mevsiminde haziran ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri ($R=0.97$), ilkbahar mevsiminde ise mart ayında en düşük maksimum korelasyon değeri ($R=-0.11$) elde edilmiştir. Çalışmada, sonbahar mevsiminde eylül ve ekim aylarında, ilkbahar mevsiminde ise mart ayında korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu dikkat çekmiştir. Ayrıca, çalışmada haziran ayında özellikle 7 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin ($R<0.89$) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.86'da 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile mayıs ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2012 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde mayıs ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde nisan ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.90.** Selevir Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mayıs Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, küçük ölçekli bir havza olan Selevir Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, istasyon ölçümleri kaynaklı zemin nemi verilerinden elde edilen korelasyonların nispeten düşük çıkmasının nedeninin, verilerin değerlendirilen zaman aralıklarının kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan

karşılaştırmada 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.96) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminde ağustos ayında (R=0.36) ulaşılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım) ve kış mevsiminde (aralık ve ocak), en düşük korelasyon değerleri ise yaz mevsiminde (haziran ve ağustos) bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine ilkbahar ve yaz mevsimlerinde 2 aylık zaman ölçeğinde mayıs ve haziran aylarında (R=0.97), en düşük maksimum korelasyon değerine ise 4 aylık zaman ölçeğinde ilkbahar mevsiminde mart ayında (R=-0.11) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi başlangıcında (aralık), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs), yaz mevsimi başlangıcında (haziran) ve sonbahar mevsimi sonunda (kasım), en düşük korelasyon değerleri ise sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim), ilkbahar mevsiminde başlangıcında (mart) bulunmuştur. Her iki farklı şekilde elde edilmiş zemin nemi veri serileri için yapılan mevsimsel karşılaştırmalarda, incelenen zaman ölçeğinde elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.95 değerini aşması dikkat çekmiştir. 3 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile eylül ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile mayıs ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2003, 2004, 2007, 2008, 2010, 2011 ve 2012 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan çeşitli büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

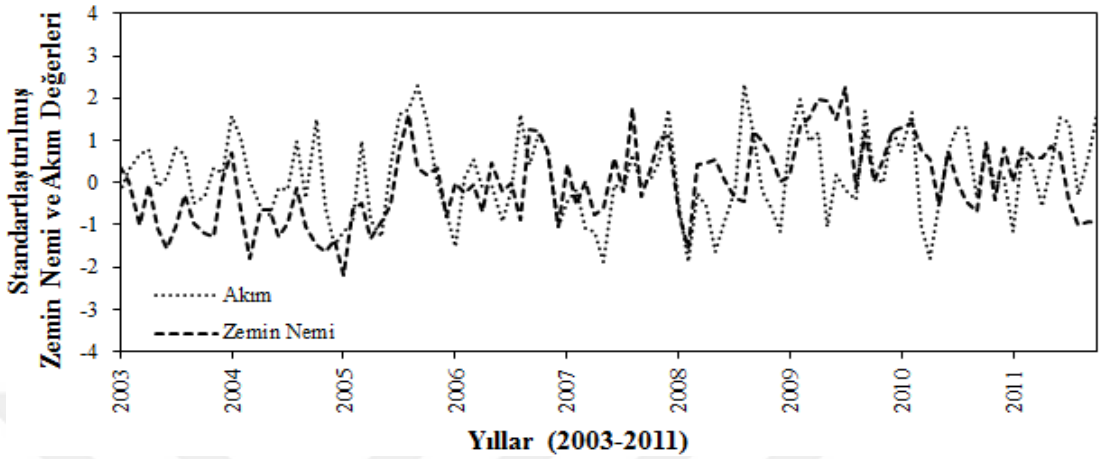
#### 4.2.1.5. Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.2.1.5.1. Selevir Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.33 elde edilmiştir. Şekil 4.87'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2004, 2005, 2007 ve 2008) yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir. Ayrıca, standartlaştırılmış aylık akım ve zemin nemi

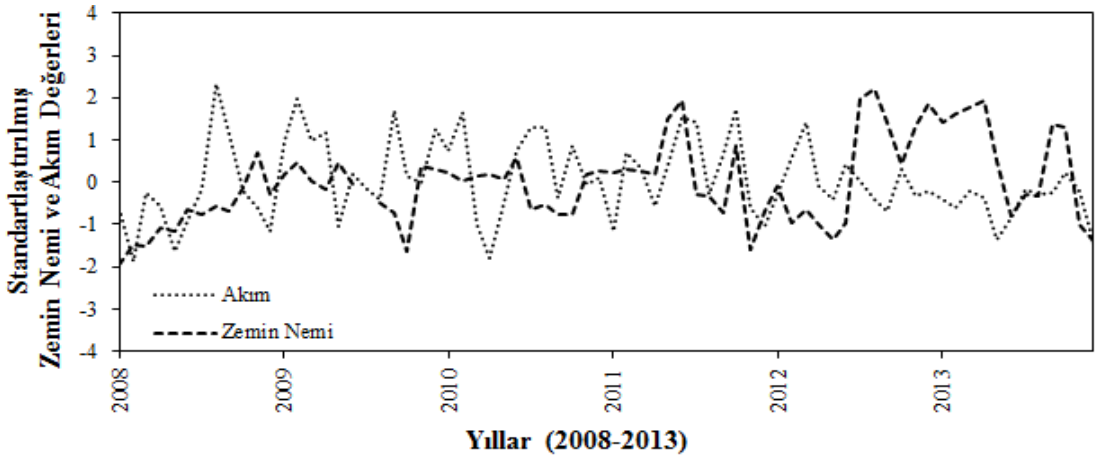
verileri zaman serisi şeklinde karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerdeki genel uyumluluğu göze çarpmaktadır.




**Şekil 4.91.** Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.2.1.5.2. Selevir Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.10 bulunmuştur. Şekil 4.88'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2013 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 ve 2013 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.



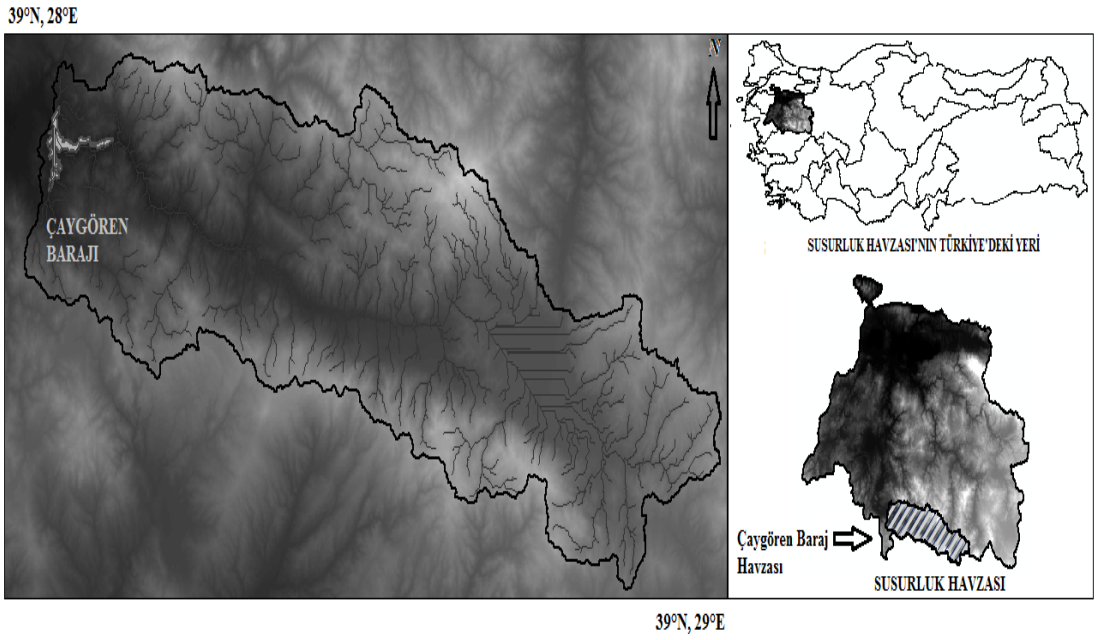

**Şekil 4.92.** Selevir Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.2.2. Çaygören Baraj Havzası

#### 4.2.2.1. Çaygören Baraj Havzası Özellikleri

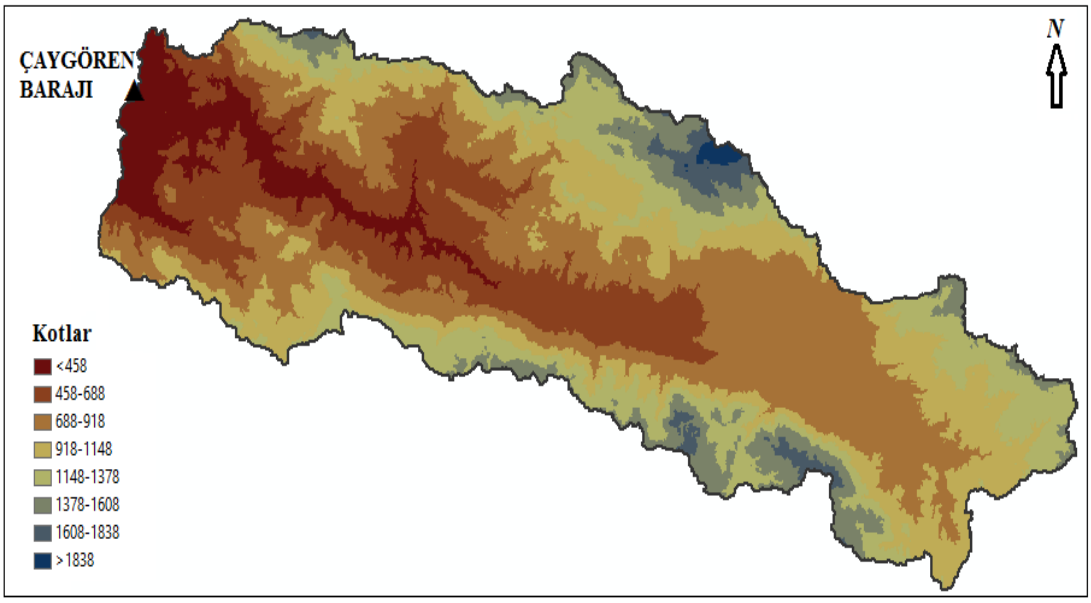
Çalışma alanı olarak seçilen Çaygören Baraj havzası, Balıkesir ilinin güneydoğusunda, Kütahya ilinin batısında ve Manisa ilinin kuzey doğusunda, 28°10'-29°12' doğu boylamları, 39°19'-39° kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Balıkesir iline bağlı Sındırgı, Kütahya iline bağlı Simav ilçelerinin büyük bölümünü ve Manisa ili Demirci ilçesinin küçük bir bölümünü içine almaktadır. Susurluk havzasının bir alt havzası olan Çaygören Baraj havzası yaklaşık olarak 1559 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.89).




**Şekil 4.93.** Çaygören Baraj Havzasının Konumu

Çaygören baraj havzası, Simav çayının Sındırgı – Simav kara yolu boyunca derin bir vadi yaparak geçtiği oldukça dik meyilli bir topoğrafyaya sahiptir [105]. Simav çayı geçtiği yerleri aşındırarak arızalı bir topoğrafyaya neden olmuştur [106]. Baraj havzasının mansabında kalan bölge etrafı yüksek ve engebeli bir topoğrafya ile

çevrilidir. Bu bölgenin kuzey batısında Ulus dağı, güneyinde Kepez ve Simav dağları bulunmaktadır [105]. Bölgede dağlık ve ormanlık alanlar hakim olmasının yanında tarım alanları da önemli yer teşkil etmektedir [106]. Havzanın memba bölgesinde ise dört yükselti arasında yer alan bir çöküntü alanı bulunmaktadır. Akdağ, Eğrigöz, Şaphane dağları ve Simav dağlarının ortasında Simav Grabeni şeklinde adlandırılan çöküntü ovası denizden 800 m. yüksekliktedir [107]. Kısa mesafelerde yükseltinin artması, bölgeye coğrafi bakımdan büyük bir zenginlik ve çeşitlilik katmaktadır [108]. Bölgenin büyük kısmı ormanların tahrip edilmesiyle ortaya çıkan antropojen step sahaları ve dağlık kısımlar kuru ormanlar ile kaplıdır [109]. Şekil 4.90'dan görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 228-2071 m aralığında değişmektedir. Havzada membadan mansaba doğru yükselti azalmaktadır. Ayrıca etrafının dağlarla çevrili olmasından dolayı havza sınırlarında yükselti fazladır, içlere doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Görüldüğü gibi havzada yükseklik farkları fazla olup, kısa mesafede de değişmektedir.



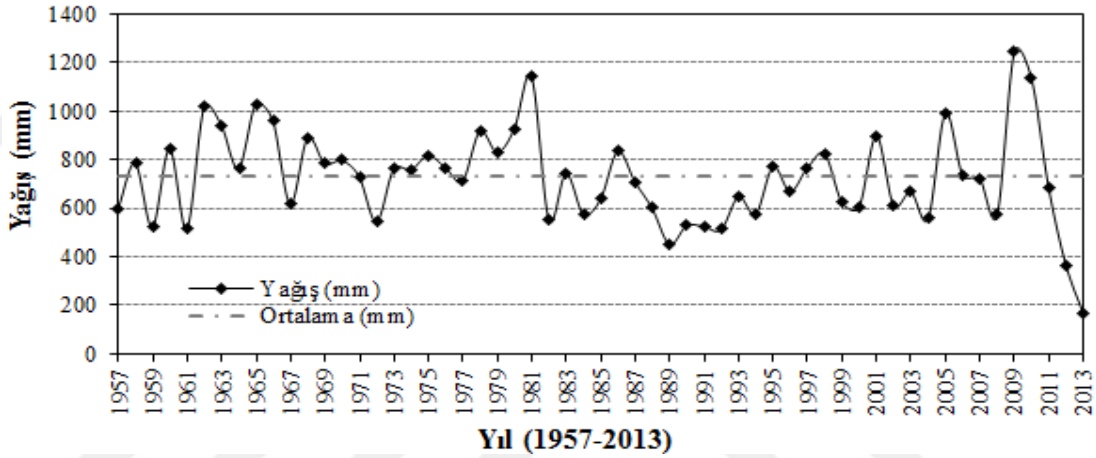

**Şekil 4.94.** Çaygören Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, etkili olan basınç sistemleri ve hava dolaşımı özellikleri ile sıcaklığın ve yağışın alana ve zamana bağlı dağılımı iklim özelliklerini belirleyen

temel etmenlerdir [105]. Havzada yükselti farklılıklarının 228-2071 m aralığında değişmesine paralel olarak da iklimsel parametrelerde de değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havzanın doğu bölümü Marmara iklim bölgesinde, batı bölümü ise Orta Batı Anadolu iklim bölgesinde yer almaktadır [92]. Havzanın memba bölgesinde genel olarak İç Anadolu bölgesinin soğuk iklimi ile Marmara ve Ege bölgelerinin ılık iklimi arasında geçiş iklimi özelliği görülmektedir. Fakat Ege, Marmara ve İç Anadolu iklimlerinin ortak özelliklerini taşımakta olsa da bölgede karasal iklim özelliği daha ağır basmaktadır [107]. Havzada membadan mansaba doğru gidildikçe sıcaklık bakımından Marmara geçiş iklimi, yağış bakımından ise yağışın mevsimlere göre farklı dağılım gösterdiği Akdeniz yağış rejimi özellikleri görülmektedir. Ayrıca yağış rejimi Akdeniz iklimini yansıtsa da bölge denizden uzak ve iç kesimlerde yer aldığından dolayı sıcaklık değerleri açısından Akdeniz iklimi özelliklerini yansıtmaz. Havzada kış mevsimi sıcaklıkları eksi değerlere düşmeyerek aşırı soğuk geçmemekte ve yağışlar nisan ayına kadar devam etmektedir. Yaz kuraklığının belirgin olarak hissedildiği havzada yağışın en az olduğu aylar temmuz ve ağustos aylardır. Görülen yağışların temel sebebi ise cephesel yağışlardır. Kış mevsiminde Türkiye'yi çevreleyen denizler üzerinde frontal faaliyetler etkili olup, batıdan doğuya doğru yer değiştiren cephesel depresyonlar havzada kış mevsimlerinin yağışlı geçmesine neden olmaktadır [105]. Sonuç olarak, havzanın memba bölümü iç kesimlerde kaldığı için karasal iklimin yayılış alanlarından etkilenmekte olup, membadan mansaba doğru gidildikçe sıcaklıkların artmasıyla ılıman iklim etkisi görülmektedir. Bu sebeple bölgenin membasından mansabına doğru iklim elemanlarının ortalama değerleri değişiklik göstermektedir.

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1957-2013 yılları arasında ölçüm yapan Simav, Dursunbey, Akhisar meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havza, Ege bölgesinden Marmara bölgesine doğru ince uzun şekilde uzanmasından dolayı havzanın memba ve mansabındaki yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir (Örneğin; Simav'da 812 mm iken, Akhisar'da 573 mm'ye düşmüştür). Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 170 mm iken maksimum yağış 2009 yılında 1243 mm olarak bulunmuştur. Bu da havza da genellikle Ege, Marmara ve İç Anadolu iklimlerinin

ortak özelliklerini taşıyarak yağış rejimi bakımından membadan mansaba doğru farklılık göstermesinden kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakarsak eğer, yıllık ortalama yağış 729 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.91'de havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıklarının uzun dönemler halinde devam ettiği, genel olarak da ortalama yağışın üzerinde yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.95.** Çaygören Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.17'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Ayrıca, kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsim ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.20.** Çaygören Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 109.3 | 93.8 | 78.4 | 65.9 | 46.8 | 26.5 | 11.8 | 8.9 | 23.2 | 47.5 | 83.3 | 133.5 | ***728.9*** |

Havzanın güneyinde sıcaklık, kuzeyine göre daha fazladır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 12.1 ºC'dir. En sıcak aylar, temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 21~23 ºC olmakla beraber ocak ve şubat aylarında sıcaklık 2~3 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir. Mevsimlere ait ortalama sıcaklık değerleri membadan mansaba doğru gidildikçe yaklaşık 2~4 ˚C artmaktadır. Örneğin mansap bölgesinde kış ayları karasal iklimin yayılışından etkilendiği için daha soğuk olmakla beraber memba bölgesinde Marmara geçiş ikliminden etkilenerek sıcaklık değerleri artmaktadır. Aynı şekilde yaz mevsiminde de ortalama sıcaklık değerleri memba bölgesinde daha düşükken, mansap bölgesinde daha yüksektir. Özellikle ılıman iklim yayılışından etkilenen havzada sıcaklık kış mevsimlerinde eksi değerlere düşmemekte ve yaz kuraklığı belirgin bir şekilde görülmektedir. Genel olarak havzada yükseltinin kısa mesafelerde değişmesi, dağlık alanların fazla olması ve cephesel yağışlar sebebiyle yaz ve kış mevsimlerindeki ortalama yağış değerleri ile sıcaklık değerleri birbirinden çok farklılık göstermektedir.

Simav çayı, Simav ilçesi yakınındaki Şaphane dağlarından doğarak Susurluk ovasından kuzeye yönelir ve irili ufaklı birçok dere ile birleşerek Karacabey ilçesinden Marmara denizine dökülür. Simav çayı üzerinde 1968 yılında sulama ve enerji amaçlı olarak hizmete alınan Çaygören Barajı, normal su kotunda 7 $km^2$ göl alanına ve 130 $hm^3$ göl hacmine sahip olup, toplam kurulu gücü 4.6 MW'dır [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 8.29 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 85.75 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0.09 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri

arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.18'de verilmiştir.

**Çizelge 4.21.** Çaygören Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Çaygören Baraj Havzası** | 1957-2013 | 1980-2013 | 1980-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |

### 4.2.2.2. Çaygören Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

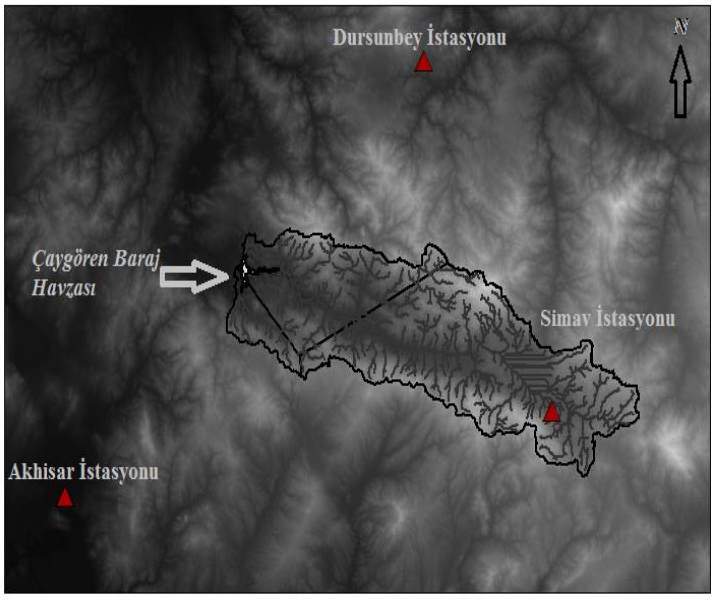
#### 4.2.2.2.1. Çaygören Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada görülen havza çevresinde yer alan 3 adet meteoroloji istasyonu (Simav, Dursunbey, Akhisar) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.19'da verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.22.** Çaygören Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Simav | 39.09 | 28.98 | 805 | 812 |
| **2** | Dursunbey | 39.58 | 28.63 | 637 | 567 |
| **3** | Akhisar | 38.91 | 27.82 | 92 | 573 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 3 adet meteoroloji istasyonuna ait 1957-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.92'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.20'de görülmektedir.



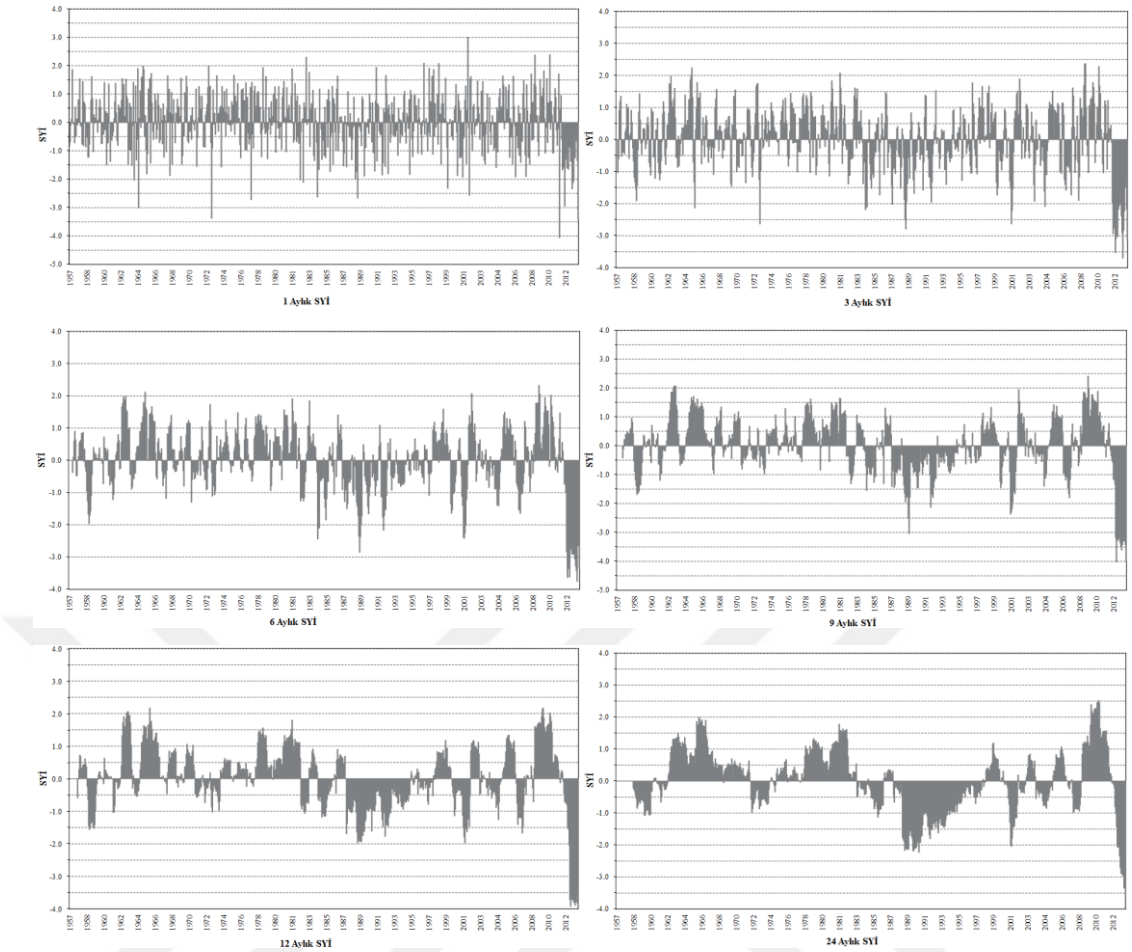

**Şekil 4.96.** Çaygören Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

**Çizelge 4.23.** Çaygören Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Simav | 0.99 |
| **2** | Dursunbey | 0.89 |
| **3** | Akhisar | 0.87 |

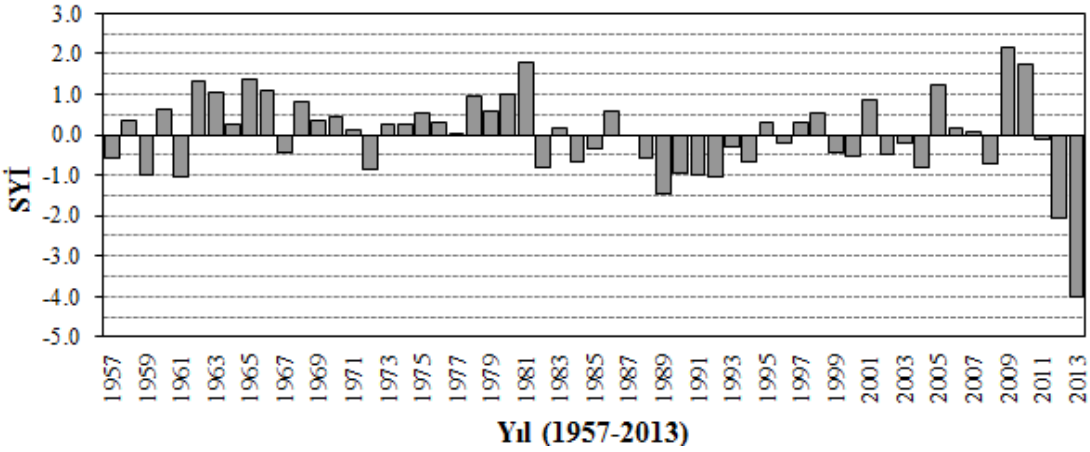
#### 4.2.2.2.2. Çaygören Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.93'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 3.5 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 7.5 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 16 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.97.** Çaygören Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

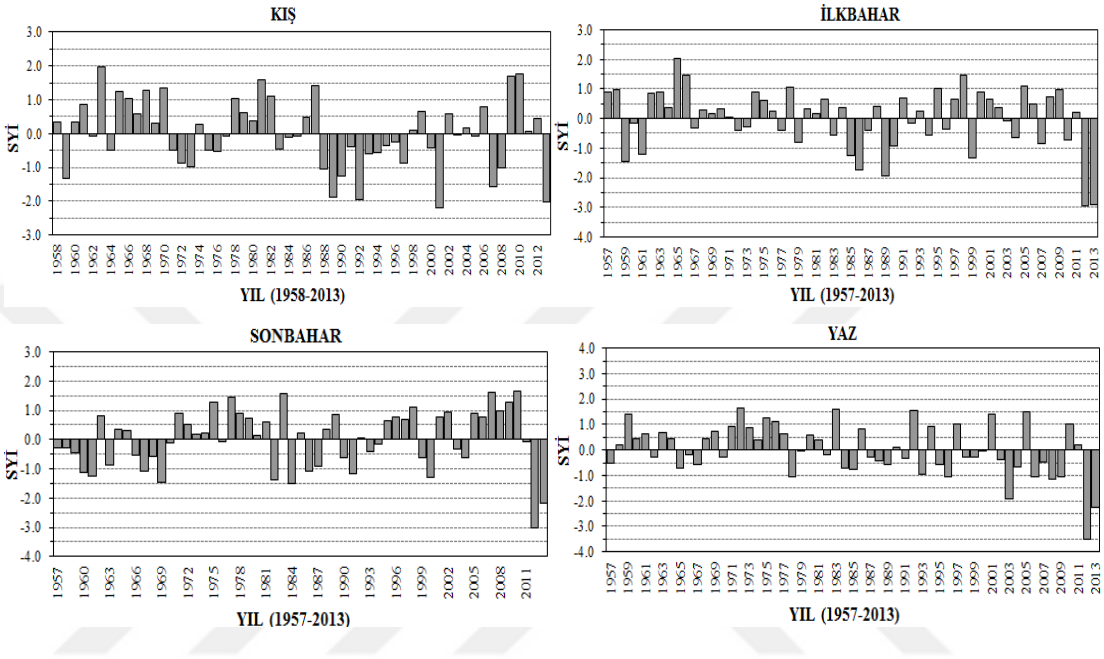
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1957-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.94'de görüldüğü gibi toplamda 57 yılda 26 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların şiddetlerine göre dağılımı 2 aşırı kurak, 4 orta derecede kurak ve 20 normale yakın biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2 yıl olup, 1988-1994 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 8 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.37 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -4.01 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1984-1985, 1988-1994, 1999-2000, 2002-2004 ve 2011-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı şiddetlerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmekte olup havzada şiddetli kuraklıkların yaşanmadığı dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.98.** Çaygören Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.95'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirinden farklı değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 29 yıl, ilkbahar mevsiminde 24 yıl, yaz mevsiminde 30 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 27 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar her mevsimde 2 yıl boyunca yaşanmıştır. Ayrıca çok kuraklıklar en fazla kış mevsiminde, orta derecede kuraklıklar en fazla sonbahar mevsiminde ve normale yakın şiddetli kuraklıklar ise en fazla yaz mevsiminde yaşanmıştır. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri birbirlerine yakın değerlere ((-0.39~-0.41)) sahip olup, ortalama kuraklık süresi bakımından da birbirinden farklı değerler göstermektedir. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.42) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.5) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 3 ile 10 yıl arasında değişmekte olup, sadece en uzun süre kış mevsiminde 1988-1997 yılları arası 10 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 57 yılda hemen her mevsim farklı

şiddetlerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Burada ayrıca özellikle kış mevsiminin ortalama kuraklık süresi, ortalama kuraklık şiddeti ve maksimum kuraklık süresi değerlerinin yaz mevsimine göre daha fazla olması ve çok kuraklıkların daha fazla görülmesi dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.99.** Çaygören Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1957-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Çaygören Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1957-1959 yılları arasında kurak ve sulak dönemler beraber görülmektedir. Görülen kuraklıklar normale yakın ve orta derecede kuraklık olup, bu dönemde ülke

genelinde de şiddetli kuraklıklar yaşanmamıştır. Bu yıllardan itibaren yağışların artması ile beraber havzada sulak bir döneme geçiş olmuştur. 1960'lı yıllar, havza için genel olarak sulak geçen bir dönem olmuş ve şiddetli kuraklıklara rastlanılmamıştır. Havzada sadece 1961 yılında orta derecede kuraklık ve 1967 yılında ise normale yakın kuraklık yaşanmıştır. 1960'lı yıllar ülke genelinde de sulak geçen bir dönem olmuştur. 1970'li yıllarda ise havza genelinde sulak geçen bir dönem olmuştur. Ülkede 1971-1974 ve 1977 yıllarında şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen, havza ülkede görülen şiddetli kuraklıklardan sadece 1972 yılında görülen kuraklıktan etkilenmiştir. Yine bu yılda da havzada normale yakın kuraklık görülmüştür. 1980'li yıllara gelindiğinde, 1987 yılına kadar kurak dönemler ile sulak dönemler beraber görülmüş, fakat ardı sıra gelen uzun süreli kurak veya sulak dönemler olmamıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar ise normale yakın kuraklıklardır. 1983-1984 yılları arasında ise ülkede görülen şiddetli kuraklıklardan havza, sadece 1984 yılında yaşanan kuraklıktan etkilenmiştir. Havzada ortalama sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber kurak dönemler başlamış, kuraklık sıklıkları ve büyüklüklerinde artış meydana gelerek 1988-1994 yılları arası uzun süreli kuraklık görülmüştür. Bu dönemde görülen kuraklıklar normale yakın ve orta derecede kuraklıklar olup, özellikle 1989-1991 yılları arasında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Yaşanan kuraklıkların ardından, 1995 yılında havzada sulak dönemler başlamış ve 1998 yılına kadar devam etmiştir. Bu dönemde sadece 1996 yılında normale yakın kuraklık görülmüş olup, bu yılda ülke genelinde şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. 1999-2004 yılları arasında ise, sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Burada yine ülke genelinde hakim olan 1999 ve 2000 yıllarındaki şiddetli kuraklıklardan havza normale yakın kuraklık yaşayarak etkilenmiştir. 2005 yılından 2010 yılına kadar yağışlarda artış meydana gelmiş ve bu dönemde havzada sulak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde havzanın özellikle 2007 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan hiç etkilenmeyip, sadece 2008 yılında normale yakın kuraklık yaşayarak etkilendiği dikkat çekmiştir. 2011-2013 yılları arasında göz önüne alınan süre içerisinde havzada ilk defa aşırı kuraklıklara rastlanmıştır. Bu dönemde, sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamış ve özellikle ortalama sıcaklıklarda artma eğiliminin olmasından ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalmasından dolayı son dönemlerde kuraklık

büyüklüklerinde çok fazla artış gözlemlenmiştir. Sadece 2011 yılında havzada normale yakın kuraklık görülmüştür. Fakat 2012 ve 2013 yıllarında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber kuraklık büyüklüklerinde çok fazla artış olmuştur. Özellikle 2013 yılında görülen aşırı kuraklık ise, ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucu olduğu düşünülmektedir.

Çaygören Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda havzada yağış eksikliğine bağlı olarak çok kuraklıklara hiç rastlanmamış olup, aşırı ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada, normale yakın kuraklık sıklıklarının ve sulak dönemlerin daha fazla hakim olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, kurak ve sulak dönemler bazı dönemlerde periyodiklik izlemektedir. Bunun yanında, her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla kış ve yaz mevsimlerinde görülmesi ile birlikte bütün mevsimlerde birbirinden farklı değerler göstermiştir. Havzada özellikle 2003, 2012 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar yaşanmıştır. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen, havzada 2012 yılına kadar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Bunun yanında, dikkat çeken diğer bir nokta ise son yıllarda özellikle 2012 ve 2013 yıllarında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu havzada aşırı kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüklerinin artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmiştir.

#### 4.2.2.3. Çaygören Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.2.2.3.1. Çaygören Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

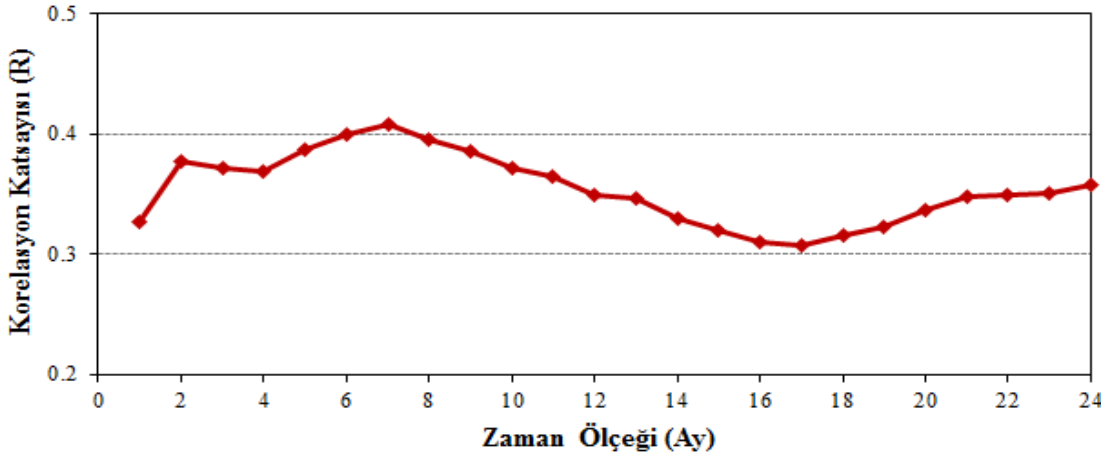
Çaygören Baraj havzasında 1980-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 8.29 $m^3/s$ iken maksimum akım 85.75 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0.09 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan

değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.99 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Çaygören barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen ortalama nehir akımlarının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerlerinin yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.2.3.1.1. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

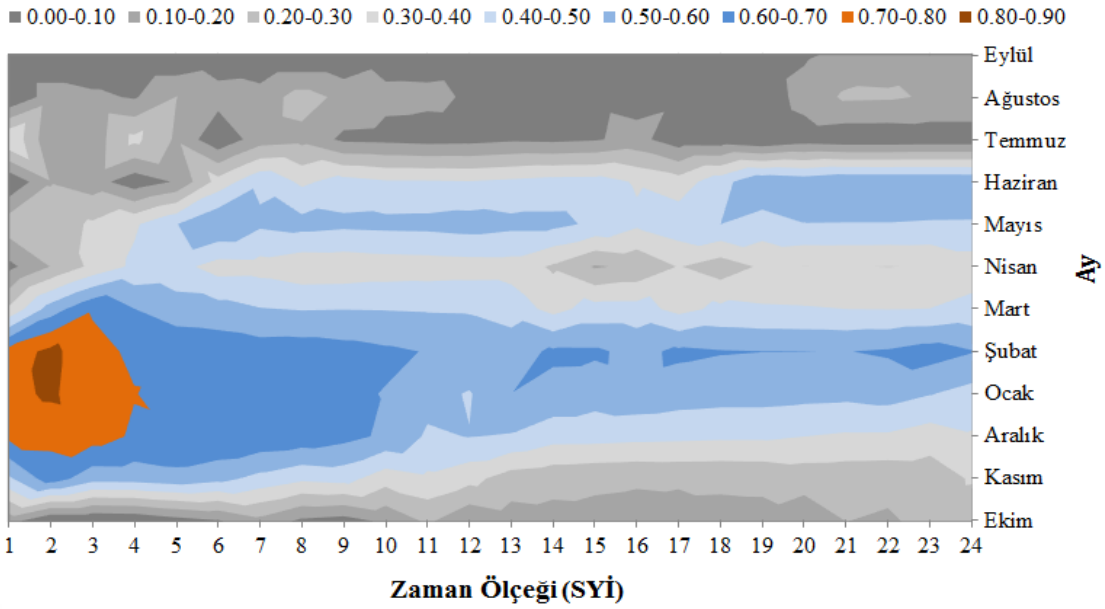
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.96'da gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (6-8 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.41) 7 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 6 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Çaygören Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.100.** Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.2.2.3.1.2. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.97'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.101.** Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R>0.80$) kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında $R=0.82$ ve şubat ayında $R=0.83$ olarak elde edilmiştir. Maksimum korelasyon değerleri ($0.65\leq R<0.85$) 2 ve 3 aylık zaman ölçeklerinde sonbahar mevsimi sonundan (kasım) başlayarak kış mevsimi sonuna (şubat) kadar yükseliş göstermiş ve kış mevsiminin sonunda (şubat) 2 aylık zaman ölçeğinde en yüksek korelasyon değerine ulaşmıştır. Maksimum korelasyonlar aralık ayında 3 aylık zaman ölçeğinde, kasım, ocak ve şubat aylarında ise 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. İlkbahar mevsiminde ise maksimum korelasyon değerlerinin bulunduğu zaman ölçeğinde artma ve maksimum korelasyon değerlerinde düşüş görülmüştür. Maksimum korelasyon değerleri mart ayından başlayarak nisan ve mayıs aylarını takiben kış mevsimindeki daha yüksek korelasyon değerlerinin görüldüğü aylara göre nispeten düşüş gösterdiği ($R<0.70$) ve maksimum korelasyon değerlerinin bulunduğu zaman ölçeğinde artış olduğu dikkat çekmiştir. Mart ve mayıs aylarında maksimum korelasyon değeri $R=0.60$ değerini aşmış, fakat nisan ayında diğer aylara göre daha düşük korelasyon değeri ($R>0.40$) elde edilmiştir. Burada maksimum korelasyonlar martta 3 aylık, nisanda 5 aylık ve

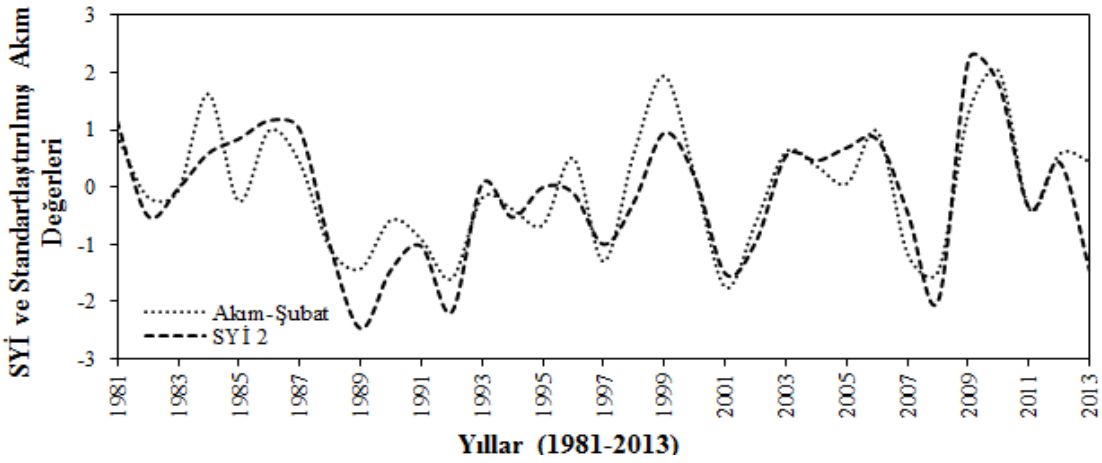
mayısta 6 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Bu mevsimde korelasyon değerleri kış mevsimine göre nispeten daha düşüktür. Korelasyon değerleri yaz mevsimi başından itibaren (haziran) daha da düşmeye ($R<0.40$) devam ederek, sonbahar mevsimi başında (eylül) en düşük seviyelere indiği gözlemlenmiştir. Burada maksimum korelasyonlar haziranda 6 aylık, temmuzda 1 aylık ve ağustosta 5 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Eylül ayında maksimum korelasyon değeri 6 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Ekim ayında ise maksimum korelasyon değeri nispeten yükselerek 1 aylık zaman ölçeğinde $R=0.10$ değerini aşmıştır.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise yüksek korelasyon değerleri ($R\geq0.65$) kış mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında $R=0.68$, ocak ayında $R=0.65$ ve 8 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında $R=0.65$ olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerleri kış mevsiminde görülmüştür. İlkbahar mevsiminden yaz mevsimi başına (haziran) kadar korelasyon değerleri kış mevsimine göre nispeten düşüş ($0.45<R<0.55$) göstermiş ve her ayda maksimum korelasyon değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Ayrıca maksimum korelasyon değerlerinin bulundukları zaman ölçeklerinde değişme olmamıştır. Bu dönemde, maksimum korelasyonlar yine 7 ve 8 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sadece, nisan ayında diğer aylara göre daha düşük korelasyonlar ($R>0.30$) görülmüştür. Yaz mevsimi ortasından (temmuz) sonbahar mevsimi ortasına kadar (ekim) korelasyon değerleri ($R<0.40$) diğer mevsimlere göre daha da düşmüştür. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlara 7 ve 8 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılırken, sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) 11 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsimi başında (eylül) maksimum korelasyon değeri 12 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Buradan görüldüğü gibi kısa zaman ölçeklerinde maksimum korelasyonlar 1-6 aylık zaman ölçeklerinde, uzun zaman ölçeklerinde maksimum korelasyonlar 7-12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak göz önüne alındığında en yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.40$), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.65$), kış

mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.83) ve ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.69) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri R=0.40 değerini aşmıştır. Çalışmada özellikle kış mevsiminde en yüksek korelasyonların görülmesi ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu (R<0.20) ayında eylül ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.98'de ise 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği şubat ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1988, 1999, 1992, 1997, 2001 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde ocak ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.102.** Çaygören Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

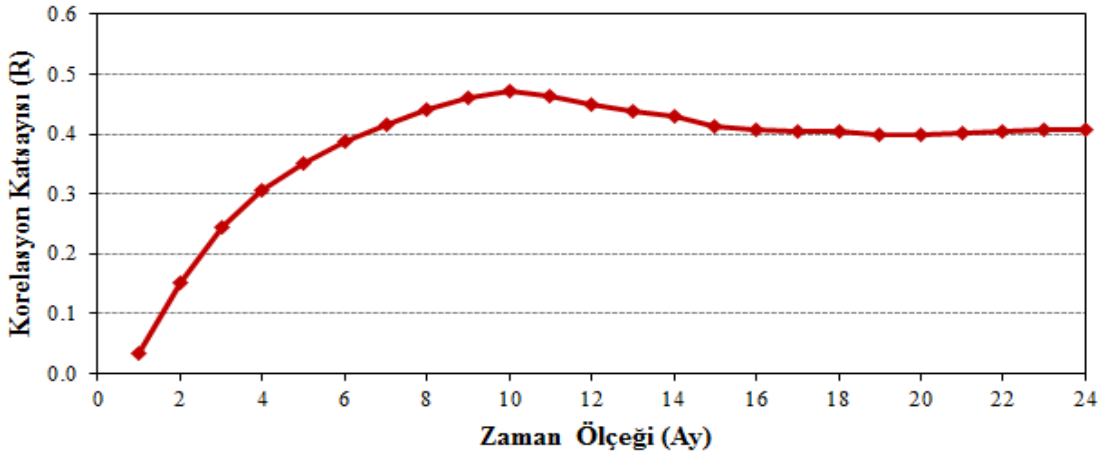
#### 4.2.2.3.2. Çaygören Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çaygören Baraj havzasında 1980-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Çaygören barajı normal su kotunda 130 $hm^3$ göl hacmine ve 7 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.08 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

##### 4.2.2.3.2.1. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

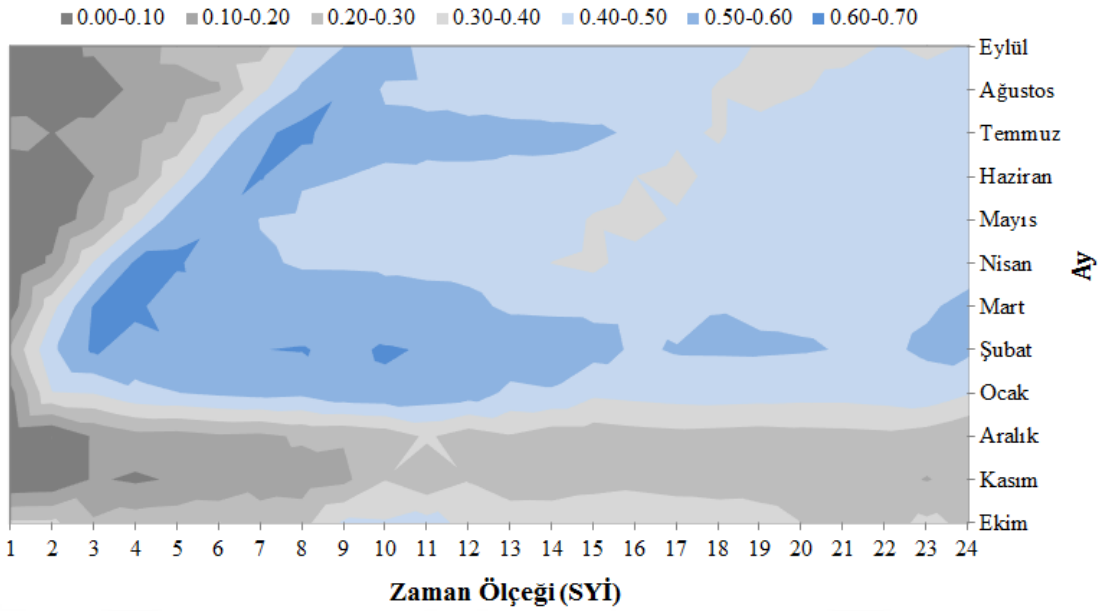
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.99'da gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (9-11 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.47) 10 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 9 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Çaygören Baraj havzasında 1-11 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 11 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.103.** Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.2.3.2.2. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.100'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.

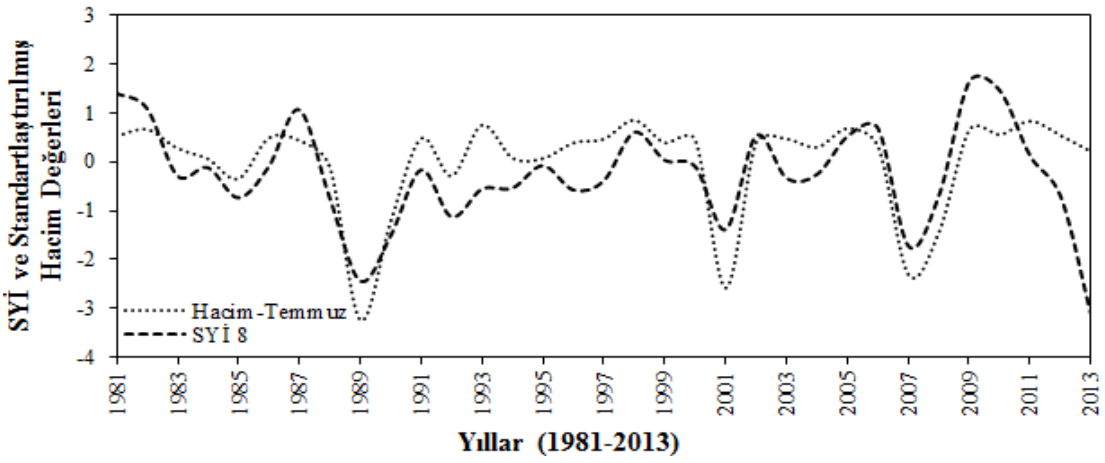



**Şekil 4.104.** Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerine yaz mevsiminde (R=0.634) 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ulaşılmaktadır. Özellikle maksimum korelasyon değerleri (R≥0.55) yaz mevsiminde, ilkbahar mevsiminde, kış mevsiminde (ocak ve şubat) ve sonbahar mevsiminde (eylül) 3-10 aylık zaman ölçeklerinde görülmekte olup, böylelikle her mevsimde (ekim, kasım ve aralık hariç) maksimum korelasyon değerlerinin R=0.55 değerini aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca genel olarak bu aylarda maksimum korelasyon değerleri (0.55≤R<0.65) birine yakın çıkmıştır. Sonbahar mevsiminde eylül ayından ekim ayına geçince korelasyon değeri (R<0.45) uzun zaman ölçeklerinde biraz daha düşüş göstermiştir. Fakat sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) korelasyon değerlerinin diğer aylara göre en düşük (R<0.32) seviyelere indiği ve maksimum korelasyon değerlerinin 10 ve 11 aylık zaman ölçeklerinde değiştiği belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değeri (R<0.30) kasım ayında 10 aylık zaman ölçeğinde ve aralık ayında 11 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye inmektedir.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 3-11 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.634) temmuz ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.55) eylül ayında, kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde (R=0.62) şubat ayında, ilkbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde (R=0.63) mart ayında ulaşılmaktadır. Çalışmada özellikle yaz mevsiminde uzun zaman ölçeklerinde diğer mevsimlere göre yüksek korelasyonların görülmesi fakat 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin düşük olması dikkat çekmiştir.

Şekil 4.101'de 8 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile temmuz ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1989, 1990, 2001, ve 2007 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde temmuz ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



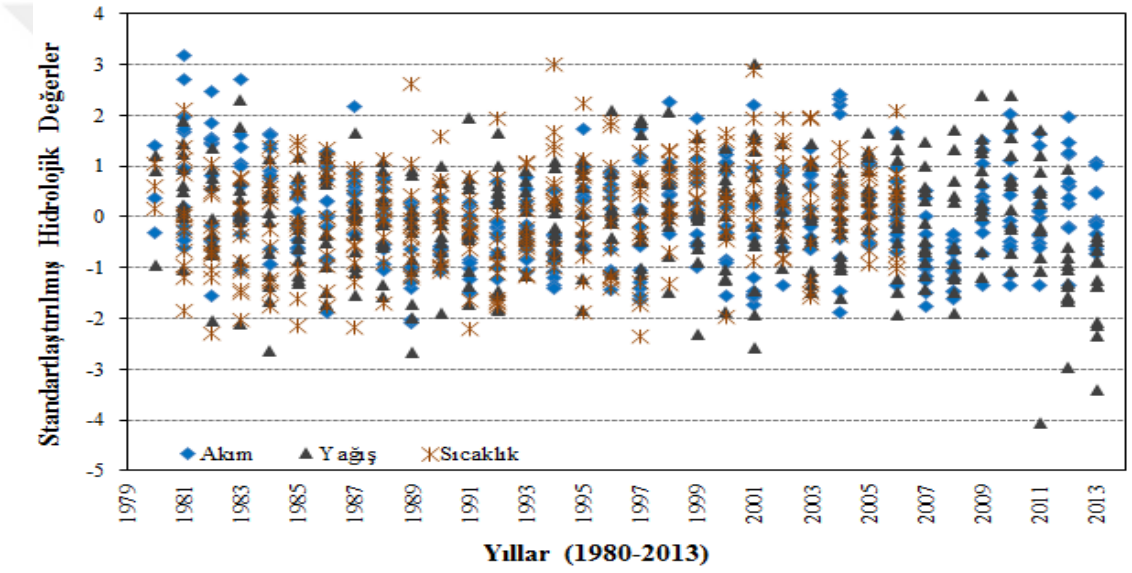

**Şekil 4.105.** Çaygören Baraj Havzasında 8 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Çaygören Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Sürekli veriler şeklinde ele alınarak yapılan karşılaştırmadan elde edilen bulgulara göre, standartlaştırılmış nehir akımı ile kısa ve uzun zaman ölçekli (6-8 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Maksimum korelasyon (R=0.41) 7 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiş olup, zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise daha öncede bahsedildiği gibi mevsimsel farklar ortaya çıkmıştır. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.83) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 12 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.10) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ve farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerlerinin sürekli veriler olarak ele alınarak karşılaştırılması sonucunda ise maksimum korelasyona uzun zaman ölçekli (9-11 aylık) SYİ arasında nispeten kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.47) 10 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.63) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.30) ulaşılmıştır.

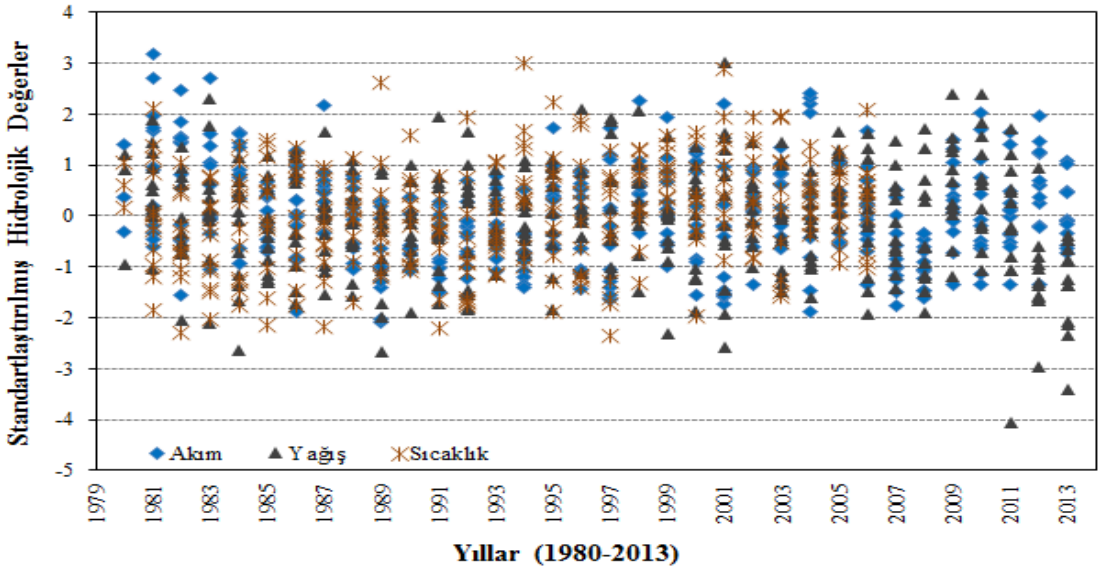
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde

görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.102 ve 4.103'de görüldüğü gibi ay bazında 1980-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.106.** Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.107.** Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.2.2.4. Çaygören Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

#### 4.2.2.4.1. Çaygören Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza

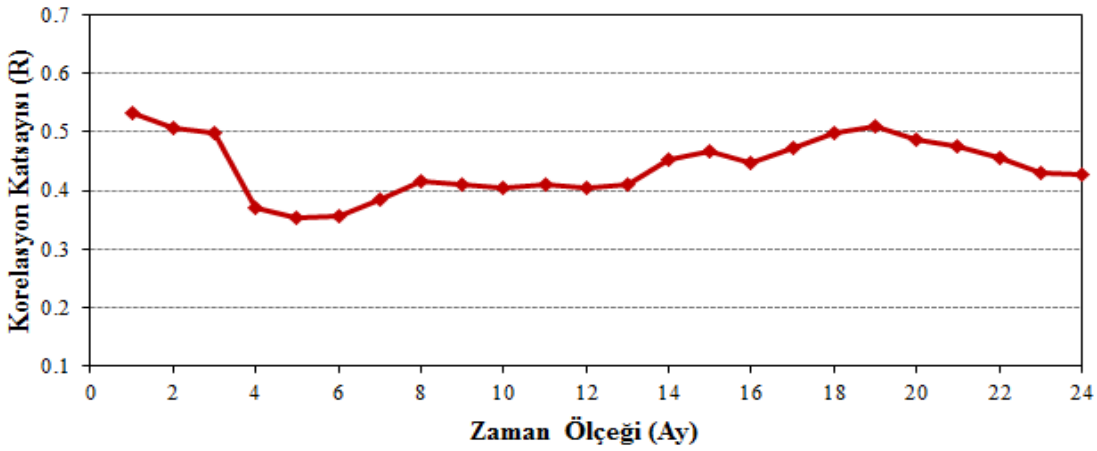
merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.2.4.2.2. Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.104'de gösterilmiştir. Bilindiği üzere 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Böylece zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.53 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Çaygören Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış

zemin nemi arasında nispeten kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

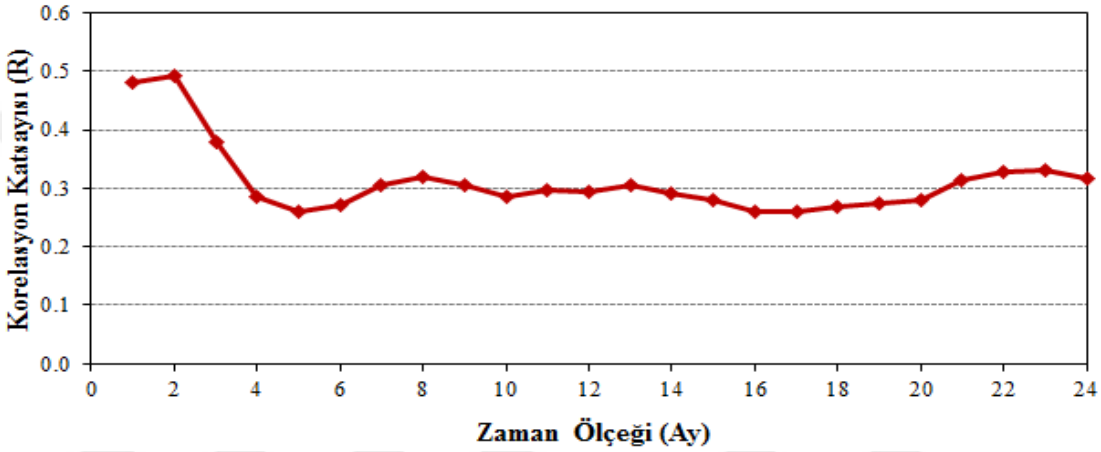



**Şekil 4.108.** Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.2.4.1.2. Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.105'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Yapılan çalışmada, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar

kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde R=0.49 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Çaygören Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek daha da zayıfladığı görülmüştür.

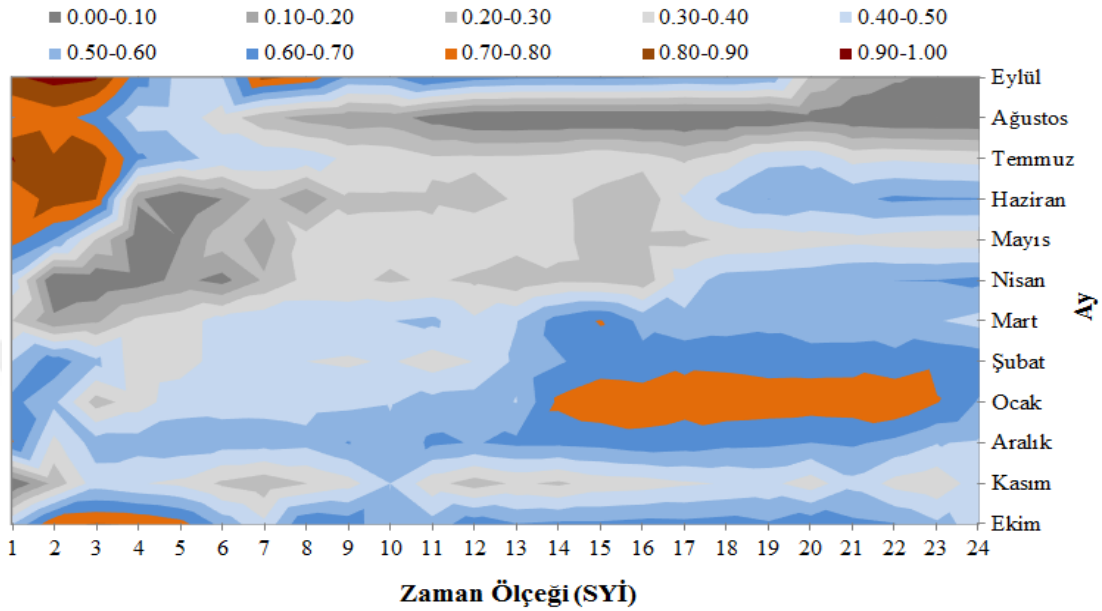



**Şekil 4.109.** Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.2.4.1.3. Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.106'da uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman

ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.110.** Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için yapılan 1-24 aylık zaman ölçekleri incelenmiş fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece mart ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunarak R=0.45 değerini aşmıştır. Şekil 4.106'da görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri (R>0.90) sonbahar mevsimi (eylül) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) görülmektedir. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.94) ve yaz mevsiminde maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.91) elde edilmiştir. Özellikle ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve sonbahar mevsimi sonunda (kasım) korelasyon değerleri (R<0.47) nispeten diğer

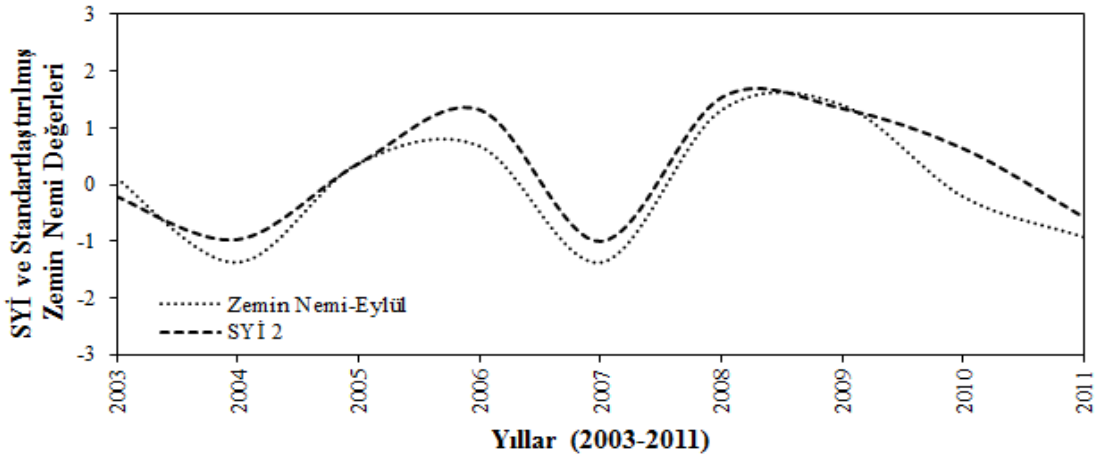
aylara göre daha düşük çıkmıştır. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon 3 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.45), ilkbahar mevsiminde ise maksimum korelasyonlar 6 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.44) ve 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.46) elde edilmiştir.

Mevsimsel olarak bakıldığında, sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) 2 aylık zaman ölçeğinde (R>0.90) en yüksek değere ulaşan olan maksimum korelasyon, 3 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında nispeten düşüş (R>0.80) göstermiş ve kasım ayında ise sonbahar mevsiminin en düşük korelasyonları (R>0.45) görülmüştür. Değerlendirilen zaman aralığında kış mevsiminde korelasyon değerleri sonbahar mevsimine (eylül ve ekim) göre daha düşüktür. Kış mevsimi başlangıcında (aralık) kasım ayına göre artış (R>0.70) gösteren maksimum korelasyon değerleri, ocak ve şubat ayında düşüş (R>0.62) göstererek 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde bulunmuştur. Burada kış mevsiminde özellikle 14 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (0.60<R>0.76) görülmesi dikkat çeken bir durumdur. İlkbahar mevsiminde ise korelasyon değerleri daha da düşerek mart ayında 6 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değeri (R<0.45) en düşük seviyeye inmiştir. Nisan ayında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon nispeten biraz daha (R>0.45) yükselmiştir fakat değerlendirilen zaman ölçeklerindeki korelasyon değerleri diğer aylara kıyasla en düşük seviyelere inmiştir. Mayıs ayında ise korelasyon değerlerinde artış gözlenmiş ve ilkbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değerleri (R<0.75) görülmüştür. Maksimum korelasyon değerleri yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) 1-2 aylık zaman ölçeğinde elde edilerek yükselmeye (R>0.84) devam etmiştir. Ağustos ayında ise maksimum korelasyon değeri 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilerek diğer yaz aylarına göre nispeten düşüş göstermiş fakat yine de değerlendirilen zaman ölçeğinde yüksek korelasyonlar (R≤0.75) elde edilmiştir. Çalışmada, özellikle yaz mevsiminde, ilkbahar ve kış mevsimlerine göre daha yüksek korelasyonların görülmesi dikkat çeken diğer bir durumdur.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeğinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.91) 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.94) 1 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında, kış mevsiminde (R=0.71) 1 aylık

zaman ölçeğinde aralık ayında, ilkbahar mevsiminde (R=0.75) 1 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.70 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde eylül ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.94) ve ilkbahar mevsiminde ise mart ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.44) elde edilmiştir. Çalışmada, ocak ayında özellikle 14 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.79) görülmesi dikkat çeken bir durumdur. Ayrıca özellikle yaz mevsiminde, ilkbahar ve kış mevsimlerine göre daha yüksek korelasyonların görülmesi dikkat çeken diğer bir durumdur.

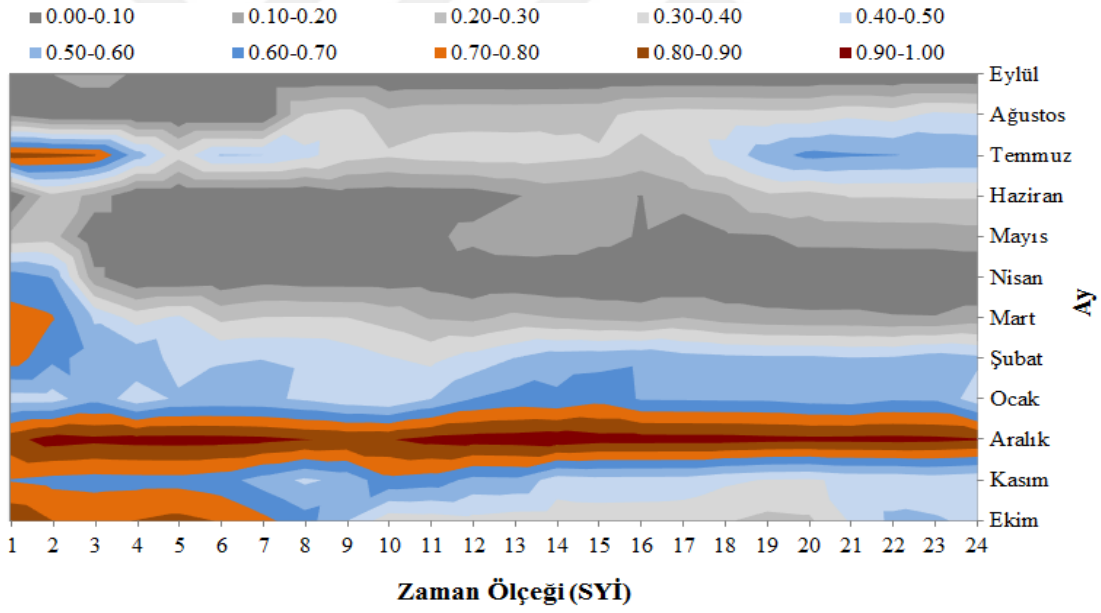
Şekil 4.107'de 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile eylül ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2004, 2007 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde eylül ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ağustos ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.111.** Çaygören Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.2.2.4.1.4. Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.108'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.112.** Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için yapılan 1-24 aylık zaman ölçekleri incelenmiş fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen

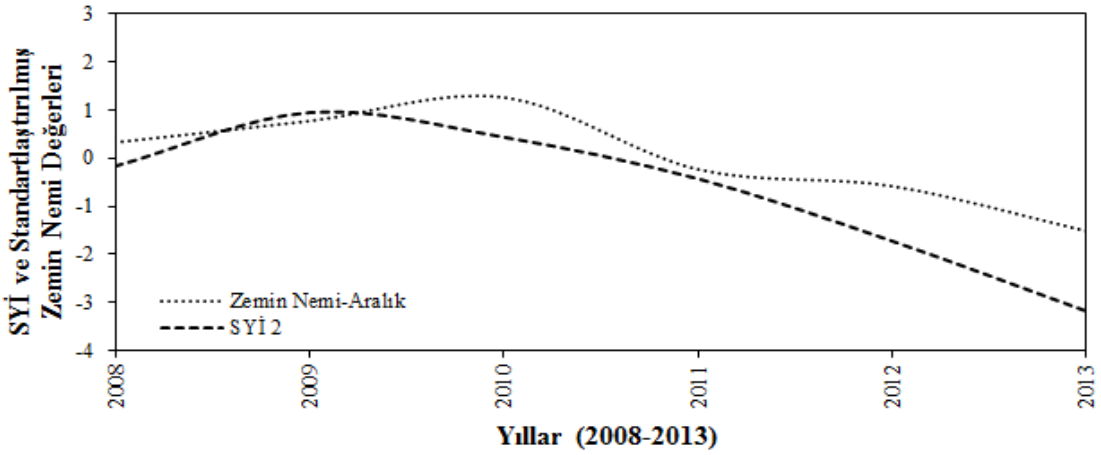
korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.108'de görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.85$) sonbahar mevsiminde (ekim), kış mevsimi başında (aralık) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) görülmektedir. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında ($R=0.88$), kış mevsiminde maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.94$) ve yaz mevsiminde maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.85$) elde edilmiştir. Özellikle ilkbahar mevsiminde (mayıs), yaz mevsiminde (haziran ve ağustos) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) ise korelasyon değerleri ($R \leq 0.27$) diğer aylara göre daha düşük çıkmıştır. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon 3 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında ($R=0.15$), ilkbahar mevsiminde maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ($R=0.25$) ve yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar 2 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.27$) ve 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ($R=0.10$) elde edilmiştir.

Mevsimsel olarak değerlendirildiğinde, sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) çok düşük olan korelasyon değerleri ($R \leq 0.15$), ekim ayında ciddi bir yükseliş göstererek sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değerlerine ($R<0.90$) ulaşmıştır. Kasım ayında ise yüksek korelasyonlar ($R<0.70$) görülmeye devam edilmiş ve maksimum korelasyona 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Kış mevsimi başlangıcında (aralık) kasım ayına göre artış ($R>0.90$) gösteren korelasyon değerleri, 2 aylık zaman ölçeğinde en yüksek değere ($R=0.94$) ulaşmıştır. Burada dikkat çeken durum, aralık ayında 1-24 aylık bütün zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri $R=0.86$ değerini aşmıştır. Ocak ayında nispeten düşüş gösteren maksimum korelasyon değerleri ($R<0.60$), şubat ayında tekrar yükselişe ($R<0.75$) geçmiştir. Ocak ve şubat aylarında maksimum korelasyon değerleri 3 ve 1 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında korelasyon değerleri, şubat ayında elde edilen korelasyon değerlerine ($R \leq 0.73$) yakın çıkmıştır. Fakat, nisan ayından itibaren korelasyon değerlerinde düşme başlamış ($R<0.75$) ve maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) korelasyon değerleri düşmeye ($R<0.27$) devam etmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde yaz mevsiminde haziran ayında düşük olan

korelasyon değerleri temmuz ayında diğer yaz ve ilkbahar aylarına göre çok daha fazla yükseliş ($R \leq 0.85$) göstermiştir. Ağustos ayında ise korelasyon değerleri daha da düşerek maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde ($R < 0.10$) tüm aylarda görülen en düşük seviyeye inmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeğinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-2 aylık zaman ölçeklerinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.85$) 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.88$) 1 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında, kış mevsiminde ($R=0.94$) 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında, ilkbahar mevsiminde ($R=0.73$) 1 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.70$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri ($R=0.94$) ve yaz mevsiminde ise ağustos ayında en düşük maksimum korelasyon değeri ($R=0.10$) elde edilmiştir. Çalışmada, aralık ayında özellikle 7 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.79$) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.109'da 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile aralık ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2011, 2012 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.113.** Çaygören Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, büyük bir havza olan Çaygören Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, uydu kaynaklı ve istasyon ölçümleri kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) maksimum korelasyon değerine

ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.94) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ilkbahar mevsiminde mart ayında (R=0.44) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim), en düşük korelasyon değerleri ise sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve ilkbahar mevsiminde bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.94) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminde ağustos ayında (R=0.10) ulaşılmıştır. Yine çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsimi ortasında (ekim), kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz), en düşük korelasyon değerleri ise ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs), yaz mevsiminde (haziran ve ağustos), sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) bulunmuştur. 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile eylül ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile aralık ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2004, 2007, 2011, 2012 ve 2013 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan çeşitli büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

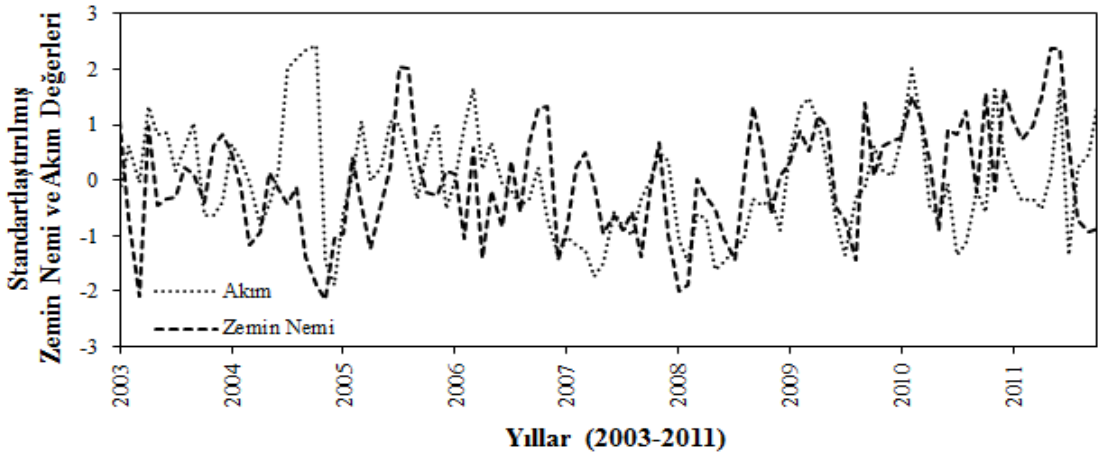
#### 4.2.2.5. Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

#### 4.2.2.5.1. Çaygören Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

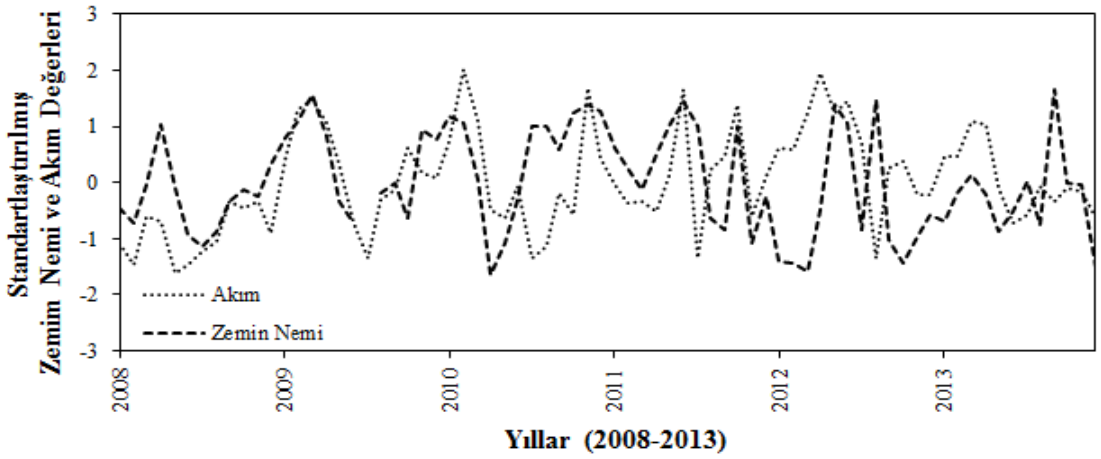
Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.20 elde edilmiştir. Şekil 4.110'da nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2004, 2007 ve 2008 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.114.** Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.2.2.5.2. Çaygören Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.22 bulunmuştur. Şekil 4.111'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2013 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. 2008 ve 2013 yılındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir. 2008 yılının hemen hemen tüm aylarında ve 2013 yılının ilkbahar mevsimi sonundan itibaren hem zemin nemi hem de nehir akımları kuraklıktan etkilenmiştir.



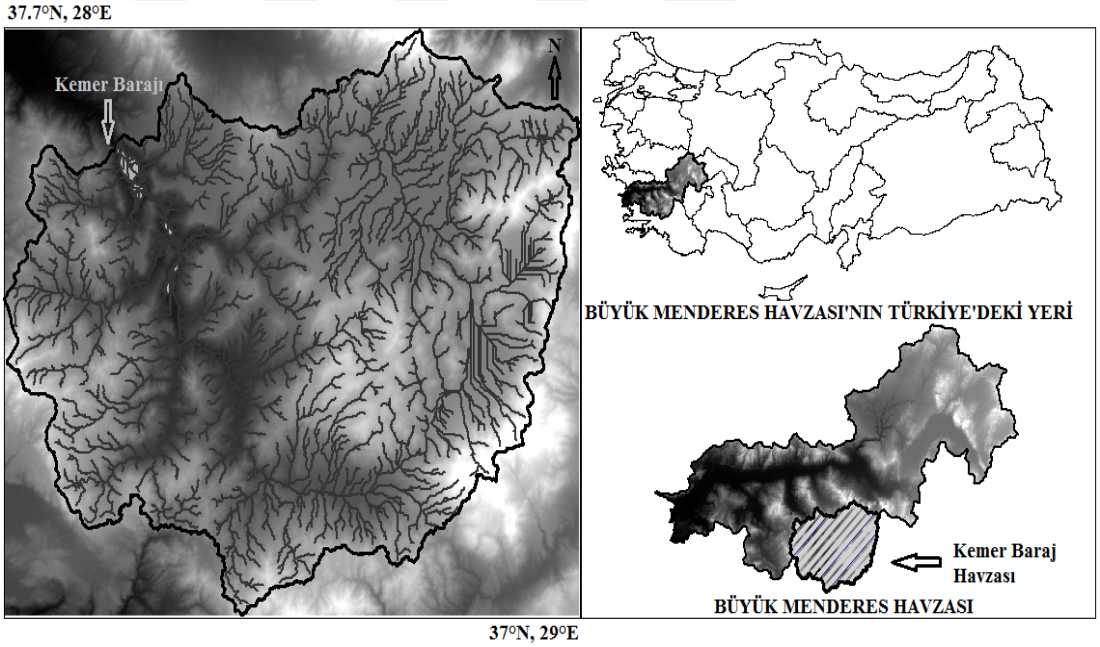

**Şekil 4.115.** Çaygören Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında, ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.2.3. Kemer Baraj Havzası

#### 4.2.3.1. Kemer Baraj Havzası Özellikleri

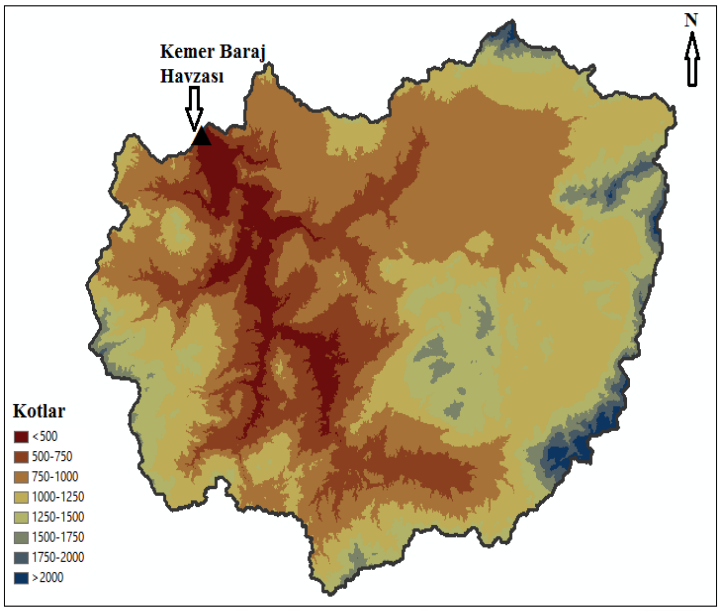
Çalışma alanı olarak seçilen Kemer Baraj havzası, Muğla ilinin kuzeydoğusunda, Denizli ilinin güneybatısında ve Aydın ilinin güneydoğusunda 28°20'-29°16' doğu boylamları, 37°41'-37°7' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Denizli iline bağlı Kale, Tavas ve Beyağaç ilçelerinin tamamı ile Serinhisar ve Acıpayam ilçelerinin ise çok küçük bir bölümünü, Muğla iline bağlı, Kavaklıdere, Ula ve merkez ilçeleri ile Aydın iline bağlı Bozdoğan ve Karacasu ilçelerinin küçük bir bölümünü içine almaktadır. Büyük Menderes havzasının bir alt havzası olan Kemer Baraj havzası, yaklaşık olarak 3521 km$^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.112).




**Şekil 4.116.** Kemer Baraj Havzasının Konumu

Kemer Baraj havzası, etrafı yüksek dağlarla çevrili olup, kuzeybatı bölgesi açık olan büyük bir havzadır. Havzada, zaman zaman yükselti 2000 m'yi geçmekte olup, dağlık ve tepelik alanlar havza yüzölçümü içerisinde önemli bir paya sahiptir. Akçay'ın aşağı

kesiminin doğusundan başlayarak, güneyde Yatkın Platosuna kadar uzanan Karıncalı Dağ, havzanın kuzeydoğusunda yer alan ve kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanan Akdağlar, Tavas Ovasının doğu kenarında bulunan Üçkuyular Dağı, havzayı doğudan sınırlayarak kuzey-güney doğrultusunda uzanan Kır Dağları, havzanın doğusunda kalan ve en yüksek bölümünü meydana getiren kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı Bozdağlar, havzanın güneydoğusunda bulunan ve kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan Gölgeli Dağlar, havzanın güneybatısında yer alan kuzeybatı-güneydoğu uzanımlı Oyuklu Dağlar ve havzanın kuzeybatı sınırını oluşturarak kuzey-güney doğrultusunda uzanan Madrababa Dağları havzada bulunan önemli dağlardır. Havzanın doğu ve güneydoğusunda yükselti fazla olup, batı ve kuzeybatıya doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Havzanın iç kesimlerinde yer yer platolar bulunmaktadır. Ayrıca, havzanın doğusunda Tavas Ovası, güneydoğusunda karstik bir çöküntü alanı olan Barz Ovası, Akçay kaynak bölgesinin batısında yer alan Beyağaç Ovası ve kuzeybatısında ise Bozdoğan Ovası ile Kabayer Ovası bulunmaktadır. Havzada yağış ve sıcaklık miktarındaki farklılıklardan dolayı, iklim ve bitki örtüsünde de farklılıklar meydana gelmektedir [110]. Havza genellikle orman vejetasyonu sahası içerisinde kalmakta olup, yamaçları örten ormanlar vadi içlerine kadar inmektedir. Vadi tabanlarında yayvan yapraklı ormanlar bulunmakta olup, yükseltinin artması ile birlikte havzada iğne yapraklı ormanlar görülmektedir. Havzadaki orman vejetasyonu; kızılçam, karaçam, sedir, ardıç ve çeşitli meşe gibi ağaç türlerinden oluşmaktadır. Ayrıca, havzanın kuzeydoğusuna doğru gidildikçe yağışların azalması ile birlikte ormanlar seyrekleşmekte olup, bazı bölgelerde çalılık step görülmektedir. Tavas'ın kuzeydoğusunda ise ormanlar kaybolarak, yerini Antropojen stepe bırakır [111]. Şekil 4.113'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 223-2397 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 223-750 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza, dağlık ve düzlüklerin beraber görüldüğü bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzada doğudan batıya doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Özellikle havza çevresi ile doğu ve güneydoğu bölgelerinde yükselti fazla olup, batı ve kuzeybatı bölgelerinde ise yükselti azalmaktadır.

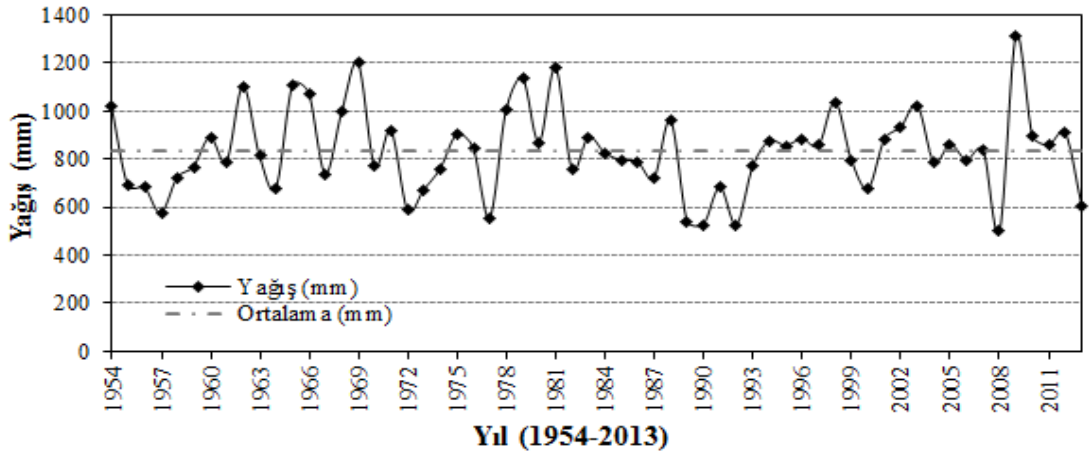



**Şekil 4.117.** Kemer Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 223-2397 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havzanın kuzey bölümü Orta Batı Anadolu iklim bölgesinde, güney bölümü ise Orta Batı Anadolu ikliminden Batı Akdeniz iklimine geçiş iklim bölgesinde yer almaktadır. [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Akdeniz ikliminin etkisinde kalan havzanın, doğusunda ise karasal iklim etkileri hissedilmektedir. Havzada genellikle yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir [110]. Ayrıca, havzada Akdeniz yağış rejimi görülmektedir.

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1954-2013 yılları arasında ölçüm yapan Denizli, Muğla, Yatağan, Acıpayam ve Köyceğiz meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya daha yakın kesimlerden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzada güneybatıdan kuzeydoğuya doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın daha içeride kalan doğu ve kuzeydoğu bölgesine göre yükseltinin daha az olduğu güney ve güneybatı bölgesi,

ayrıca Akdeniz kıyısına daha yakın olmasından dolayı daha fazla yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Köyceğiz 1109 mm iken, Acıpayam'da 532 mm'ye düşmüştür. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2008 yılında 499 mm iken, maksimum yağış 2009 yılında 1311 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada kıyıya yakın kesimlerde Akdeniz ikliminin görülmesi ile birlikte, içerilere doğru gidildikçe Akdeniz ikliminden karasal iklime geçiş ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 834 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.114'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları uzun ve kısa dönemler halinde görülmüştür. Bununla beraber, ortalamadan daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları ise 1990'lı yıllara kadar kısa dönemler halinde meydana gelmiş olup, 1990'lı yıllardan itibaren uzun dönmeler halinde görülmüştür. En uzun yağış sıklıkları 1994-1998 ve 2009-2012 yılları arasında bulunmuştur. Ayrıca, ortalama yağışın üzerinde kalan yağışların daha fazla olmasının yanı sıra, kısa dönemler halinde ortalama yağışın çok üzerinde de yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.118.** Kemer Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.21'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve

ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.24.** Kemer Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 155.8 | 122.9 | 83.9 | 57.3 | 40.1 | 19.5 | 9.7 | 6.7 | 15.4 | 52.7 | 98.0 | 172.0 | ***833.9*** |

Havzada, yükseltinin artmasına bağlı olarak sıcaklıkta azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 15.2 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 26-27 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 5~6 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Yukarı mecralarının başlangıç noktaları Gölgeli Dağların ve Bozdağların zirvelerine doğru uzanan Akçay Irmağı, kuzeybatı yönünde ilerleyerek Yenipazar ilçesi civarında Büyük Menderes Nehri ile birleşmektedir [110]. Akçay üzerinde 1958 yılında sulama, taşkın kontrolü ve enerji amaçlı olarak hizmete alınan Kemer Barajı, normal su kotunda 14.75 $km^2$ göl alanına, 544 $hm^3$ göl hacmine sahip olup, toplam kurulu gücü 48 MW'dır [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 15.44 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 111.42 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0.81 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde

kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.22'de verilmiştir.

**Çizelge 4.25.** Kemer Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Kemer Baraj Havzası** | 1954-2013 | 1992-2013 | 1992-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |

### 4.2.3.2. Kemer Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

#### 4.2.3.2.1. Kemer Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

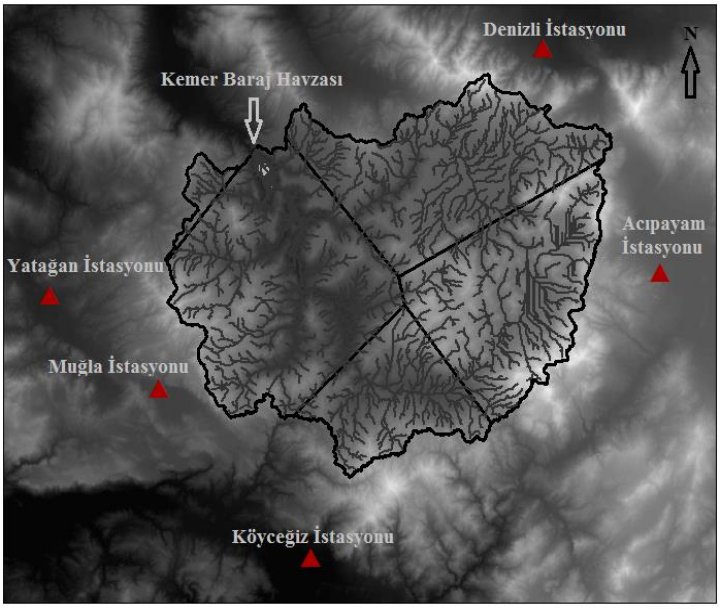
Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 5 adet meteoroloji istasyonu (Denizli, Acıpayam, Muğla, Köyceğiz, Yatağan) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.23'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini

etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.26.** Kemer Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Denizli | 37.76 | 29.09 | 425 | 560 |
| **2** | Muğla | 37.21 | 28.37 | 646 | 1161 |
| **3** | Yatağan | 37.34 | 28.14 | 365 | 658 |
| **4** | Acıpayam | 37.44 | 29.98 | 941 | 532 |
| **5** | Köyceğiz | 36.97 | 28.69 | 24 | 1109 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 5 meteoroloji istasyonuna ait 1954-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.115'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.24'de görülmektedir.




**Şekil 4.119.** Kemer Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

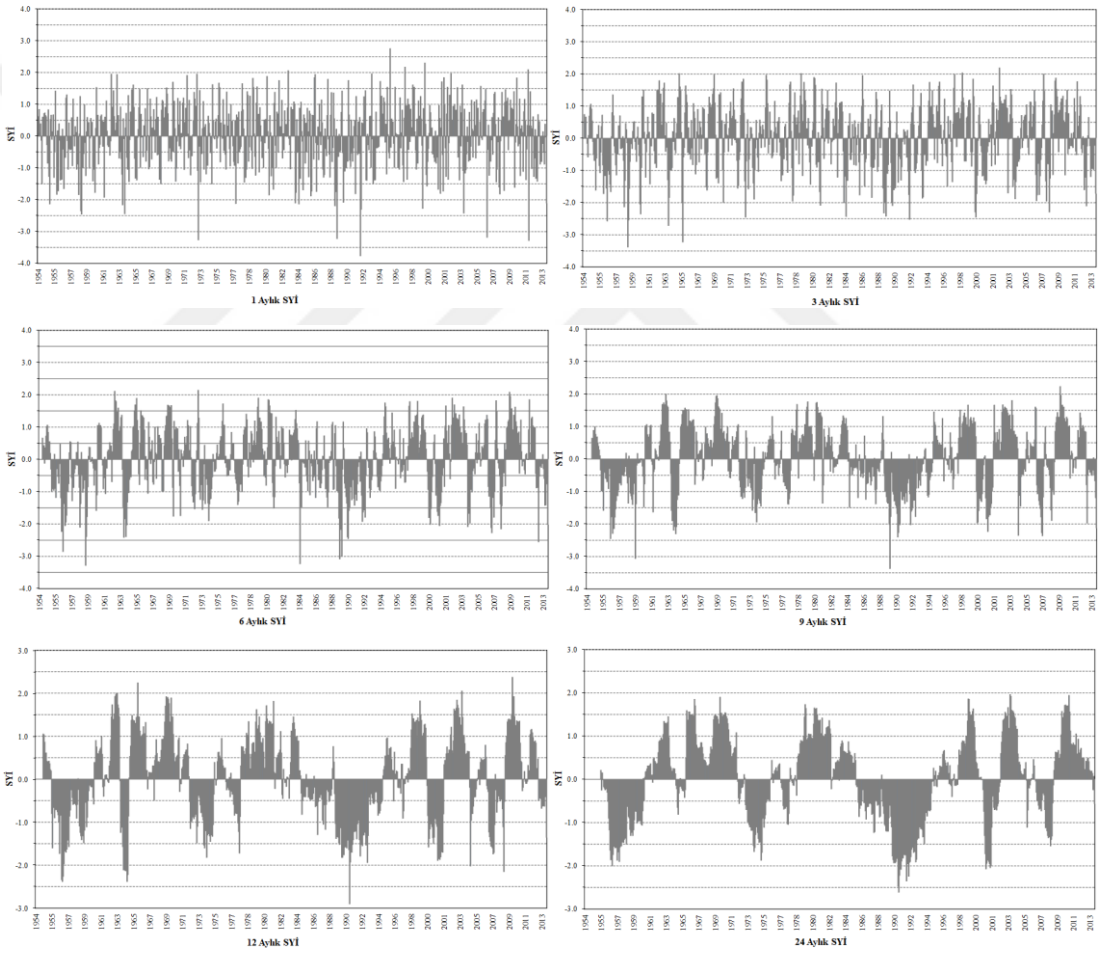
**Çizelge 4.27.** Kemer Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Denizli | 0.89 |
| **2** | Muğla | 0.97 |
| **3** | Yatağan | 0.93 |
| **4** | Acıpayam | 0.91 |
| **5** | Köyceğiz | 0.93 |

#### 4.2.3.2.2. Kemer Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.116'da

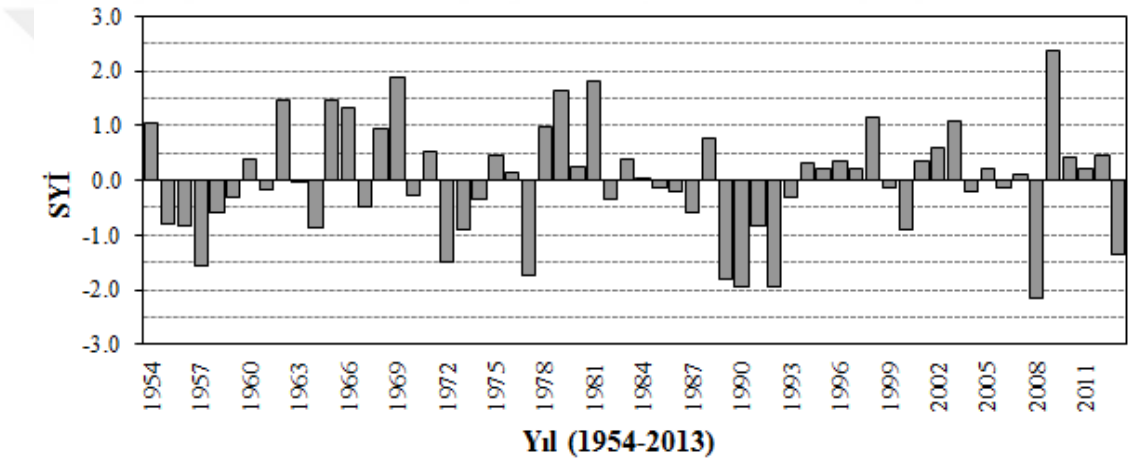
gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 3 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 11 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 12 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.120.** Kemer Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1954-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.117'de görüldüğü gibi toplamda 60 yılda 29 yıl

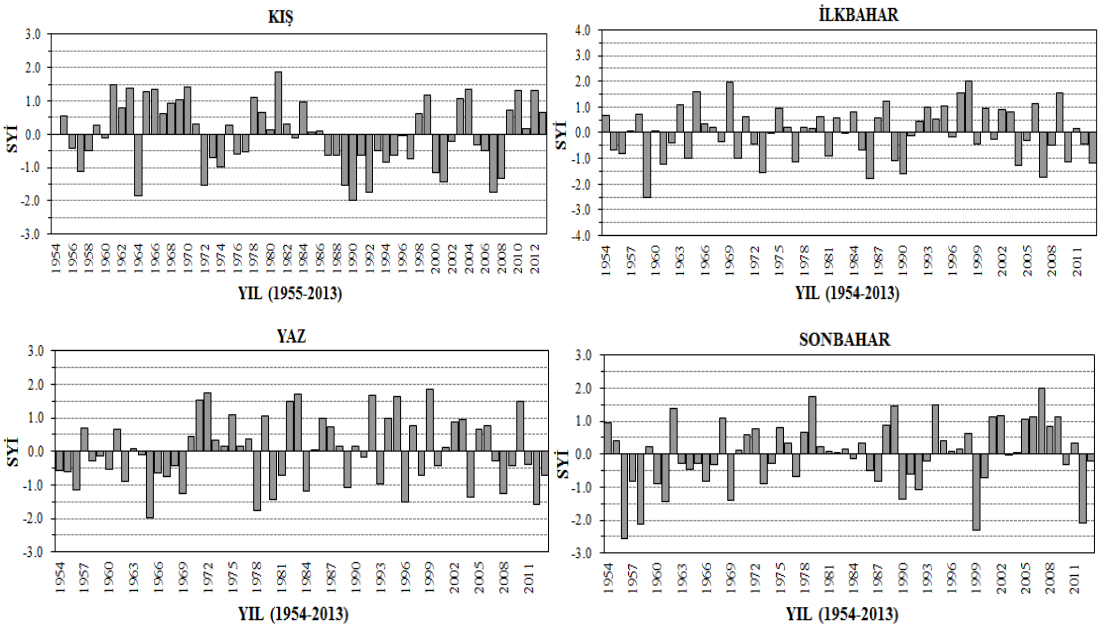
kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 1 aşırı kurak, 5 çok kurak, 2 orta derecede kurak ve 21 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1.93 yıl olup, 1955-1959 ve 1989-1993 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.39 (normale yakın kurak) olup, 2008 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.15 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1955-1959, 1963-1964, 1972-1974, 1985-1987, 1989-1993 ve 1999-2000 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.121.** Kemer Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.118'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları sonbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 29 yıl, ilkbahar mevsiminde 29 yıl, yaz mevsiminde 30 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 27 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık sonbahar mevsiminde 4 yıl boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla kış mevsiminde, orta derecede kuraklık en fazla yaz mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla kış, yaz ve sonbahar mevsimlerinde görülmüştür. Ayrıca

her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, sonbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (-0.41~-0.43) elde edilmiştir. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise her mevsimde farklı değerler (1.53~3.22 yıl) görülmüştür. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (3.22 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.53 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 3 ile 11 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre kış mevsiminde 1987-1997 yılları 11 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 60 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, aşırı kuraklıkların en fazla sonbahar mevsiminde görülerek yaz ve kış mevsimlerinde hiç görülmemesi ile beraber, kış mevsiminin ortalama kuraklık süresinin diğer mevsimlere göre daha yüksek olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.122.** Kemer Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1954-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Kemer Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1950'li yılların ortalarından 1960'lı yılların başlarına kadar kurak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklık olup, sadece 1957 yılında çok kuraklık görülmüştür. Özellikle 1955-1956 yıllarında, ülkede yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza etkilenmiştir. 1960'lı yılların başından 1970'li yılların başına kadar yağışların artması ile beraber, ülke genelinde de olduğu gibi havzada da ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde sulak dönemler ile beraber normale yakın kurak dönemler de görülmüş, fakat uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Sadece 1961, 1963, 1964, 1967 ve 1970 yıllarında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1972-1974 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın ve orta derecede kuraklık olup, 1971 yılı hariç 1972-1974 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1975-1984 yılları arasında yağışların tekrar artması ile beraber havzada ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde, sadece 1977 yılında çok kuraklık ve 1982 yılında ise normale yakın kuraklık görülmüştür. Özellikle 1977 yılında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın etkilenmesine rağmen, 1983-1984 yıllarında yaşanan kuraklıktan etkilenmemesi dikkat çekmiştir. 1985-1993 yılları arasında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber, havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar çok ve normale yakın kuraklık olup, 1989-1991 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Havzada 1994-1998 yılları arasında tekrar yağışların artması ile beraber havzada tamamen olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Özellikle 1996 yılında ülke

genelinde yaşanan kuraklıktan havza etkilenmemiştir. 1990'lı yılların sonundan 2008 yılına kadar sulak dönemler ile beraber kurak dönemler de görülmüş, fakat uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıklardır. Fakat, sadece 2008 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde, ülke genelinde 1999, 2000 ve 2008 yıllarında yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza da etkilenmiştir. 2008 yılından sonra yağışların artmasıyla beraber 2009-2012 yılları arasında havzada tamamen sulak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönem, ülke için de sulak bir dönem olmuştur. 2013 yılında ise havzada orta derecede kuraklık görülmüş ve bu yılda ülke genelinde de şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla yaz mevsiminde görülmesinin yanı sıra, sonbahar mevsimi hariç diğer tüm mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada, özellikle 1956, 1964 ve 1991 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Kemer Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmış olup, genellikle normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yıllarda havzada sulak dönemler hakimiyetini sürdürmüş olup, sadece 2008 yılında aşırı kuraklık yaşanmıştır. Fakat, 2013 yılında ülke genelinde de yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza da etkilenmiş ve orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Bu sebeple uzun süreli normale yakın kurak ve sulak dönemlerden sonra, 2013 yılında yaşanan orta derecede kuraklık sonucu havzada kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.3.3. Kemer Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.2.3.3.1. Kemer Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

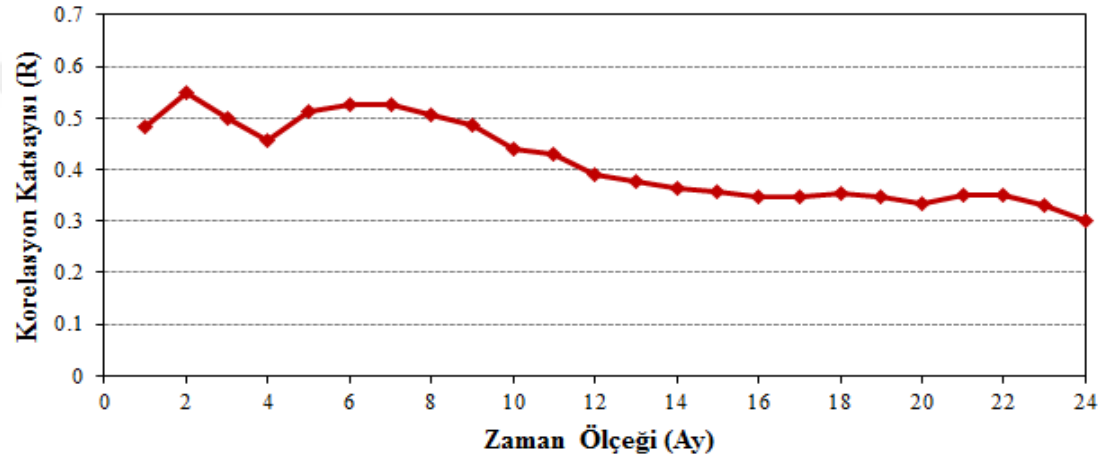
Kemer Baraj havzasında 1992-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 15.44 $m^3/s$ iken maksimum akım 111.42 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0.81 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.87 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Kemer barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

###### 4.2.3.3.1.1. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi

(korelogram) Şekil 4.119'da gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.55) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kemer Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

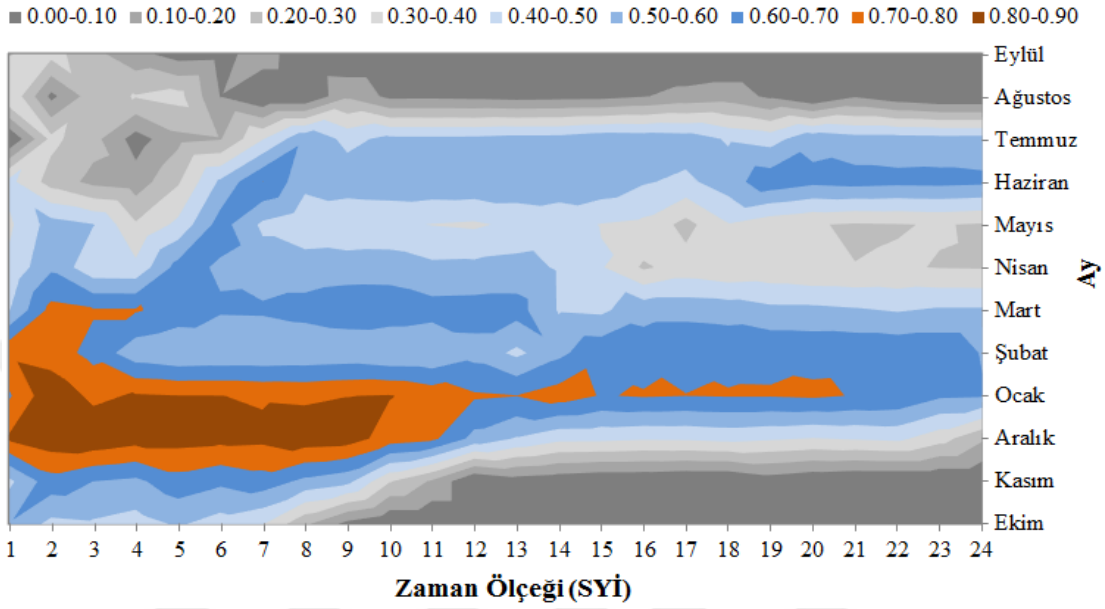



**Şekil 4.123.** Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.2.3.3.1.2. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.120'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir

akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.124.** Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.73$) kış mevsiminde ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.88$), 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında ($R=0.87$), 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ($R=0.78$) ve ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ($R=0.73$) ulaşılmıştır. Kış mevsimi en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu mevsimdir. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında 3 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.88$) ulaşmıştır. Ocak ayında ise yine yüksek korelasyon değerleri elde edilmiş olup, maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.87$) ulaşılmıştır. Şubat ayında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş göstermiş

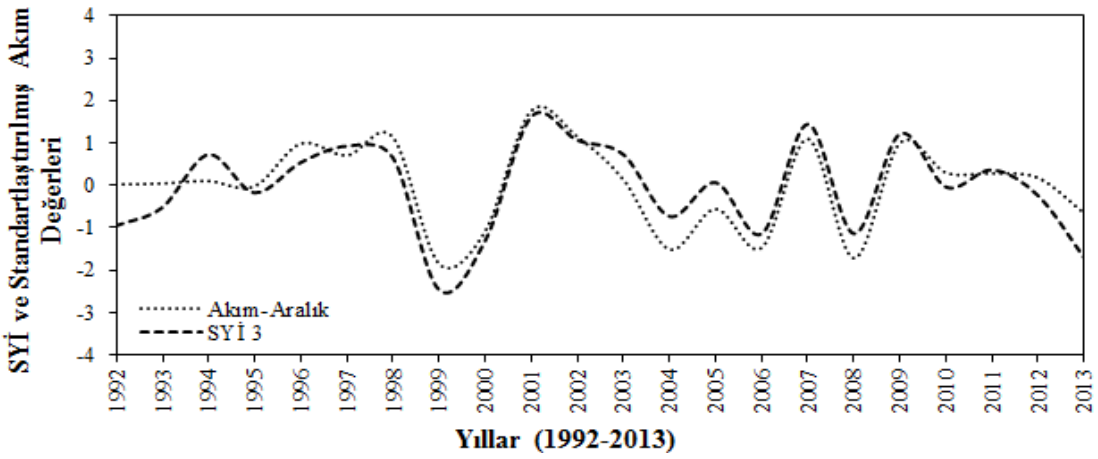
(R≤0.78) ve mevsimin en düşük korelasyon değerleri bu ayda elde edilmiştir. Şubat ayında maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimi başlangıcında mart ayında korelasyon değerleri (R≤0.73) yine yüksektir. Korelasyon değerleri nisan ve mayıs aylarında ise kış mevsimine göre nispeten düşüş göstermiş, fakat maksimum korelasyonlar R=0.60 değerini aşmıştır. Bu aylarda elde edilen maksimum korelasyon değerleri (R≤0.64) birbiriyle aynı çıkmıştır. İlkbahar mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 2 aylık, nisan ayında 5 aylık ve mayıs ayında 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ayında korelasyon değerleri düşmeye başlamış ve temmuz ayında düşüş devam etmiştir. Temmuz ayında 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri (R≤0.33) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri, temmuz ayına göre ağustos ayında ise nispeten (R≤0.40) yükselmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 6 aylık, temmuz ayında 2 aylık ve ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve eylül ayında da 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değerlerinden biri (R≤0.34) elde edilmiştir. Ekim ayında korelasyon değerleri tekrar yükselmeye (R<0.60) başlamış ve 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Kasım ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değeri (R=0.66) elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (R≥0.70) kış mevsiminde (aralık ve ocak) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.86), 10 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.81) ve yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.70) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine de (R≤0.86) kış mevsiminde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsimi sonu (ağustos) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük (R<0.20) olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ağustos ayında maksimum korelasyona 9 aylık zaman ölçeğinde ve sonbahar mevsiminde eylül ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsiminde (eylül) maksimum korelasyon değeri 7

aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye (R≤0.16) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar (0.40≤R≤0.66) R=0.40 değerini aşmış ve 7, 8, 9, 10 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-10 aylık (sadece şubat ayı için 12 aylık zaman ölçeği geçerlidir) zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.70), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.66), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.88) ve ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.73) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde kısa zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-8 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsimi sonu (ağustos) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) korelasyon değerlerinin (R≤0.40) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.70 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.88) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu (R≤0.34) ayın da sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.121'de ise 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği aralık ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1999, 2000, 2004, 2006, 2008 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.125.** Kemer Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

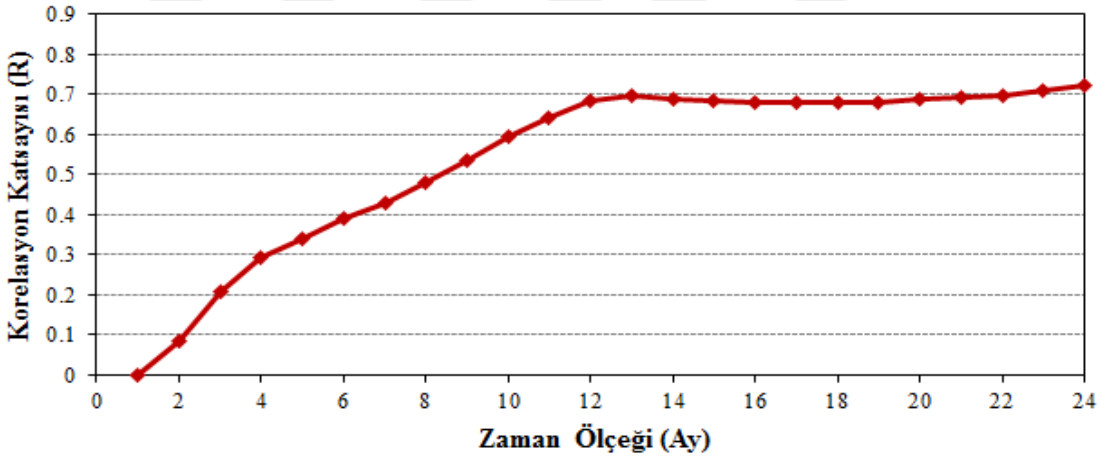
#### 4.2.3.3.2. Kemer Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Kemer Baraj havzasında 1992-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Kemer barajı normal su kotunda 544 $hm^3$ göl hacmine ve 14.75 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.2 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.3.3.2.1. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

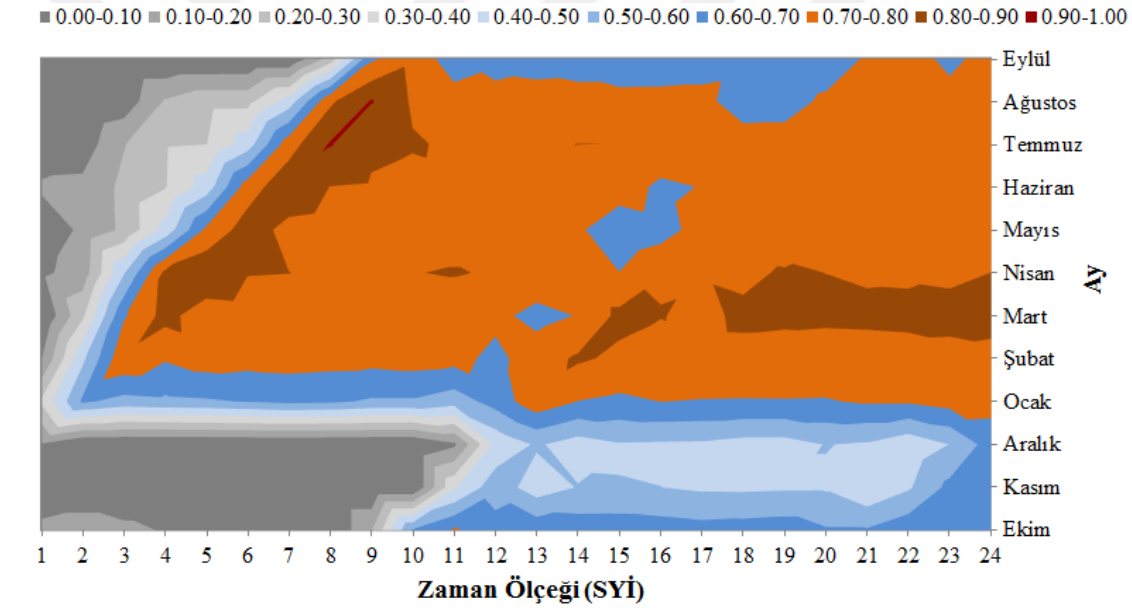
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.122'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (12-14 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.70) 13 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 12 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kemer Baraj havzasında 1-14 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 14 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.126.** Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.3.3.2.2. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.123'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.127.** Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

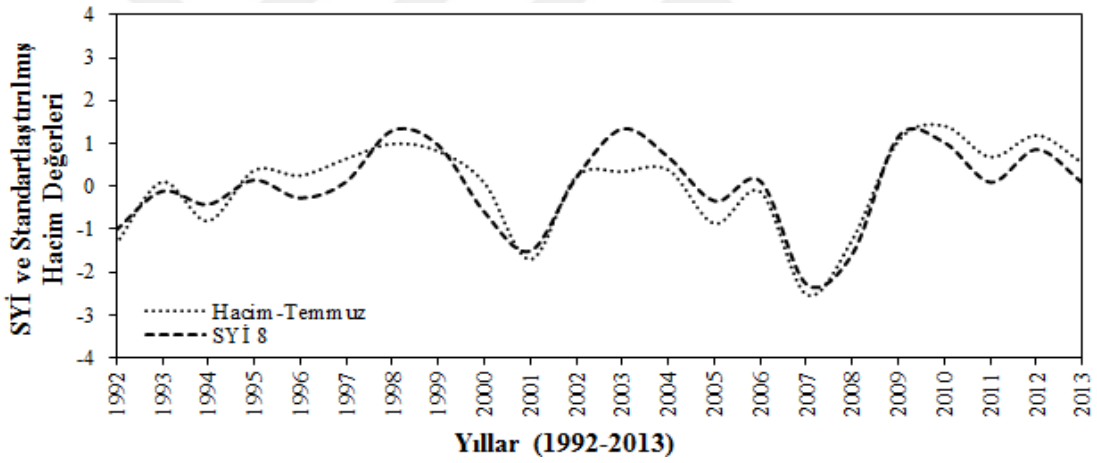
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.91$) yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) bulunmuştur. Yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.91$) ve 9 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ($R=0.91$) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde

temmuz ayında 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.91) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsimi sonunda kasım ayında ve kış mevsimi başlangıcında aralık ayında korelasyon değerlerinin diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük ($R \leq 0.65$) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine kasım ayında 23 aylık zaman ölçeğinde (R=0.63) ve aralık ayında 24 aylık zaman ölçeğinde (R=0.65) ulaşılmıştır. Ayrıca, kış mevsimi sonunda (şubat) 14 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde 4, 5 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) 7 aylık zaman ölçeğinde, elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.80 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.81 \leq R \leq 0.88$) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) 10 ve 11 aylık zaman ölçeklerinde ve kış mevsimi ortasında (ocak) 13 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri ise R=0.70 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.71 \leq R \leq 0.77$) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 4-14 aylık zaman ölçeğinde (sadece kasım ayı için 23 aylık ve aralık ayı için 24 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.91) temmuz ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.77) eylül ayında, kış mevsiminde 14 aylık zaman ölçeğinde (R=0.81) şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.88) nisan ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.75 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri sonbahar mevsiminde kasım ayında ise 23 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.63) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos), en düşük korelasyon değeri ise sonbahar mevsiminde (kasım) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimde ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) 1-8 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri ($R<0.25$) çok düşüktür. Fakat, maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Özellikle ilkbahar mevsiminde kısa zaman ölçeklerinde (4-6 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması ile beraber, sonbahar ve kış mevsimlerinde kasım ve aralık aylarında ise uzun zaman ölçeklerinde (23 ve 24 aylık) maksimum korelasyon değerine ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca, ilkbahar mevsiminde mart ve

nisan aylarında 14 aydan uzun zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin yüksek olduğu da dikkat çeken diğer bir noktadır. Buradan yola çıkarak havzada, 3 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.124'de 8 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile temmuz ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1992, 1994, 2001, 2005, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde temmuz ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.128.** Kemer Baraj Havzasında 8 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

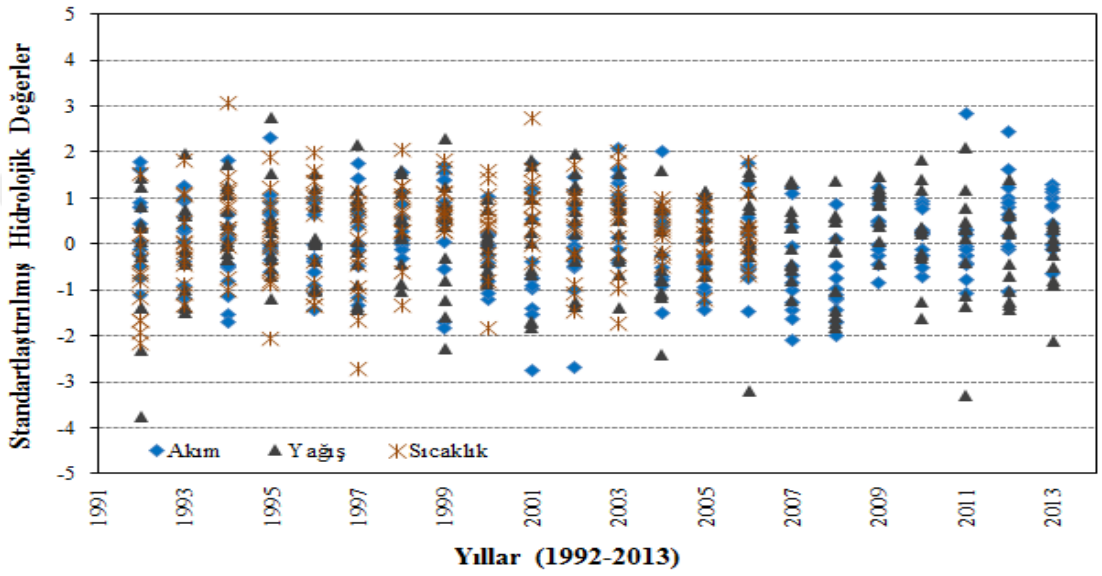
Kemer Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman

ölçekli (1-3 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.55) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.88) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.34) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (12-14 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.70) 13 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.91) ve 9 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.91) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerine ise sonbahar mevsiminde 23 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.63) ulaşılmıştır.

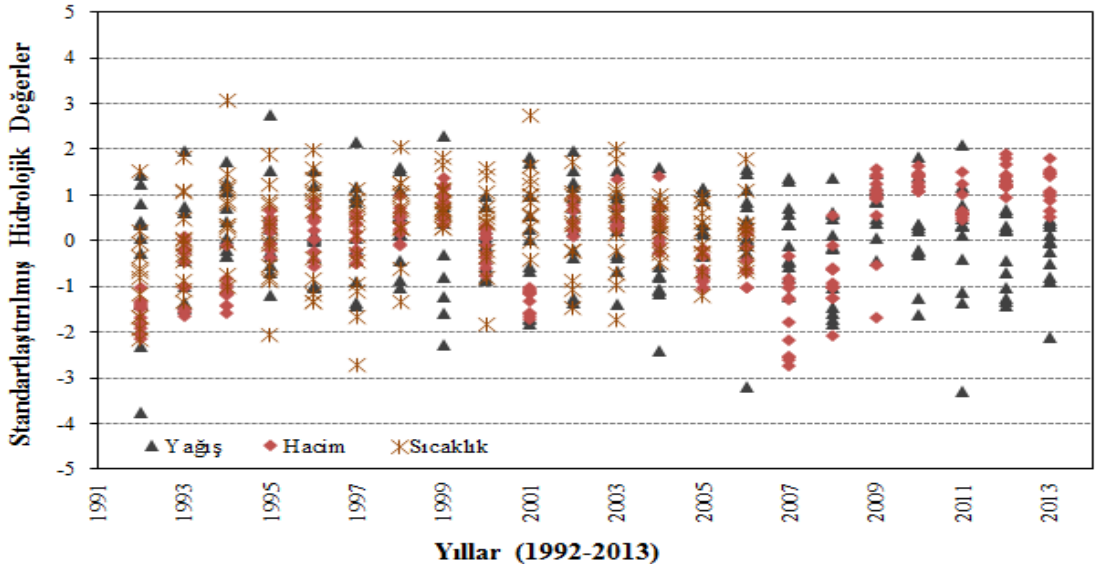
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.125 ve 4.126'da görüldüğü gibi ay bazında 1992-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana

gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.129.** Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.130.** Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.2.3.4. Kemer Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

#### 4.2.3.4.1. Kemer Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem

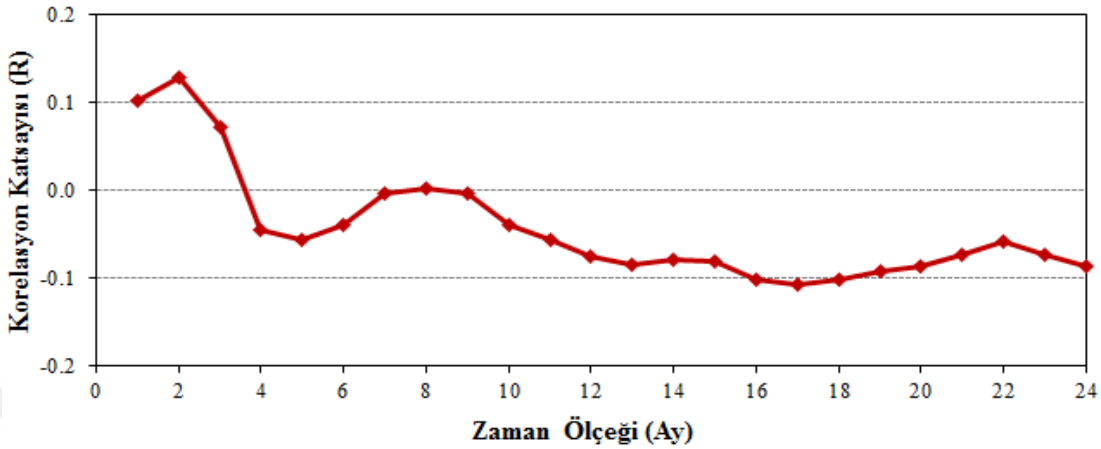
istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.3.4.1.1. Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.127'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.13 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kemer Baraj havzasında kısa zaman

ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

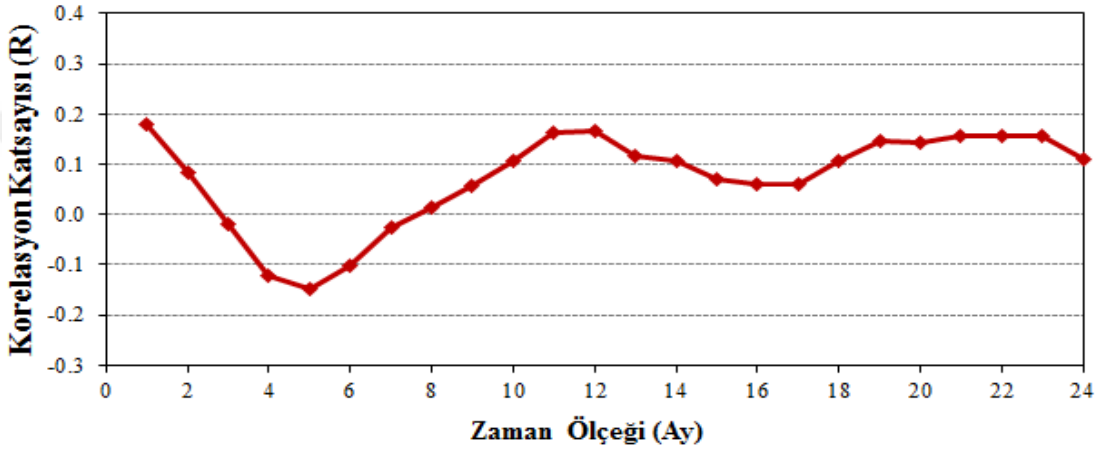



**Şekil 4.131.** Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.3.4.1.2. Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.128'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman

ölçeklerinde (1-2 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.18 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kemer Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmüştür.

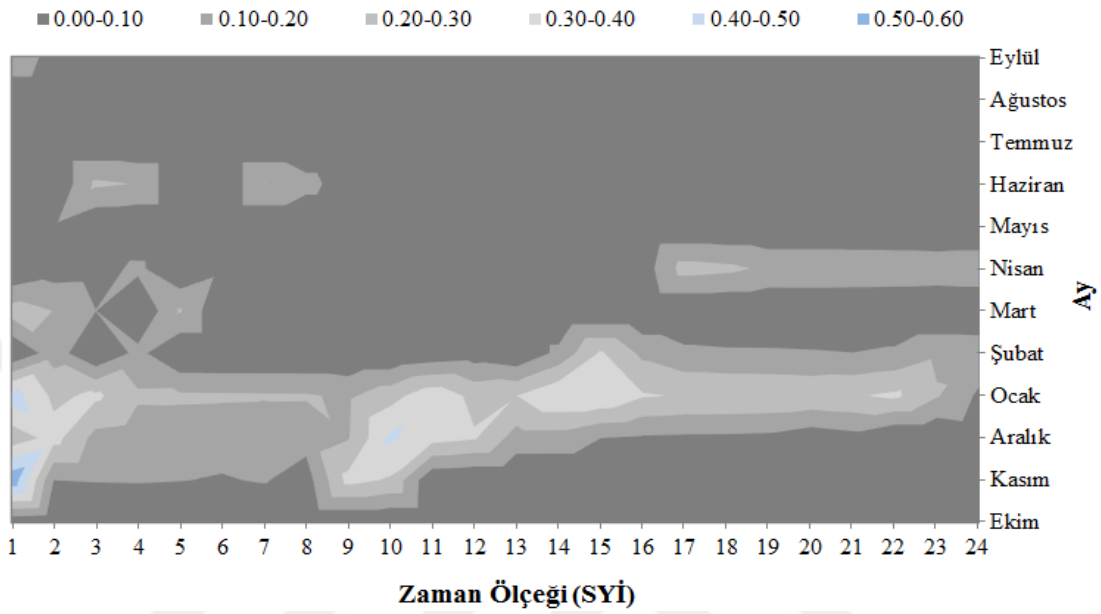



**Şekil 4.132.** Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.3.4.1.3. Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.129'da uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman

ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.133.** Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

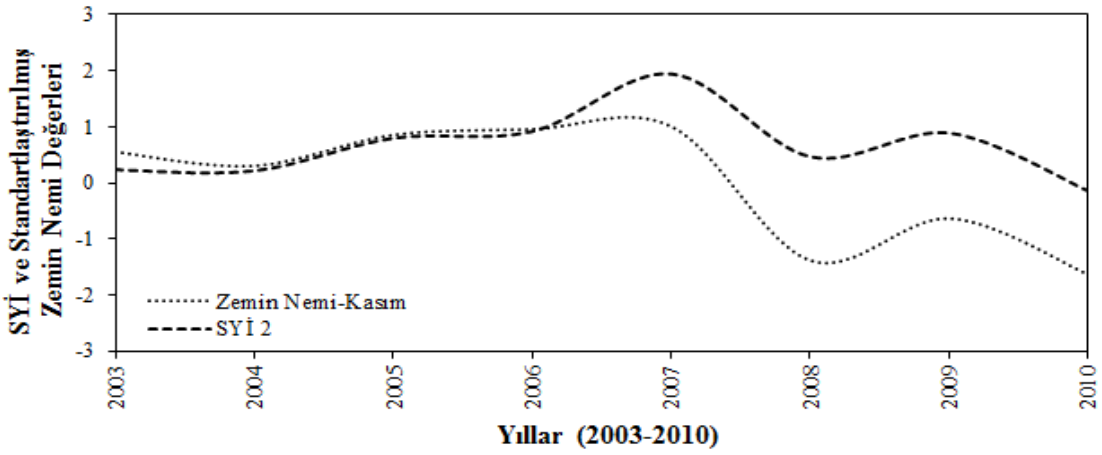
Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.129'dan görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.41$) sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsimi sonunda (şubat) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde kasım ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.57$), kış mevsiminde şubat ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.42$) ve yaz mevsiminde temmuz ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.41$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar

mevsiminde (eylül ve ekim), kış mevsimi ortasında (ocak) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine ($R<0.20$) sonbahar mevsiminde eylül ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ve ekim ayında 5 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde ocak ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve yaz mevsiminde haziran ayında 4 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında nispeten yüksek korelasyon değerleri ($R\leq0.24$) elde edilmiş ve bu ayda maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerlerinde ocak ayında düşüş gözlemlenmiş ve maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.19$) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri şubat ayında ise yükselişe geçmiş ($R\leq0.42$) ve 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında düşmeye devam eden korelasyon değerleri ($R\leq0.31$), nisan ayında nispeten yükselme ($R\leq0.38$) göstermiştir. Mayıs ayında ise, mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R<0.24$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 1 aylık, nisan ayında 2 aylık ve mayıs ayında ise 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında düşmeye devam eden korelasyon değerleri ($R\leq0.16$), temmuz ayında yükselişe geçmiş ($R\leq0.41$) ve 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. Korelasyon değerleri, ağustos ayında tekrar düşüşe ($R\leq0.24$) geçmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ayında 4 aylık ve ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri düşmeye ($R\leq0.16$) devam etmiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük maksimum korelasyon değeri ekim ayında 5 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.04$) elde edilmiştir. Kasım ayında ise maksimum korelasyon değeri ciddi bir şekilde yükselerek, tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.57$) ulaşılmıştır.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.41$) 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.57$) 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde ($R=0.42$) 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R=0.38$) 2 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında

ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.35 değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde kasım ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.57) ve sonbahar mevsiminde ise ekim ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.04) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada ocak ve şubat aylarında özellikle 14 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.33) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

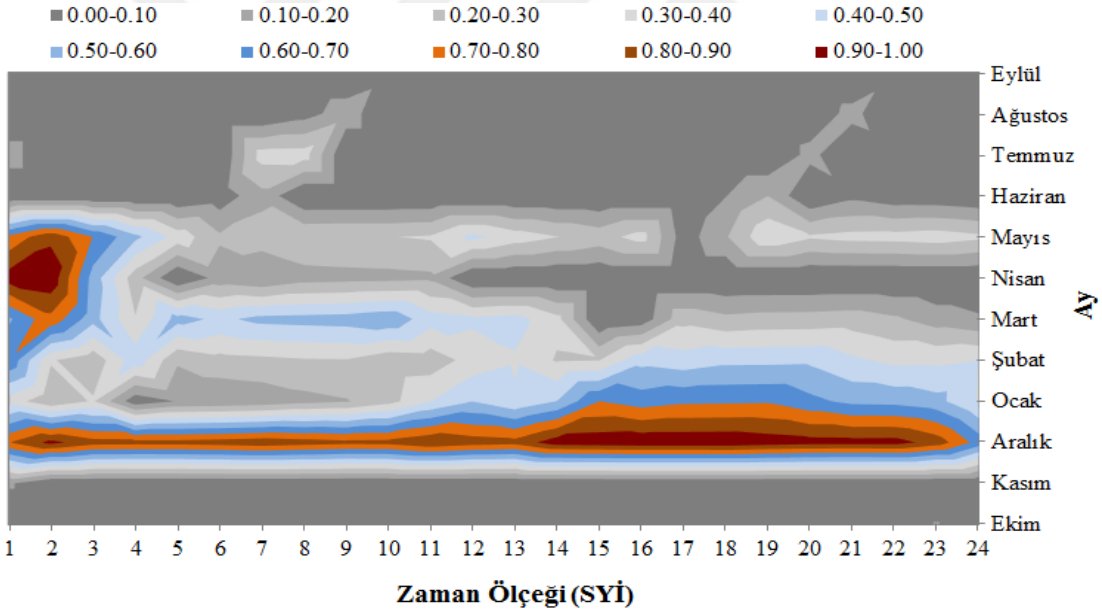
Şekil 4.130'da 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile kasım ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2010 kuraklığı) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde kasım ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.134.** Kemer Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.2.3.4.1.4. Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.131'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.135.** Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki

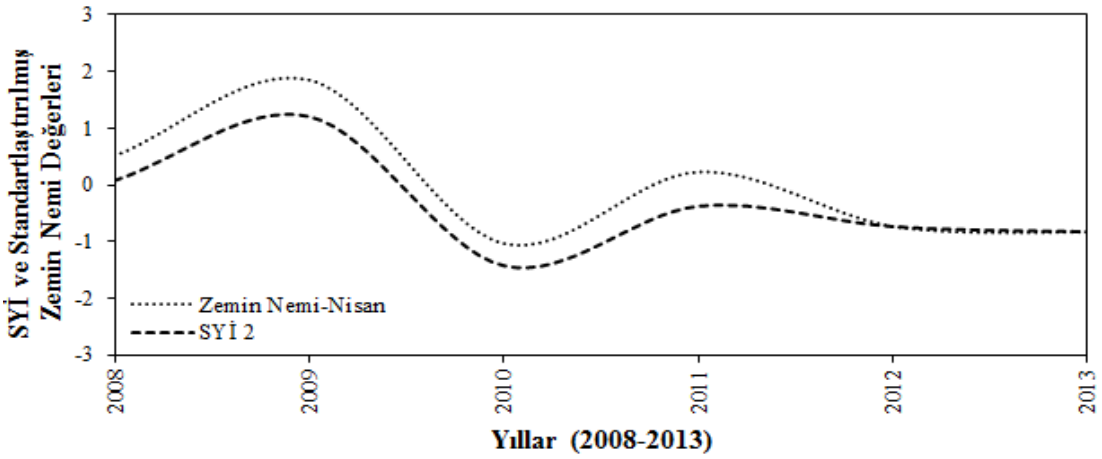
elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde (sadece haziran ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.131'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.98$) kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) bulunmuştur. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.93$), ilkbahar mevsiminde ise nisan ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.98$) ve mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.88$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde ve yaz mevsiminde korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Özellikle ağustos, eylül ve ekim aylarında incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değerler aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon değerlerine ($R \leq 0.15$) yaz mevsiminde haziran ayında 6 aylık zaman ölçeğinde, temmuz ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve ağustos ayında 2 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde ise eylül ayında 3 aylık zaman ölçeğinde, ekim ve kasım aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında yüksek korelasyon değerlerine ($R \leq 0.93$) ulaşılmasına rağmen, ocak ayından itibaren korelasyon değerleri düşüşe geçmiş ve bu ayda kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.36$) görülmüştür. Şubat ayında ise, korelasyon değerleri ($R \leq 0.69$) yükselmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar aralıkta 2 aylık, ocak ve şubat aylarında ise 1 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.98$) elde edilmiştir. Özellikle nisan ayında, tüm ayların en yüksek korelasyon değerine ($R=0.98$) 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Bu mevsimde tüm aylarda maksimum korelasyon değerlerine 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde, korelasyon değerleri ciddi bir düşüş ($R<0.15$) göstermiş ve özellikle ağustos ayında değerlendirilen zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyonların negatif değerler aldığı görülmüştür. Bu mevsimde haziran ayında 6 aylık zaman ölçeğinde, temmuz ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve ağustos ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri eylül ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 3 aylık zaman ölçeğinde ($R=-0.72$) elde

edilmiştir. Ekim ayında ise korelasyon değerleri (R≤0.74) nispeten yükselerek, maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Eylül ve ekim aylarında değerlendirilen zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyonların negatif değerler aldığı görülmüştür. Kasım ayında korelasyon değerleri yükselmeye devam etmiş ve mevsimin en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.12) elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlar kasım ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.15) 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.12) 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde (R=0.93) 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde (R=0.98) 2 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, ilkbahar ve kış mevsimleri için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.90 değerini aşarken, yaz ve sonbahar mevsimleri için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.10 değerini aşabilmiştir. Ayrıca, tüm mevsimlerdeki en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, ilkbahar mevsiminde nisan ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.98) ve sonbahar mevsiminde ise eylül ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.72) elde edilmiştir. Çalışmada, kış ve ilkbahar mevsimlerinde elde edilen korelasyon değerleri yüksek olup, yaz ve sonbahar mevsimlerinde elde edilen korelasyon değerleri çok düşüktür. Ayrıca, çalışmada aralık ayında özellikle 14 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.93) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.132'de 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile nisan ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2010, 2012 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde nisan ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde mart ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.136.** Kemer Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Nisan Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, büyük ölçekli bir havza olan Kemer Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, istasyon ölçümleri kaynaklı ve uydu kaynaklı zemin nemi verilerinden elde edilen korelasyonların düşük çıkmasının nedeninin, verilerin değerlendirilen zaman aralıklarının kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile

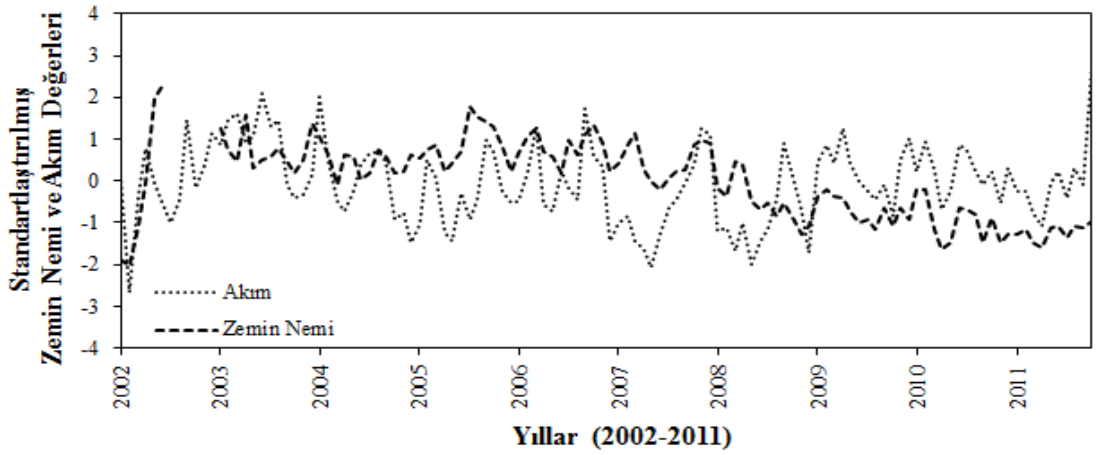
yapılan karşılaştırmada 1 ve 2 aylık kısa zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.57) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 5 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde ekim ayında (R=0.04) ulaşılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi sonunda (şubat), sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz), en düşük korelasyon değerleri ise sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ve kış mevsimi ortasında (ocak) bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.98) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde eylül ayında (R=-0.72) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs), en düşük korelasyon değerleri ise yaz ve sonbahar mevsimlerinde bulunmuştur. Her iki farklı şekilde elde edilmiş zemin nemi veri serileri için yapılan mevsimsel karşılaştırmalarda, incelenen zaman ölçeğinde elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.55 değerini aşması dikkat çekmiştir. 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile kasım ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile nisan ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2010, 2012 ve 2013 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan çeşitli şiddetlerdeki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.2.3.5. Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.2.3.5.1. Kemer Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

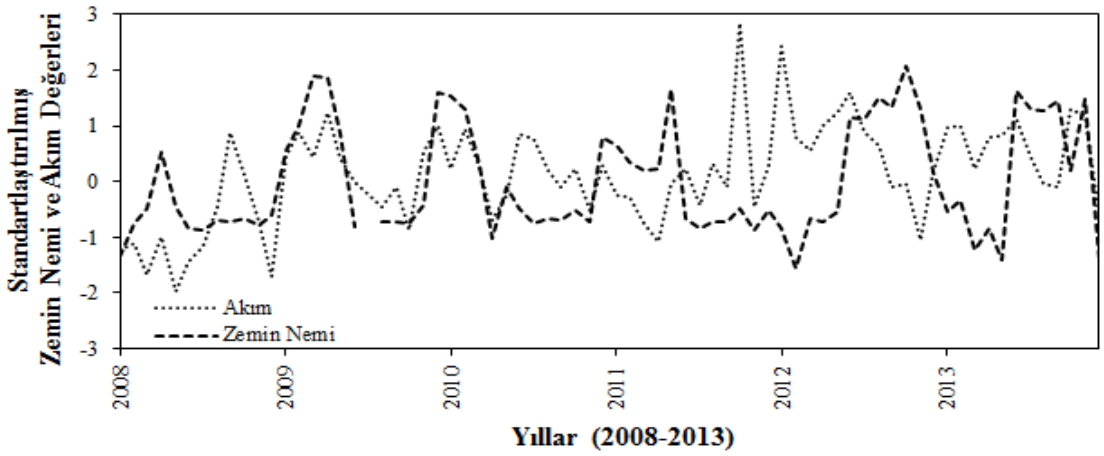
Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.18 elde edilmiştir. Şekil 4.133'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.137.** Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.2.3.5.2. Kemer Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.21 bulunmuştur. Şekil 4.134'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009 ve 2010 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.



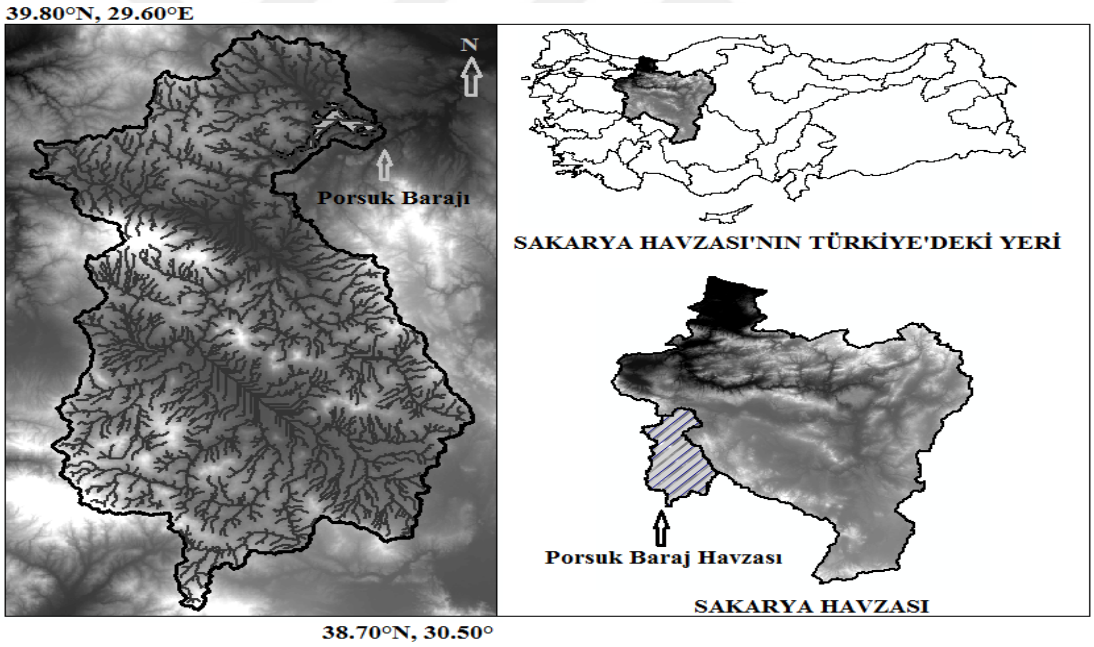

**Şekil 4.138.** Kemer Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.2.4. Porsuk Baraj Havzası

#### 4.2.4.1. Porsuk Baraj Havzası Özellikleri

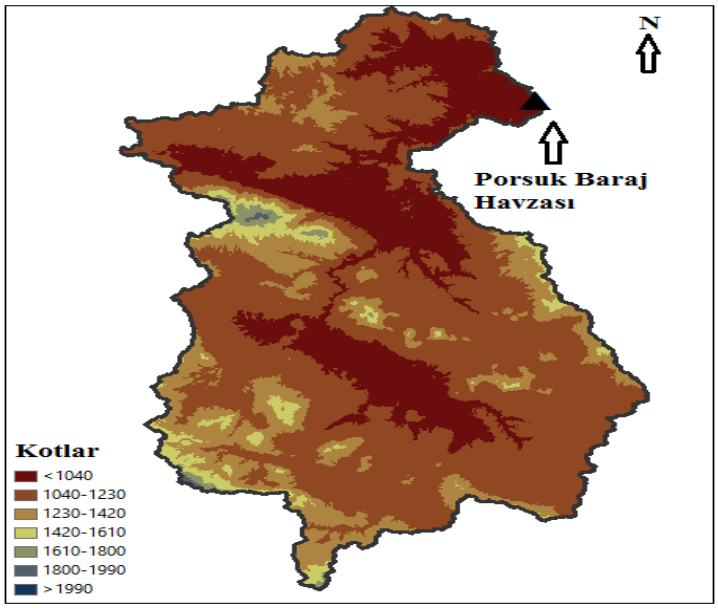
Çalışma alanı olarak seçilen Porsuk Baraj havzası, Kütahya il sınırları içerisinde, Eskişehir ilinin batısında, Afyon ilinin kuzey batısında ve Bilecik ilinin güneyinde 29°34'-30°33' doğu boylamları, 39°48'-38°45' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Kütahya ilinin doğu bölgesinin tamamını, Eskişehir iline bağlı İnönü ve merkez ilçelerinin, Uşak iline bağlı Banaz ilçesinin, Bilecik iline bağlı Bozüyük ilçesinin ve Afyon iline bağlı İhsaniye, Sincanlı ve merkez ilçelerinin çok küçük bir bölümünü içine almaktadır. Sakarya havzasının bir alt havzası olan Porsuk Baraj havzası, yaklaşık olarak 4664 km$^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.135).




**Şekil 4.139.** Porsuk Baraj Havzasının Konumu

Porsuk Baraj havzası, çevresini saran dağ ve tepeler ile beraber, yaylalar ve bu yaylaların arasında bulunan ovalardan oluşmaktadır. Havzanın bahsedilen jeomorfolojik özeti, İç Anadolu Bölgesinin yaylaları ve ovalarının devamı şeklindedir.

Ayrıca, dağ, tepe ve çukur bölgeler genellikle kuzeybatı-güneydoğu yönünde uzanmaktadır [112]. Havzanın sınırlarını, kuzeyde Yellice Dağı, batıda Tava Dağı, Davutoğlu Tepesi ve Murat Dağı, güneyde Kırkpınar Tepesi, Kazaklı tepe ve Gökdağ, doğuda ise Emre Tepesi, Obruk Tepesi ile Demirlik Dağı oluşturmaktadır [113]. Güneybatıda Altıntaş ve Aslanapa Ovaları ile kuzeyde Kütahya ve Yoncalı Ovaları, havzada yer alan en önemli ovalardır. Bununla beraber, havzada Özbek ve Yazılıkaya Platoları bulunmaktadır [114]. Havzada zengin bir bitki örtüsü çeşitliliği görülmekte olup, yoğun olarak kuru ormanlar göze çarpmaktadır. Havzadaki ormanlar, İç Anadolu Bölgesinin step alanı dışında kalan kuru ormanlarla benzerlik göstermektedir. Kuru ormanların yanı sıra, bozkır bitki toplulukları da havzanın doğusunda yer almaktadır. Havzada, Karadeniz ikliminin etkisinde kalan bölgelerde, özellikle dağlık kesimlerin kuzey taraflarında ve vadi tabanlarında az miktarda yarı nemli orman örtüsü bulunmaktadır. Ayrıca, havzaya sokulan Akdeniz ikliminin etkisi sonucunda da özellikle vadi yamaçlarında maki toplulukları bulunmaktadır [112]. II. dereceden deprem kuşağında yer alan havzanın topografyasının oluşumunda tektonik hareketler etkili olmuştur. Havza, yeraltı suyu bakımından zengindir. Ayrıca, kırık fay hatlarının sonucu olarak, havza yeraltı sıcak suları bakımından güçlü bir potansiyele sahiptir [115]. Şekil 4.136'dan görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 853-2183 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 853-1040 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza, dağlık ve düzlüklerin beraber görüldüğü bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzanın batı bölgesinde, doğu bölgesine göre yükselti daha fazladır.

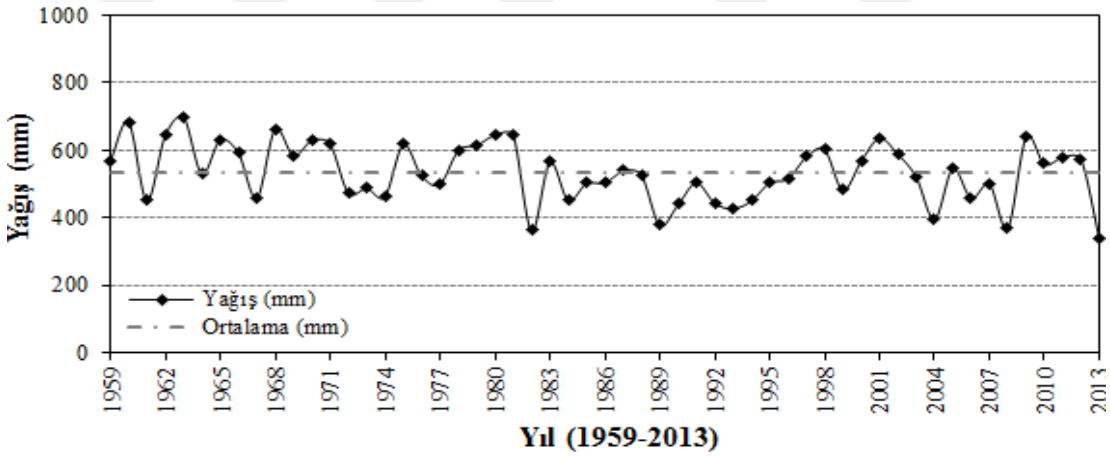



**Şekil 4.140.** Porsuk Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, etkili olan basınç sistemleri ve hava dolaşımı özellikleri ile sıcaklığın ve yağışın, alana ve zamana bağlı dağılımı iklim özelliklerini belirleyen temel etmenlerdir [105]. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 853-2183 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havza Orta Batı Anadolu iklim bölgesinde yer almakta ve İç Batı Anadolu geçiş iklimi görülmektedir [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Havza, Ege Bölgesinde yer almaktadır, fakat denizden uzaklık ve yüksekliğe bağlı olarak iklimi kıyı Ege ikliminden farklılık göstermektedir. Havzada Ege, Marmara ve İç Anadolu Bölgeleri arasında bir geçiş iklim tipi görülmektedir. İklim ve sıcaklık şartları bakımından her üç bölgenin özelliklerini taşımakta olan havzada, sıcaklık şartları İç Anadolu Bölgesi ve yağış şartları Marmara Bölgesi tesiri altındadır [115].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1959-2013 yılları arasında ölçüm yapan Gediz, Afyon, Bozüyük, Uşak, Kütahya ve Tavşanlı meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya daha yakın kesimlerden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür.

Özellikle, havzada güneybatıdan kuzeydoğuya doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın daha içeride kalan kuzey ve güneydoğu bölgesi, Ege kıyısına daha yakın olan güneybatı bölgesine göre daha az yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Gediz'de 605 mm iken, Afyon'da 416 mm'ye düşmüştür. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 341 mm iken, maksimum yağış 1963 yılında 699 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada İç Batı Anadolu geçiş ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 535 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.137'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları uzun ve kısa dönemler halinde görülmüştür. Bununla beraber, en uzun ortalama üzerindeki yağış sıklıkları 1962-1966 yılları arasında bulunmuştur. Ortalama yağışın altın kalan yağışlar ile ortalama yağışın üzerinde kalan yağışlar birbirine yakın sayıdadır. Ayrıca, ortalamanın üzerinde ve ortalamanın altında kalan yağışlar ortalama yağış miktarına yakın değerlere sahiptir.




**Şekil 4.141.** Porsuk Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.25'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve

ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.28.** Porsuk Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 66.1 | 55.3 | 56.1 | 53.0 | 50.2 | 34.1 | 19.1 | 13.4 | 20.0 | 41.9 | 48.8 | 77.0 | ***534.91*** |

Havzanın güneybatıdan kuzeydoğuya doğru sıcaklık değerleri azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 11 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 20-21 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 1~2 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Kaynağını Kütahya ili Murat Dağı eteklerinden alan Porsuk Çayı, kuzey yönünde ilerleyerek Kütahya merkez ilçesinden itibaren kuzeydoğu doğrultusunda yön çizerek Polatlı ilçesi civarında Sakarya Nehri ile birleşmektedir. Porsuk Çayı üzerinde 1972 yılında sulama, taşkın kontrolü ve içme suyu temini amaçlı olarak hizmete alınan Porsuk Barajı, normal su kotunda 23 $km^2$ göl alanına, 431 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 7.77 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 59.55 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0.24 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde

kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.26'da verilmiştir.

**Çizelge 4.29.** Porsuk Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Porsuk Baraj Havzası** | 1959-2013 | 1973-2013 | 1992-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |

### 4.2.4.2. Porsuk Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

#### 4.2.4.2.1. Porsuk Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

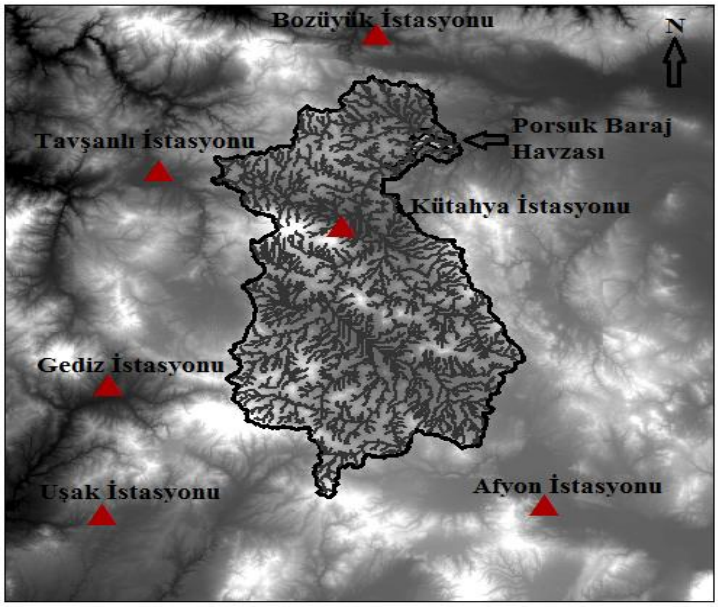
Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 6 adet meteoroloji istasyonu (Gediz, Afyon, Bozüyük, Uşak, Kütahya ve Tavşanlı) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.27'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini

etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.30.** Porsuk Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Gediz | 38.99 | 29.40 | 736 | 605 |
| **2** | Afyon | 38.74 | 30.56 | 1034 | 416 |
| **3** | Bozüyük | 39.90 | 30.05 | 754 | 488 |
| **4** | Uşak | 38.67 | 29.40 | 919 | 548 |
| **5** | Kütahya | 39.42 | 29.99 | 969 | 563 |
| **5** | Tavşanlı | 39.54 | 29.49 | 833 | 484 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 6 meteoroloji istasyonuna ait 1959-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.138'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.28'de görülmektedir.




**Şekil 4.142.** Porsuk Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

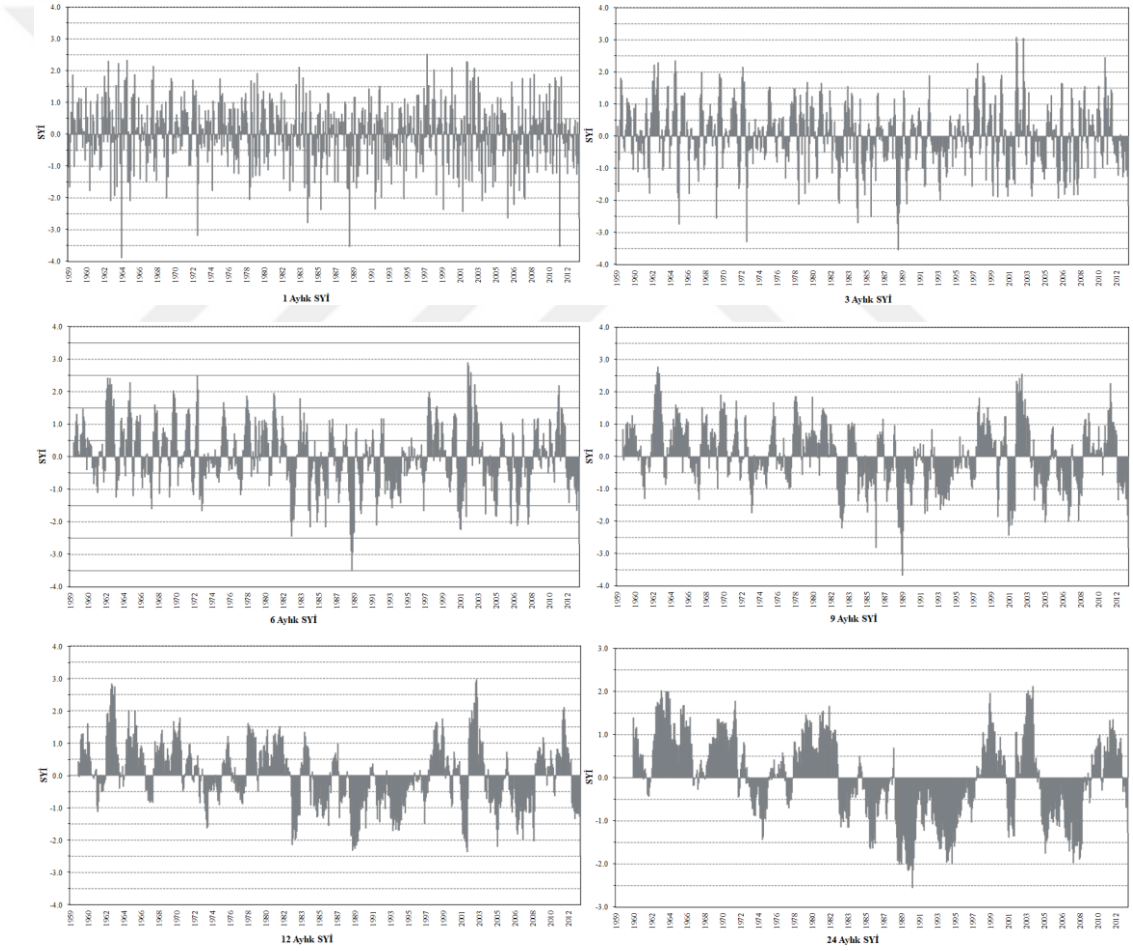
**Çizelge 4.31.** Porsuk Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Gediz | 0.85 |
| **2** | Afyon | 0.73 |
| **3** | Bozüyük | 0.76 |
| **4** | Uşak | 0.84 |
| **5** | Kütahya | 0.99 |
| **6** | Tavşanlı | 0.81 |

#### 4.2.4.2.2. Porsuk Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

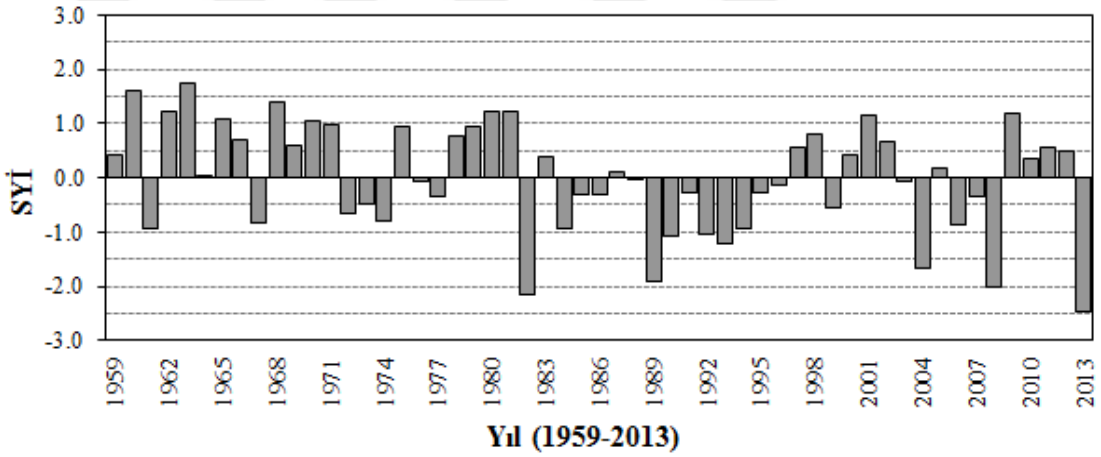
Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için

hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.139'da gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 8 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 12 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.143.** Porsuk Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

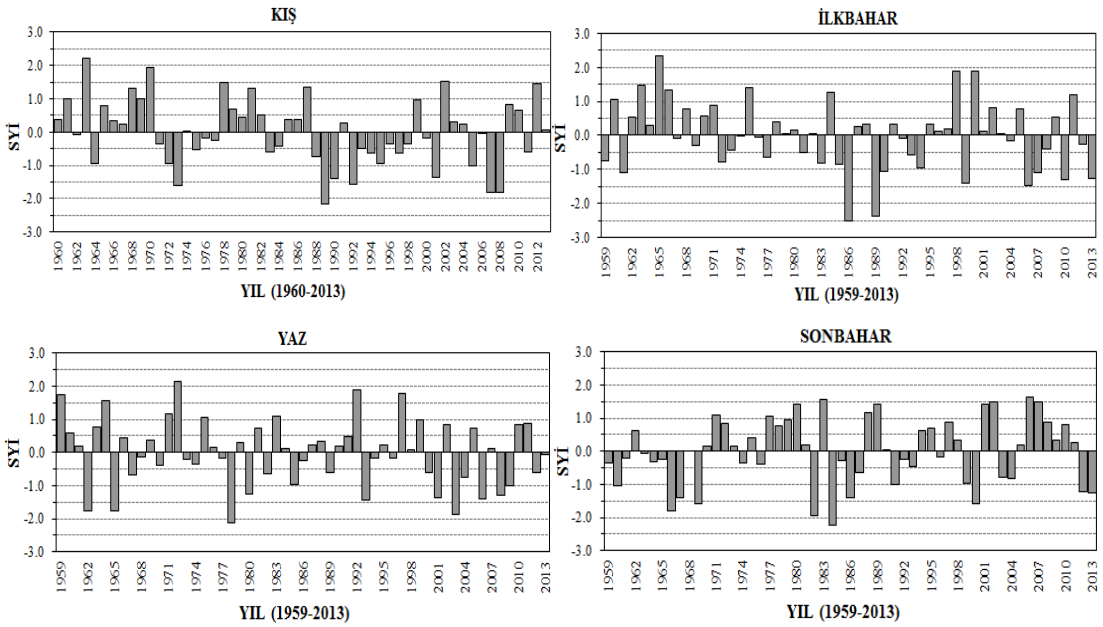
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1959-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.140'da görüldüğü gibi toplamda 55 yılda 27 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 3 aşırı kurak, 2 çok kurak, 3 orta derecede kurak ve 19 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.45 yıl olup, 1988-1996 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 9 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.41 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.48 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1972-1974, 1976-1977, 1984-1986, 1988-1996, 2003-2004 ve 2006-2008 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.144.** Porsuk Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.141'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 27 yıl, ilkbahar mevsiminde 26 yıl, yaz mevsiminde 26 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 27 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık ilkbahar mevsiminde 2 yıl boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla kış ve sonbahar

mevsimlerinde, orta derecede kuraklık en fazla ilkbahar mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla kış mevsiminde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, her mevsimde birbirlerine yakın değerler (-0.41~-0.39) elde edilmiştir. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise her mevsimde farklı değerler (1.53~2.70 yıl) görülmüştür. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.70 yıl) en fazla, yaz mevsiminde (1.53 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 2 ile 7 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre kış mevsiminde 1992-1998 ve sonbahar mevsiminde 1963-1969 yılları arasında 7 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 55 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, aşırı kuraklıkların en fazla ilkbahar mevsiminde görülmesi ile beraber, yaz mevsiminin ortalama kuraklık süresinin diğer mevsimlere göre daha az olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.145.** Porsuk Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1959-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Porsuk Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1960'lı yıllardan 1970'li yılların başlarına kadar ülke genelinde de olduğu gibi havzada da ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde, sadece 1961 ve 1967 yıllarında normale yakın kuraklık görülmüştür. Sulak dönemlerin ardından 1972-1977 yılları arasında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın kuraklık olup, 1971 yılı hariç 1972-1974 ve 1977 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Havzada 1978-1981 yılları arasında tekrar yağışların artması ile havzada tamamen olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1982-1996 yıllarında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar aşırı, çok, orta derecede ve normale yakın kuraklık olup, 1984, 1989-1991 ve 1996 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Ayrıca bu dönemde 1983 ve 1987 yıllarında kuraklık yaşanmamıştır. 1990'lı yılların sonundan 2000'li yılların başına kadar havzada yağışların artması ile beraber havzada olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde sadece 1999 yılında havzada normale yakın kuraklık görülmüştür. Havza 1999-2001 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan 1999 yılı hariç diğer dönemlerde havza etkilenmemiştir. 2003-2008 yılları arasında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile birlikte havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar aşırı, çok ve normale yakın kuraklık olup, 2007 ve 2008 yıllarında ülke genelinde görülen kuraklıklardan havza da etkilenmiştir. 2008 yılından sonra yağışlar artmış ve 2009-2012 yılları arasında havzada tamamen sulak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönem, ülke için de sulak

bir dönem olmuştur. 2013 yılında ise havzada aşırı kuraklık görülmüş ve bu yılda ülke genelinde de şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla kış ve sonbahar mevsimlerinde görülmesinin yanı sıra, tüm mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada, özellikle 1993 yılında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Porsuk Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmış olup, genellikle normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yıllarda havzada sulak dönemler ile normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüş olup, sadece 2004 yılında çok kuraklık, 2008 ve 2013 yıllarında aşırı kuraklık yaşanmıştır. Özellikle, 2008 ve 2013 yıllarında ülke genelinde de yaşanan şiddetli kuraklıklardan, havzanın aşırı kuraklık yaşayarak etkilendiği görülmüştür. Bu sebeple uzun süreli normale yakın kurak ve sulak dönemlerden sonra, özellikle 2013 yılında yaşanan aşırı kuraklık sonucu havzada kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu düşünülmektedir.

#### 4.2.4.3. Porsuk Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.2.4.3.1. Porsuk Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

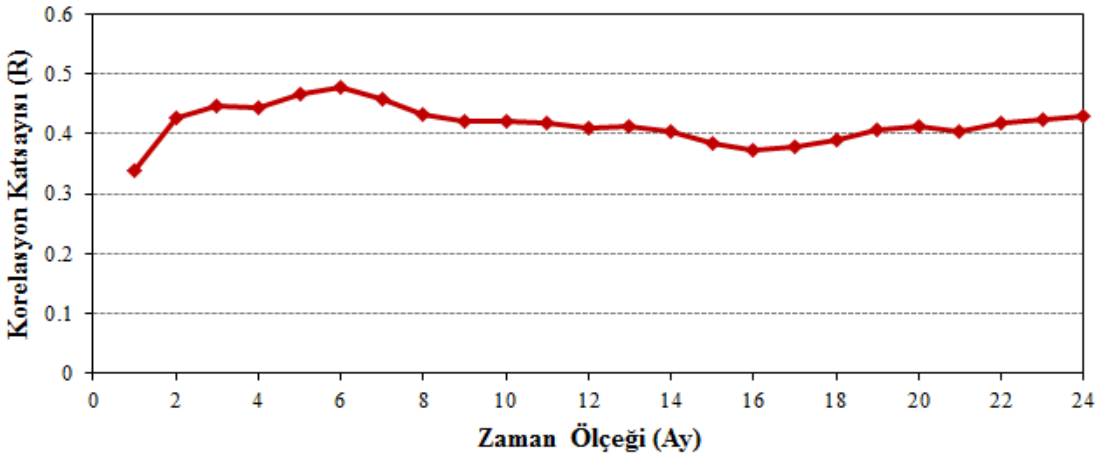
Porsuk Baraj havzasında 1973-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 7.77 $m^3/s$ iken maksimum akım 59.55 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0.24 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.43 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Porsuk barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin

görüldüğü aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.4.3.1.1. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

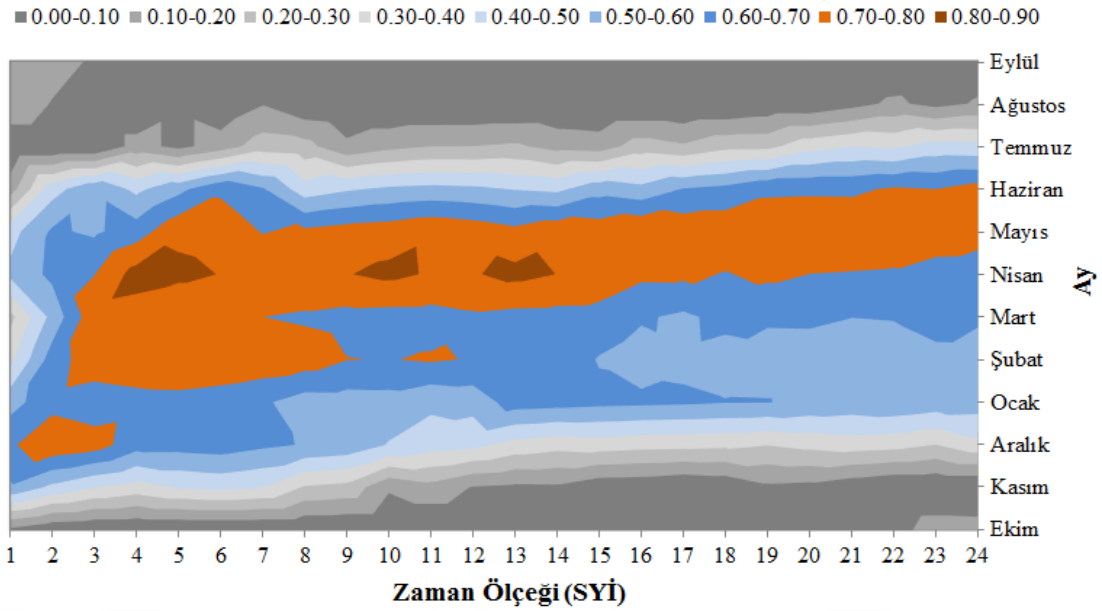
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.142'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa ve uzun zaman ölçeklerinde (5-7 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.48) 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 5 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Porsuk Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.146.** Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.2.4.3.1.2. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.143'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.147.** Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

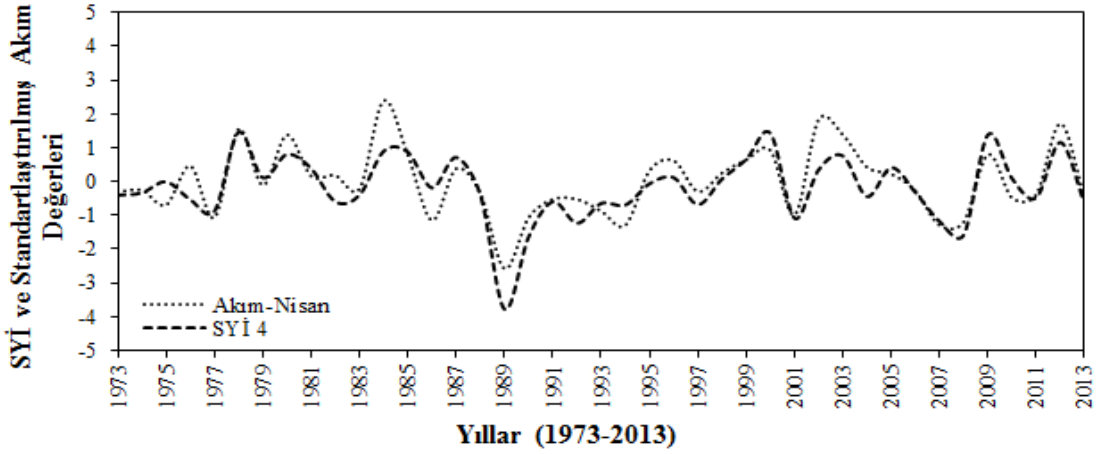
Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.78$) kış mevsiminde (aralık ve şubat) ve ilkbahar mevsiminde görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.78$), 5 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ($R=0.80$) ve ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ($R=0.77$), 4 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.84$) ve 5 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ($R=0.78$) ulaşılmıştır. Kış ve ilkbahar mevsimleri en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu mevsimlerdir. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında yüksek olan korelasyon değerleri ($R \leq 0.78$), ocak ayında nispeten düşüş ($R \leq 0.67$) göstermiştir. Şubat ayında ise korelasyon değerleri tekrar yükselmiş ve kış mevsiminin en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.80$) bu ayda elde edilmiştir. Kış mevsimde maksimum korelasyonlar aralık ve ocak aylarında 2 aylık ve şubat ayında ise 5 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsimi başlangıcında mart ayında korelasyon değerleri ($R \leq 0.77$) yine yüksektir. Nisan ayında 4 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.84$) ulaşmıştır. Mayıs ayında ise korelasyon değerleri ($R \leq 0.78$) nispeten düşüş göstermiştir. İlkbahar mevsiminde

maksimum korelasyonlar mart ayında 3 aylık, nisan ayında 4 aylık ve mayıs ayında 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ayında korelasyon değerleri düşmeye başlamış ($R \leq 0.68$), temmuz ve ağustos aylarında ise düşüş ($R \leq 0.20$) devam etmiştir. Temmuz ayında 6 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R \leq 0.15$) elde edilmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ve temmuz aylarında 6 aylık, ağustos ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsimi başlangıcında eylül ayında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve bu ayda maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Ekim ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R<0.10$) elde edilmiştir. Kasım ayında korelasyon değerleri yükselmiş ve 2 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değeri ($R=0.59$) elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.70$) kış mevsimi sonunda (şubat) ve ilkbahar mevsiminde görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ($R=0.77$) ve ilkbahar mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ($R=0.70$), 10 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.82$) ve 11 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ($R=0.79$) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine de ($R \leq 0.82$) kış ve ilkbahar mevsimlerinde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsimi sonu (ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük ($R<0.26$) olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde temmuz ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde ve ağustos ayında maksimum korelasyona 8 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde ise eylül ayında maksimum korelasyona 11 aylık zaman ölçeğinde ve ekim ayında maksimum korelasyona 10 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsiminde (ekim) maksimum korelasyon değeri 10 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Ayrıca, sonbahar mevsimi sonunda (kasım) 7 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde (aralık ve ocak) 7 aylık zaman ölçeğinde ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) 7 aylık zaman ölçeğinde, elde edilen maksimum korelasyon değerleri $R=0.40$ değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.40 \leq R \leq 0.62$) birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-11 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.68), sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.59), kış mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.80) ve ilkbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.84) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri kısa zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-7 aylık (sadece mayıs ayı için 11 aylık zaman ölçeği geçerlidir) uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.25$) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.55 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, ilkbahar mevsiminde nisan ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.84) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu ($R<0.10$) ayın da sonbahar mevsiminde ekim ayı olduğu tespit edilmiştir

Şekil 4.144'de ise 4 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği nisan ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1977, 1989, 1990, 1992, 1994, 2001, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde nisan ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde ocak ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.148.** Porsuk Baraj Havzasında 4 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Nisan Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

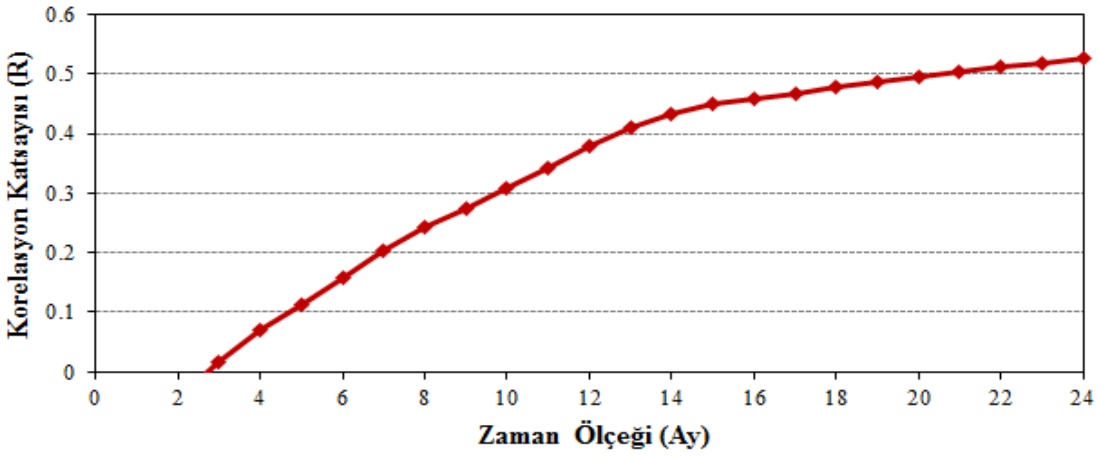
#### 4.2.4.3.2. Porsuk Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Porsuk Baraj havzasında 1973-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Porsuk barajı normal su kotunda 431 $hm^3$ göl hacmine ve 23 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.1 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.4.3.2.1. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

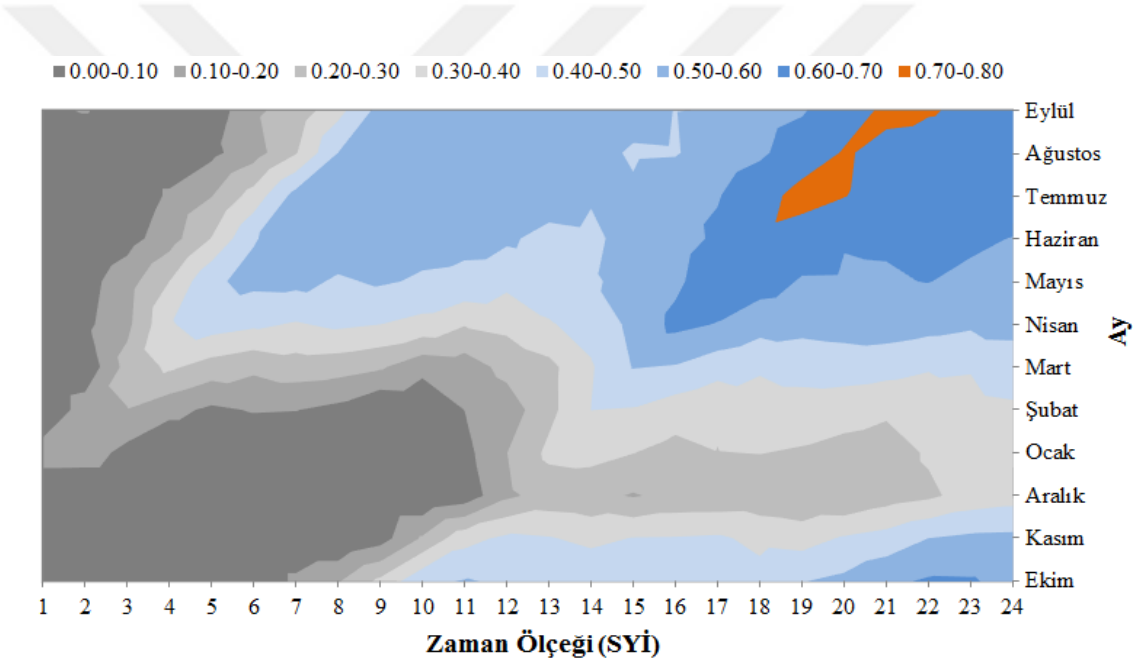
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.145'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (12-15 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. 12 aylık zaman ölçeğinden itibaren maksimum korelasyon değerine ulaşma eğilimi gözlemlenmiş olup, bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 12-15 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri yaklaşık R=0.44 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki nispeten küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 11-14 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Porsuk Baraj havzasında uzun zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.149.** Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.4.3.2.2. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.146'da standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.150.** Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

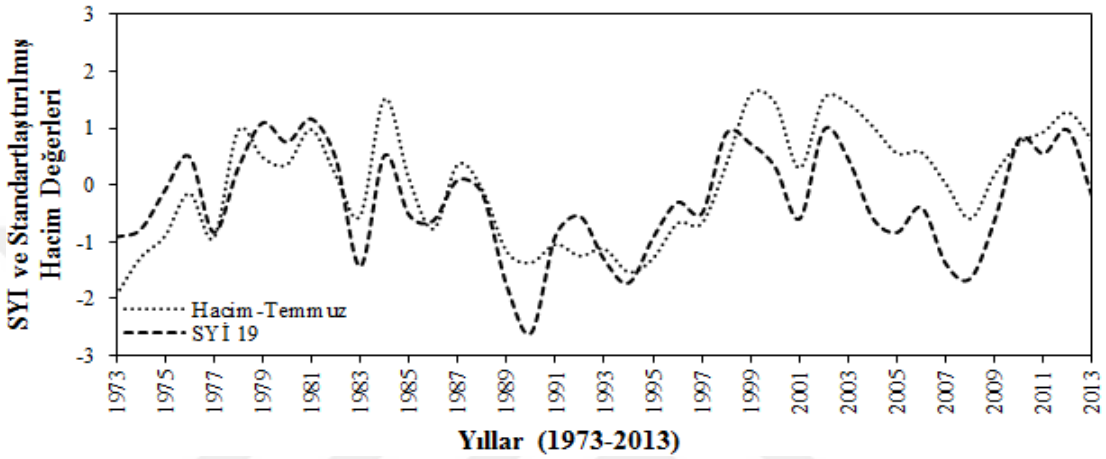
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.73$) yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) bulunmuştur. Maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 19 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.73$) ve 20 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ($R=0.71$), sonbahar ise

mevsiminde 21 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.72) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde temmuz ayında 19 aylık zaman ölçeğinde (R=0.73) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, kış mevsiminde korelasyon değerlerinin diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük (R≤0.40) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine aralık ayında 24 aylık zaman ölçeğinde (R=0.36), ocak ayında 24 aylık zaman ölçeğinde (R=0.38) ve şubat ayında 14 aylık zaman ölçeğinde (R=0.40) ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım) 22 ve 24 aylık zaman ölçeklerinde, ilkbahar mevsiminde 15, 16 ve 17 aylık zaman ölçeklerinde ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) 18 aylık zaman ölçeğinde, elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.50 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin (0.50≤R≤0.68) birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 14-24 aylık zaman ölçeklerinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 19 aylık zaman ölçeğinde (R=0.73) temmuz ayında, sonbahar mevsiminde 21 aylık zaman ölçeğinde (R=0.72) eylül ayında, kış mevsiminde 14 aylık zaman ölçeğinde (R=0.40) şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde 17 aylık zaman ölçeğinde (R=0.67) mayıs ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.40 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri kış mevsiminde aralık ayında 24 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.36) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değeri yaz mevsiminde (temmuz), en düşük korelasyon değeri ise kış mevsiminde (aralık) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle kış mevsiminde 1-11 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri (R≤0.10) çok düşüktür. Fakat, maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Özellikle her mevsimde uzun zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerine ulaşılması dikkat çekmiştir. Buradan yola çıkarak havzada, 11 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.147'de 19 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile temmuz ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla

havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1973, 1974, 1977, 1983, 1989-1995 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde temmuz ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde ocak ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



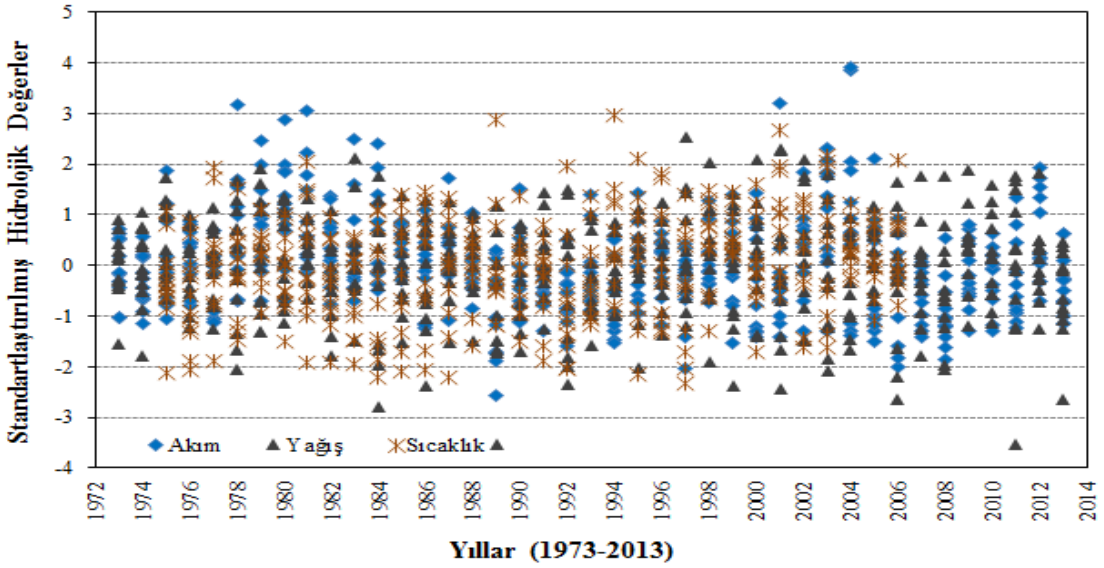

**Şekil 4.151.** Porsuk Baraj Havzasında 19 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Porsuk Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda, farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile uzun ve kısa zaman ölçekli (5-7 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.48) 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerine, ilkbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.84), en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 1

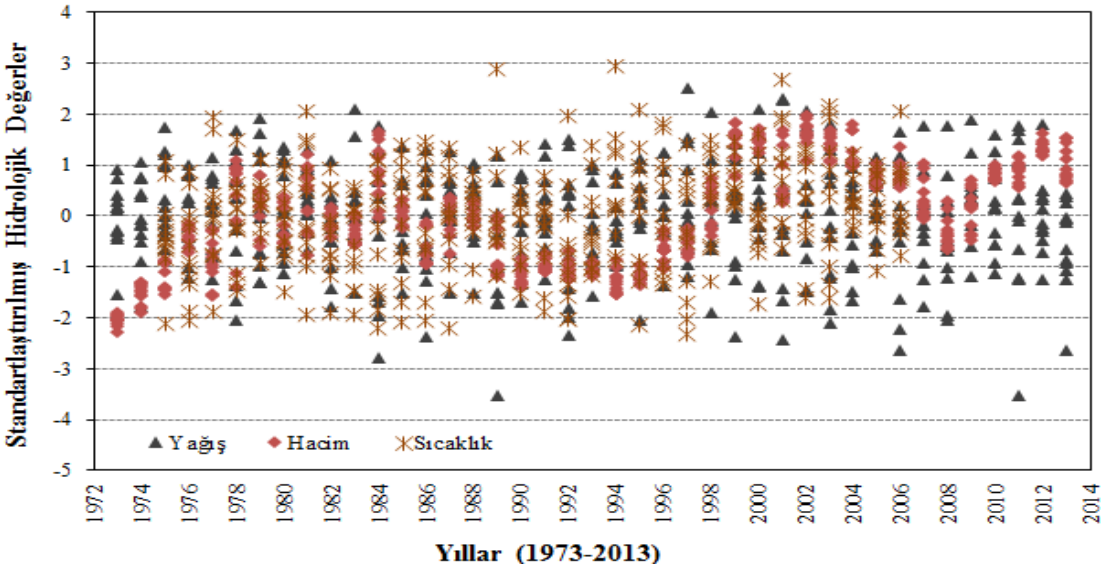
aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.10) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve maksimum korelasyona (R=0.44) 12-15 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 19 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.73) ve en düşük maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 24 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.36) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.148 ve 4.149'da görüldüğü gibi ay bazında 1973-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.152.** Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.153.** Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.2.4.4. Porsuk Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

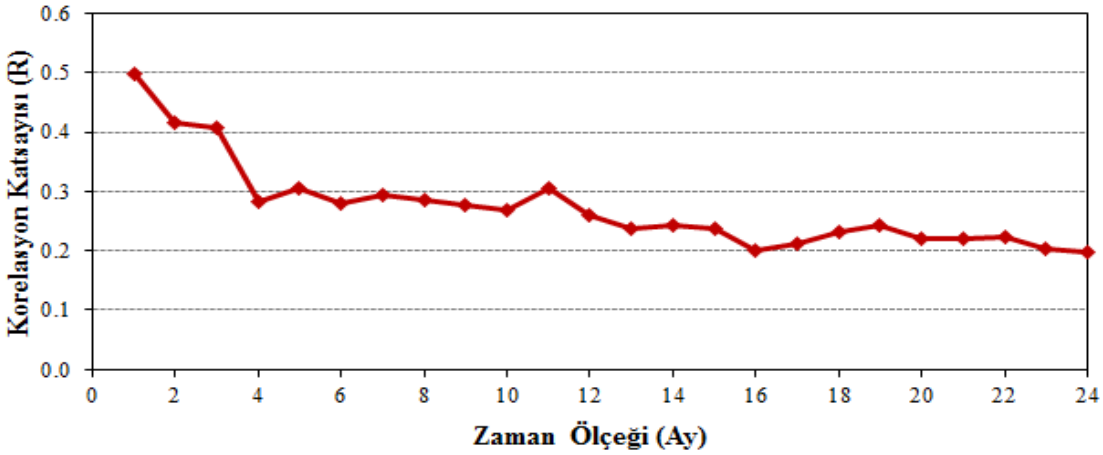
#### 4.2.4.4.1. Porsuk Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.4.4.1.1. Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.150'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.50 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Porsuk Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

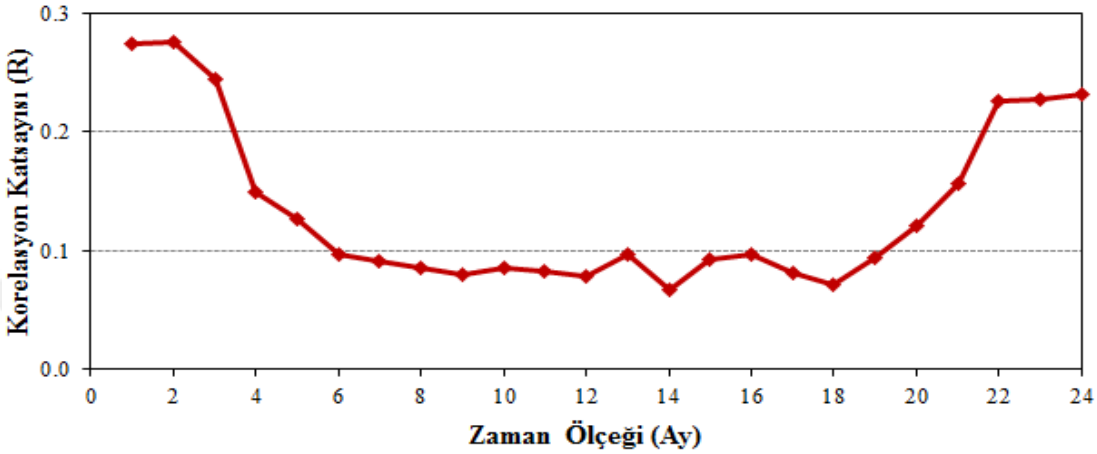



**Şekil 4.154.** Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.4.4.1.2. Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.151'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) nispeten yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde R=0.28 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada

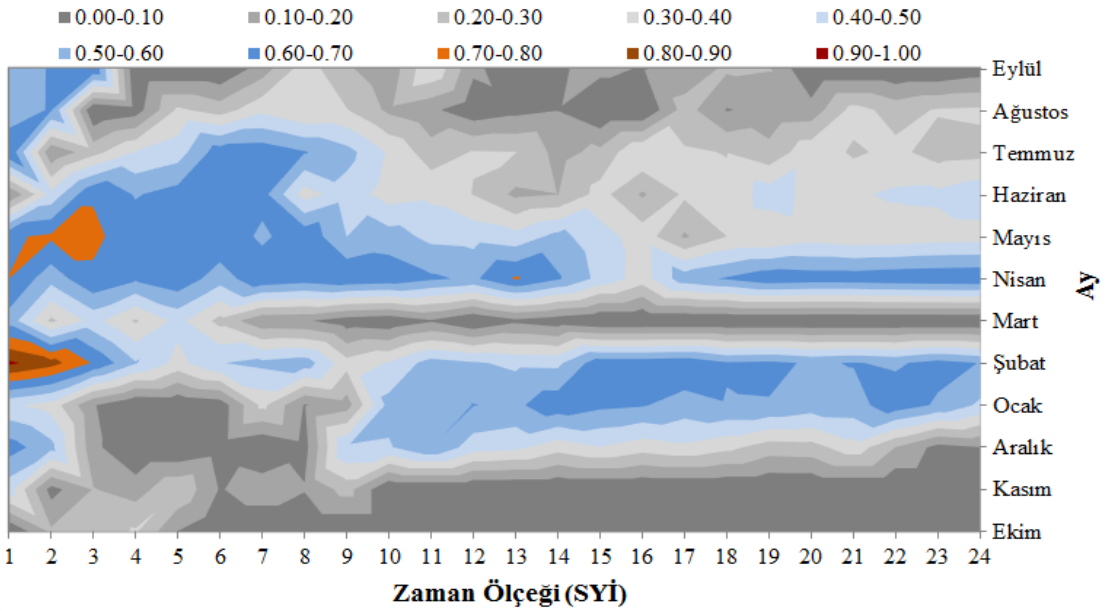
herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Porsuk Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.155.** Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.4.4.1.3. Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.152'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.156.** Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

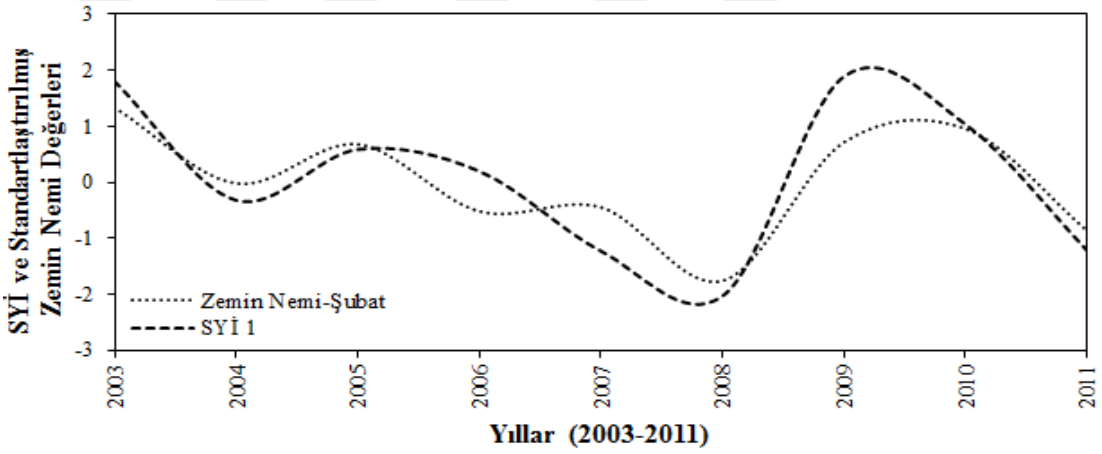
Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeklerinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 4 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.152'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.92$) kış mevsimi sonunda (şubat), ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde şubat ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.92$), ilkbahar mevsiminde nisan ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.70$) ve mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.72$), sonbahar mevsiminde ise eylül ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.71$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım) ve kış mevsimi ortasında (ocak) korelasyon değerlerinin nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine ($R<0.45$) sonbahar mevsiminde ekim ayında 4 aylık zaman ölçeğinde ve kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde ise ocak ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında yüksek korelasyon değerleri (R≤0.65) elde edilmiş ve bu ayda maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerlerinde ocak ayında düşüş gözlemlenmiş ve maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.42) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri şubat ayında ise yükselişe geçmiş (R≤0.92) ve 1 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında düşüş gösteren korelasyon değerleri (R≤0.56), nisan ayında yükselme (R≤0.70) göstermiştir. Mayıs ayında ise, mevsimin en yüksek korelasyon değerleri (R<0.73) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ve nisan aylarında 1 aylık ve mayıs ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ve temmuz aylarındaki korelasyon değerleri, mayıs ayında elde edilen korelasyon değerlerine (R<0.70) yakın çıkmıştır. Korelasyon değerleri, ağustos ayında ise tekrar nispeten düşüşe (R≤0.61) geçmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ayında 3 aylık, temmuz ayında 1 aylık ve ağustos ayında 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, eylül ayında korelasyon değerleri nispeten (R≤0.71) yükselmiştir. Ekim ayında korelasyon değerleri düşmeye (R≤0.31) başlamış ve diğer mevsimlere göre en düşük maksimum korelasyon değeri bu ayda 4 aylık zaman ölçeğinde (R=0.31) elde edilmiştir. Kasım ayında ise, maksimum korelasyon değeri nispeten (R≤0.44) yükselmiştir. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyonlar eylül ayında 3 aylık ve kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 4 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.70) 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.71) 1 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında, kış mevsiminde (R=0.92) 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde (R=0.72) 2 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.70 değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, kış mevsiminde şubat ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.92) ve sonbahar mevsiminde ise ekim ayında en düşük maksimum korelasyon değeri

(R=0.31) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada nisan, ocak ve şubat aylarında özellikle 12 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.71) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.153'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile şubat ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2007, 2008 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.

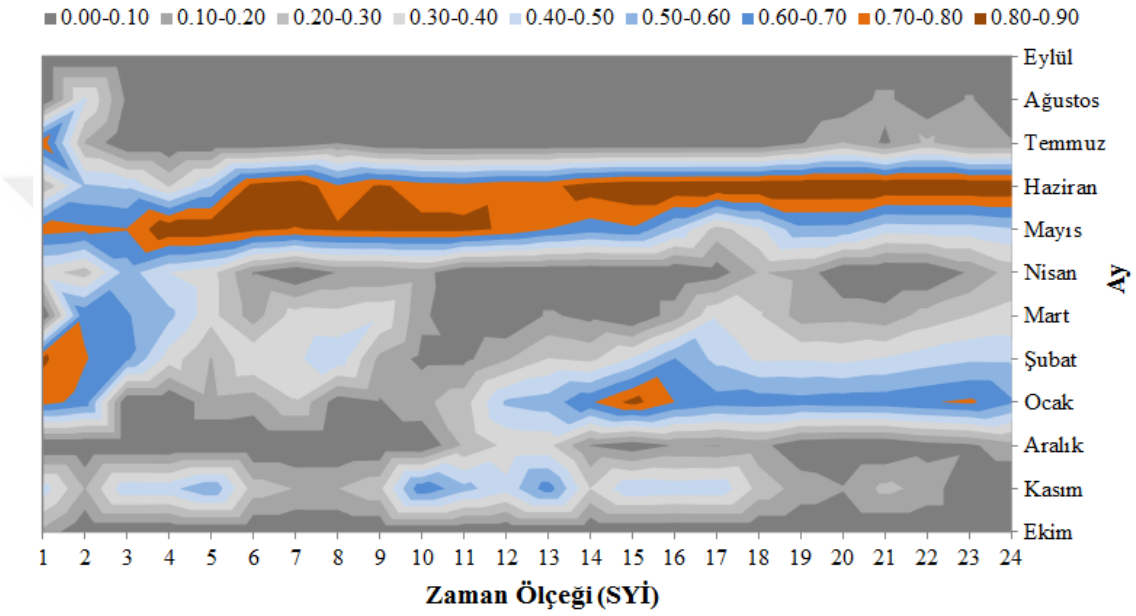



**Şekil 4.157.** Porsuk Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.2.4.4.1.4. Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar

yapılmıştır. Şekil 4.154'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.158.** Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.154'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.89$) kış mevsimi sonunda (şubat), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) bulunmuştur. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde şubat ayında 1 aylık zaman ölçeğinde

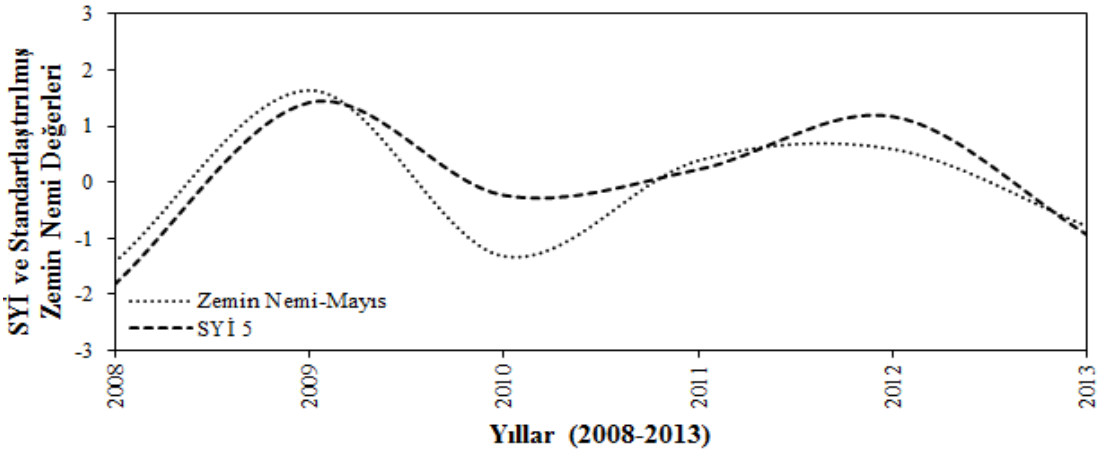
(R=0.82), ilkbahar mevsiminde mayıs ayında 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.89) ve yaz mevsiminde haziran ayında 6 aylık zaman ölçeğinde (R=0.84) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) korelasyon değerlerinin çok düşük (R≤0.17) olduğu belirlenmiştir. Özellikle eylül ve aralık aylarında incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değerler aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon değerlerine (R≤0.17) sonbahar mevsiminde eylül ayında 3 aylık zaman ölçeğinde, ekim ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve kış mevsiminde ise aralık ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında çok düşük korelasyon değerlerine (R<0.10) ulaşılmış ve bu ayda kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. Ocak ayından itibaren korelasyon değerleri yükselişe (R≤0.74) geçmiştir. Şubat ayında ise, korelasyon değerleri (R≤0.82) yükselmeye devam etmiş ve bu ayda kış mevsiminin en yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar aralıkta 3 aylık, ocak ve şubat aylarında ise 1 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde yüksek korelasyon değerleri (R≤0.89) elde edilmiştir. Özellikle mayıs ayında, tüm ayların en yüksek korelasyon değerine (R=0.89) 5 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar martta 2 aylık, nisanda 3 aylık ve mayısta aylarında ise 5 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında yüksek olan korelasyon değerleri (R≤0.84), temmuz ayından itibaren düşmeye (R≤0.77) başlamıştır. Ağustos ayında ise, değerlendirilen zaman ölçeğinde yaz mevsiminin en düşük korelasyon değerleri (R≤0.42) elde edilmiştir. Bu mevsimde haziran ayında 6 aylık zaman ölçeğinde, temmuz ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve ağustos ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri eylül ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 3 aylık zaman ölçeğinde (R=-0.40) elde edilmiştir. Özellikle eylül ayında değerlendirilen zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyonların negatif değerler aldığı görülmüştür. Ekim ayında ise korelasyon değerleri (R≤0.17) nispeten yükselerek, maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Kasım ayında korelasyon değerleri yükselmeye devam etmiş ve mevsimin en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.59) elde

edilmiştir. Maksimum korelasyonlar kasım ayında ise 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.84) 6 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.59) 5 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde (R=0.82) 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde (R=0.89) 5 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.55 değerini aşmıştır. Ayrıca kış mevsimi hariç, tüm mevsimlerdeki en yüksek maksimum korelasyon değerleri 5 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, ilkbahar mevsiminde mayıs ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.89) ve sonbahar mevsiminde ise eylül ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.40) elde edilmiştir. Çalışmada, kış mevsimi sonu (şubat), ilkbahar mevsiminde ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) elde edilen korelasyon değerleri yüksek olup, yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos), sonbahar mevsiminde ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) elde edilen korelasyon değerleri daha düşüktür. Ayrıca, çalışmada haziran ayında özellikle 7 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.90) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.155'de 5 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile mayıs ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2010 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde mayıs ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ocak ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.159.** Porsuk Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mayıs Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, büyük ölçekli bir havza olan Porsuk Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmış ve iki veri seti için de uyumluğu oluğu görülmüştür. Çalışmada, istasyon ölçümleri kaynaklı zemin nemi verilerden elde edilen korelasyonların, uydu kaynaklı zemin nemi verilerden elde edilen korelasyonlara göre nispeten düşük çıkmasının nedeninin, istasyon kaynaklı verilerin değerlendirilen zaman aralıklarının kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde

edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada 1 ve 2 aylık kısa zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.94) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 4 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde ekim ayında (R=0.31) ulaşılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi sonunda (şubat), ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül), en düşük korelasyon değerleri ise sonbahar mevsiminde (kasım ve ekim) ve kış mevsimi ortasında (ocak) bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.89) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde eylül ayında (R=-0.40) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi sonunda (şubat), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs), yaz mevsimi başlangıcında (haziran), en düşük korelasyon değerleri ise kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) bulunmuştur. Her iki farklı şekilde elde edilmiş zemin nemi veri serileri için yapılan mevsimsel karşılaştırmalarda, incelenen zaman ölçeğinde elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.55 değerini aşması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile şubat ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 5 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile mayıs ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2007, 2008, 2010, 2011 ve 2013 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan çeşitli büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

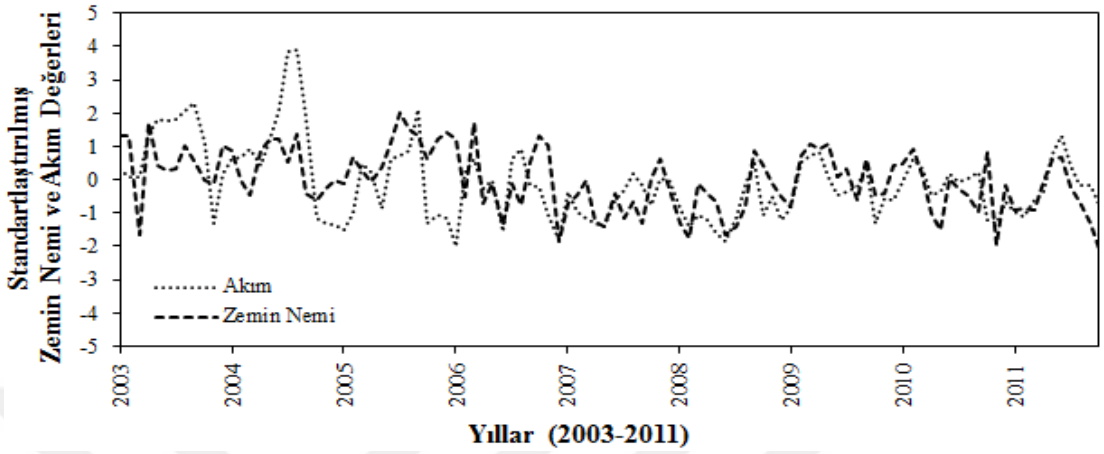
#### 4.2.4.5. Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [7-8]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [13].

##### 4.2.4.5.1. Porsuk Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.47 elde edilmiştir. Şekil 4.156'da nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2007, 2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir. Ayrıca, standartlaştırılmış aylık akım ve zemin nemi

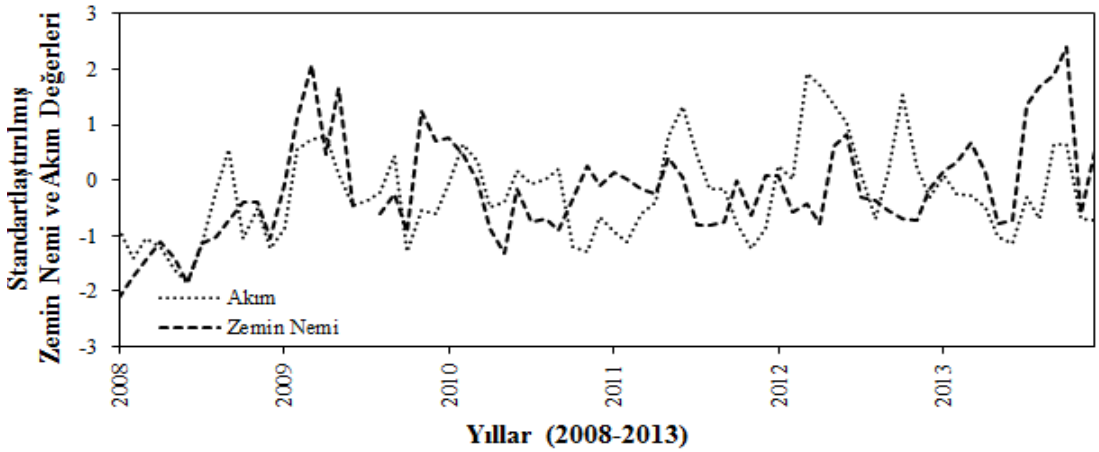
verileri zaman serisi şeklinde karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerdeki genel uyumluluğu göze çarpmaktadır.




**Şekil 4.160.** Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.2.4.5.2. Porsuk Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.36 bulunmuştur. Şekil 4.157'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir. Ayrıca, standartlaştırılmış aylık akım ve zemin nemi verileri zaman serisi şeklinde karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerdeki genel uyumluluğu göze çarpmaktadır.



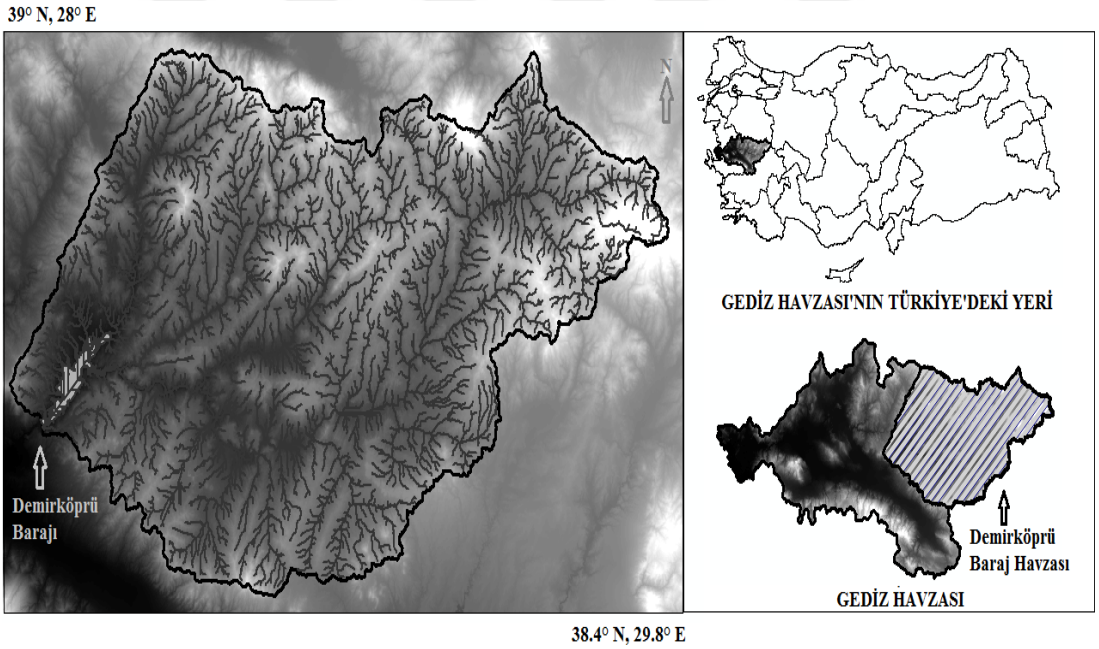

**Şekil 4.161.** Porsuk Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.2.5. Demirköprü Baraj Havzası

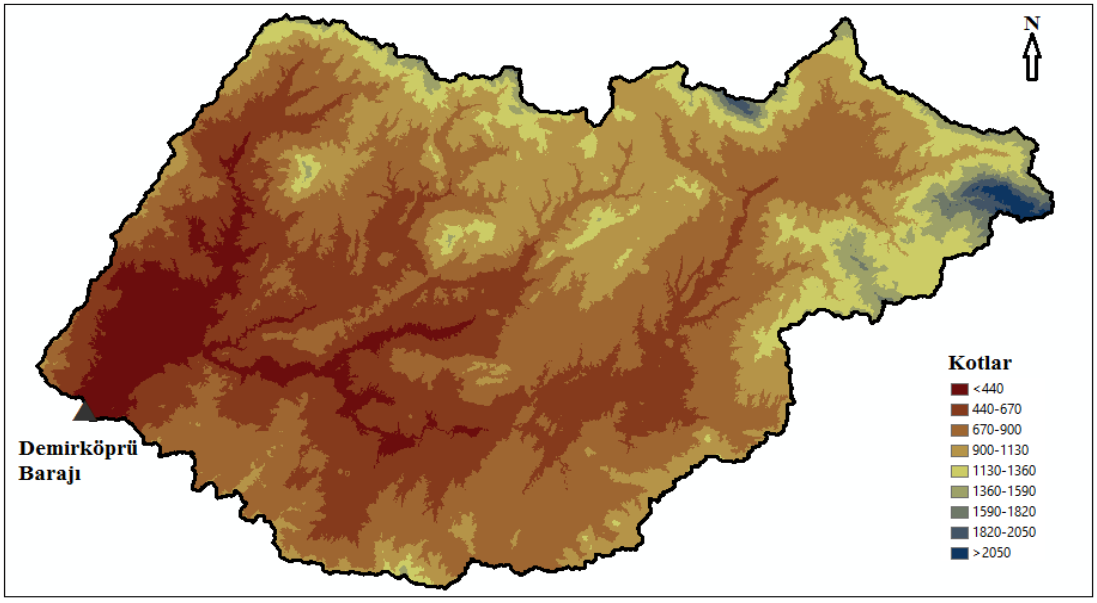
#### 4.2.5.1. Demirköprü Baraj Havzası Özellikleri

Çalışma alanı olarak seçilen Demirköprü Baraj havzası, Manisa ilinin batısında, Uşak ilinin kuzeydoğusunda ve Kütahya ilinin güneybatısında 28°11'-29°50' doğu boylamları, 39°7'-38°26' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Manisa iline bağlı Demirci, Selendi ve Kula ilçelerinin tamamını, Köprübaşı ilçesinin büyük bir bölümünü ve Salihli ilçesinin küçük bir bölümünü, Uşak iline bağlı Eşme ve merkez ilçelerinin büyük bir bölümünü, Banaz ve Ulubey ilçelerinin küçük bir bölümünü, Kütahya iline bağlı Gediz, Şaphane ve Pazarlar ilçelerinin büyük bir bölümünü ve Simav ilçesinin küçük bir bölümünü içine almaktadır. Gediz havzasının bir alt havzası olan Demirköprü Baraj havzası yaklaşık olarak 6458 km$^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.158).




**Şekil 4.162.** Demirköprü Baraj Havzasının Konumu

Demirköprü baraj havzası dağlık, tepelik, engebeli ve yüksek bir arazi yapısına sahiptir. Havzada dağlık alanların yanı sıra, yüksek platolar ve çöküntü ovaları bulunmaktadır. Havzanın kuzeybatısında Demirci Dağları ve Simav Dağları, kuzeydoğusunda Şaphane Dağı ve Murat Dağı, güneybatısında ise Murad Dağı ve Sandıklı Dağları havza ve çevresinde yer alan en önemi dağlardır. Havzada Uşak-Gördes Platosu ve Kula Platosu yer almaktadır. Havzanın batısı ağırlıklı olarak orman ve makilerle kaplıdır. Bu bölgede ormanlar; meşe, dişbudak, karaağaç, karaçam, kızılçam, ardıç, ahlat ve çınar ağaçlarından ibarettir. Havzanın doğu bölümünde ise, yine ormanlar ve fundalıklar ile çayır ve mera alanları bulunmaktadır [116]. Şekil 4.159'dan görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 214-2301 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 214-670 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza, dağlık, tepelik ve yüksek düzlüklerin beraber görüldüğü bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzada doğudan batıya ve kuzeyden güneye doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Özellikle havzanın kuzey ve kuzeydoğu bölgelerinde yükselti fazla olup, batı ve güney bölgelerinde ise yükselti azalmaktadır.

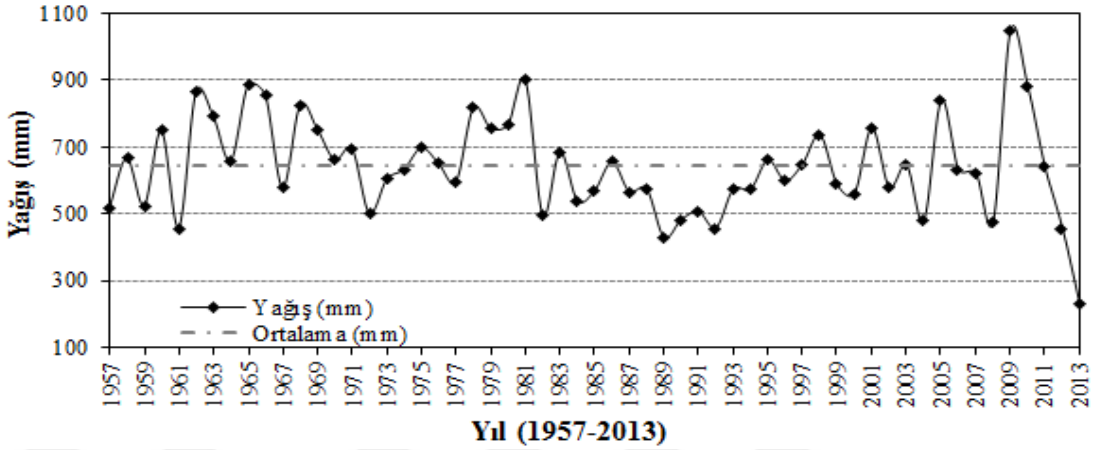



**Şekil 4.163.** Demirköprü Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, etkili olan basınç sistemleri ve hava dolaşımı özellikleri ile sıcaklığın ve yağışın, alana ve zamana bağlı dağılımı iklim özelliklerini belirleyen temel etmenlerdir [105]. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 214-2301 aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak havza, Orta Batı Anadolu iklim bölgesinde yer almaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine etkisi büyüktür. Havza Ege Bölgesinin İç Batı Anadolu Bölgesinde ve Karadeniz, Akdeniz ve İç Anadolu iklimlerinin kesiştiği bir bölgede yer almaktadır. Ayrıca, havza iç kesimlerde kaldığı için Ege ikliminin ılıman etkisinden daha az etkilenmektedir. Havzada Marmara ve İç Anadolu tipi yağış rejimi görülmektedir. Yaz ayları genelde sıcak ve kurak olup, kış ayları ise ılık ve yağışlı geçmektedir [116-117].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1957-2013 yılları arasında ölçüm yapan Uşak, Gediz, Simav, Güney ve Salihli meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havzada yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde küçük farklılaşmalar görülmüştür. Havzada kuzeydoğudan güneybatıya doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden az miktarda farklılık göstermektedir. Havzanın yükseltinin fazla olduğu kuzeydoğu bölümü, yükseltinin daha az olduğu güneybatı bölümüne göre nispeten daha fazla yağış almaktadır. Bunun yanında havzada yükselti farkının fazla olması havzanın kuzey ve güney bölgesindeki yıllık ortalama yağış miktarının çok miktarda farklılık göstermesine neden olmaktadır (Örneğin; Simav'da 812 mm iken, Güney'de 548 mm'ye düşmüştür). Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 228 mm iken maksimum yağış 2009 yılında 1049 mm olarak bulunmuştur. Bu durum havzanın Karadeniz, Akdeniz ve İç Anadolu iklimlerinin kesiştiği bir bölgede yer almasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 642 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.160'dan görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları uzun dönemler halinde görülmüş, fakat yakın geçmişe yaklaştıkça ise kısa dönemler halinde devam etmiştir. Ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları ise uzun ve kısa dönemler halinde görülmüştür. Ayrıca, ortalama yağışın üzerinde

kalan yağışların nispeten fazla olmasının yanı sıra, bazı yıllarda ortalama yağışın çok üzerinde yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.164.** Demirköprü Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.29'da uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir

**Çizelge 4.32.** Demirköprü Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri(mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 94.3 | 82.1 | 70.1 | 59.0 | 43.8 | 24.3 | 13.1 | 8.6 | 20.0 | 43.0 | 71.7 | 111.5 | ***641.5*** |

Havzanın güneybatısında sıcaklık kuzeydoğusuna göre daha fazladır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 12.9 ºC'dir. En sıcak aylar, temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup,

havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 23-24 ºC olmakla beraber ocak ve şubat aylarında sıcaklık 3-4 ºC civarına düşmektedir.

Kaynağını Murat ve Şaphane Dağlarından gelen kollardan alan Gediz Nehri İzmir Körfezi yakınlarında Ege Denizine dökülür. Gediz Nehri üzerinde 1960 yılında sulama, enerji ve taşkın koruma amaçlı olarak hizmete alınan Demirköprü Barajı, normal su kotunda 48 $km^2$ göl alanına, 1320 $hm^3$ göl hacmine sahip olup, toplam kurulu gücü 69 MW'dır [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 14.48 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 145.92 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0.00 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.30'da verilmiştir.

**Çizelge 4.33.** Demirköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Demirköprü Baraj Havzası** | 1957-2013 | 1985-2013 | 1984-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |

### 4.2.5.2. Demirköprü Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

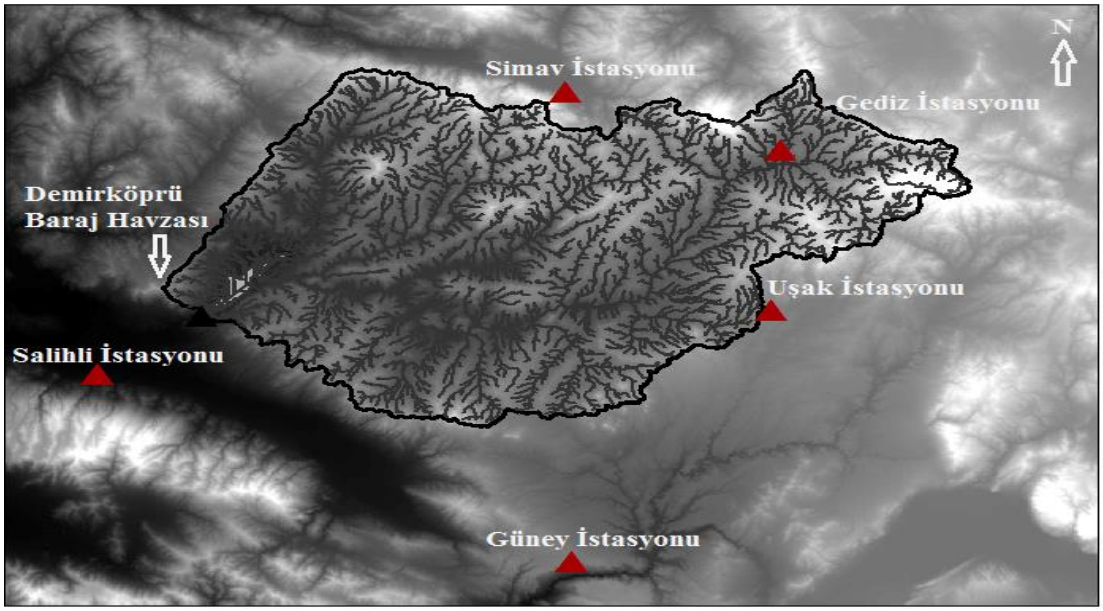
#### 4.2.5.2.1. Demirköprü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada görülen havza çevresinde yer alan en yakın 5 adet meteoroloji istasyonu (Uşak, Gediz, Simav, Güney ve Salihli) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.31'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.34.** Demirköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Uşak | 38.67 | 29.40 | 919 | 545 |
| **2** | Gediz | 38.99 | 29.40 | 736 | 605 |
| **3** | Simav | 39.09 | 28.98 | 809 | 812 |
| **4** | Güney | 38.15 | 29.06 | 825 | 548 |
| **5** | Salihli | 38.48 | 28.12 | 111 | 494 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 5 adet meteoroloji istasyonuna ait 1957-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.161'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.32'de görülmektedir.




**Şekil 4.165.** Demirköprü Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

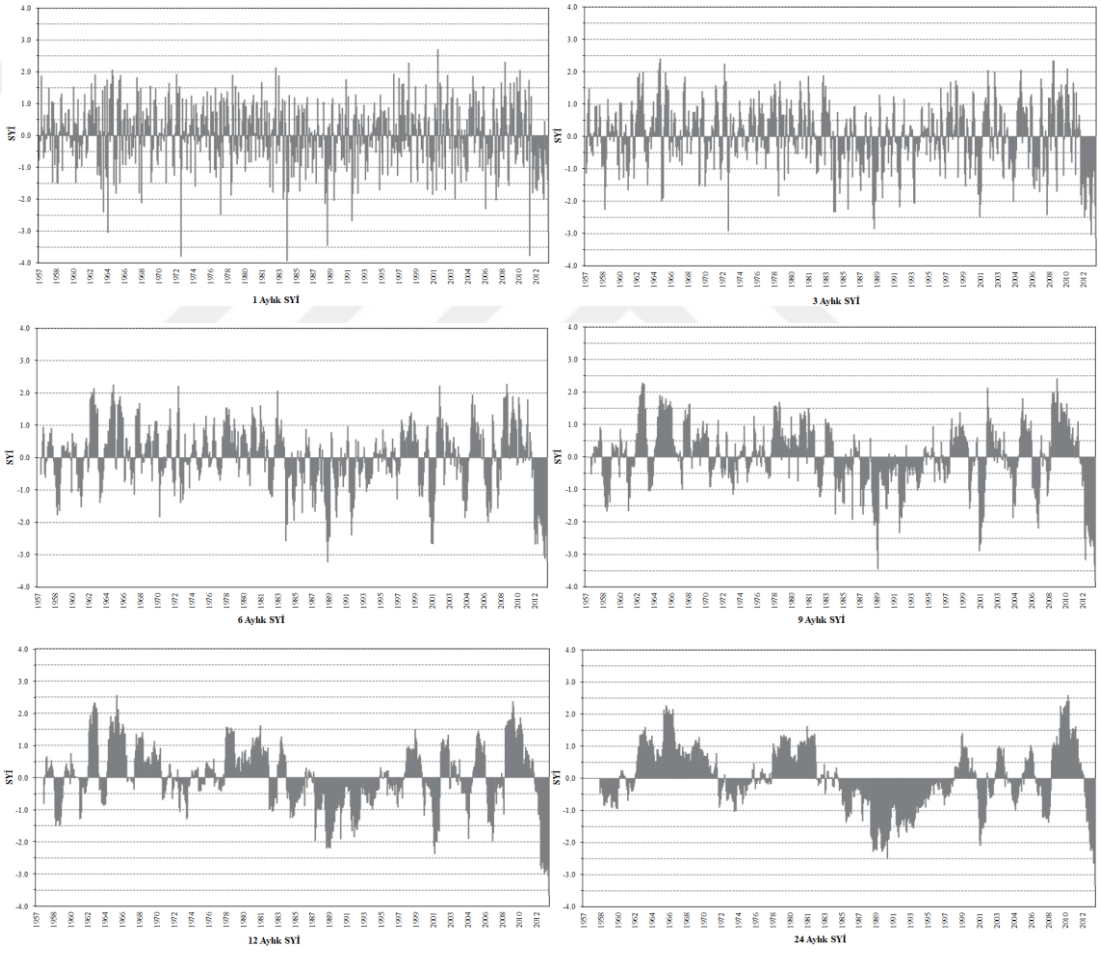
**Çizelge 4.35.** Demirköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Uşak | 0.89 |
| **2** | Gediz | 0.96 |
| **3** | Simav | 0.97 |
| **4** | Güney | 0.91 |
| **5** | Salihli | 0.91 |

#### 4.2.5.2.2. Demirköprü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

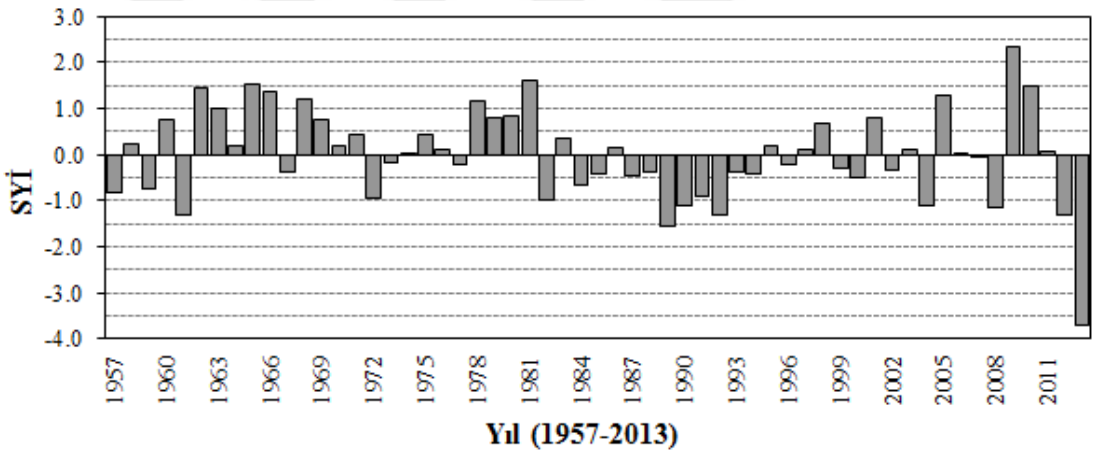
Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.162'de

gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 3 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 9 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 15 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.166.** Demirköprü Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

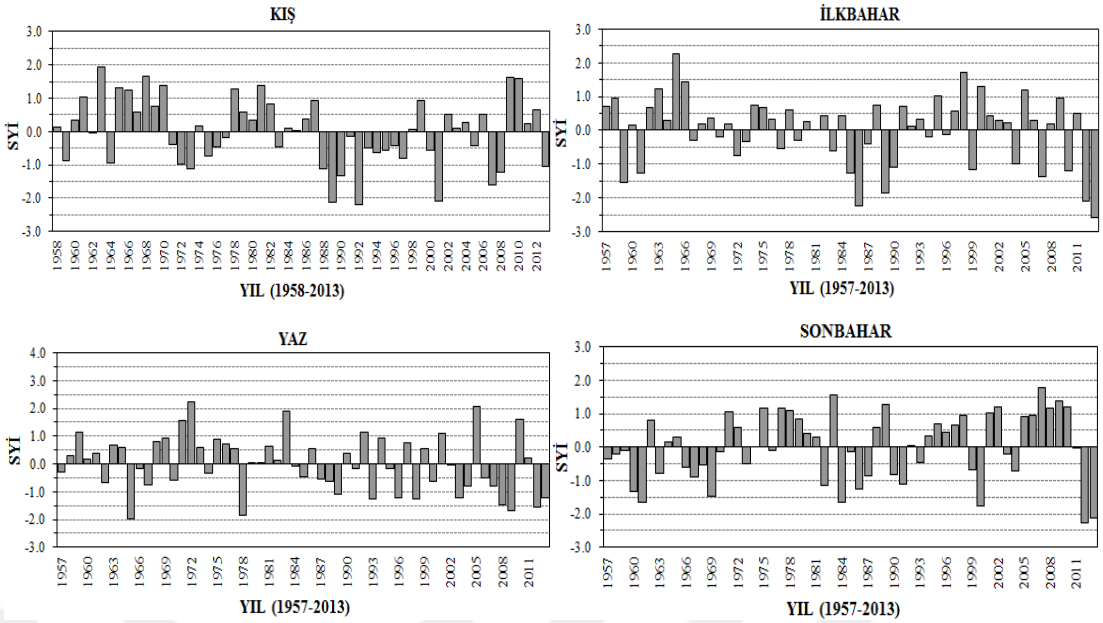
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1957-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.163'de görüldüğü gibi toplamda 57 yılda 27 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 1 aşırı kurak, 1 çok kurak, 6 orta derecede ve 19 normale yakın biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1.80 yıl olup, 1987-1994 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 8 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.38 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -3.68 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1972-1973, 1984-1985, 1987-1994, 1999-2000, 2007-2008 ve 2012-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmekte olup, havzada çok kuraklıkların yaşanmadığı dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.167.** Demirköprü Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.164'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirinden yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 26 yıl, ilkbahar mevsiminde 23 yıl, yaz mevsiminde 28 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 29 yıl kuraklık

yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar kış ve ilkbahar mevsimlerinde 3 yıl boyunca yaşanmıştır. Çok kuraklıklar en fazla yaz mevsiminde, orta derecede kuraklıklar en fazla yaz mevsiminde ve normale yakın kuraklıklar ise en fazla sonbahar mevsiminde yaşanmıştır. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirlerine yakın değerlere (-0.39~-0.42) sahip olup, ortalama kuraklık süresi bakımından da birbirinden farklı değerler göstermektedir. Sonbahar mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.42 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.28 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 3 ile 10 yıl arasında değişmekte olup, sadece en uzun süre yaz mevsiminde 1988-1997 yılları arası 10 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 57 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Burada ayrıca özellikle sonbahar mevsiminin ortalama kuraklık süresinin diğer mevsimlere göre daha fazla olması ve yaz mevsiminde aşırı kuraklık görülmemesi dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.168.** Demirköprü Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1957-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Demirköprü Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

1950'li yılların sonu 1960'lı yılların başlangıcında havzada kurak ve sulak dönemler beraber görülmüştür. Bu dönemde 1957, 1959 ve 1961 yıllarında yaşanan kuraklıklar orta derecede ve normale yakın kuraklıklardır. 1962 yılından 1971 yılına kadar yağışların artmasıyla beraber havzada tamamen sulak bir döneme geçiş olmuş ve bu dönem ülke geneli içinde sulak bir dönem olmuştur. 1972-1973 yıllarında ise havzada 2 sene boyunca normale yakın kuraklık görülmüştür. Ülke genelinde 1971-1974 yılları arasında şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havza, yaşanan şiddetli kuraklıklardan sadece 1972 ve 1973 yıllarında etkilenmiştir. Havzada yağışların

artması ile beraber 1974-1983 yılları arasında ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde havzada sadece 1977 ve 1982 yıllarında normale yakın kuraklık görülmüştür. Ülke genelinde yaşanan 1977 yılındaki şiddetli kuraklıklardan havzada etkilenmiştir. 1984 yılından itibaren sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada 11 yıl boyunca kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar çok kuraklık, orta derecede kuraklık ve normale yakın kuraklık olup, özellikle 1984 ve 1989-1991 yıllarındaki ülkede yaşanan kuraklıklardan havza da etkilenmiştir. 1995 yılından 1998 yılına kadar yaşanan uzun süreli kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber havzada sulak bir döneme geçiş olmuştur. Bu dönemde sadece 1996 yılında normale yakın kuraklık görülmüş olup, bu yılda ülke genelinde ise şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. 1990'lı yılların sonundan 2000'li yılların sonlarına kadar ise havzada kurak ve sulak dönemler beraber görülmüştür. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın ve orta derecede kuraklık olup, ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza 2001 yılındaki kuraklıktan etkilenmemiş, fakat 1999, 2000, 2007 ve 2008 yıllarındaki kuraklıktan etkilenmiştir. Uzun süreli kurak ve sulak dönemlerin ardından yağışların artmasıyla beraber havzada 2009-2011 yıllarında tamamen sulak bir döneme geçiş olmuştur. 2012-2013 yılları arasında ise havzada, ilk kez aşırı kuraklıklara rastlanmıştır. Bu dönemde uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamış olup, özellikle ortalama sıcaklıklarda artma eğilimi olması ve yağışların ortalamanın altında kalması sonucu son dönemlerde kuraklık büyüklüklerinde artış gözlemlenmiştir. 2012 yılında orta derecede kuraklık ve 2013 yılında ise aşırı kuraklık yaşanmıştır. 2013 yılında görülen aşırı kuraklık özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en az ilkbahar mevsiminde görülmesinin yanı sıra bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada özellikle 2013 yılında her mevsimde farklı büyüklüklerde kuraklıklar yaşanmıştır.

Demirköprü Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada, sulak dönemlerin hakim olduğu görülmüştür. Ayrıca, en uzun süreli kuraklıklara sadece 1987-1994 yılları arasında rastlanılmıştır. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli

kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada 2013 yılına kadar ağırlıklı olarak normale yakın ve orta derecede kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta ise, son yıllarda özellikle 2012-2013 yıllarında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu havzada aşırı ve orta derecede kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüklerinim artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmiştir.

#### 4.2.5.3. Demirköprü Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

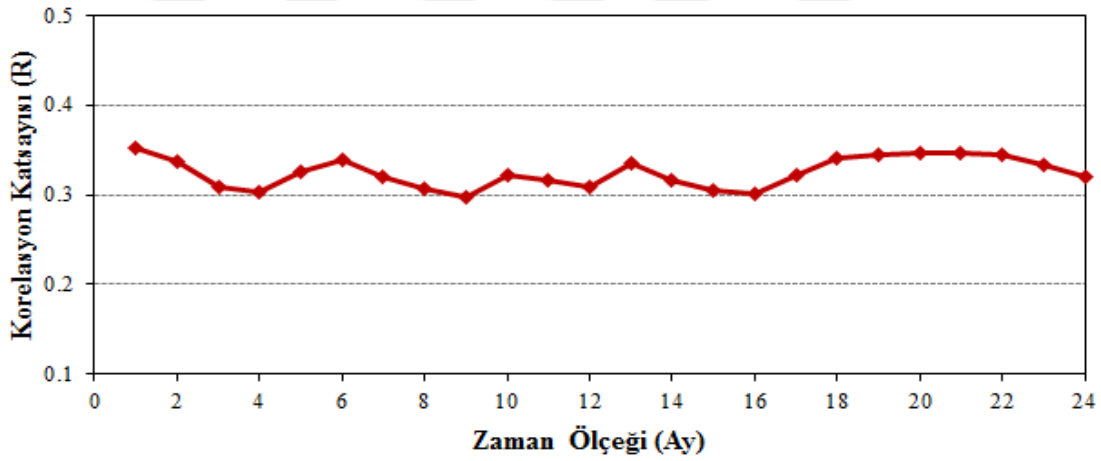
##### 4.2.5.3.1. Demirköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Demirköprü Baraj havzasında 1985-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 14.48 $m^3/s$ iken maksimum akım 145.92 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.76 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Demirköprü barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.5.3.1.1. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

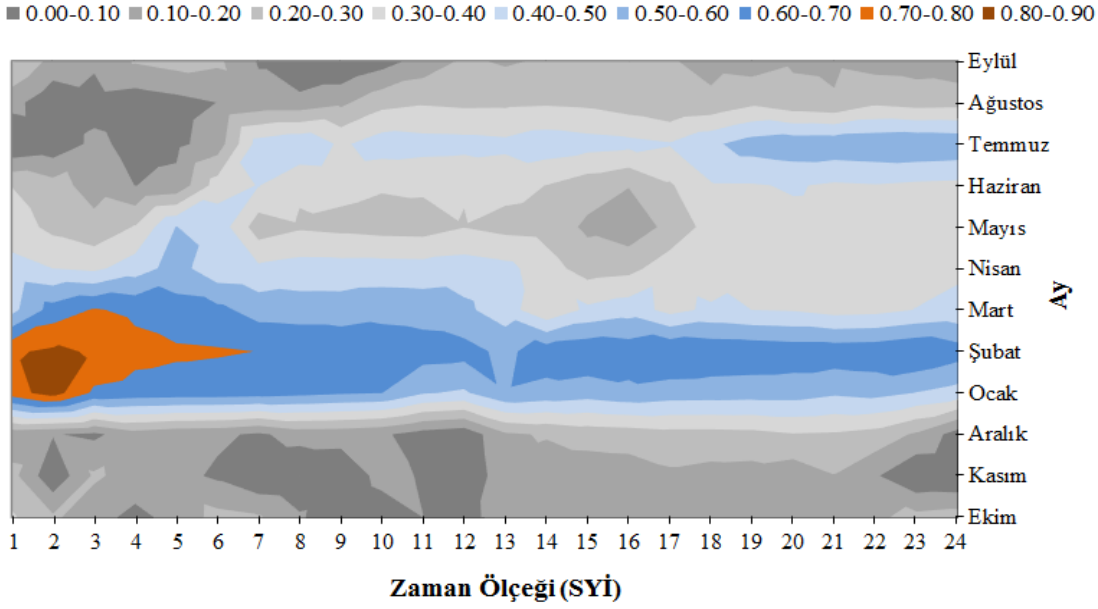
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.165'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.352) 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Demirköprü Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.169.** Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.2.5.3.1.2. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.166'da standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.170.** Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri (R>0.71) kış mevsiminde (ocak ve şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında

(mart) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine; kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak (R=0.85) ve şubat aylarında (R=0.82), ilkbahar mevsiminde ise 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.71) ulaşılmıştır. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsiminde aralık ayında düşük olan korelasyon değerleri ocak ve şubat aylarında yükseliş göstermiş (R≤0.85) ve ocak ayında 1 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine (R=0.71) ulaşmıştır. Sadece aralık ayında korelasyon değerleri düşüş göstererek R=0.15 değeri altında kalmıştır. Maksimum korelasyonlara aralık ayında 4 aylık, ocak ve şubat aylarında ise 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsiminde ise, korelasyon değerleri kış mevsimine göre nispeten düşüş göstermiştir. Mart ayında nispeten düşmeye başlayan korelasyon değerlerinin maksimumu R=0.70 değerini aşmıştır. Fakat nisan ve mayıs aylarında korelasyon değerleri düşmeye (R≤0.55) devam etmiş ve mayıs ayında mevsimin en düşük korelasyon değerleri (R≤0.50) elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde maksimum korelasyonlara mart ayında 3 aylık, nisan ve mayıs aylarında 5 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerleri yaz mevsiminde düşmeye (R<0.35) devam ederek diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. Özellikle ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değerine (R=0.14) ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ve temmuz aylarında 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, maksimum korelasyon değerleri eylül ve ekim aylarında nispeten yükselişe (R≤0.31) geçerek R=0.30 değerini aşmıştır. Kasım ayında ise korelasyon değerleri düşüş göstermiş ve bu ayda mevsimin en düşük korelasyon değerleri (R≤0.24) elde edilmiştir.

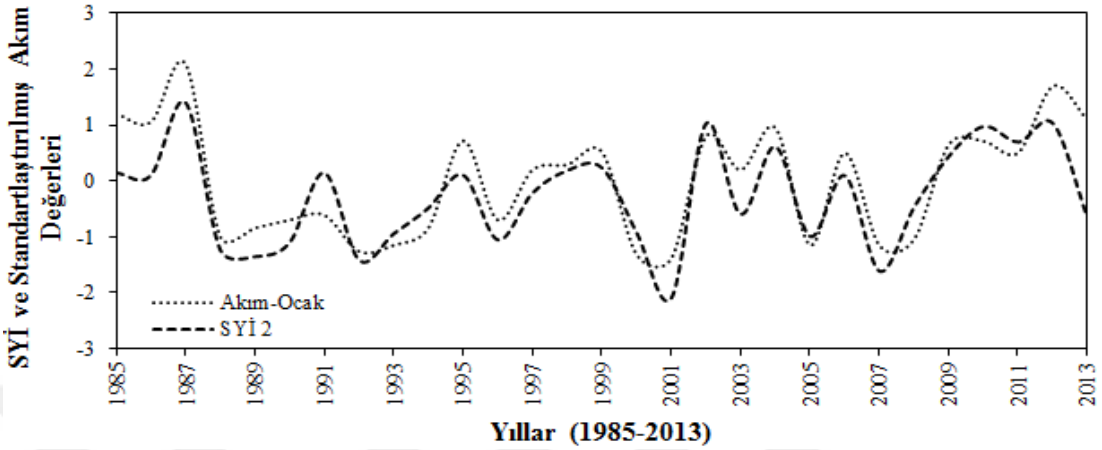
6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde kasım ayında 7 aylık zaman ölçeğinde (R=0.53), kış mevsiminde aralık ayında 9 aylık zaman ölçeğinde (R=0.53) ve şubat ayında 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.50), ilkbahar mevsiminde ise mart ayında 9 aylık zaman (R=0.51) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine (R≥0.57) kış mevsiminde (ocak ve şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsimi sonu ağustos ayından kış mevsimi başlangıcı aralık ayına kadar ve ilkbahar mevsimi sonunda mayıs ayında elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha

düşük (R<0.30) olduğu tespit edilmiştir. Maksimum korelasyonlara, yaz mevsimi sonunda (ağustos) 11 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsimde 12, 7 ve 10 aylık zaman ölçeklerinde, kış mevsimi başlangıcında (aralık) 8 aylık zaman ölçeğinde ve sonbahar mevsimi sonunda (mayıs) ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsimi sonunda (kasım) maksimum korelasyon değeri 10 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R<0.13) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar (0.40≤R≤0.70) R=0.40 değerini aşmış ve 7, 8, 10 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde 7-12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.48), sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.31), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.85) ve ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.71) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi sadece yaz mevsimi için en yüksek korelasyon değeri uzun zaman ölçeğinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) kış, ilkbahar ve sonbahar ayları için maksimum korelasyon değerleri 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, yaz aylarında ise maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Bu sebeple çalışmada, yaz aylarında en yüksek korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde (7, 8 ve 11 aylık) ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.30 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde ocak ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.83) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu (R=0.15) ayın da kış mevsiminde aralık ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.167'de ise 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği ocak ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1988, 1989, 1990, 1992, 1993, 1996, 2000, 2001, 2005, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında nehir akımlarında

meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.171.** Demirköprü Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

### 4.2.5.3.2. Demirköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

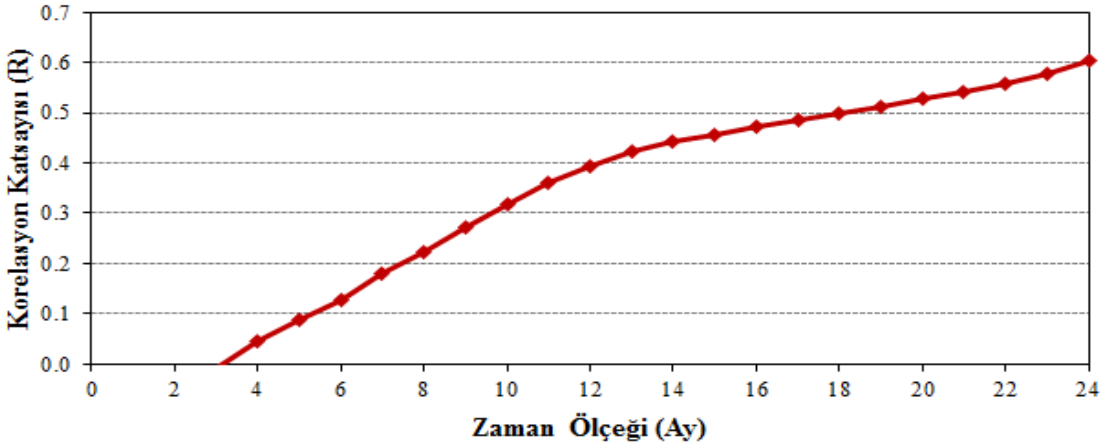
Demirköprü Baraj havzasında 1984-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Demirköprü barajı normal su kotunda 1320 $hm^3$ göl hacmine ve 48 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.46 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile

karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.5.3.2.1. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

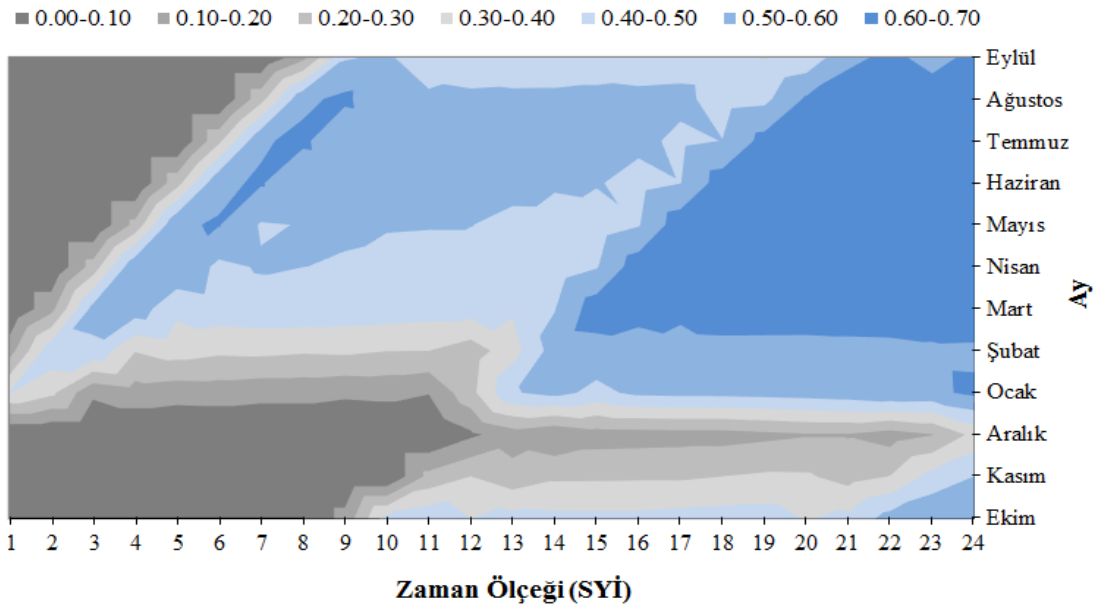
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.168'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (12-15 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. 12 aylık zaman ölçeğinden itibaren maksimum korelasyon değerine ulaşma eğilimi gözlemlenmiş olup, bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 12-15 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri R=0.44 civarında elde edilmiştir. Bu demektir ki büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 11-14 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Demirköprü Baraj havzasında uzun zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.172.** Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.5.3.2.2. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.169'da standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



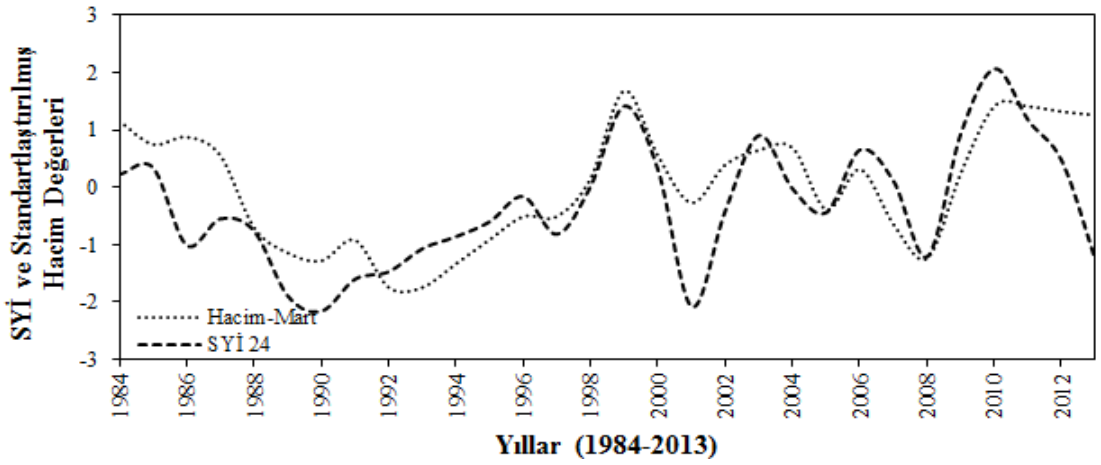

**Şekil 4.173.** Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri (R≥0.65) 19-24 aylık zaman ölçeklerinde ilkbahar mevsiminde ve yaz mevsiminde bulunmuştur. İlkbahar mevsiminde maksimum korelasyon 24 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.70), 19 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.68) ve 20 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.69), yaz mevsiminde ise 21 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.68), 20 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.68) ve 21 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.67) elde edilmiştir. Görüldüğü gibi, ocak ayında 12 aydan uzun zaman ölçeklerinde (R≤0.70) yüksek korelasyonlar elde edilmiş ve en yüksek korelasyon değerine ilkbahar mevsiminde mart ayında 24 aylık zaman ölçeğinde (R=0.70) ulaşılmıştır. Ayrıca, mart ayında 15-24 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri birbirine çok yakın değerlere sahip olup, bu ölçeklerde bulunan korelasyon değerlerinin maksimuma ulaşmaya çalışması dikkat çekmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar ve kış mevsimlerindeki korelasyon değerlerinin nispeten düşük (R≤0.30) olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük olduğu bu mevsimlerde maksimum korelasyon değerleri R=0.30 değerini aşmış olup, aralık ayı hariç diğer tüm aylarda

maksimum korelasyon değerleri ($0.50 \leq R \leq 0.63$) birbirine çok yakın bulunmuştur. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerinin 23-24 aylık zaman ölçeğinde değiştiği görülmüştür. Ayrıca maksimum korelasyon değeri aralık ayında 24 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R<0.35$) inmektedir.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 18-24 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 20 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.68$) temmuz ayında, sonbahar mevsiminde 23 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.63$) eylül ayında, kış mevsiminde 24 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.62$) ocak ayında, ilkbahar mevsiminde 24 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.70$) mart ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.60$ değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri aralık ayında ise 24 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R=0.33$) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri ilkbahar mevsiminde (mart), en düşük korelasyon değeri ise kış mevsiminde (aralık) elde edilmiştir. Çalışmada özellikle sonbahar mevsiminde ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) 1-9 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin düşük olması, fakat maksimum korelasyon değerlerine 24 aylık zaman ölçeğinde ulaşılması dikkat çekmiştir. Buradan yola çıkarak 9 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.170'de 24 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile mart ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1988-1995, 1997, 2001 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde mart ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde nisan ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



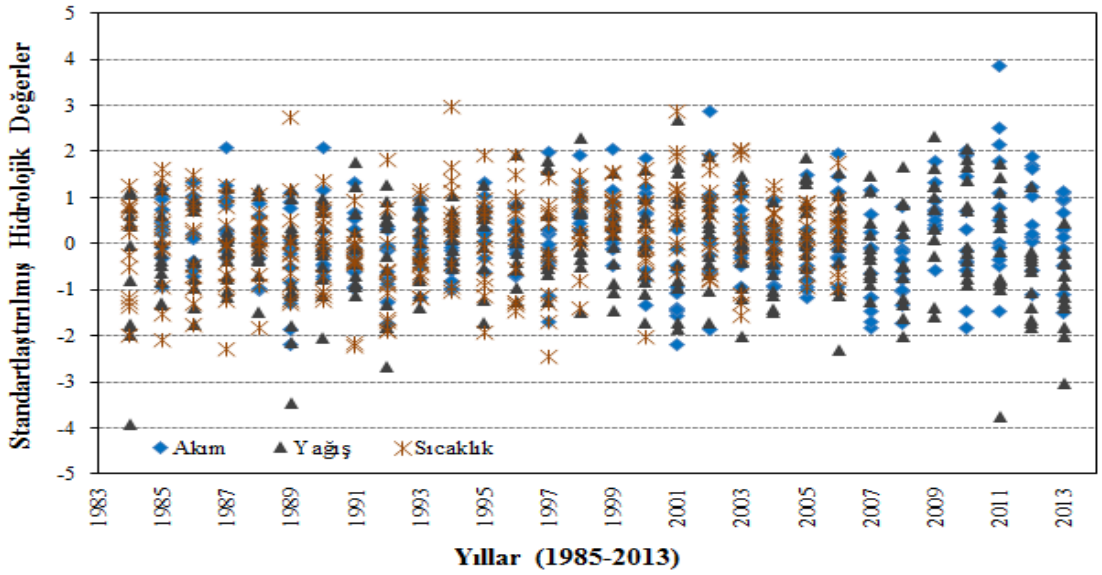

**Şekil 4.174.** Demirköprü Baraj Havzasında 24 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Demirköprü Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Sürekli veriler şeklinde ele alınarak yapılan karşılaştırmadan elde edilen bulgulara göre, standartlaştırılmış nehir akımı ile kısa zaman ölçekli (1-2 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Maksimum korelasyon (R=0.35) 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiş olup, zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise daha öncede bahsedildiği gibi mevsimsel farklar ortaya çıkmıştır. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.83) ve en düşük maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.15) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ve farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerlerinin sürekli veriler olarak ele alınarak karşılaştırılması sonucunda ise maksimum korelasyona uzun zaman ölçekli (12-15 aylık) SYİ arasında nispeten kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.44) 12-15 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon

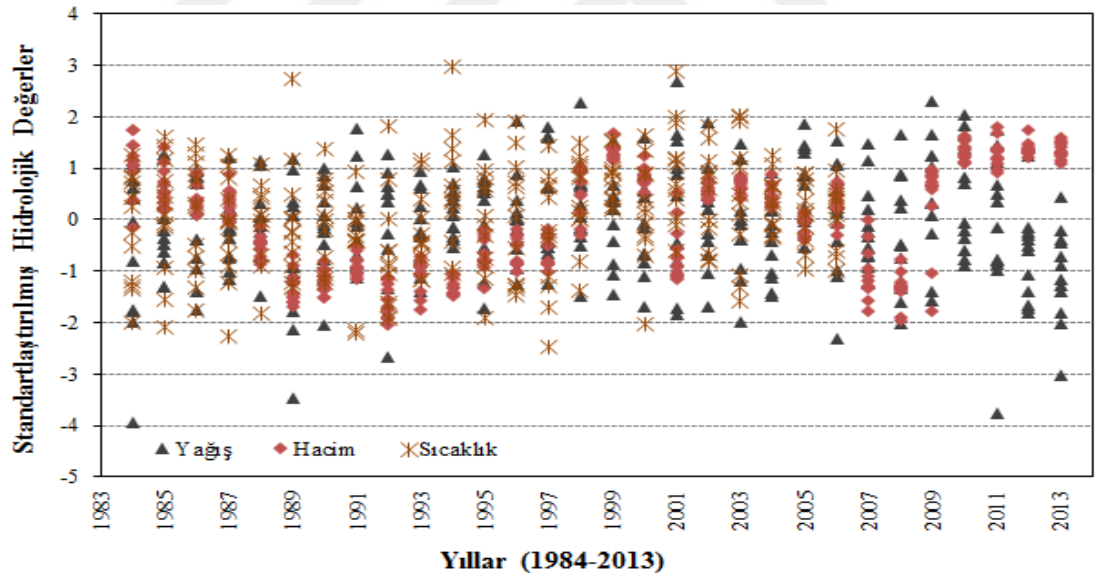
değerlerine ilkbahar mevsiminde 24 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.70) ve en düşük maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 24 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.33) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.171 ve 4.172'de görüldüğü gibi ay bazında 1984-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.175.** Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.176.** Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.2.5.4. Demirköprü Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

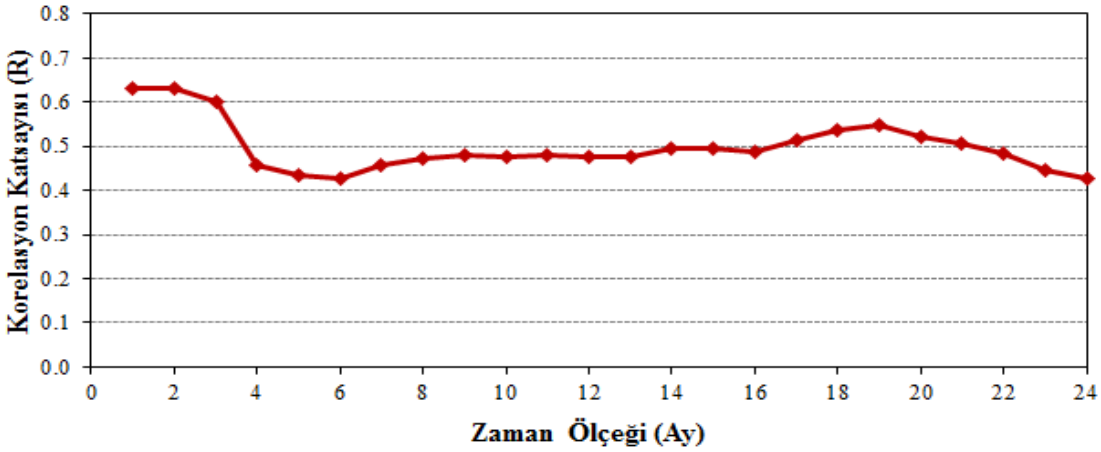
#### 4.2.5.4.1. Demirköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.2.5.4.1.1. Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.173'de gösterilmiştir. Bilindiği üzere 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Böylece zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde R=0.63 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Demirköprü Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

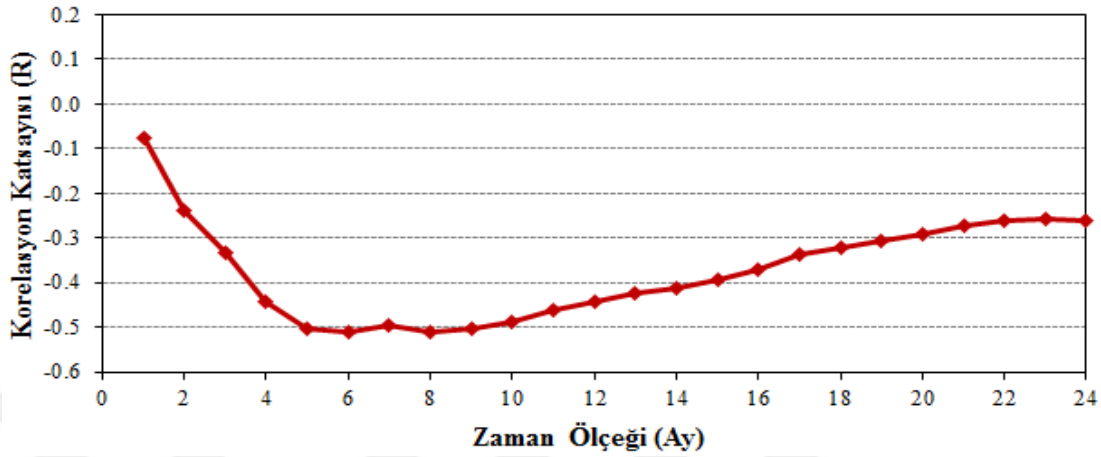



**Şekil 4.177.** Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.5.4.1.2. Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.173'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Yapılan çalışmada, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) daha anlamlı korelasyon olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=-0.08 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Demirköprü Baraj havzasında kısa

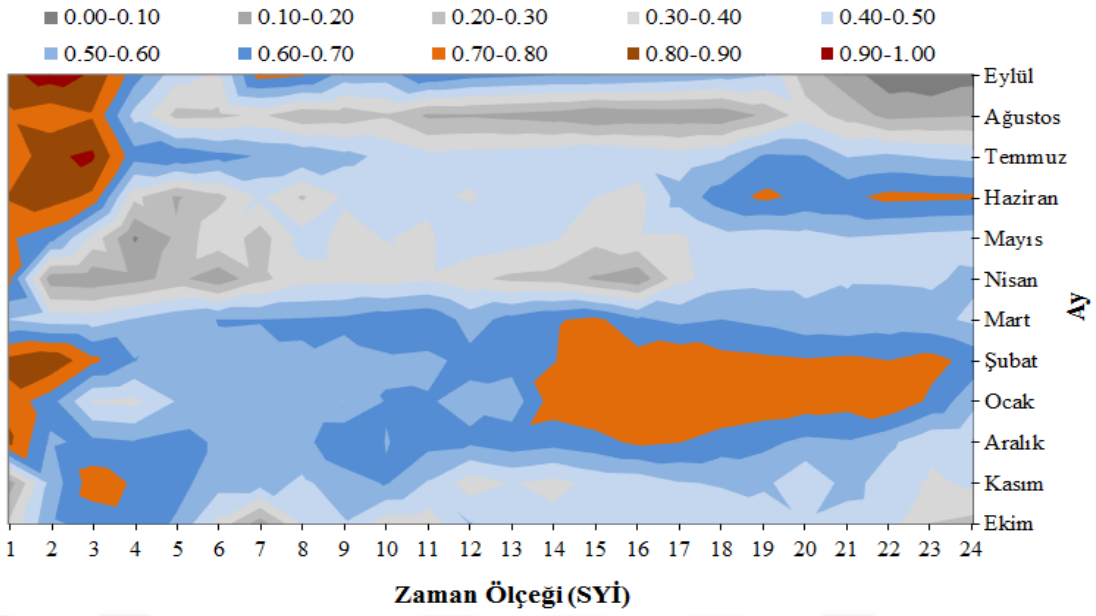
zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında daha anlamlı bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek daha da zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.178.** Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.2.5.4.1.3. Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.175'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.179.** Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

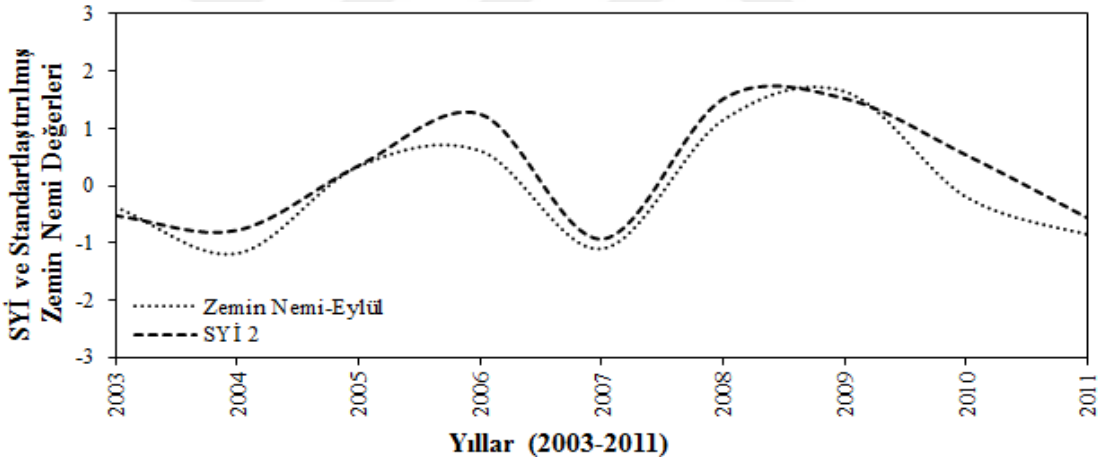
Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece mart ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) 1-4 aylık zaman ölçeğinde bulunarak R=0.60 değerini aşmıştır. Şekil 4.175'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.95) sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül), kış mevsiminde (aralık ve şubat) ve yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) görülmektedir. Maksimum korelasyonlar sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde eylül (R=0.95), kış mevsiminde ise 1 aylık zaman ölçeğinde aralık (R=0.82) ile 2 aylık zaman ölçeğinde şubat aylarında (R=0.89) ve yaz mevsiminde ise 1 aylık zaman ölçeğinde haziran (R=0.85) ile 3 aylık zaman ölçeğinde temmuz aylarında (R=0.92) elde edilmiştir. Özellikle ilkbahar mevsimi başlangıcı (mart) ve sonbahar mevsimi ortasında (ekim) korelasyon değerleri (R<0.70) diğer aylara göre nispeten daha düşüktür. İlkbahar mevsiminde maksimum korelasyon 6 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.60) ve sonbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.66) elde edilmiştir.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında korelasyon değerleri ($R<0.83$) yüksektir. Ocak ayında ise, diğer kış aylarına göre nispeten daha düşük korelasyonlar görülmüş fakat yine de değerlendirilen zaman ölçeğinde yüksek korelasyonlar ($R\leq0.76$) elde edilmiştir. Şubat ayında, korelasyon değerleri tekrar ($R\leq0.89$) yükselmiş ve mevsimin en yüksek korelasyon değerleri bu ayda elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlar aralık ve ocak aylarında 1 aylık, şubat ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında korelasyon değerleri düşüş göstermiş ve bu ayda, tüm ayların en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.60$) ulaşılmıştır. Korelasyon değerleri, nisan ve mayıs aylarında tekrar yükselişe ($R\leq0.73$) geçmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar nisan ve mayıs aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ve temmuz ayları en yüksek korelasyon değerlerinin ($R\leq0.92$) bulunduğu aylardan olmasına rağmen, ağustos ayında korelasyon değerleri nispeten düşüş göstermiş ve mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R\leq0.79$) bu ayda elde edilmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 2 aylık, temmuz ve ağustos aylarında ise 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise eylül ayında korelasyon değerleri tekrar yükselmiş ve bu ayda, tüm ayların yüksek maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.95$) ulaşılmıştır. Ekim ayında ise, korelasyon değerleri düşüş ($R\leq0.66$) göstermiş ve bu ayda sonbahar mevsiminin en düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. Ekim ayında maksimum korelasyon değerine 4 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerleri kasım ayında tekrar yükselişe ($R\leq0.75$) geçmiş ve maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece mart ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.92$) 3 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.95$) 2 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında, kış mevsiminde ($R=0.89$) 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R=0.73$) 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.70$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde eylül ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri ($R=0.95$) ve ilkbahar mevsiminde ise mart

ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.60) elde edilmiştir. Çalışmada, ocak ve şubat aylarında özellikle 14 aylık, haziran ayında ise 19 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.80) görülmesi dikkat çeken bir durumdur. Ayrıca özellikle ilkbahar mevsiminde, diğer aylara göre daha düşük korelasyonların görülmesi dikkat çeken diğer bir durumdur.

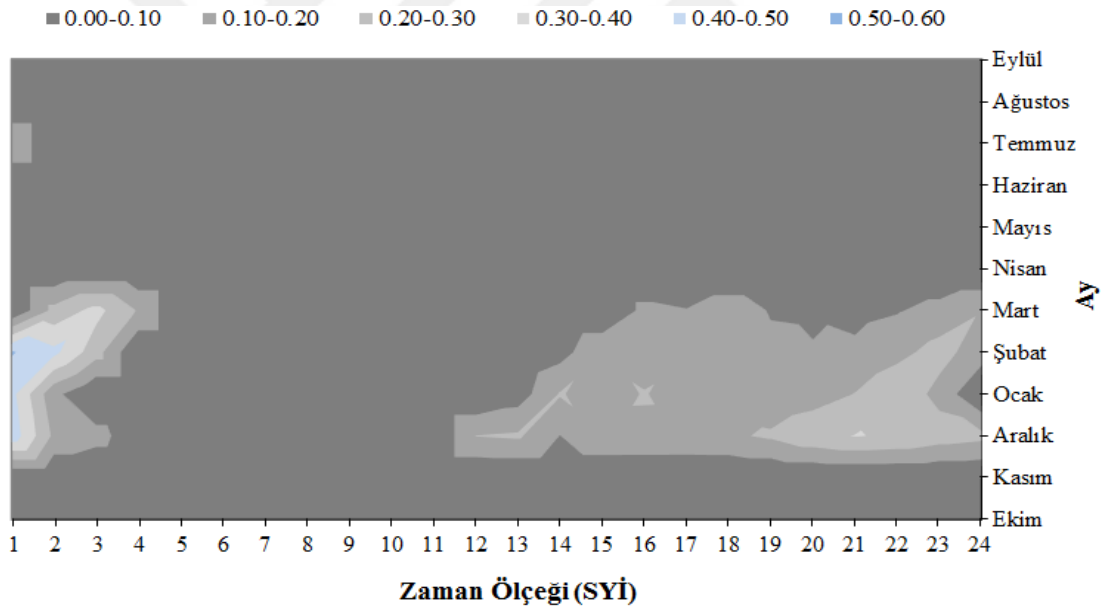
Şekil 4.176'da 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile eylül ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2004, 2007 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde eylül ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ağustos ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.180.** Demirköprü Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.2.5.4.1.4. Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.177'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



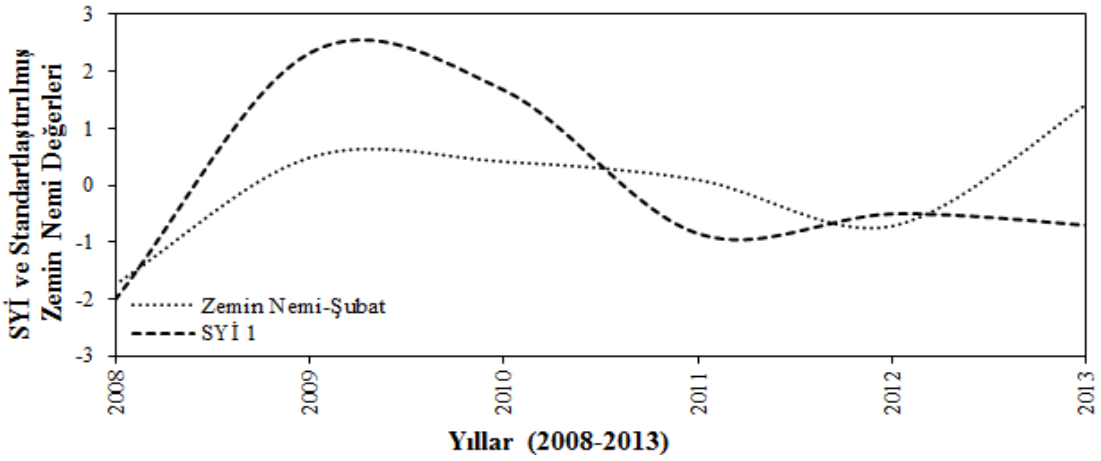

**Şekil 4.181.** Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için yapılan 1-24 aylık zaman ölçekleri incelenmiş fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen

korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.177'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($0.33 \leq R \leq 0.51$) kış mevsiminde ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. En yüksek korelasyon değerlerine kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.46), 1 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.43) ve 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.51), ilkbahar mevsiminde ise 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.33) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) yaz mevsiminde (haziran ve ağustos) ve sonbahar mevsiminde korelasyon değerleri ($R<0.10$) diğer aylara göre çok daha düşük çıkmıştır. Bu aylarda, incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değer aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon değerlerine ($R \geq -0.64$) ilkbahar mevsiminde nisan ayında 4 aylık zaman ölçeğinde ve mayıs ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, yaz mevsiminde haziran ve ağustos aylarında 2 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde ise eylül ayında 3 aylık zaman ölçeğinde, ekim ve kasım aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde, her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeklerinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=-0.19), sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=-0.12), kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.51), ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.33) ulaşılmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde şubat ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.51) ve sonbahar mevsiminde ise eylül ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.64) elde edilmiştir.

Şekil 4.178'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile şubat ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2012 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.182.** Demirköprü Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, büyük bir havza olan Demirköprü Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. İstasyon ölçümleri kaynaklı zemin nemi verilerinden elde edilen korelasyonların düşük çıkmasının nedeninin ise verilerin değerlendirilen zaman aralığının (2008-2013) kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama

zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.95) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ilkbahar mevsiminde mart ayında (R=0.60) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde, kış mevsiminde ve yaz mevsiminde, en düşük korelasyon değerleri ise ilkbahar mevsiminde bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.51) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde eylül ayında (R=-0.64) ulaşılmıştır. Yine çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon kış mevsiminde, ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz), en düşük korelasyon değerleri ise yaz mevsiminde (haziran ve ağustos), sonbahar mevsiminde ve ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) bulunmuştur. 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile eylül ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile şubat ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2004, 2007, 2008, 2011 ve 2012 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

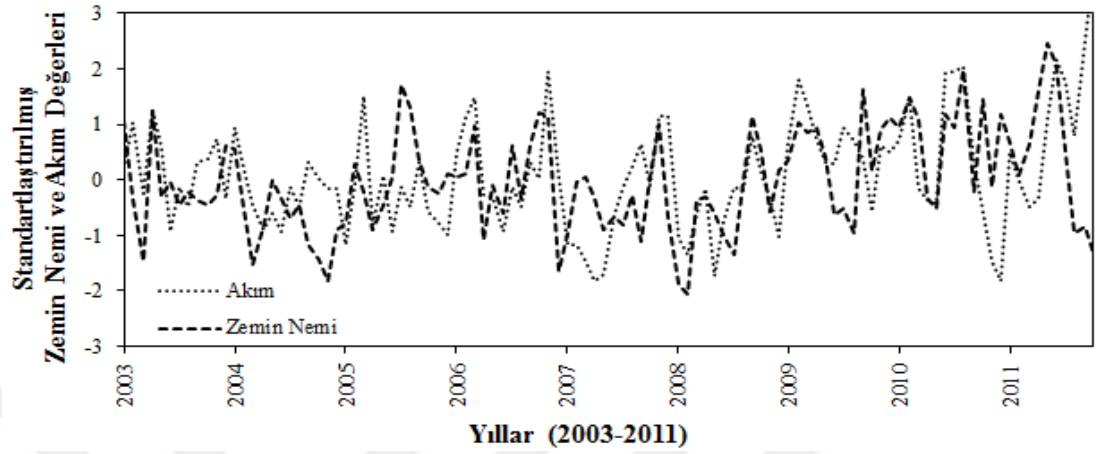
#### 4.2.5.5. Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.2.5.5.1. Demirköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.10 elde edilmiştir. Şekil 4.179'da nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2004, 2007 ve 2008 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir. Ayrıca, standartlaştırılmış aylık akım ve zemin nemi verileri zaman

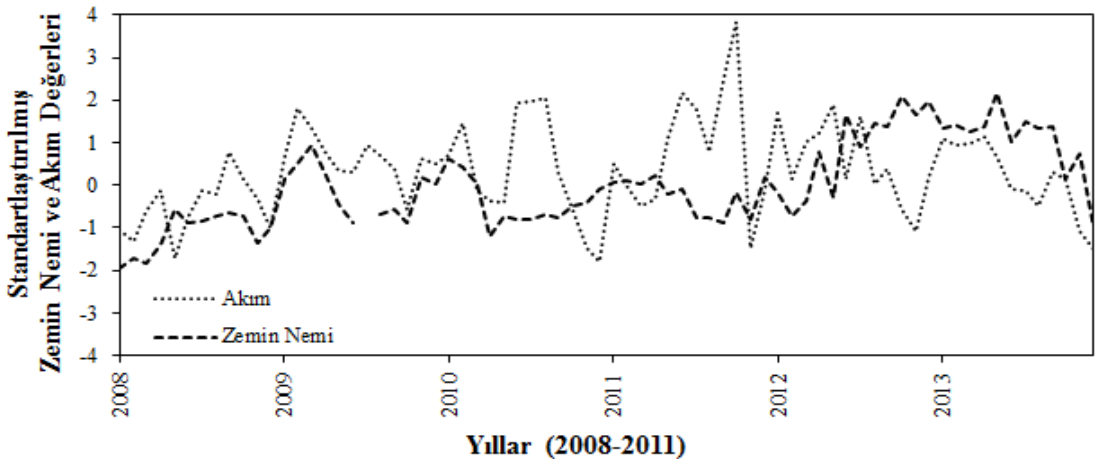
serisi şeklinde karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerdeki genel uyumluluğu göze çarpmaktadır.




**Şekil 4.183.** Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.2.5.5.2. Demirköprü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.14 bulunmuştur. Şekil 4.180'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2010 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.184.** Demirköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

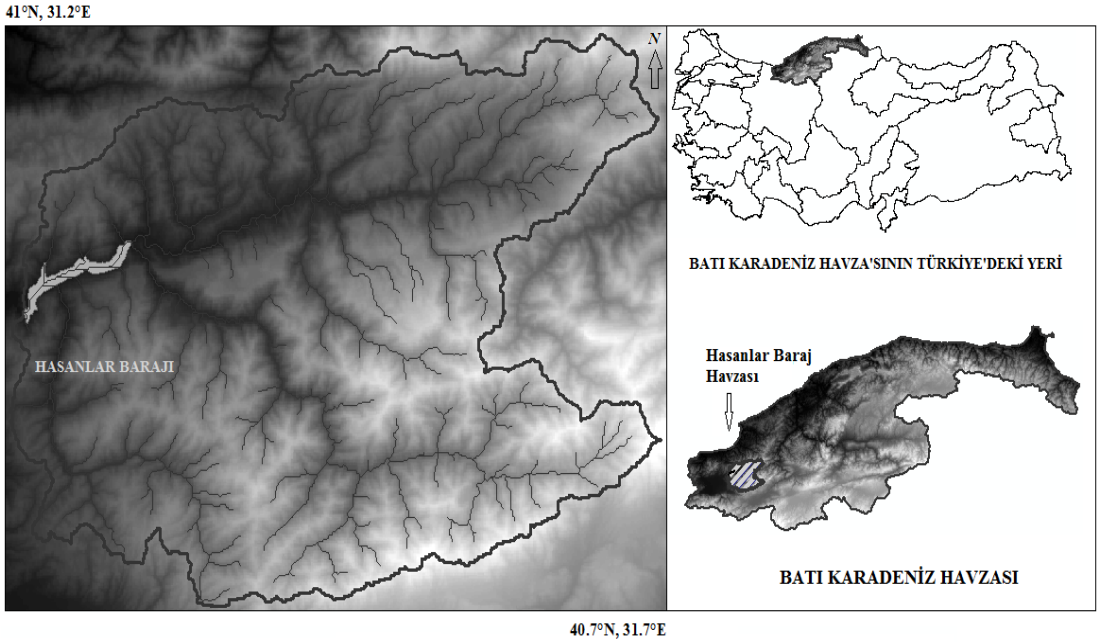
Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

## 4.3. Karadeniz Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları

### 4.3.1. Hasanlar Baraj Havzası

#### 4.3.1.1. Hasanlar Baraj Havzası Özellikleri

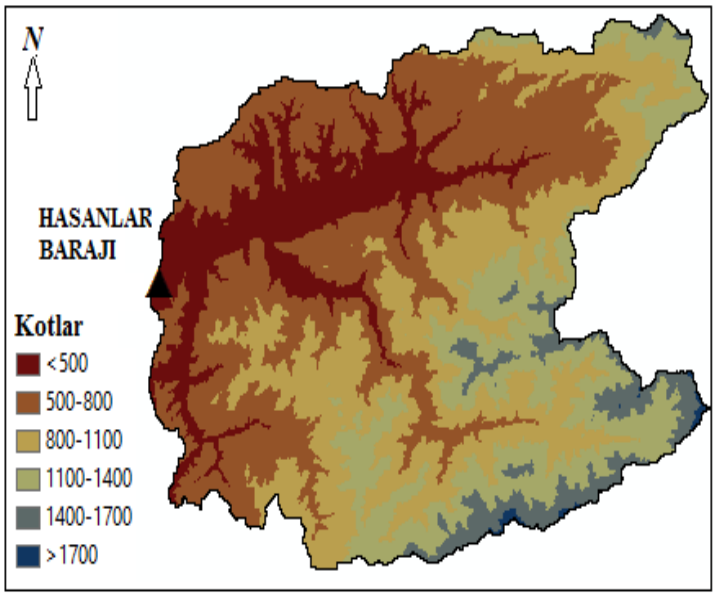
Çalışma alanı olarak seçilen Hasanlar Baraj havzası, Düzce ilinin doğusunda ve Bolu ilinin kuzeyinde, 31°15.6'-31°42.47' doğu boylamları, 41°2'-40°47.45' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Düzce ilinin Yığılca ilçesinin büyük bölümünü ile Düzce merkez ve Kaynaşlı ilçelerinin bir kısmını içine almaktadır. Batı Karadeniz havzasının bir alt havzası Hasanlar Baraj havzası yaklaşık olarak 696 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.181)




**Şekil 4.185.** Hasanlar Baraj Havzasının Konumu

Hasanlar Baraj havzası uzun bir "U" görünümünde olup oldukça dağlık ve sarptır. Havza genelde dik ve sarp eğimli arazilerden oluştuğu için erozyona, sel ve taşkınlara karşı oldukça duyarlı bir yapıya sahiptir. Havza güney ve kuzeyden dağlarla çevrili

olduğu için yerleşim yerleri güney ve kuzeyindeki yamaçlara birer sıra halinde dizilmişlerdir. Havzada ormanlık alanlar hakim olup ziraat arazisi çok yetersizdir. Özellikle dağlar ormanlık alanlarla kaplıdır [118]. Şekil 4.182'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 253-1961 m aralığında değişmektedir. Havzanın güney batısından kuzey doğusuna doğru yükselti azalmaktadır. Görüldüğü gibi nispeten küçük bir havza olmasına rağmen havzada yükseklik farkları fazladır.

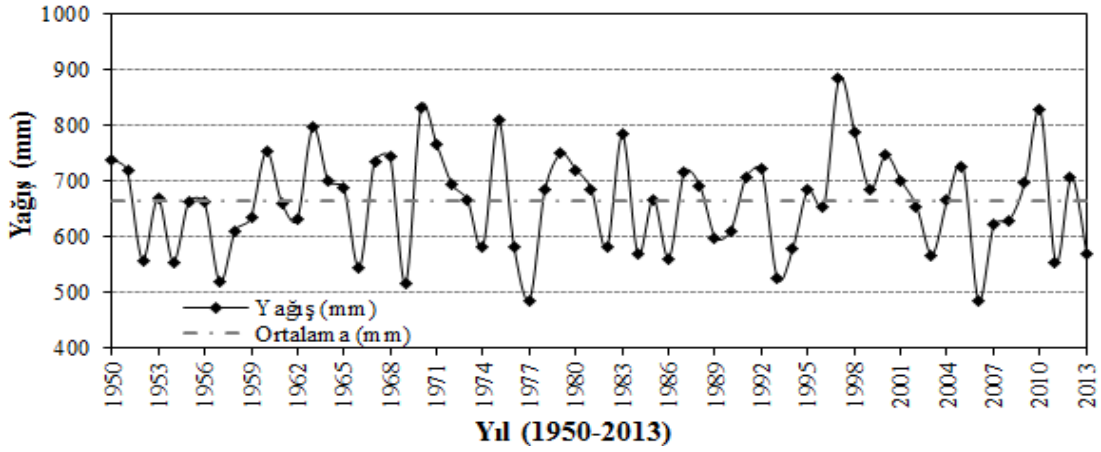



**Şekil 4.186.** Hasanlar Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Havzada yükselti farklılıklarının 253-1961 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde de değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havzanın güneyinde kalan bölümü Uzak Karadeniz iklim bölgesinde, kuzeyinde kalan bölümü ise Batı Karadeniz iklim bölgesinde yer almaktadır [92]. Karadeniz bölgesinin iç kısımlarında yer alan havzada genel olarak Batı Karadeniz iklimi hakimdir. Batı Karadeniz ikliminde hemen her mevsim yağışlı olan Karadeniz iklim tiplerine göre nispeten daha az yağış ile yaz ve kış mevsimlerinde daha düşük sıcaklıklar görülmektedir. Fakat havzanın batısında yükselti farklılıkları ve coğrafi konumdan

dolayı iç kısımlardaki Batı Karadeniz iklimi ile Hasanlar Barajının batısında görülen Akdeniz iklimine göre daha soğuk kış, normal kar yağışı, daha sık don, daha hafif yaz kuraklığı ve buharlaşma, daha fazla nemlilik ve bulutluluk ile karakterize edilen Marmara iklimi arasında bir geçiş iklimi karakteri görülmektedir [119]. Ayrıca havzanın güney doğu bölümü iç kesimlerde kaldığı için karasal iklimin yayılış alanlarından etkilenmektedir. Bu sebeple havzada iklim elemanlarının ortalama değerleri, güneydoğudan kuzeybatıya doğru gidildikçe değişiklik göstermektedir.

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1950-2013 yılları arasında ölçüm yapan Akçakoca, Bolu, Düzce meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havzada yıllık ortalama yağış miktarı güneydoğudan kuzeybatıya doğru gidildikçe yükselme göstermiştir (Örneğin; Bolu'da 550 mm iken, Akçakoca'da 1034 mm'ye yükselmiştir). Havzada toplam yıllık yağış miktarlarında ise çok büyük farklılıklar olmayıp genelde ortalama yağışa yakın dağılım göstermiştir. Havzada minimum yağış 1997 yılında 485.55 mm ve 2006 yılında 485 mm iken maksimum yağış 1997 yılında 884 mm olarak bulunmuştur. Bu da havza da genel olarak ılıman Batı Karadeniz ikliminin baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakarsak eğer, yıllık ortalama yağış 663.5 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.183'de havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıklarının kısa dönemler halinde devam ettiği, genel olarak da kısa dönemler halinde ortalama yağışın üzerinde yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.187.** Hasanlar Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.33'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos ile sonbahar mevsiminde eylül aylarında görülmektedir. Ayrıca, kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsim ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.36.** Hasanlar Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 72.1 | 56.5 | 60.7 | 53.5 | 57.8 | 56.3 | 36.8 | 34.7 | 38.2 | 59.6 | 60.1 | 77.2 | ***663.5*** |

Havzada, güneyden kuzeye doğru gidildikçe sıcaklık artmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 11.4 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 20-21 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 2~3 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Yığılca dağlarından doğarak doğudan batıya doğru uzanan Küçük Melen çayı güneyden ve kuzeyden derelerle beslenerek Aksu deresi ile Efteni gölü civarında birleşip Büyük Melen çayı olarak Akçakoca ilçesinin Melenağzı köyünden Karadeniz'e dökülmektedir. Küçük Melen çayı üzerinde 1972 yılında işletmeye alınan sulama, taşkın koruma ve enerji amaçlı olarak inşa edilen Hasanlar Barajı, normal su kotunda 3 $km^2$ göl alanına ve 55 $hm^3$ göl hacmine sahip olup, toplam kurulu gücü 9 MW'dır [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 13.05 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 85.86 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0.22 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.34'de verilmiştir.

**Çizelge 4.37.** Hasanlar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Hasanlar Baraj Havzası** | 1950-2013 | 1985-2013 | 1985-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |

#### 4.3.1.2. Hasanlar Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

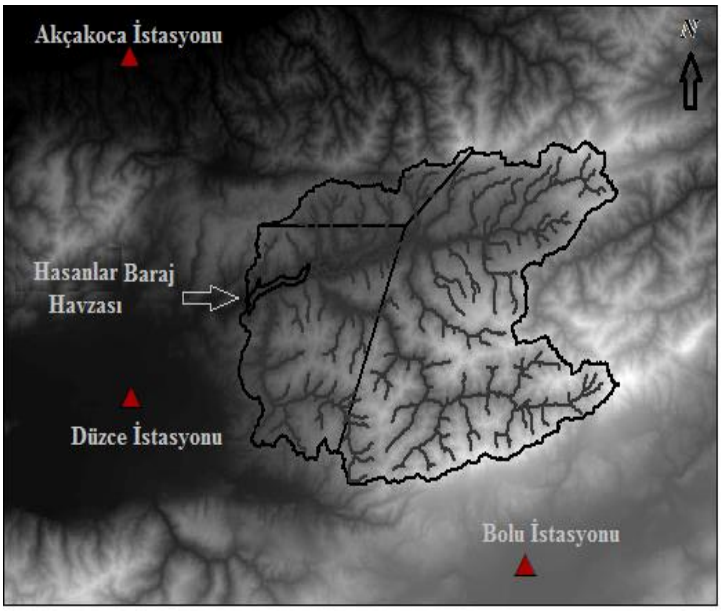
##### 4.3.1.2.1. Hasanlar Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 3 adet meteoroloji istasyonu (Akçakoca, Bolu, Düzce) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.35'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yükseklikliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.38.** Hasanlar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Akçakoca | 41.08 | 31.13 | 10 | 1034 |
| **2** | Bolu | 40.73 | 31.60 | 743 | 550 |
| **3** | Düzce | 40.84 | 31.14 | 146 | 817 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 3 meteoroloji istasyonuna ait 1950-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.184'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.36'da görülmektedir.




**Şekil 4.188.** Hasanlar Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

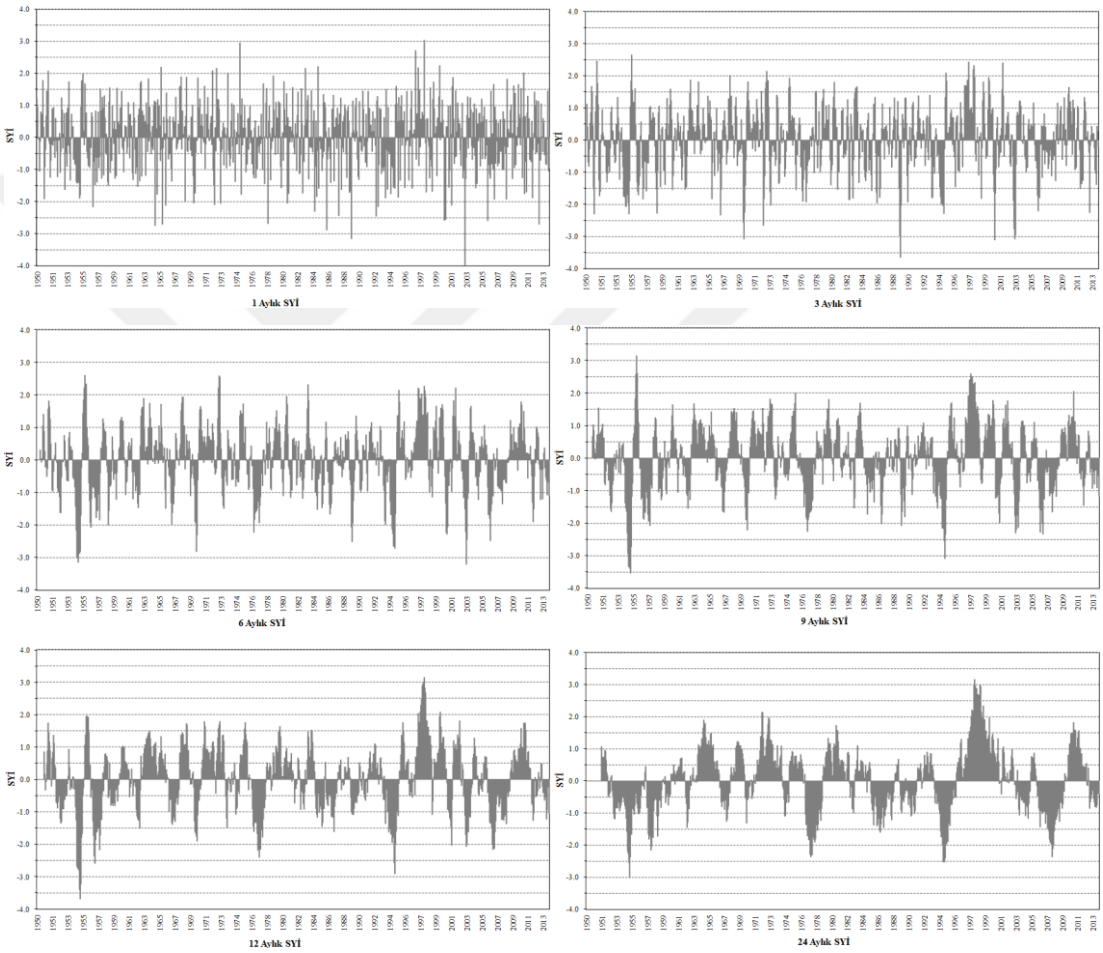
**Çizelge 4.39.** Hasanlar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | **Meteoroloji İstasyonu** | **R (Pearson)** |
|---|---|---|
| 1 | Akçakoca | 0.63 |
| 2 | Bolu | 0.93 |
| 3 | Düzce | 0.92 |

#### 4.3.1.2.2. Hasanlar Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.185'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa

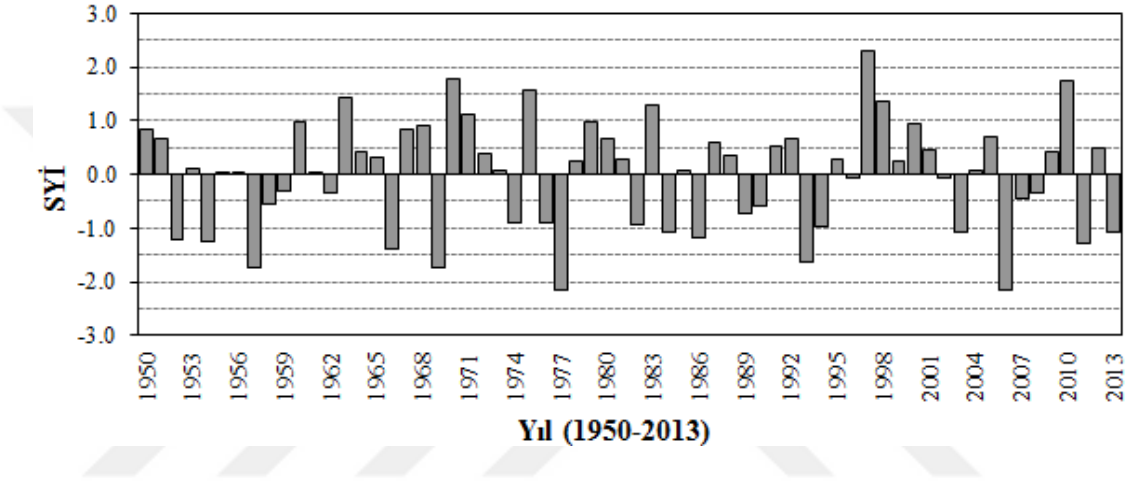
zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 3.5 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 7 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 11 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.189.** Hasanlar Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1950-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.186'da görüldüğü gibi toplamda 64 yılda 26 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 2 aşırı kurak, 3 çok kurak, 8 orta derecede kurak ve 13 normale yakın biçimindedir. Yaşanan

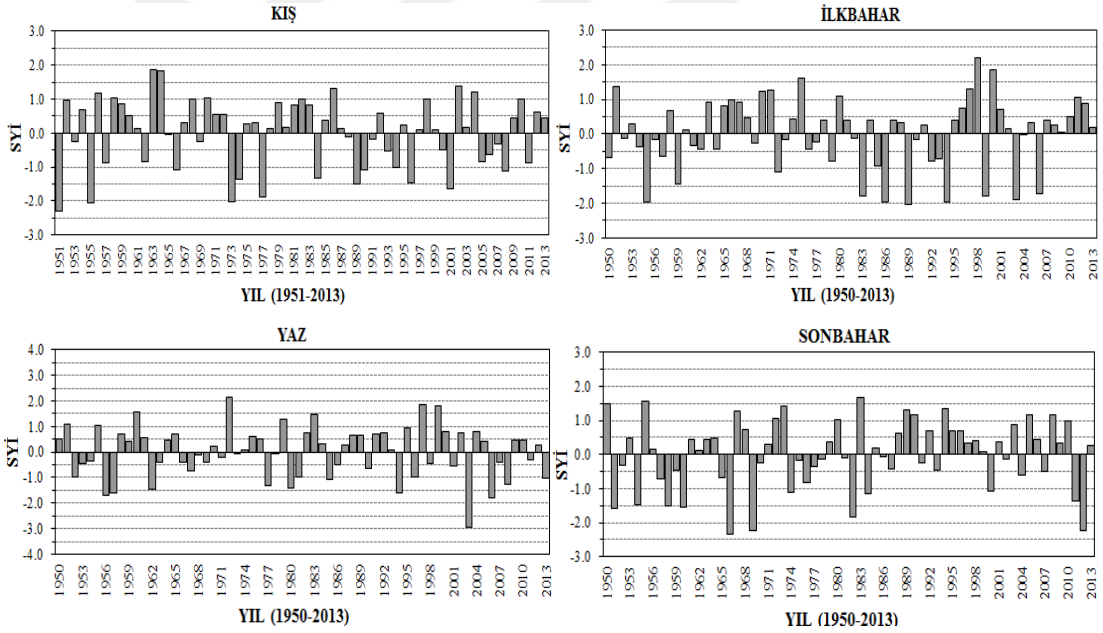
kuraklıkların ortalama süresi 1.44 yıl olup, 1957-1959 ve 2006-2008 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 3 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,41 (normale yakın) olup, 2006 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.16 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1957-1959, 1976-1977, 1989-1990, 1993-1994, 2002-2003 ve 2006-2008 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklükte kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.190.** Hasanlar Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.187'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 26 yıl, ilkbahar mevsiminde 29 yıl, yaz mevsiminde 30 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 29 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar en fazla sonbahar ve kış mevsiminde, çok kuraklıklar en fazla ilkbahar mevsiminde, orta derecede kuraklıklar en fazla kış mevsiminde ve normale yakın kuraklıklar ise en fazla ilkbahar mevsiminde yaşanmıştır. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri birbirleriyle aynı değerlere (-0.41) sahip olup, ortalama kuraklık

süresi bakımından da birbirine yakın değerler göstermektedir. Sonbahar mevsiminde ortalama kuraklık süresi (1.81) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.71) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 yıl olup, sadece en uzun süre sonbahar mevsiminde 1974-1978 yılları arası 5 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 64 yılda hemen her mevsim farklı büyüklükte kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Burada ayrıca özellikle sonbahar mevsiminin ortalama kuraklık süresinin yaz mevsimine göre daha fazla olması ve aşırı kuraklıkların daha fazla görülmesi dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.191.** Hasanlar Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye

genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1950-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Hasanlar Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada genelinde 1950-1957'li yıllar arasında kurak ve sulak dönemler beraber görülmektedir. Bu dönemde görülen kuraklıklar orta derecede ve çok kuraklıklar olup, 1955-1956 yılında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklara rağmen havzada kuraklığa rastlanmamıştır. 1958-1959 yıllarında havzada normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Bu yıllardan itibaren havzada sulak bir döneme geçiş olmuştur. 1960 yılından başlayarak 1969 yılının tamamında havzada önemli bir yağış azlığı gözlenmemiş olup, genel olarak sulak dönemlerin hakim olduğu, kısa dönemler halinde normale yakın ve orta derecede kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Bu dönemde sadece 1962 yılında normale yakın, 1966 yılında orta derecede ve 1969 yılında ise çok kuraklıklar meydana gelmiştir. Ülke genelinde de 1960'lı yıllarda şiddetli kuraklıklar yaşanmamıştır. 1970 yılından 1974 yılına kadar tamamen sulak dönem devam etmiştir. Sadece 1974 yılında normale yakın kuraklık meydana gelmiştir. 1971-1974 yılları arasında ülkede görülen şiddetli kuraklıklardan havza sadece 1974 yılındaki kuraklıktan etkilenmiştir. Kurak ve sulak dönemlerden sonra kurak dönemlerin başlayışı ve özellikle ortalama sıcaklıkların artması ile beraber 1976 yılından itibaren sulak dönemlerin yerini kurak dönemler almıştır. Özellikle 1977 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık yaşanmıştır. Bu dönem yine ülke bütününde kuraklığın görüldüğü bir dönem olup, havzanın da ülkedeki genel kuraklıktan etkilendiğinin göstergesi olmuştur. 1978 yılından itibaren kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber 1982 yılında kadar kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp tamamen sulak dönemlerin hakim olduğu bir dönem olmuştur. 1980'li yılların başından 1990'lı yılların başına kadar kurak dönemler ile sulak dönemler periyodiklik göstererek, artarda gelen uzun süreli kurak veya sulak dönem olmamıştır. Bu dönemde havzada kurak yıllarda normale yakın ve orta derecede kuraklıklar görülmüştür. Havza ülke genelinde 1983 yılında yaşanan şiddetli kuraklıktan etkilenmezken, 1984 yılında görülen kuraklıktan etkilenmiştir. Havzada 1984 ve 1986 yıllarında orta derecede kuraklıklar görülmüştür. Yine 1990 ve 1991

yılında daha önce bahsedildiği gibi ülke genelinde şiddetli kuraklık yaşanmış olup, havzada da bu yıllarda normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Fakat ülke genelinde yaşanan 1989 kuraklığından havza etkilenmemiştir. Havzada 1993 yılında yaşanan aşırı kuraklık, 1994 ve 1996 yıllarında normale yakın kuraklık olarak devam etmiştir. Özellikle 1996 yılında ülke genelinde de görülen şiddetli kuraklıkların yansıması sonucu havzada normale yakın kuraklık yaşanmıştır. 1997 yılından itibaren 2002 yılına kadar kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber havzada yaşanan kurak bir dönem olmayıp sulak dönemler hakim olmuştur. Bu dönemde de ülke genelinde 1999 ve 2001 yıllarında şiddetli kuraklık yaşansa da, bu durumdan havza etkilenmemiştir. 2000'li yılların başlarında sulak dönemlerden sonra kurak dönemlerin başlayışı ile 2002 ve 2003 yıllarında normale yakın ve orta derecede kuraklıklar görülmüş, ardından tekrar sulak dönemler başlamıştır. Havzada ortalama sıcaklıkların artması ile yağışların azalması ile beraber 2006-2008 yılları arası uzun süreli kuraklık görülmüştür. Özellikle 2006 yılında yaşanan aşırı kuraklığın ardından devam eden 2007 ve 2008 yıllarındaki kuraklıklar normale yakın kuraklıklardır. Bu dönemde ülke genelinde de şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. 2009 yılından itibaren havzada sulak dönemler başlamış, sadece 2011 yılında ve ülke genelinde de şiddetli kuraklığın yaşandığı 2013 yılında orta derecede kuraklıklar meydana gelmiştir. Ayrıca havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamlarının en fazla yaz mevsiminde görülmesi ile birlikte kış mevsimi hariç bütün mevsimlerde yaklaşık birbirine yakın değerler bulunmuştur. Ayrıca, havzada özellikle 1957, 1969 ve 1977 yıllarında her mevsimde farklı şiddetlerde kuraklık yaşanmıştır.

Hasanlar Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmış olup, genellikle normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yıllarda havzada kurak ve sulak dönemler beraber görülmüş olup, sadece 2006 yılında aşırı kuraklık yaşanmıştır. Fakat, 2013 yılında ülke genelinde de yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza da etkilenmiş ve orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Bu sebeple uzun süreli normale yakın, orta derecede kurak ve sulak dönemlerden sonra, 2013 yılında yaşanan orta

derecede kuraklık sonucu havzada gelecekte farklı büyüklükte kuraklıkların meydana gelebileceği düşünülmektedir.

#### 4.3.1.3. Hasanlar Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.3.1.3.1. Hasanlar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

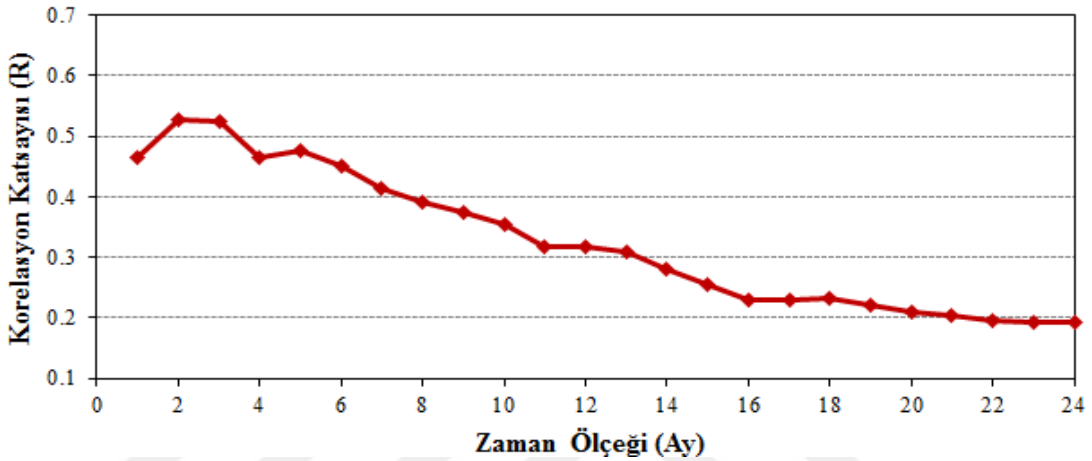
Hasanlar Baraj havzasında 1985-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 13.05 $m^3/s$ iken maksimum akım 85.86 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0.22 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.03 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

###### 4.3.1.3.1.1. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.188'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (2-3 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada

maksimum korelasyon (R=0.527) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Hasanlar Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

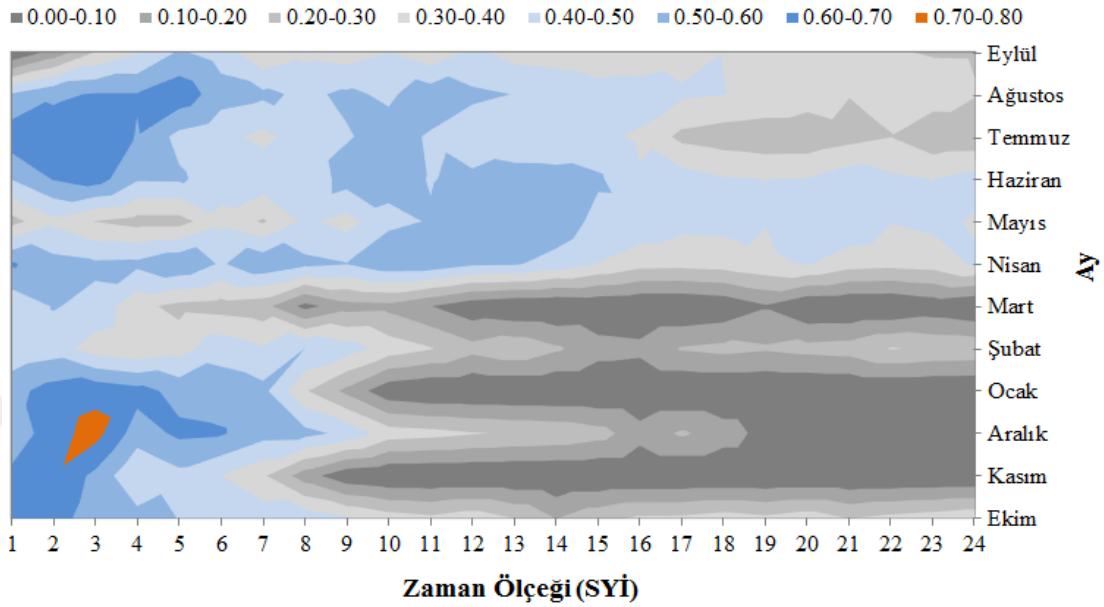



**Şekil 4.192.** Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.3.1.3.1.2. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.18'da standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır.

Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.193.** Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değeri (R>0.70) kış mevsimi başlangıcında 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında R=0.74 olarak elde edilmiştir. Genel olarak her ayda maksimum korelasyon değerleri (0.50<R<0.70) birine yakın çıkmıştır. Sadece ilkbahar mevsimi ortasında (mayıs) korelasyon değerleri (R<0.40) diğer aylara göre nispeten daha düşüktür. Maksimum korelasyon değerleri (0.50<R<0.75) sonbahar mevsiminden (eylül) başlayarak kış mevsimi ortasına kadar yükseliş göstermiş ve ayrıca kış mevsiminin başlangıcında (aralık) 3 aylık zaman ölçeğinde en yüksek korelasyon değerine ulaşmıştır. Maksimum korelasyonlar eylül ayında 5 aylık zaman ölçeğinde, ekim ve kasım aylarında 2 aylık zaman ölçeğinde, aralık ve ocak aylarında ise 3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Kış mevsiminde en düşük korelasyon şubat ayında (R<0.50) 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde (mart-nisan) ise zaman ölçeğinde düşme ve

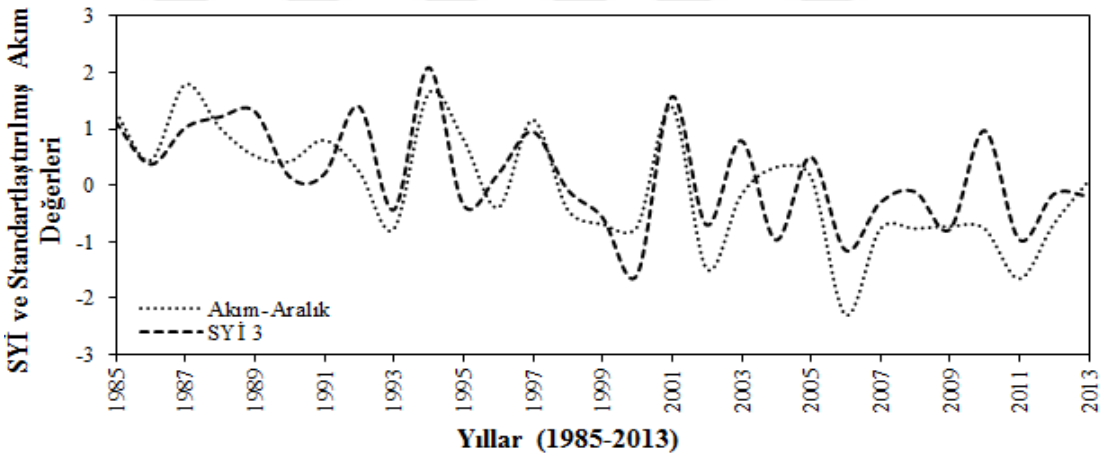
maksimum korelasyon değerlerinde artış görülmüştür. İncelenen kısa zaman ölçeğinde ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) maksimum korelasyon değerinin 2 aylık zaman ölçeğinde ($R<0.40$) en düşük seviyeye indiği gözlemlenmiştir. Yaz mevsimi başlangıcından itibaren maksimum korelasyon değerlerinde artış olup ($R\geq0.65$) 2 ve 3 aylık zaman ölçeklerinde yüksek korelasyonlara ulaşmıştır. Burada yaz mevsimi boyunca özellikle ilkbahar mevsimine göre daha yüksek korelasyonların görülmesi dikkat çekmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise yüksek korelasyon değerlerine ($R>0.55$) ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) rastlanmaktadır. İlkbahar mevsiminde maksimum korelasyon 7 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.58$) ve yaz mevsiminde maksimum korelasyon 11 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ($R=0.56$) elde edilmiştir. Genel olarak her ayda maksimum korelasyon değerleri ($0.40<R<0.60$) birbirine yakın çıkmıştır. Sadece sonbahar mevsimi ortasında (kasım) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) korelasyon değerleri diğer yüksek korelasyonların görüldüğü aylara göre nispeten daha düşük olup ($R<0.30$), maksimum korelasyon değerine 7 aylık zaman ölçeğinde ulaşıldığı tespit edilmiştir. Özellikle sonbahar mevsimi diğer mevsimlere göre nispeten daha düşük korelasyonlara ($R<0.50$) sahiptir. Bunun yanında, özellikle yaz aylarında maksimum korelasyonlar ($R>0.50$) uzun zaman ölçeklerinde (9-11 aylık) elde edilmiştir. Burada SYİ zaman ölçeğinin yüksek korelasyonlarda basamak şeklinde bir artış göstermekte olduğu dikkat çekmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İncelenen zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ($R=0.67$), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.69$), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.74$) ve ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.61$) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi her mevsim için maksimum korelasyon değerleri 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş ve $R=0.60$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek korelasyon değeri ($R=0.74$) elde edilmiş ve

korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu (R=0.50) ayın da kış mevsiminde şubat ayı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada özellikle yaz mevsiminde yüksek korelasyonların görülmesi ile kasım, ocak ve mart aylarında 10 aylık zaman ölçeğinden uzun zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin çok düşük olması dikkat çekmiştir.

Şekil 4.190'da ise 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği aralık ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1999, 2000, 2002, 2006, 2009 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.194.** Hasanlar Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

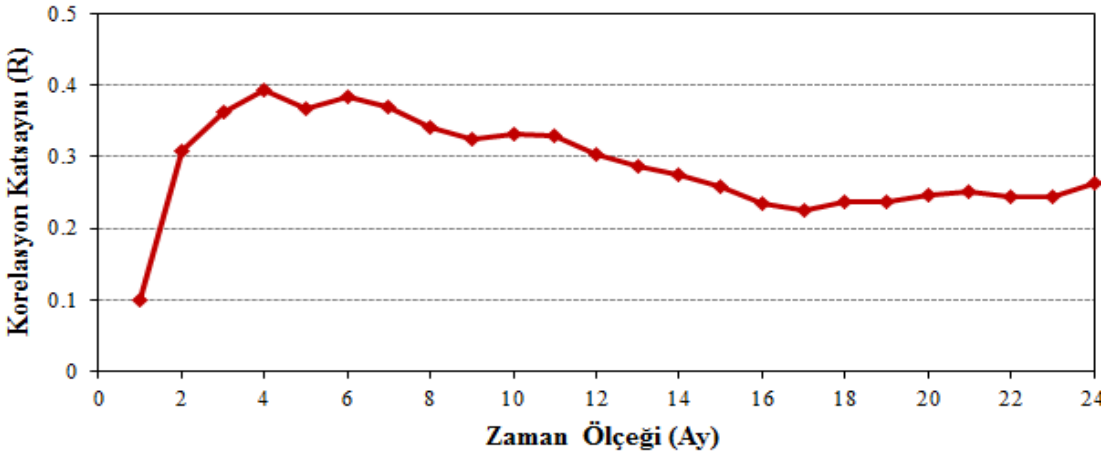
#### 4.3.1.3.2. Hasanlar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Hasanlar Baraj havzasında 1985-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Hasanlar barajı normal su kotunda 55 $hm^3$ göl hacmine ve 3 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin -0.09 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

##### 4.3.1.3.2.1. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

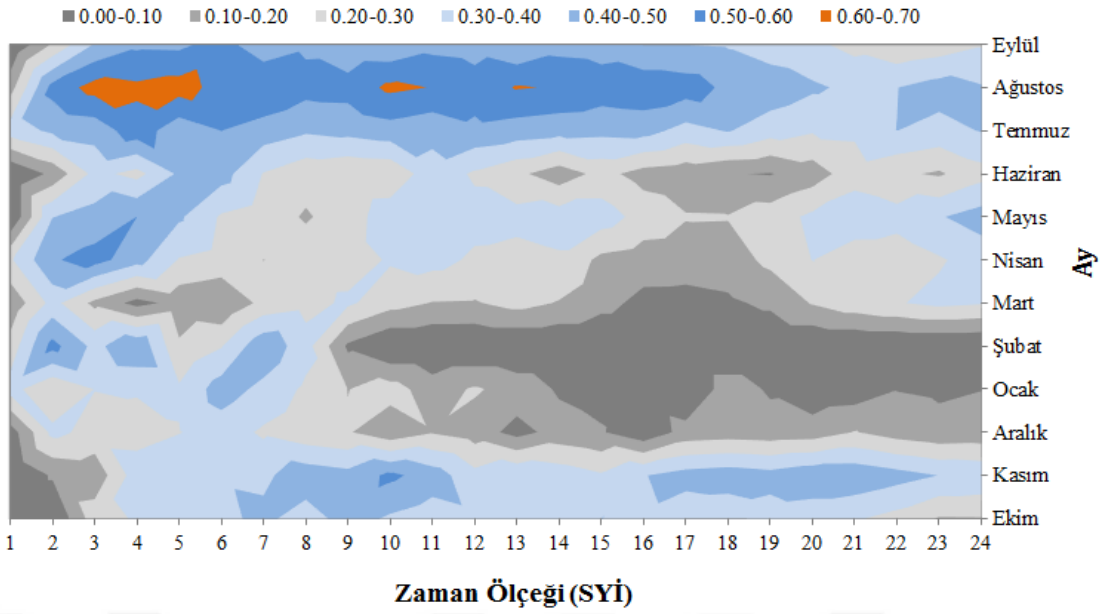
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.191'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (3-7 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.392) 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 3 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Hasanlar Baraj havzasında 1-12 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 12 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.195.** Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.3.1.3.2.2. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.192'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.

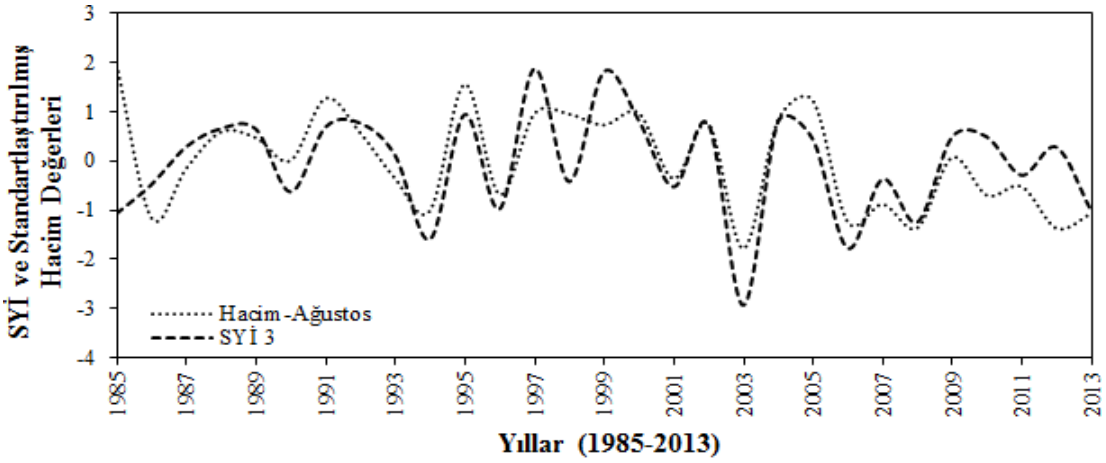



**Şekil 4.196.** Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerine yaz mevsiminde (R=0.64) 3 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ulaşılmaktadır. Özellikle maksimum korelasyon değerleri (R≥0.50) yaz mevsiminde, sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsimi sonunda (şubat) ve ilkbahar mevsiminde (nisan-mayıs) 2-6 aylık zaman ölçeklerinde (kasım ayı için 10 aylık zaman ölçeği geçerlidir) görülmekte olup, böylelikle her mevsimde maksimum korelasyon değerlerinin R=0.50 değerini aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca genel olarak her ayda maksimum korelasyon değerleri (0.50≤R<0.65) birine yakın çıkmıştır. Fakat ilkbahar mevsimi başlangıcı (mart), yaz mevsimi başlangıcı (haziran), sonbahar mevsimi ortası (ekim) ile kış mevsimi ortasında (ocak) korelasyon değerlerinin diğer aylara göre düşük (R<0.45) olduğu ve 2, 6-9 aylık zaman ölçeklerinde değiştiği belirlenmiştir. Özellikle kış mevsiminde görülen korelasyon değerleri diğer mevsimlere kıyasla nispeten daha düşük olduğu dikkat çekmiştir. Maksimum korelasyon değeri (R≤0.35) mart ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ve aralık ayında 6 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye inmektedir.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 2-10 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde (R=0.64) ağustos ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.52) kasım ayında, kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.53) şubat ayında, ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde (R=0.53) nisan ayında ulaşılmaktadır. Sonuç olarak, yaz mevsiminde ağustos ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.64) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu (R=0.33) ayın da ilkbahar mevsiminde mart ayı olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada özellikle yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre yüksek korelasyonların görülmesi ile ocak ve şubat aylarında 10 aylık zaman ölçeğinden uzun zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin çok düşük olması dikkat çekmiştir. Bu havzada 10 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.193'de 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ağustos ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1994, 2003, 2006, 2008, ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ağustos ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde haziran ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



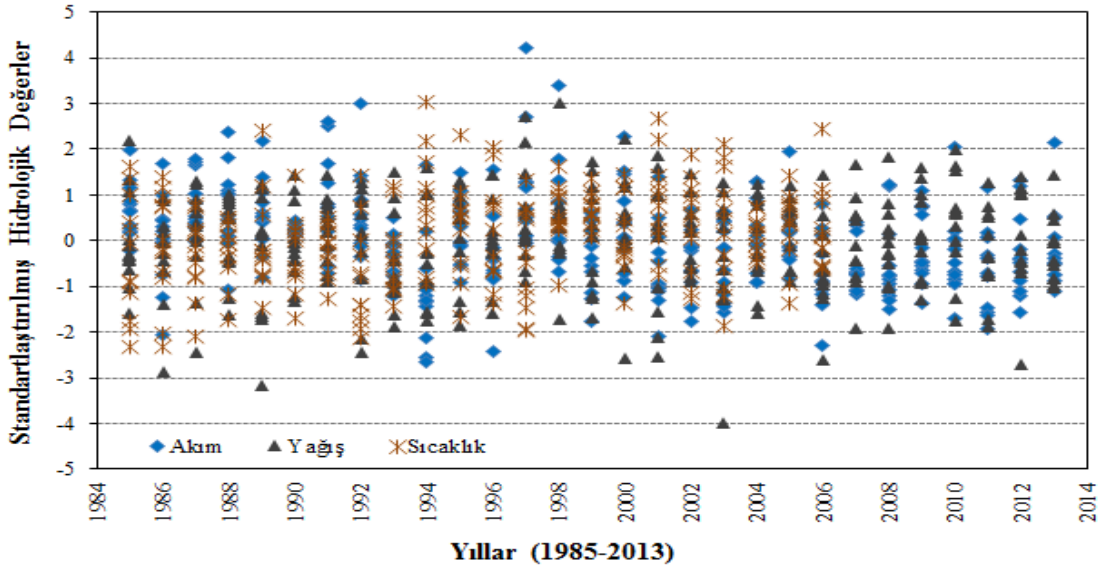

**Şekil 4.197.** Hasanlar Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Hasanlar Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (2-3 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.527) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.74) ve en düşük maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.50) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile kısa ve uzun zaman ölçeklerinde (3-7 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.392) 4 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı

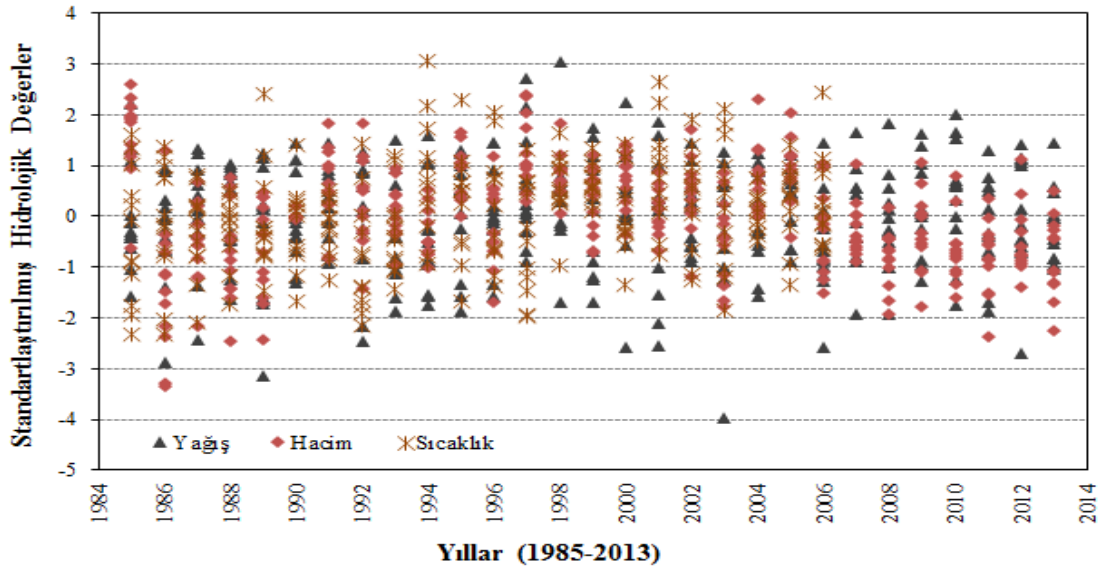
zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.64) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerine ise ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.33) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.194 ve 4.195'de görüldüğü gibi ay bazında 1985-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.198.** Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.199.** Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.3.1.4. Hasanlar Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

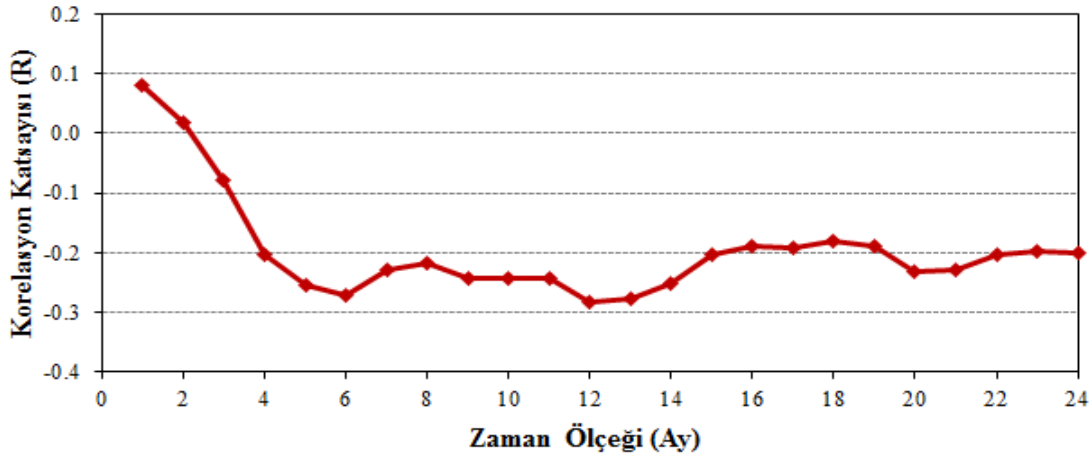
#### 4.3.1.4.1. Hasanlar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.3.1.4.1.1. Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.196'da gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.10 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Hasanlar Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

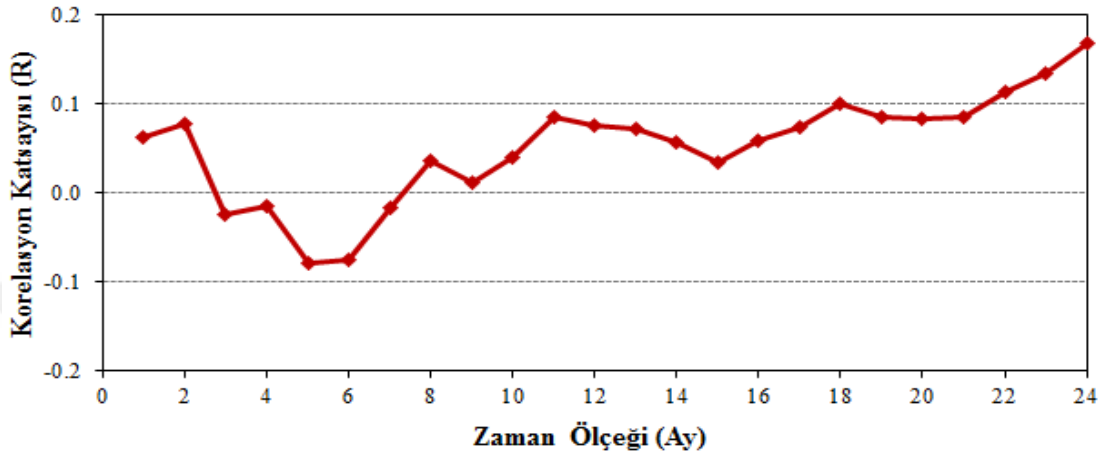



**Şekil 4.200.** Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.3.1.4.1.2. Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.197'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde R=0.10 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir

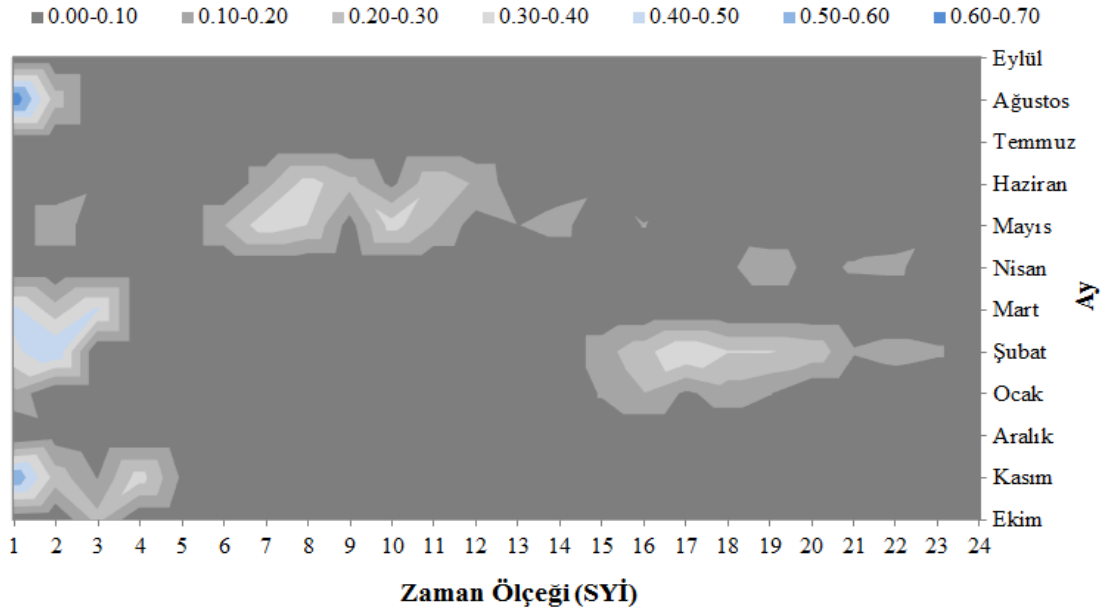
aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Hasanlar Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten daha anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.201.** Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.3.1.4.1.3. Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.198'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



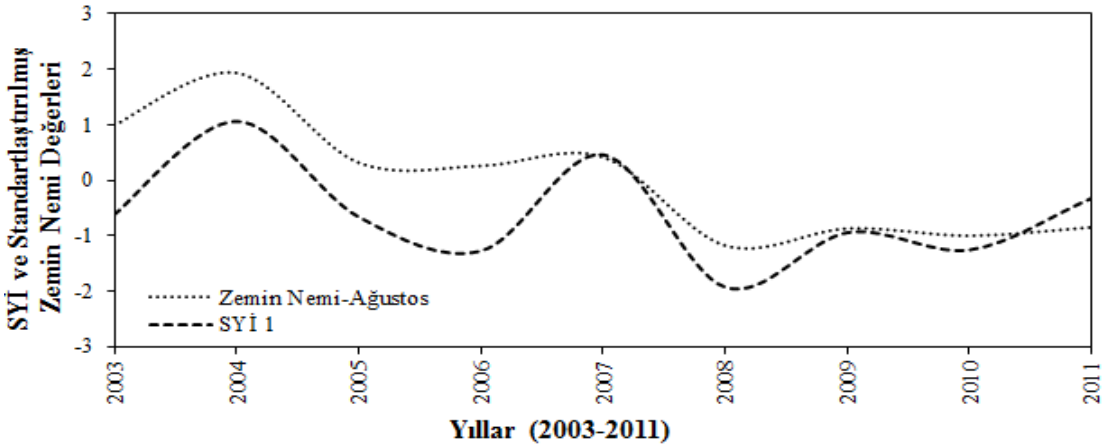

**Şekil 4.202.** Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri (R>0.60) sonbahar mevsimi (kasım) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) görülmektedir. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.61) ve yaz mevsiminde maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.74) elde edilmiştir. Zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde cevap verdiği için yapılan çalışmada 1-24 aylık zaman ölçekleri incelenmiş, fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (nisan ayı hariç) 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.198'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda özellikle sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül), ilkbahar mevsimi (nisan) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) korelasyon değerleri çok düşük olup bütün zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar görülürken sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım), ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart), kış (şubat) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) korelasyon değerleri diğer aylara göre nispeten daha yüksek elde edilmiştir.

Mevsimsel olarak bakıldığında, sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) 2 aylık zaman ölçeğinde (R<0.10) düşük olan maksimum korelasyon değeri ekim ve kasım aylarında artış (R>0.20) göstermiştir. Kış mevsiminde (aralık ve ocak) ise maksimum korelasyonlar sonbahar mevsimine göre daha düşük olup kış mevsimi sonunda (aralık) ve ilkbahar mevsimi başında (mart) artış (R>0.40) göstermiştir. İncelenen zaman ölçeğinde ilkbahar mevsimi ortasından (nisan) yaz mevsimi ortasına kadar maksimum korelasyon değerleri diğer aylara göre daha düşük olup yaz ortasında (temmuz) maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R<0.10) inmiştir. Özellikle bu dönemde maksimum korelasyon değerinin temmuz ayında en düşük seviyeye inerek daha sonra ise ağustos ayında yine 1 aylık zaman ölçeğinde en yüksek değere ulaşması dikkat çeken bir durumdur.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeğinde bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde (sadece nisan ayı için 4 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.743) 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.61) 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde (R=0.49) 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında, ilkbahar mevsiminde (R=0.19) 2 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.15 değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, yaz mevsiminde ağustos ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.74) ve yaz mevsiminde ise temmuz ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.19) elde edilmiştir.

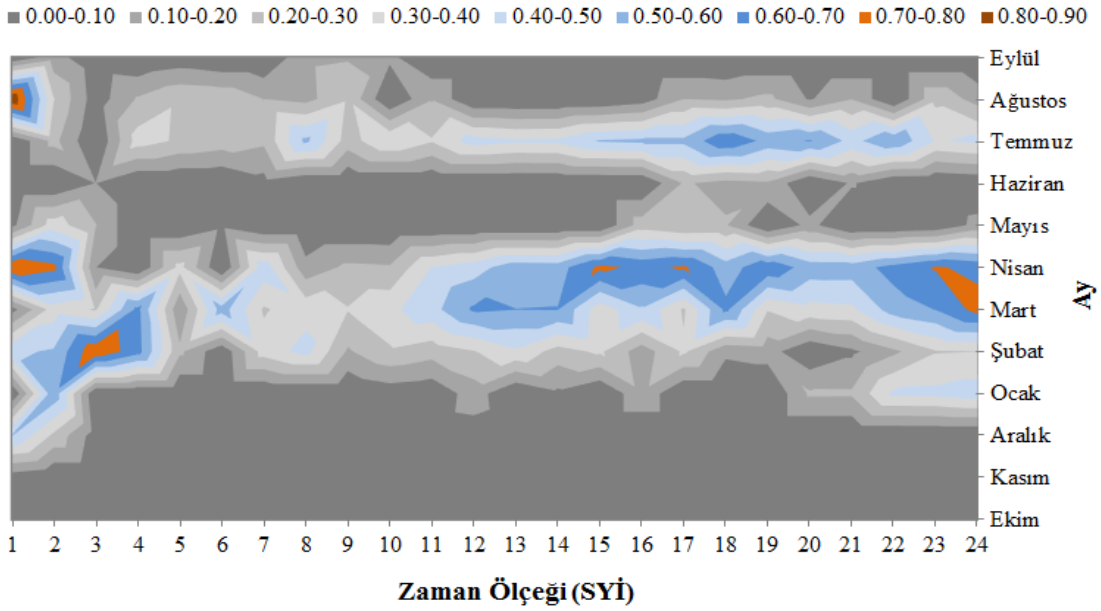
Şekil 4.199'da 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ağustos ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009, 2010 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ağustos ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.203.** Hasanlar Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.3.1.4.1.4. Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.200'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



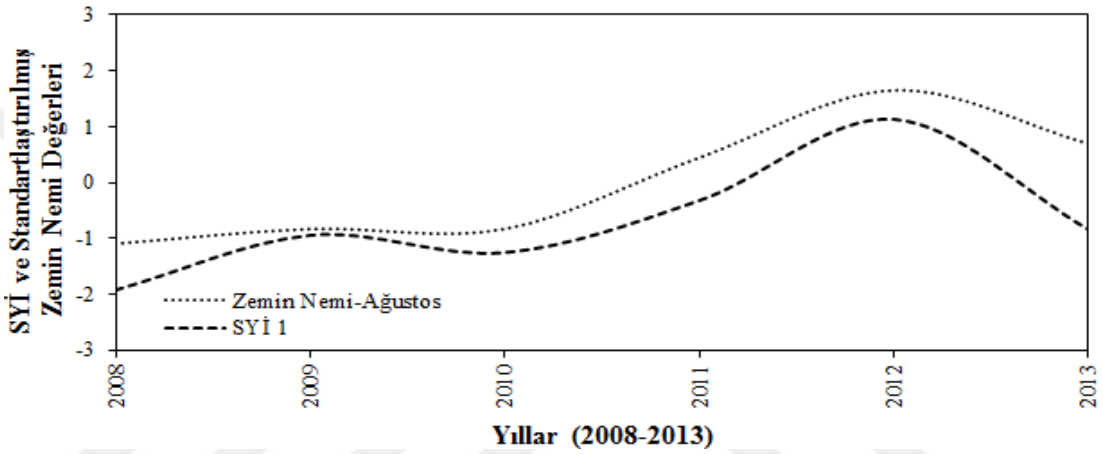

**Şekil 4.204.** Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($0.75<R\leq0.90$) kış sonu, ilkbahar mevsimi ortası ve yaz mevsimi sonunda görülmekte olup, kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ($R=0.78$), ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.79$) ve yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ($R=0.90$) elde edilmiştir. Şekil 4.200'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda özellikle sonbahar mevsiminde ekim ve kasım aylarında korelasyon değerleri çok düşük olup bütün zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar görülürken, kış mevsimi sonu (şubat), ilkbahar mevsimi (mart ve nisan) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) korelasyon değerleri tamamen pozitif değerler olmak üzere diğer aylara göre daha yüksek elde edilmiştir.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsiminde maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zamana ölçeklerinde R=0.50 değerini aşarak aralık ayından şubat ayına kadar artmaya devam etmiştir. Bu dönemde maksimum korelasyon değerleri artarken elde edildikleri zaman ölçeklerinde de basamak şeklinde artış gözlemlenmiştir. İlkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ise özellikle kış mevsimindeki aralık ve ocak aylarına göre korelasyon değerleri daha yüksek olup, maksimum korelasyon değerleri (R>0.60) artmaya devam etmiştir. İlkbahar mevsimi (mayıs) sonunda ve yaz mevsimi (haziran) başında diğer ilkbahar aylarında gözlenen yüksek korelasyon değerleri gözlenememiş, maksimum korelasyonlarda düşüş (R>0.15) meydana gelmiştir. Yaz mevsimi ortasından (temmuz) itibaren korelasyon değerlerinde (R>0.30) artış gözlemlenmiş ve maksimum korelasyon değeri ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde en yüksek değerine (R=0.90) ulaşmıştır. Maksimum korelasyon değerleri sonbahar mevsimi boyunca düşüş göstermiş (R<0.15) ve ekim ayında 6 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye inmiştir. Özellikle sonbahar mevsiminin diğer mevsimlere göre daha düşük korelasyon değerlerine sahip olduğu tespit edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.90), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.14), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.78), ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.79) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi yaz, ilkbahar ve kış mevsimleri için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.75 değerini aşarken, sonbahar mevsimi için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.10 değerini aşabilmiştir. Ayrıca, tüm mevsimlerdeki en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, yaz mevsiminde ağustos ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.90) ve sonbahar mevsiminde ise ekim ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.29) elde edilmiştir. Çalışmada, özellikle sonbahar mevsimlerinde elde edilen korelasyon değerleri çok düşüktür. Ayrıca, çalışmada mart ve nisan aylarında özellikle 12 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.75) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.201'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ağustos ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009 ve 2010 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ağustos ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.205.** Hasanlar Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri

özetlemek gerekirse, büyük ölçekli bir havza olan Hasanlar Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, istasyon ölçümleri kaynaklı ve uydu kaynaklı zemin nemi verilerinden elde edilen korelasyonların düşük çıkmasının nedeninin, verilerin değerlendirilen zaman aralıklarının kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada 1 ve 2 aylık kısa zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.74) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminde temmuz ayında (R=-0.19) ulaşılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi sonunda (şubat), sonbahar mevsimi sonunda (kasım), ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos), en düşük korelasyon değerleri ise sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül), ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) bulunmuş ve değerlendirilen tüm zaman ölçeklerinde negatif değerler elde edilmiştir.

İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.90) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde ekim ayında (R=-0.29) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi sonunda (şubat), ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos), en düşük korelasyon değerleri ise yaz mevsimi başlangıcında (haziran) ve sonbahar mevsiminde bulunmuştur. Her iki farklı şekilde elde edilmiş zemin nemi veri serileri için yapılan

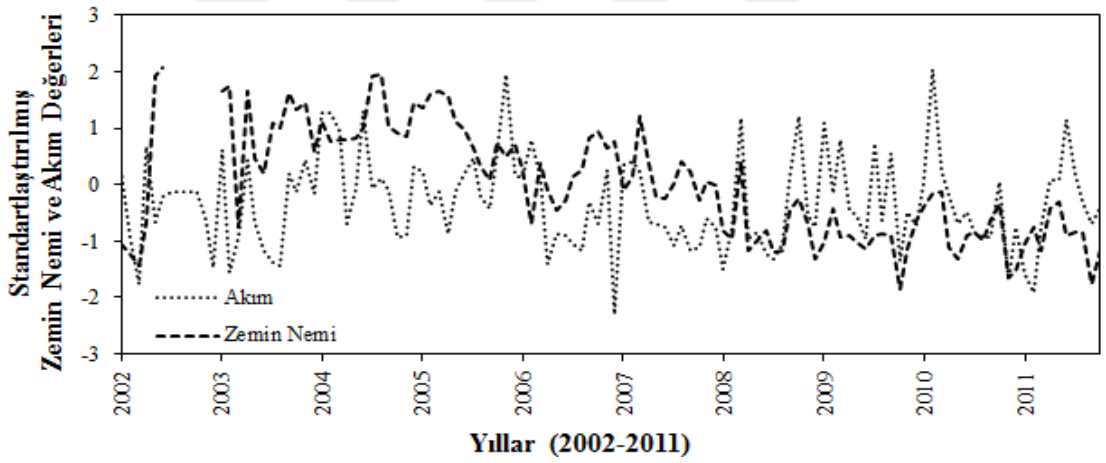
mevsimsel karşılaştırmalarda, incelenen zaman ölçeğinde elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.70 değerini aşması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile ağustos ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile ağustos ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.3.1.5. Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

#### 4.3.1.5.1. Hasanlar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

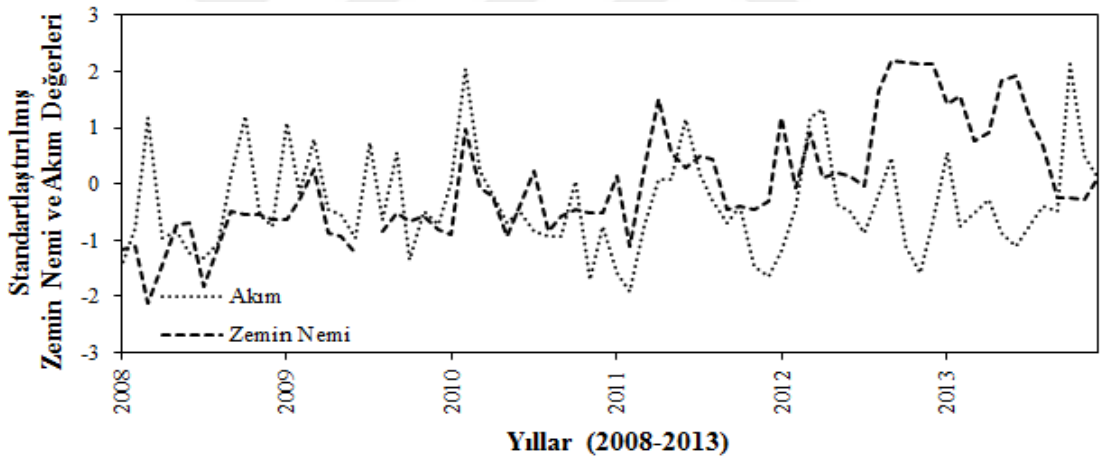
Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.25 elde edilmiştir. Şekil 4.202'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2007, 2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.206.** Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.3.1.5.2. Hasanlar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.10 bulunmuştur. Şekil 4.203'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.207.** Hasanlar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

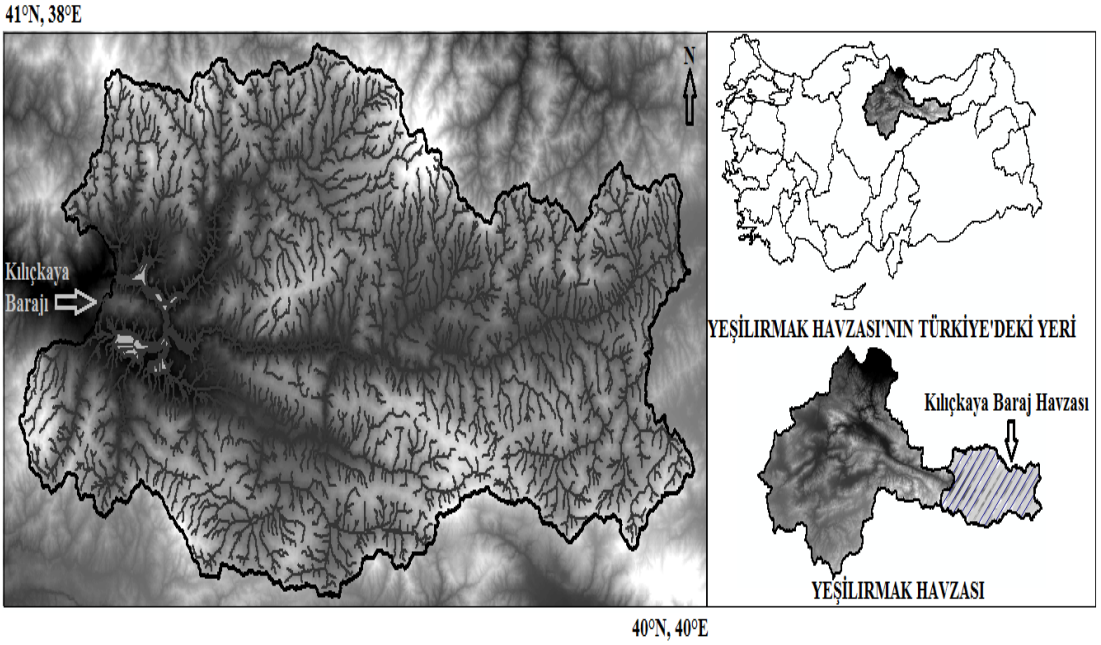
Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana

gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.3.2. Kılıçkaya Baraj Havzası

#### 4.3.2.1. Kılıçkaya Baraj Havzası Özellikleri

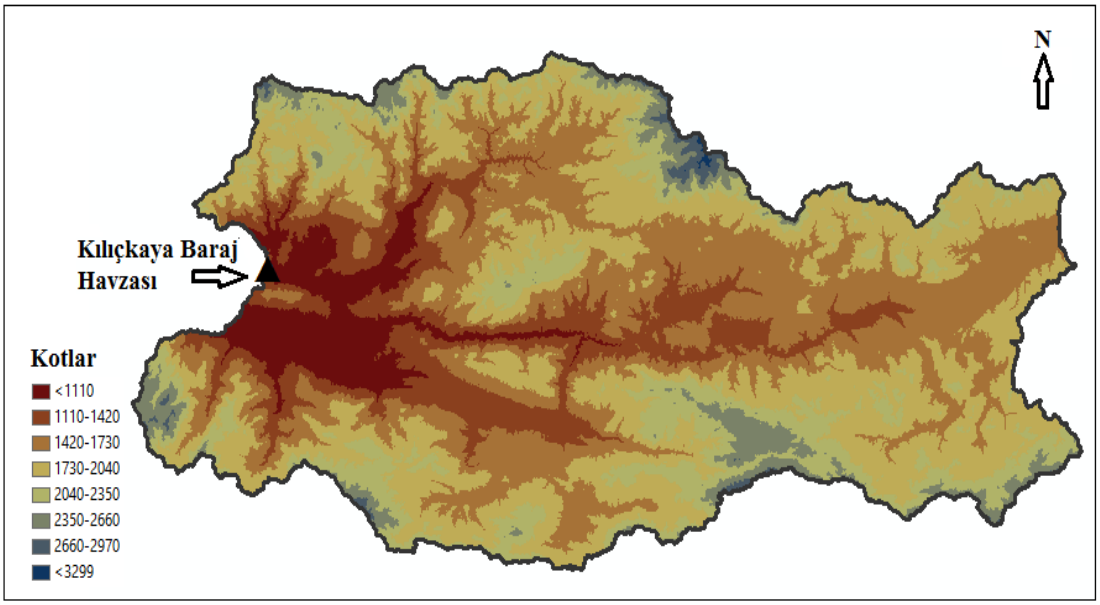
Çalışma alanı olarak seçilen Kılıçkaya Baraj havzası, Bayburt ilinin güneybatısında, Giresun ve Gümüşhane illerinin güneyinde, Sivas ilinin kuzeydoğusunda ve Erzincan ilinin kuzeyinde 37°53'-39°49' doğu boylamları, 40°34'-39°46' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Gümüşhane iline bağlı Köse, Kelkit ve Şiran ilçelerinin tamamını, Giresun iline bağlı Alucra, Çamoluk ve Şebinkarahisar ilçelerinin tamamını, Sivas iline bağlı Suşehri ilçesinin büyük bir bölümü ile Akıncılar ve Gölova ilçelerinin tamamını ve Erzincan iline bağlı Refahiye ilçesinin büyük bir bölümünü içine almaktadır. Yeşilırmak havzasının bir alt havzası olan Kılıçkaya Baraj havzası, yaklaşık olarak 8146 km$^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.204).




**Şekil 4.208.** Kılıçkaya Baraj Havzasının Konumu

Kılıçkaya Baraj havzası oldukça engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Baraj havzasının batı bölgesi, Doğu Karadeniz Dağlarının güneyinde bulunan doğu-batı yönünde

uzanan dağlar ve faylar ile parçalanmış çöküntü alanları üzerinde yer almaktadır [120]. Bu bölge, Kuzey Anadolu Fayı zonu üzerinde bulunmakta ve faylar doğu-batı yönünde Kelkit Çayı vadisini izlemektedir [121]. Bölgenin kuzeyinde bulunan Giresun Dağlarının güneyinde, Kelkit Çayı vadisi uzanmaktadır. Bölgede, Alucra Ovası, Suşehri Ovası ve farklı dönemlerde oluşmuş aşınım yüzeylerinin oluşturduğu düzlükler, Kelkit Çayı ve kollarının çevresinde yer almaktadır. Kızıldağ ve Kösedağ, havzanın batı bölgesinin güney sınırını oluşturmaktadırlar. Ayrıca bu dağlar, havzanın kuzeyde Karadeniz kıyısı ile güneyde İç Anadolu Bölgesine açılmasını engelleyen doğal bir set durumundadırlar. Havzanın batı bölgesinin bitki örtüsü ise, yarı nemli ve kuru ormanlar, antropojen stepler ve yaylalar sahasında alpin çayırlardan meydana gelmektedir [122]. Kılıçkaya Baraj havzasının doğu bölgesi ise, kuzeyden volkanik kökenli olan Tersun, Köse ve Diri Dağları ile sınırlanmaktadır. Çimen ve Pulur Dağları havzanın doğu bölümünü güneyden bir duvar gibi çevirerek, havzayı Erzincan tektonik havzasından ayırmaktadır. Havzanın doğu bölgesinde yer alan Şiran ve Kelkit ilçelerinin orta bölümünde Çilhoroz Dağı bulunmaktadır. Havzanın doğu bölgesinde; step vejetasyonu, alpin ve subalpin çayır vejetasyonu, dağ stepleri, antropojen stepler ile orman formasyonlarından sarıçam, göknar ve titrek kavak yaygındır [123]. Şekil 4.205'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 801-3299 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 801-1730 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza tamamen dağlık ve engebeli bir arazi yapısına sahip olup, etrafı dağlarla çevrilidir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir.

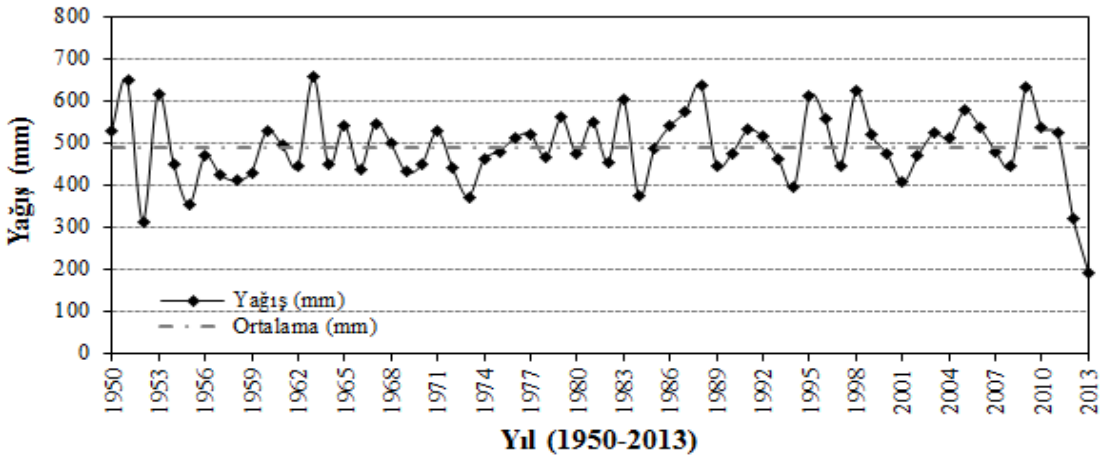



**Şekil 4.209.** Kılıçkaya Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 801-3299 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havzanın kuzey bölümü Uzak Karadeniz iklim bölgesinde, batı bölümü Orta Doğu Anadolu iklim bölgesinde ve doğu bölümü ise Yukarı Fırat-Murat iklim bölgesinde yer almaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Havzada, Karadeniz kıyısına göre karasallığın artması sonucu sıcaklık azalmış olmasına rağmen tam bir karasal iklim yaşanmaz. Havzada, yağışlar ilkbahara kayarak, yaz kuraklığı belirginleşmektedir. Ayrıca, kış mevsiminde kar yağışları ve karla örtülü gün sayısı da artmaktadır. İklimdeki bu farklılaşmanın etkisi, özellikle kuzey ve güneydeki dağlık bölgeler üzerinde belirgin olarak hissedilmektedir. Havzada Doğu Karadeniz ikliminden karasal iklime geçiş iklimi hakimdir. Bu sebeple genellikle yaz ayları sıcak ve kurak, kış ve bahar ayları ise yağışlı geçmektedir [122].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1950-2013 yılları arasında ölçüm yapan Bayburt, Gümüşhane, Suşehri, Şebinkarahisar ve Erzincan meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya daha yakın kesimlerden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve özellikle

yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Havzada kuzeyden güneye doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Özellikle havzanın kuzey bölümü Karadeniz kıyısına yakın olmasından dolayı, daha içeride kalan güney bölümüne göre nispeten daha fazla yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Şebinkarahisar'da 569 mm iken, Erzincan'da 377 mm'ye düşmektedir. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 189 mm iken, maksimum yağış 1963 yılında 656 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada kıyıya yakın kesimlerde Doğu Karadeniz ikliminin görülmesi ile birlikte, içerilere doğru gidildikçe Doğu Karadeniz ikliminden karasal iklime geçiş ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 489 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.206'dan görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıklarının ağırlıklı olarak kısa dönemler halinde devam ettiği görülmekte olup, ortalama yağışın altında ve üzerinde kalan yağış miktarları eşit olarak dağılmaktadır




**Şekil 4.210.** Kılıçkaya Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.37'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış ilkbahar mevsiminde nisan ve mayıs aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve

ağustos aylarında görülmektedir. İlkbahar mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin kış mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.40.** Kılıçkaya Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 42.8 | 42.1 | 50.2 | 67.9 | 65.5 | 39.5 | 13.3 | 10.3 | 20.8 | 43.9 | 48.8 | 44.0 | ***489.1*** |

Havzada, kuzeyden güneye doğru gidildikçe sıcaklık artmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 10 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 20-21 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık -1~-2 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmektedir.

Kaynağını Gümüşhane ilinin Çimen Dağlarından alan Kelkit çayı, Tokat ili Erbaa ilçesinin batısında Yeşilırmak ile birleşerek Samsun ili Çarşamba ilçesinden Karadeniz'e dökülür. Kelkit Çayı üzerinde 1990 taşkın kontrolü ve enerji amaçlı olarak hizmete alınan Kılıçkaya Barajı, normal su kotunda 64 $km^2$ göl alanına, 1400.39 $hm^3$ göl hacmine sahip olup, toplam kurulu gücü 120 MW'dır [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 61.16 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 358.56 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 1.8 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği

tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.38'de verilmiştir.

**Çizelge 4.41.** Kılıçkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Kılıçkaya Baraj Havzası** | 1950-2013 | 1995-2013 | 1990-2013 | 2002-2011 | - |

### 4.3.2.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

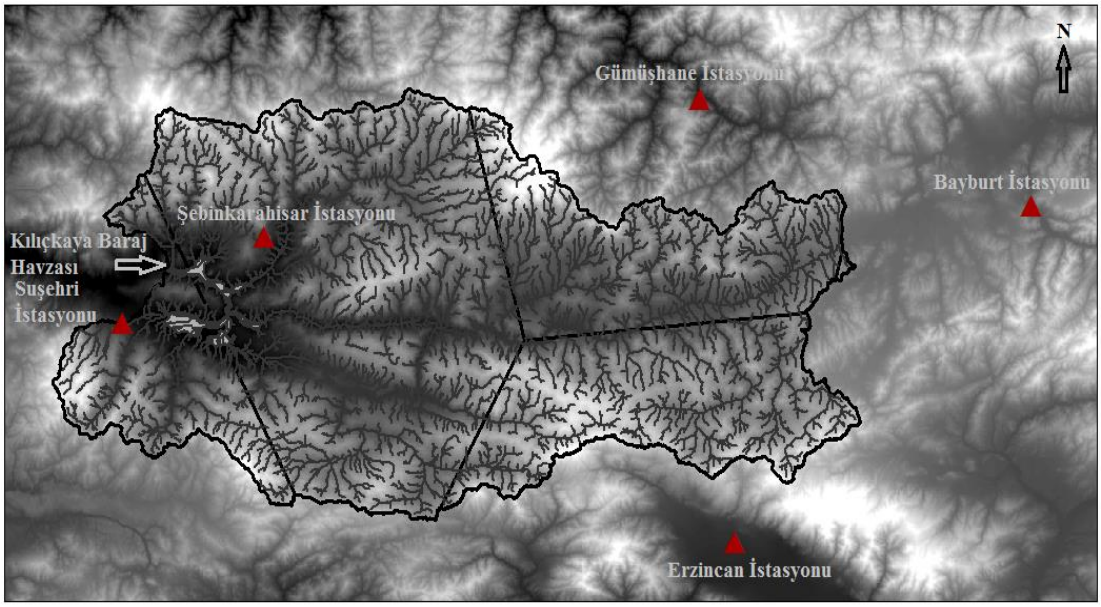
#### 4.3.2.2.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 5 adet meteoroloji istasyonu (Bayburt, Gümüşhane, Suşehri, Şebinkarahisar ve Erzincan) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.39'daverilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.42.** Kılıçkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Bayburt | 40.26 | 40.22 | 1584 | 432 |
| **2** | Gümüşhane | 40.46 | 39.47 | 1216 | 455 |
| **3** | Suşehri | 40.16 | 38.06 | 1164 | 409 |
| **4** | Şebinkarahisar | 40.29 | 38.42 | 1364 | 569 |
| **5** | Erzincan | 39.75 | 39.49 | 1216 | 377 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 5 meteoroloji istasyonuna ait 1950-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.207'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.40'da görülmektedir.




**Şekil 4.211.** Kılıçkaya Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

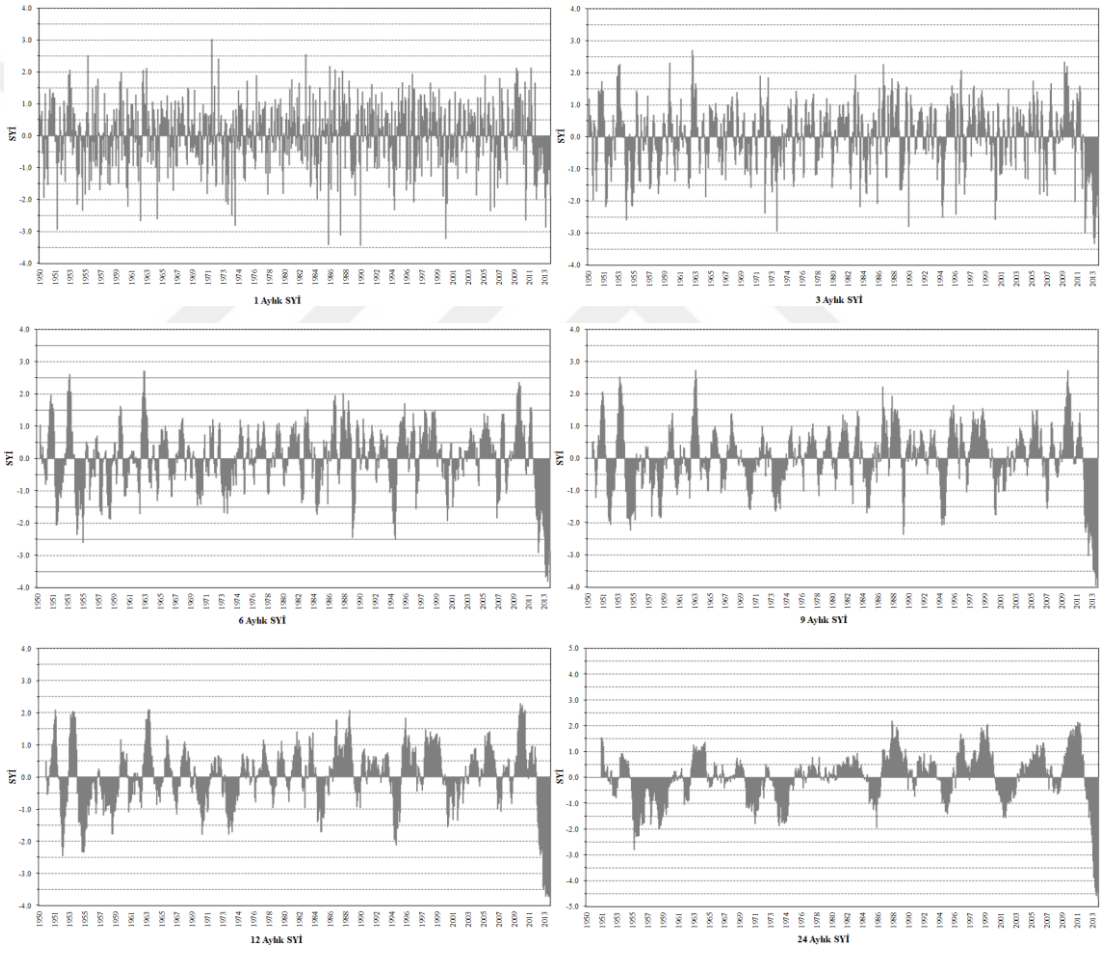
**Çizelge 4.43.** Kılıçkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Bayburt | 0.67 |
| **2** | Gümüşhane | 0.84 |
| **3** | Suşehri | 0.86 |
| **4** | Şebinkarahisar | 0.97 |
| **5** | Erzincan | 0.83 |

#### 4.3.2.2.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

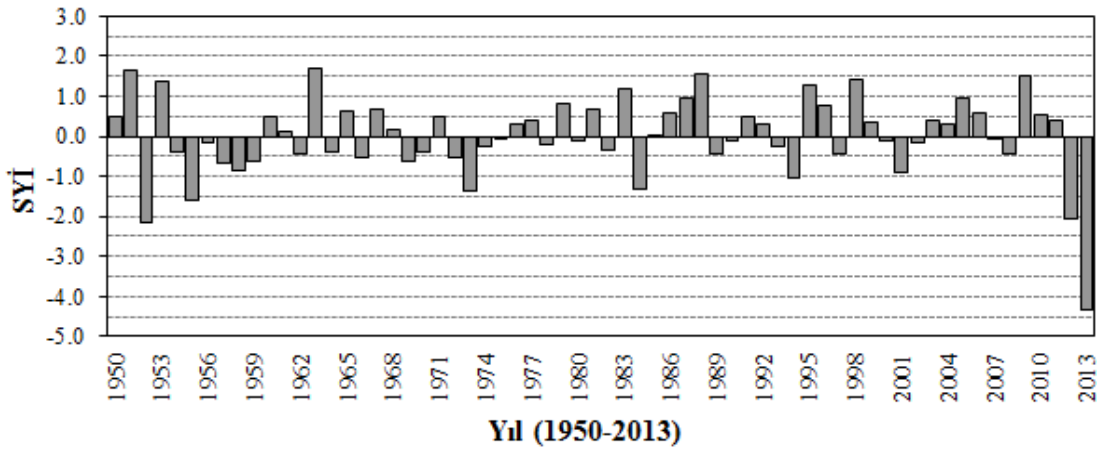
Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.208'de

gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 8 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 9 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.212.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

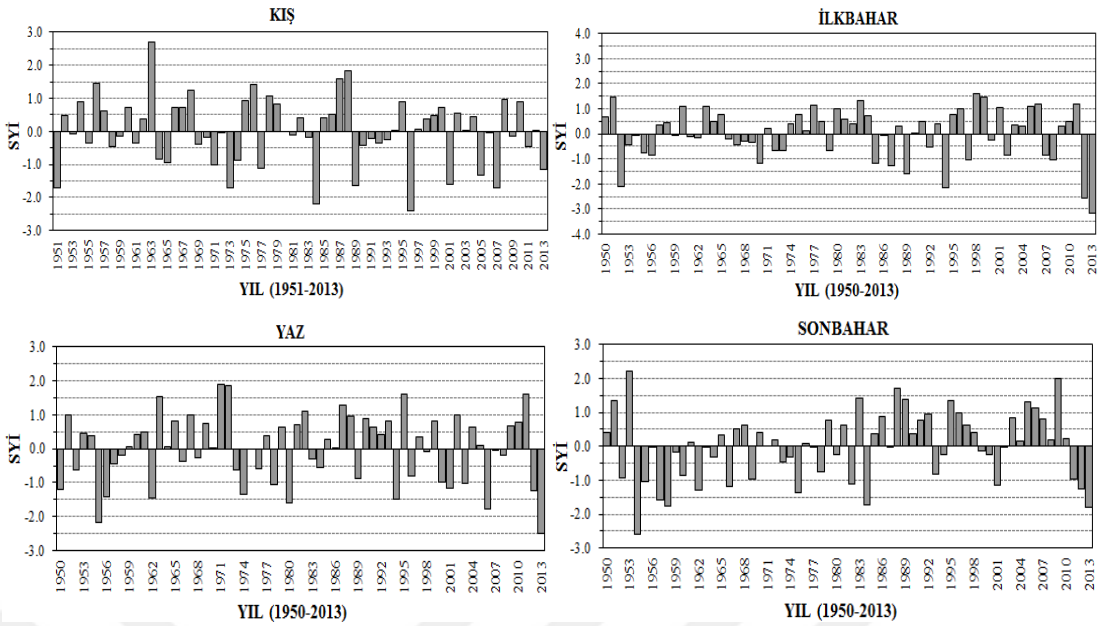
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1950-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.209'da görüldüğü gibi toplamda 64 yılda 32 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 3 aşırı kurak, 1 çok kurak, 3 orta derecede kurak ve 25 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1.88 yıl olup, 1954-1959 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 6 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.37 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -4.32 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1954-1959, 1969-1970, 1972-1975, 1989-1990, 1993-1994, 2000-2002, 2007-2008 ve 2012-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.213.** Kılıçkaya Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.210'da yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları sonbahar ve kış mevsimleri ile yaz ve ilkbahar mevsimlerinde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 32 yıl, ilkbahar mevsiminde 29 yıl, yaz mevsiminde 29 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 32 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık ilkbahar mevsiminde 4 yıl boyunca

görülmüştür. Çok kuraklık en fazla kış mevsiminde, orta derecede kuraklık en fazla sonbahar mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla kış mevsiminde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, tüm mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (-0.39~-0.41) elde edilmiştir. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise her mevsimde farklı değerler (1.61~2.13 yıl) görülmüştür. Sonbahar mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.13 yıl) en fazla, yaz mevsiminde (1.61 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 ile 7 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre sonbahar mevsiminde 1954-1960 yılları 7 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 64 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, aşırı kuraklıkların en fazla ilkbahar mevsiminde görülmesi ile beraber, yaz mevsiminin ortalama kuraklık süresinin ve toplam kuraklık olaylarının diğer mevsimlere göre daha düşük olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.214.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1950-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Kılıçkaya Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1950'li yılların başlarında sulak dönemler görülmesine rağmen, 1952 yılından 1959 yılına kadar nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar aşırı, çok, orta derecede ve normale yakın kuraklıklar olup, 1955 ve 1956 yıllarında ülkede yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1960'lı yılların başından 1970'li yılların başına kadar yağışların artması ile beraber, ülke genelinde de olduğu gibi havzada da ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde sulak dönemler ile beraber normale

yakın kurak dönemler de görülmüş, fakat uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Sulak dönemlerin ardından 1972-1975 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın ve orta derecede kuraklık olup, 1971 yılı hariç 1972-1974 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1970'li yılların ortasından 1980'li yılların ortasına kadar yağışların artması ile beraber havzada ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde sulak dönemler ile beraber normale yakın ve orta derecede kurak dönemler de görülmüş, fakat uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Sadece 1978, 1980 ve 1982 yıllarında normale yakın kuraklık ile 1984 yılında orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Havza 1977 ve 1983 yıllarında ülkede meydana gelen şiddetli kuraklıklardan etkilenmemiş, fakat 1984 yılındaki kuraklıktan etkilenmiştir. 1985-1988 yıllarında ise havzada tamamen sulak bir dönem yaşanmıştır. 1980'li yılların sonundan 2000'li yılların başına kadar havzada önemli bir yağış eksikliği gözlenmemiş ve sulak dönemlerin hakim olduğu, yer yer normale yakın kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Bu dönemde sadece 1994 yılında orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Havza 1991 ve 1996 yıllarında ülkede meydana gelen şiddetli kuraklıklardan etkilenmemiş, fakat 1989 ve 1990 yılındaki kuraklıktan etkilenmiştir. 2000-2002 yılları arasında ise nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar normale yakın kuraklıklar olup, 2000 ve 2001 yıllarında ülkede yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 2003 yılından itibaren 2011 yılına kadar yağışların artması ile beraber, havzada ağırlıklı olarak sulak dönemler görülmüştür. Havzada sadece 2007 ve 2008 yıllarında normale yakın kuraklık yaşanmış ve bu yıllarda ülke genelinde de şiddetli kuraklıklar görülmüştür. Son yıllarda, havzada uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamış, özellikle ortalama sıcaklıklarda artma eğiliminin olmasından ve yağış eksikliğinden dolayı kuraklık büyüklüğünde çok fazla artış gözlemlenmiştir. Özellikle 2012 ve 2013 yıllarında kuraklık büyüklüklerinde çok fazla artış olmuştur. Bu yıllarda, havzada göz önüne alınan süre içerisinde 1952 yılından sonra ilk defa aşırı kuraklık yaşanmıştır. 2013 yılında görülen aşırı kuraklık özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık

olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla kış ve sonbahar mevsimlerinde, en az ise yaz ve sonbahar mevsimlerinde bulunmuştur. Havzada, özellikle 1955, 1973 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Kılıçkaya Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmış olup, genellikle normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yıllarda havzada sulak dönemler hakimiyetini sürdürmüş olup, sadece 2007 ve 2008 yıllarında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Fakat, 2012 ve 2013 yılında ülke genelinde de yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza da etkilenmiş ve aşırı kuraklık yaşanmıştır. Bu sebeple hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucunda, son yıllarda uzun süreli normale yakın kurak ve sulak dönemlerin ardından, özellikle 2012 ve 2013 yıllarında yaşanan aşırı kuraklık sonucunda havzada kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu düşünülmektedir.

#### 4.3.2.3. Kılıçkaya Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

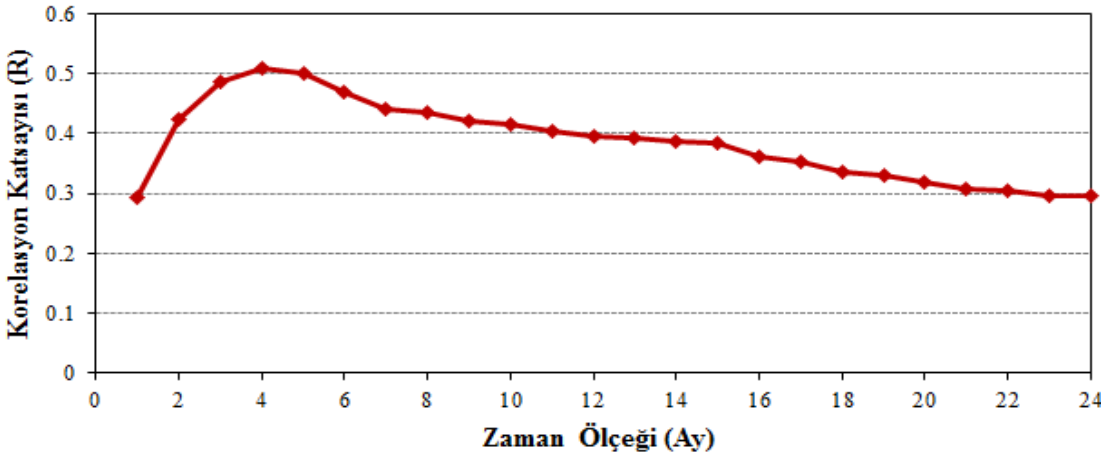
##### 4.3.2.3.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Kılıçkaya Baraj havzasında 1995-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 61.16 $m^3/s$ iken maksimum akım 358.56 $m^3/s$ ve minimum akım ise 1.8 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 1.86 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.3.2.3.1.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

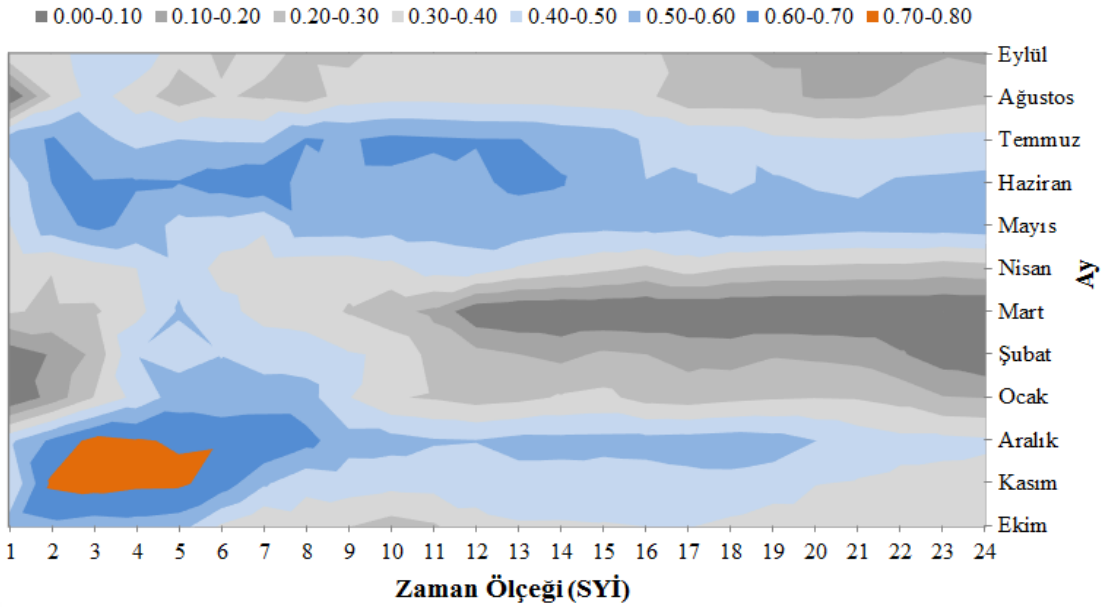
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.211'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (3-5 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.51) 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 3 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kılıçkaya Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.215.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.3.2.3.1.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.212'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.216.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.73$) sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, sonbahar mevsiminde kasım ayında ($R=0.74$) ve kış mevsiminde aralık ayında ($R=0.73$) 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında 3 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerlerinden birine ($R=0.73$) ulaşmıştır. Ocak ve şubat aylarında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş göstermiş ($R \leq 0.55$) ve şubat ayında mevsimin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R=0.50$) elde edilmiştir. Kış mevsimde maksimum korelasyonlar aralık ayında 3 aylık, ocak ayında 5 aylık ve şubat ayında 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ve nisan aylarında korelasyon değerleri, kış mevsiminde bulunan (ocak ve şubat) bulunan korelasyon değerlerine ($R \leq 0.51$) yakın çıkmıştır. Mayıs ayında korelasyon değerleri yükselmeye başlamış ve mevsimin en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.62$) bu ayda elde edilmiştir. İlkbahar mevsimde maksimum korelasyonlara mart ayında 5 aylık, nisan ayında 5 aylık ve mayıs ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde, haziran ayında yine yüksek olan korelasyon

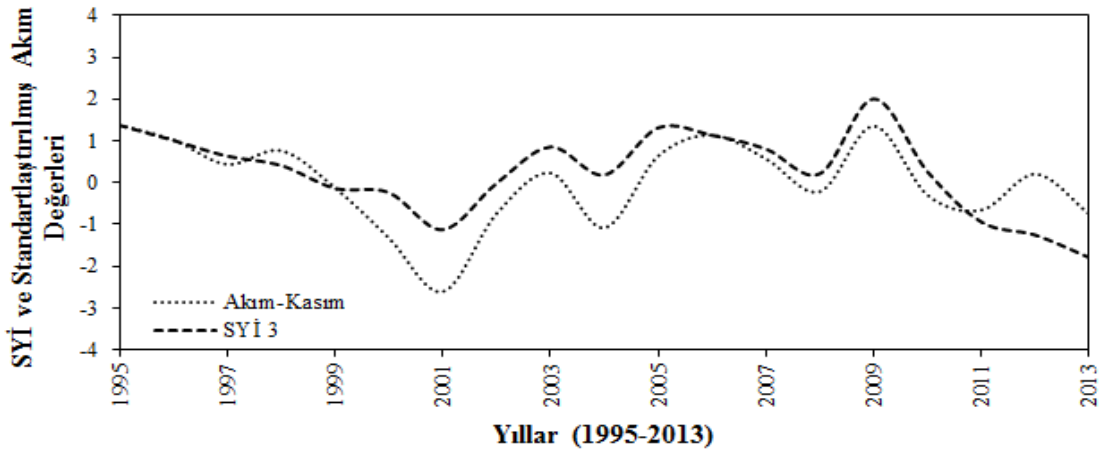
değerleri (R≤0.65), temmuz ayında nispeten düşüş (R≤0.61) göstermiştir. Ağustos ayında korelasyon değerlerinde düşüş devam etmiş ve 3 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri (R≤0.44) elde edilmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 6 aylık, temmuz ayında 2 aylık ve ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsiminde eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri yükselmiş (R≤0.58) ve bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine 3 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Kasım ayında ise korelasyon değerleri yükselmeye devam ederek, 3 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.74) elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (R≥0.62) kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.70), yaz mevsiminde ise 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.68) ve 10 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.62) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerine (R=0.70) kış mevsiminde aralık ayında rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsimi sonu (ağustos), sonbahar mevsimi (eylül ve ekim) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük (R<0.40) olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ağustos ayında maksimum korelasyona 10 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde eylül ayında maksimum korelasyona 10 aylık zaman ölçeğinde ve ekim ayında maksimum korelasyona 12 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde ise mart ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsiminde (eylül) maksimum korelasyon değeri 10 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye (R≤0.34) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar (0.45≤R≤0.56) birbirine yakın değerlere sahip olup, R=0.45 değerini aşmıştır. Bu aylarda maksimum korelasyonlar 7, 8, 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 2-5 aylık (sadece haziran ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir), uzun zaman ölçeklerinde ise 7-10 aylık (sadece ekim ve nisan ayları için 12 aylık zaman ölçeği geçerlidir) zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek

korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.68), sonbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.74), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.73) ve ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.63) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde en yüksek korelasyon değerleri kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 2-7 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde (sadece temmuz ayı için 10 aylık zaman ölçeği geçerlidir) elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsimi sonunda (ağustos) korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.44$) diğer aylara göre düşük olduğu görülmüştür. Ayrıca kış, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde en yüksek korelasyon değerlerine kısa zaman ölçeklerinde ulaşılırken, yaz aylarında (haziran ve temmuz) en yüksek korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde (7 ve 10 aylık) ulaşılması dikkat çekmiştir. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.60 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde kasım ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.74) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu ($R \leq 0.44$) ayın da yaz mevsiminde ağustos ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.213'de ise 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği kasım ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (2000, 2001, 2011 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde kasım ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde eylül ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.217.** Kılıçkaya Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

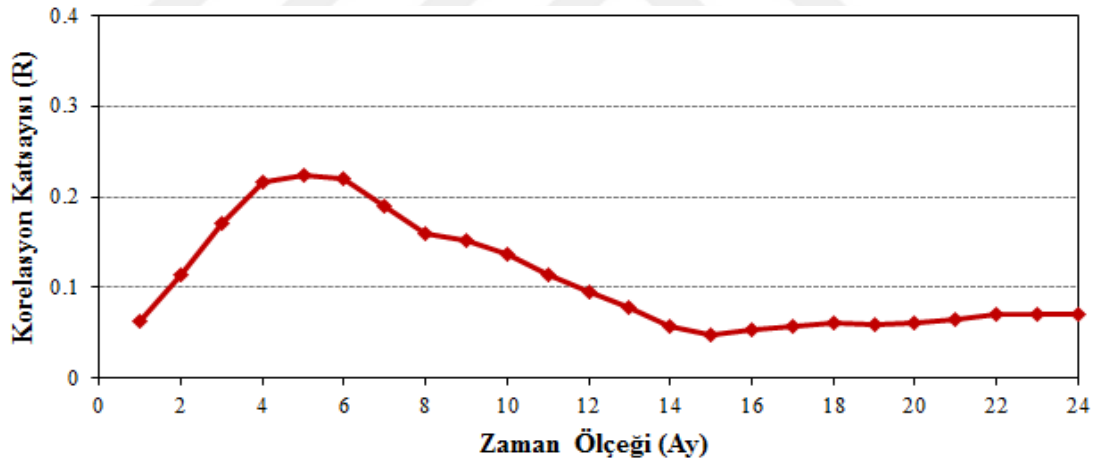
### 4.3.2.3.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Kılıçkaya Baraj havzasında 1990-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Kılıçkaya barajı normal su kotunda 1400.39 $hm^3$ göl hacmine ve 64 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.19 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.3.2.3.2.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

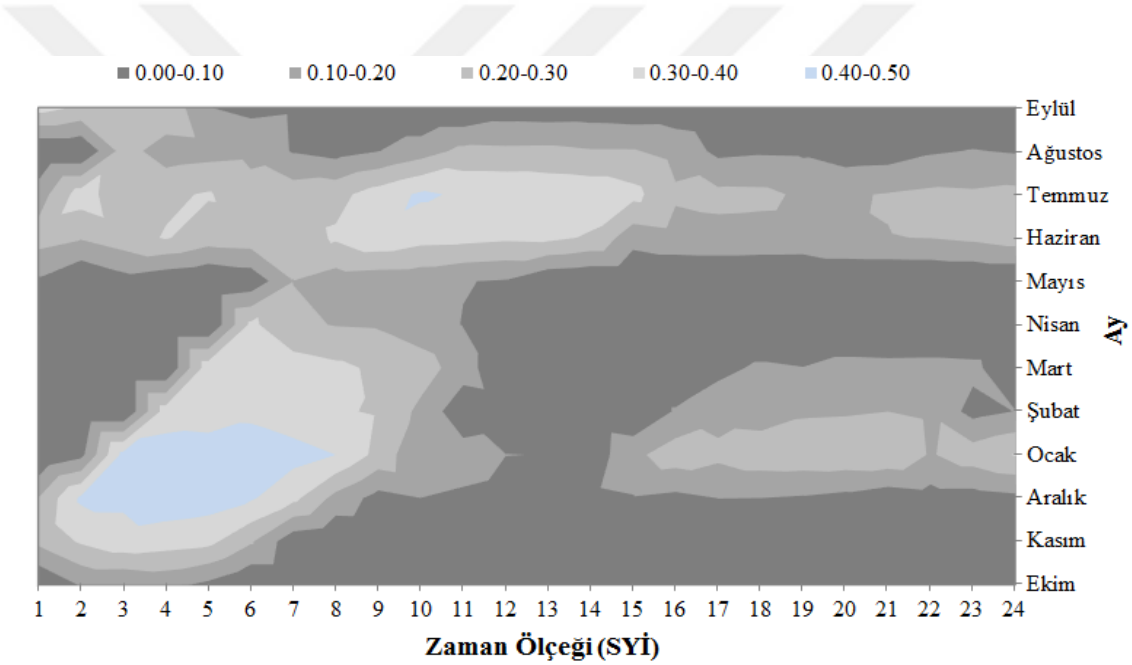
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.214'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (4-6 aylık) anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.22) 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 4 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kılıçkaya Baraj havzasında 1-6 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 6 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.218.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.3.2.3.2.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.215'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.219.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

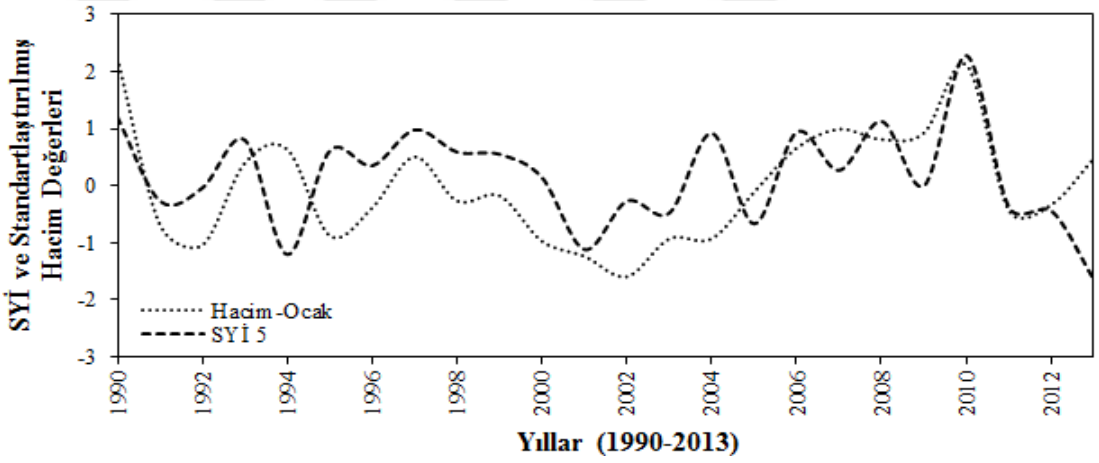
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.46) kış mevsiminde (aralık ve ocak) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) bulunmuştur. Kış mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine 4 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.46) ve 5 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.46), yaz mevsiminde ise temmuz ayında 10 aylık

zaman ölçeğinde (R=0.41) ulaşılmıştır. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsimi ortasında ekim ayında, ilkbahar mevsimi sonunda mayıs ayında ve yaz mevsimi sonunda ağustos ayında korelasyon değerlerinin diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük ($R<0.25$) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine ekim ayında 4 aylık zaman ölçeğinde (R=0.13), mayıs ayında 7 aylık zaman ölçeğinde (R=0.20) ve ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde (R=0.24) ulaşılmıştır. Ayrıca, kış mevsimi sonunda (şubat) 6 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) 5 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde, yaz mevsimi başlangıcında (haziran) 9 aylık zaman ölçeğinde ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.30 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.32\leq R\leq 0.38$) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 3-10 aylık zaman ölçeğinde (sadece eylül ayı için 1 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.41) temmuz ayında, sonbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde (R=0.37) kasım ayında, kış mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.46) ocak ayında ve ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.36) mart ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsimi hariç kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.35 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri sonbahar mevsiminde eylül ayında ise 4 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.13) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsiminde (aralık ve ocak), en düşük korelasyon değeri ise sonbahar mevsiminde (eylül) elde edilmiştir. Çalışmada, özellikle ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) ve sonbahar mevsiminde korelasyon değerlerinin uzun zaman ölçeklerinde çok düşük olduğu dikkat çekmiştir. Bunun yanı sıra, korelasyon değerleri nispeten daha yüksek olan diğer aylarda ise maksimum korelasyon değerlerine 3-13 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Ayrıca, anlamlı maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde, kış mevsiminde, ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) kısa zaman ölçeklerinde ulaşılırken, ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) uzun zaman ölçeklerinde

ulaşılmaktadır. Buradan yola çıkarak havzada, 13 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.216'da 5 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ocak ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (2001, 2003, 2011 ve 2012 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde eylül ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.220.** Kılıçkaya Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

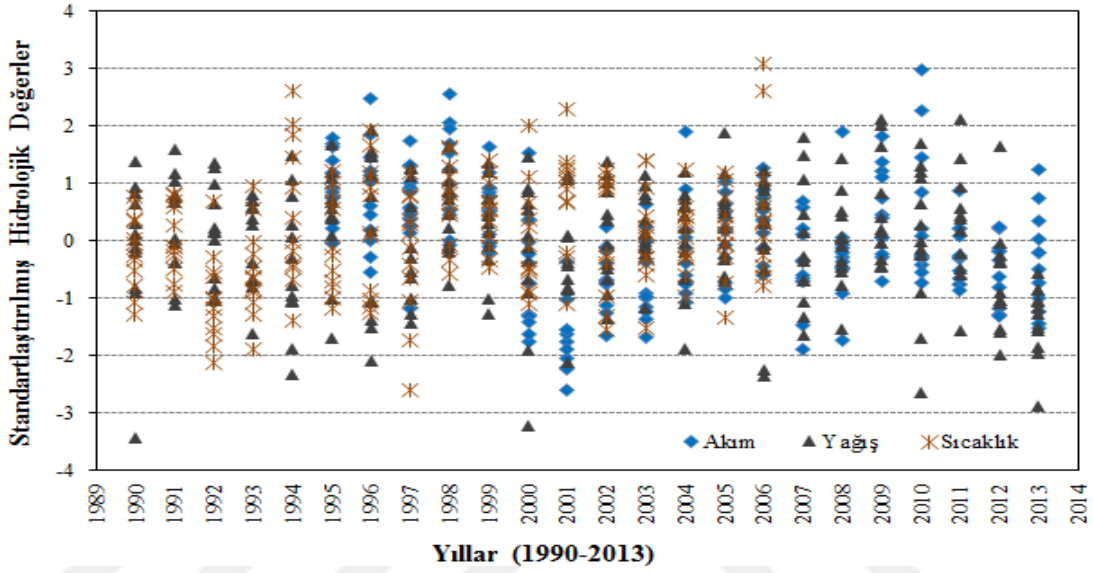
Kılıçkaya Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (3-5 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği

arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.51) 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.74) ve en düşük maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.44) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (4-6 aylık) SYİ arasında anlamlı bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.22) 5 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.46) ve 5 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.46) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerine ise sonbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.13) ulaşılmıştır.

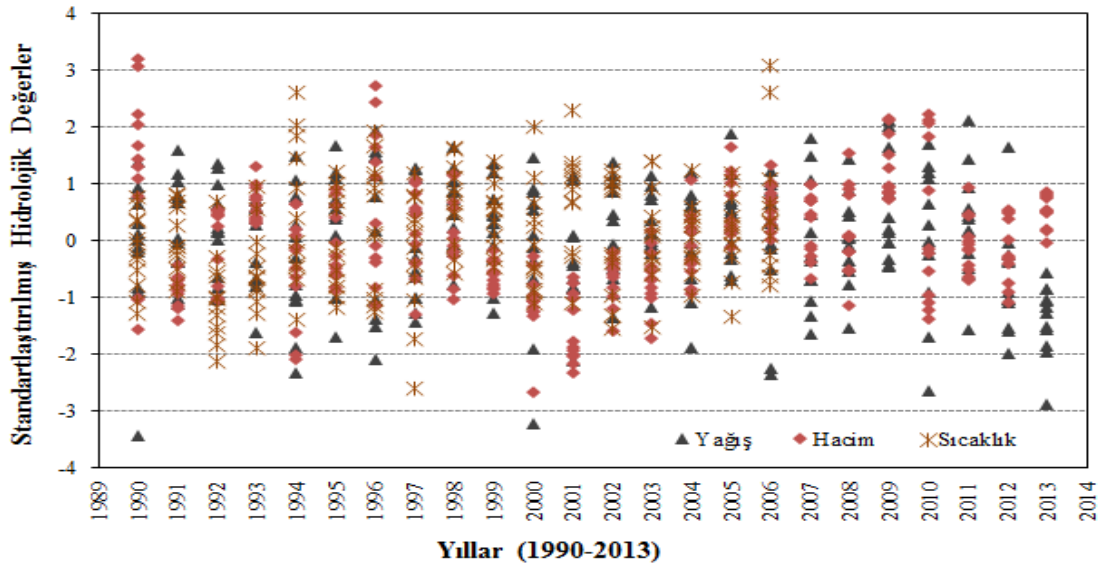
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.217 ve 4.218'de görüldüğü gibi ay bazında 1990-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin

üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.221.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.222.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.3.2.4. Kılıçkaya Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

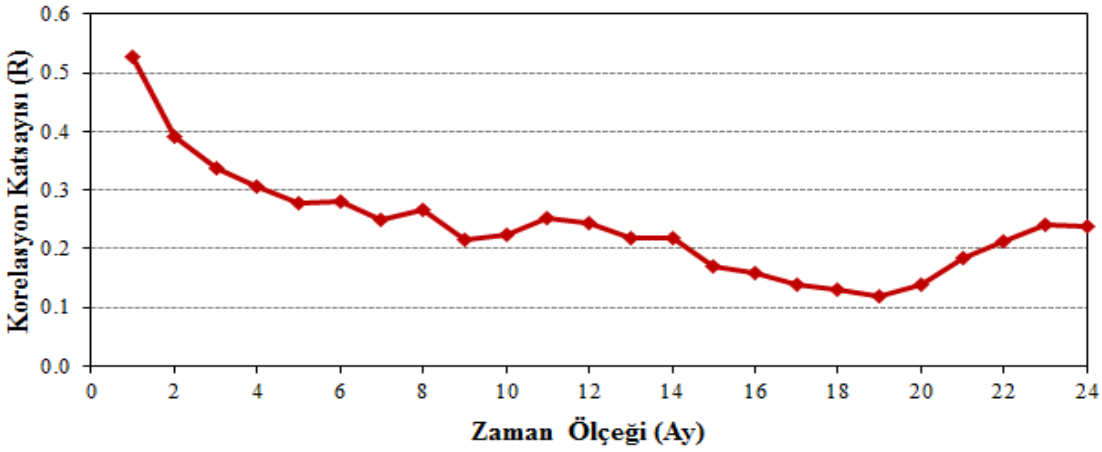
#### 4.3.2.4.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmanın bu bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Daha sonra uydu kaynaklı aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.3.2.4.1.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

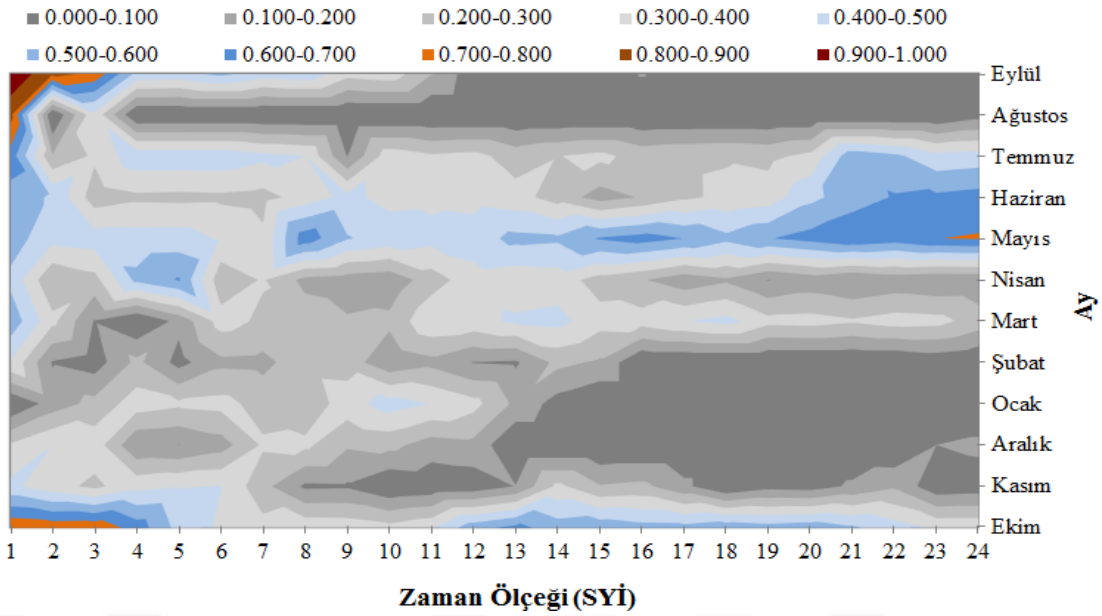
AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.219'da gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-4 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.53 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kılıçkaya Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.223.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.3.2.4.1.2. Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.220'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.224.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

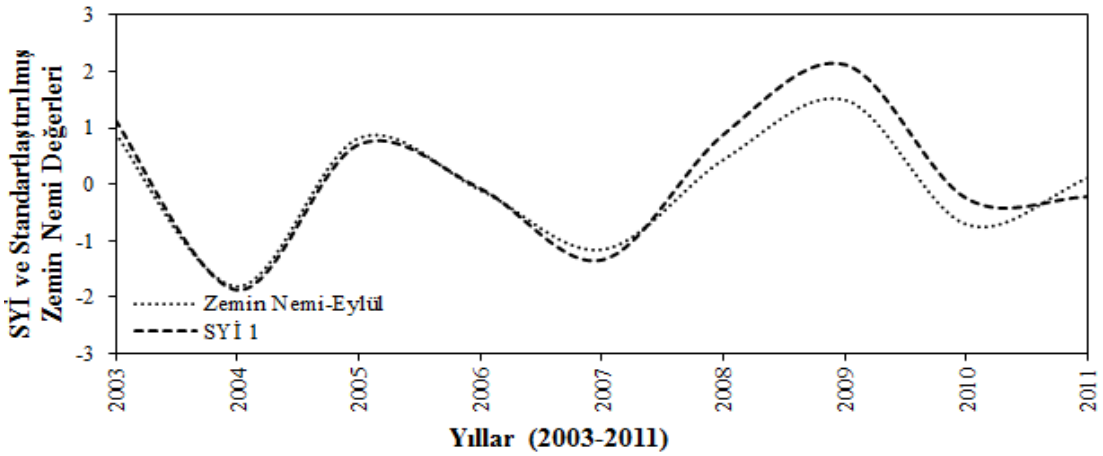
Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-2 aylık zaman ölçeğinde (sadece ocak ayı için 4 aylık ve nisan ayı için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.220'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.97$) sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde eylül ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.97$) ve ekim ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.79$), yaz mevsiminde ise ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.84$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve kış mevsiminde korelasyon değerlerinin nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine ($R<0.43$) sonbahar mevsiminde kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde ise aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde, ocak ayında 4 aylık zaman ölçeğinde ve şubat ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsiminde diğer mevsimlere göre nispeten düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.40$) elde edilmiştir. Aralık ayında maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmış ve ocak ayında da tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri 4 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.35$) elde edilmiştir. Şubat ayında ise maksimum korelasyon değerine ($R=0.39$) 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsiminde mart aylarında yükselmeye başlayan korelasyon değerleri ($R \leq 0.57$), nisan ayında da nispeten yükselmeye ($R \leq 0.61$) devam etmiştir. Mayıs ayında ise, mevsimin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R=0.55$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyon değerleri $R=0.50$ değerini aşmış ve maksimum korelasyonlar mart ayında 1 aylık, nisan ayında 5 aylık ve mayıs ayında ise 1 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında elde edilen maksimum korelasyon değeri ($R=0.56$), nisan ayında bulunan maksimum korelasyon değerine yakın çıkmıştır. Temmuz ayında korelasyon değerleri ($R \leq 0.66$) yükselişe geçmiş, ağustos ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar tüm aylarda 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, eylül ayında korelasyon değerleri yükselmeye ($R \leq 0.97$) devam etmiştir. Diğer mevsimlere göre en yüksek maksimum korelasyon değeri eylül ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.97$) elde edilmiştir. Ekim ayında korelasyon değerleri nispeten düşüşe geçmiş ($R \leq 0.79$) ve kasım ayında ise mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R<0.43$) elde edilmiştir. Bu mevsimde de maksimum korelasyonlar tüm aylarda 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-2 aylık zaman ölçeğinde (sadece ocak ayı için 4 aylık ve nisan ayı için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.84$) 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.97$) 1 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında, kış mevsiminde ($R=0.40$) 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R=0.61$) 5 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.40$ değerini aşmış ve kış mevsimi hariç tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde eylül ayında en

yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.97) ve kış mevsiminde ise ocak ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.35) elde edilmiştir. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde en yüksek korelasyon değerleri elde edilirken, kış mevsiminin korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, çalışmada ekim, mayıs ve haziran aylarında özellikle 12 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.71) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.221'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile eylül ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2004, 2007 ve 2010 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde eylül ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.225.** Kılıçkaya Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemlerin mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olduğu bilinmektedir [64]. Bu

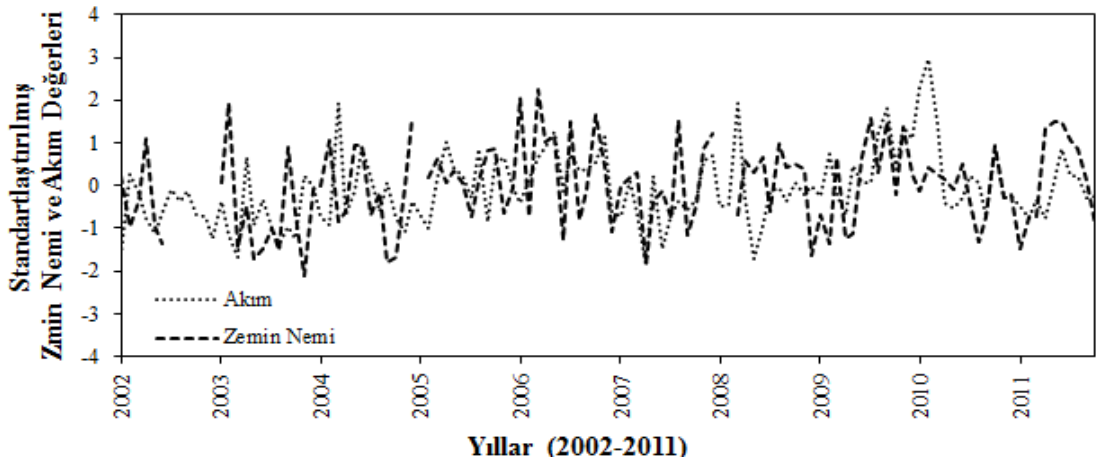
çalışmada, sadece uydu kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, uydu kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan analizleri özetlemek gerekirse, büyük bir havza olan Kılıçkya Baraj havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Yani, zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada, 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmış ve kısa zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.97) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 4 aylık zaman ölçeğinde kış mevsiminde ocak ayında (R=0.35) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde korelasyon değerleri diğer mevsimlere daha yüksek olup, kış mevsiminde ise daha düşüktür. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.40 değerini aşması ve kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerlerine 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile eylül ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2004, 2007 ve 2010 yılındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan aşırı kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.3.2.5. Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.3.2.5.1. Kılıçkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.24 elde edilmiştir. Şekil 4.222'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2003, 2004, 2007, 2008, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 20007 ve 2008 yılındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.



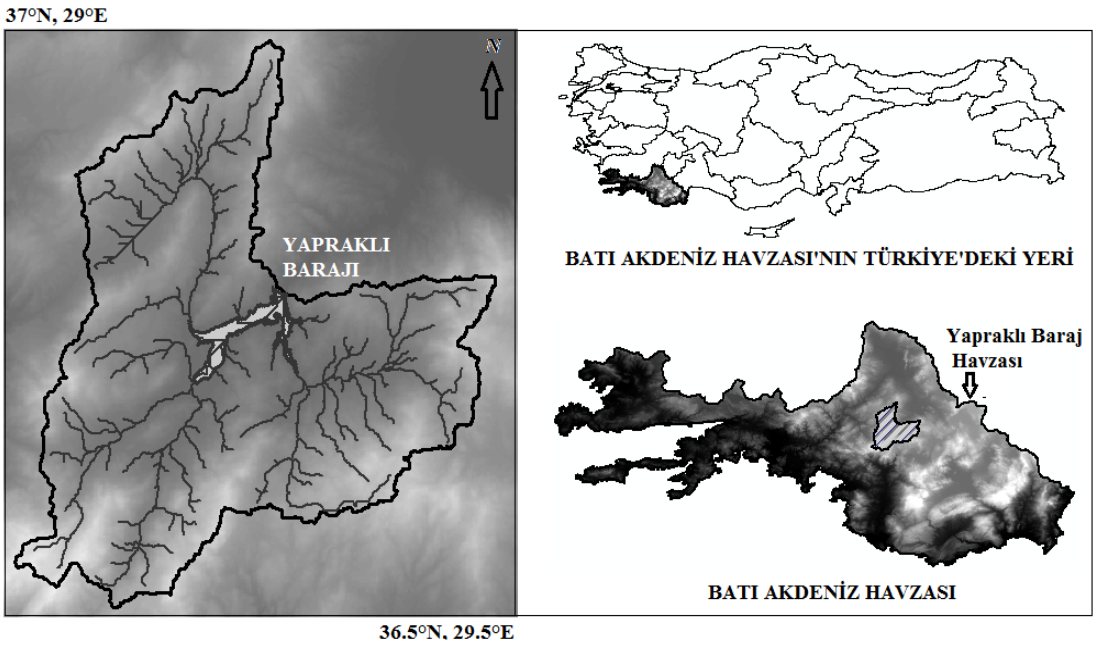

**Şekil 4.226.** Kılıçkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

## 4.4. Akdeniz Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları

### 4.4.1. Yapraklı Baraj Havzası

#### 4.4.1.1. Yapraklı Baraj Havzası Özellikleri

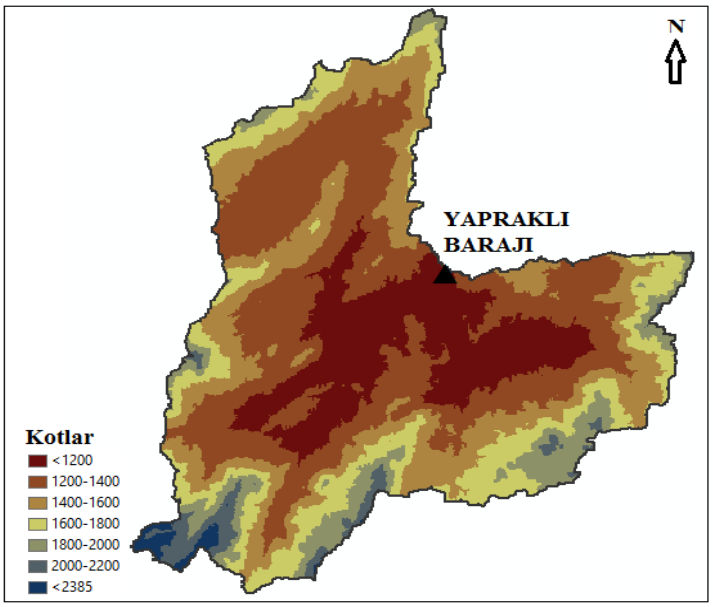
Çalışma alanı olarak seçilen Yapraklı Baraj havzası Muğla, Denizli ve Burudur il sınırlarının kesiştiği bölgede 29°15.5'-29°37' doğu boylamları, 37°9.5'-36°52' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Muğla iline bağlı Fethiye, Denizli iline bağlı Çameli ve Burdur iline bağlı Altınyayla ilçelerinin bir bölümünü içine almaktadır. Batı Akdeniz havzasının bir alt havzası olan görülen Yapraklı Baraj havzası yaklaşık olarak 464 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.223).




**Şekil 4.227.** Yapraklı Baraj Havzasının Konumu

Yapraklı Baraj havzası yüzey şekilleri açısından karmaşık bir özellik göstermektedir. Yükseltisi fazla olan havza, dağlık ve yayla karakterli engebeli bir arazi yapısına sahiptir. Yüzey şekilleri doğu-batı yönünde uzanmakta ve Batı Toroslar kıvrım dağ

sistemi içerisinde yer almaktadır. Platolar bakımından oldukça zengin olan havzanın özellikle kuzey doğu bölgesinde geniş platolar bulunmaktadır. Havzadaki akarsu rejimi, iklime bağlı olarak düzensizdir. Ayrıca, akarsu kollarının debisi fazla olmamakla beraber karstik özellikte olup yazın kurumaktadırlar. Havza kaynak suları bakımından ise zengindir. Havzada orman alanları çok fazladır, fakat Akdeniz bitki örtüsü olan maki topluluklarına az rastlanmaktadır. Dağlardaki yükselti ve bakı farklılıklarından dolayı bitki örtüsü de çok çeşitlilik göstermektedir. Genel olarak, iğne yapraklı ormanlar yoğunlukta olup çam, karaçam, ardıç, meşe gibi topluluklar yaygındır. Ayrıca orman altı bitki örtüsü de zengindir. Havzanın sadece doğu ve kuzey bölümü bitki örtüsü bakımından fakirdir. Bu bölgede yine yaygın olan çam ve ardıç gibi ağaçların yanısıra antropojen bozkırlar, yer yer alpin çayırları ve otsu bitkiler görülmektedir [124]. Şekil 4.224'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 1033-2385 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama 1100 m rakımda olup, yükseltinin en düşük görüldüğü bölgedir. Havzanın güney ve doğu bölgesindeki yükselti, kuzey ve iç bölgelere göre daha fazladır. Havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havza, yüksek ve engebeli bir topografyaya sahip olup etrafı dağlarla çevrilidir.

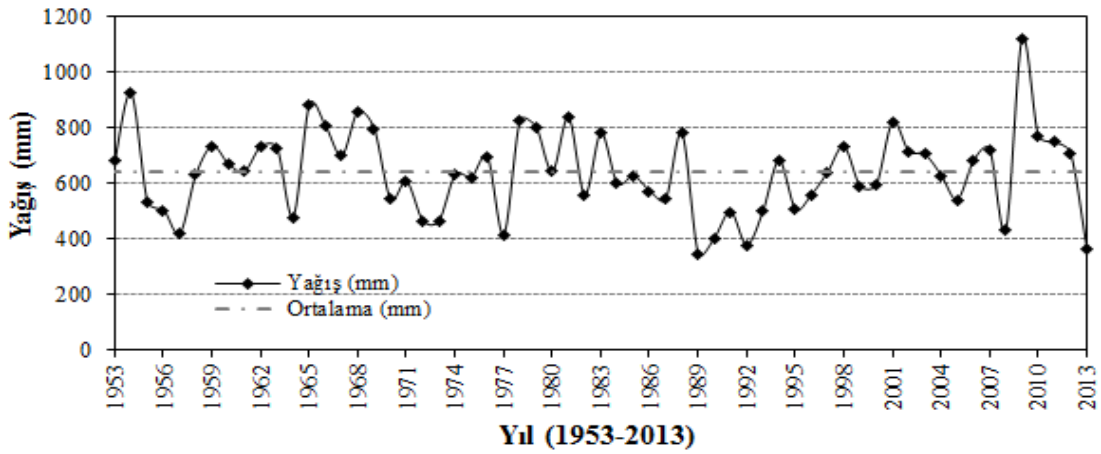



**Şekil 4.228.** Yapraklı Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple, havzanın yükselti farklılıklarının 1033-2385 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak havza Batı Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Havzanın doğusunda Akdeniz ikliminin karasal iklime geçiş iklimi görülmekte olup yazları sıcak ve zaman zaman kurak, kışları soğuk ve yağışlı geçmektedir. Havzanın batısında ise yer yer Akdeniz dağ iklimi tipi görülmektedir. Bu bölgede kışlar soğuk-yağışlı, yazlar sıcak ve kurak geçmekte ve yağışlar ekim ayında başlayarak, nisan ayına kadar devam etmektedir. Bu bölgede rakımın yüksek olmasından kaynaklanarak kış aylarında yağışlar genellikle kar şeklinde gerçekleşir [125].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1953-2013 yılları arasında ölçüm yapan Acıpayam, Elmalı, Fethiye ve Tefenni meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havzanın kıyıya daha yakın kesiminden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının kısa mesafede değişmesinin etkisiyle, yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe, yıllık

ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın güney bölümü Akdeniz kıyısına yakın olduğundan içlerde kalan kuzey bölümüne göre daha fazla yağış almaktadır (Örneğin; Fethiye'de 865 mm iken, Acıpayam'da 533 mm'ye düşmüştür). Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 1986 yılında 344 mm iken, maksimum yağış 2009 yılında 1120 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada genel olarak Akdeniz ikliminin karasal iklime geçiş özelliği iklim tipinin daha baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında, yıllık ortalama yağış 639 mm civarındadır. Bu miktar ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.225'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıklarının uzun dönemler halinde devam ettiği, genel olarak da ortalama yağışın üzerinde ve altında kalan yağışın ortalama değere yakın olarak dağıldığı görülmektedir.




**Şekil 4.229.** Yapraklı Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.41'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında; en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Ayrıca, kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin sonbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.44.** Yapraklı Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 120 | 90.9 | 59.7 | 42.3 | 31.4 | 14.4 | 8.7 | 5.5 | 14.2 | 46.0 | 77.6 | 127.6 | ***639.25*** |

DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise yaklaşık 13.2 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 25ºC olmakla beraber ocak ve şubat aylarında sıcaklık 3-4 ºC civarına düşmektedir Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Dirmil yakınlarındaki Kocaş Dağından doğan Dalaman Çayı, Batı Torosların Göktepe ve Yaylacık Dağlarından gelen kollarla birleşip, dar ve derin bir vadi içinde akarak Ortaca ilçesinin güneyinden denize dökülmektedir [126]. Dalaman Çayının başlangıç noktası olarak kabul edilen Horzum Çayı üzerinde 1991 yılında sulama amaçlı olarak hizmete alınan Yapraklı Barajı, normal su kotunda 6.5 $km^2$ göl alanına, 113 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 2.82 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 16.81 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın

gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.42'de verilmiştir.

**Çizelge 4.45.** Yapraklı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Yapraklı Baraj Havzası** | 1953-2013 | 1991-2013 | 1991-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |

### 4.4.1.2. Yapraklı Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

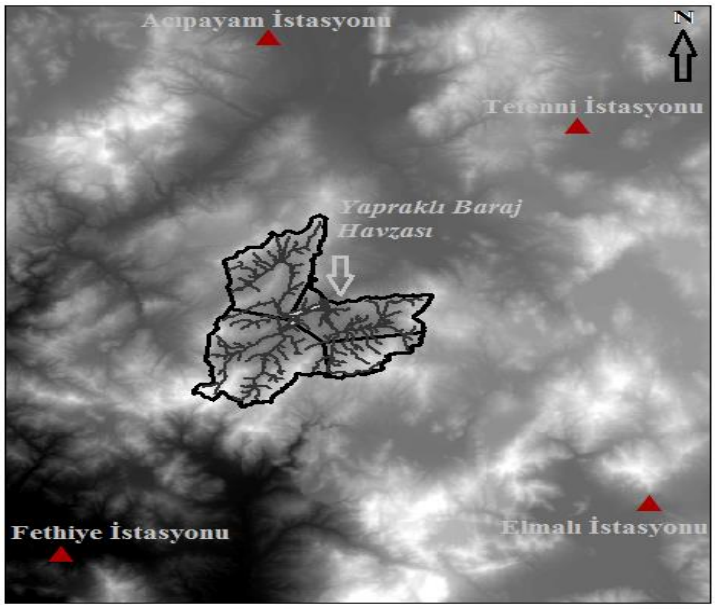
#### 4.4.1.2.1. Yapraklı Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada görülen havza çevresinde yer alan en yakın 4 adet meteoroloji istasyonu (Acıpayam, Elmalı, Fethiye ve Tefenni) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.43'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.46.** Yapraklı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Acıpayam | 37.43 | 29.35 | 941 | 533 |
| **2** | Elmalı | 36.74 | 29.91 | 1095 | 496 |
| **3** | Fethiye | 36.63 | 29.12 | 3 | 865 |
| **4** | Tefenni | 37.31 | 29.78 | 1142 | 472 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 4 meteoroloji istasyonuna ait 1953-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.226'da seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.44'de görülmektedir.




**Şekil 4.230.** Yapraklı Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

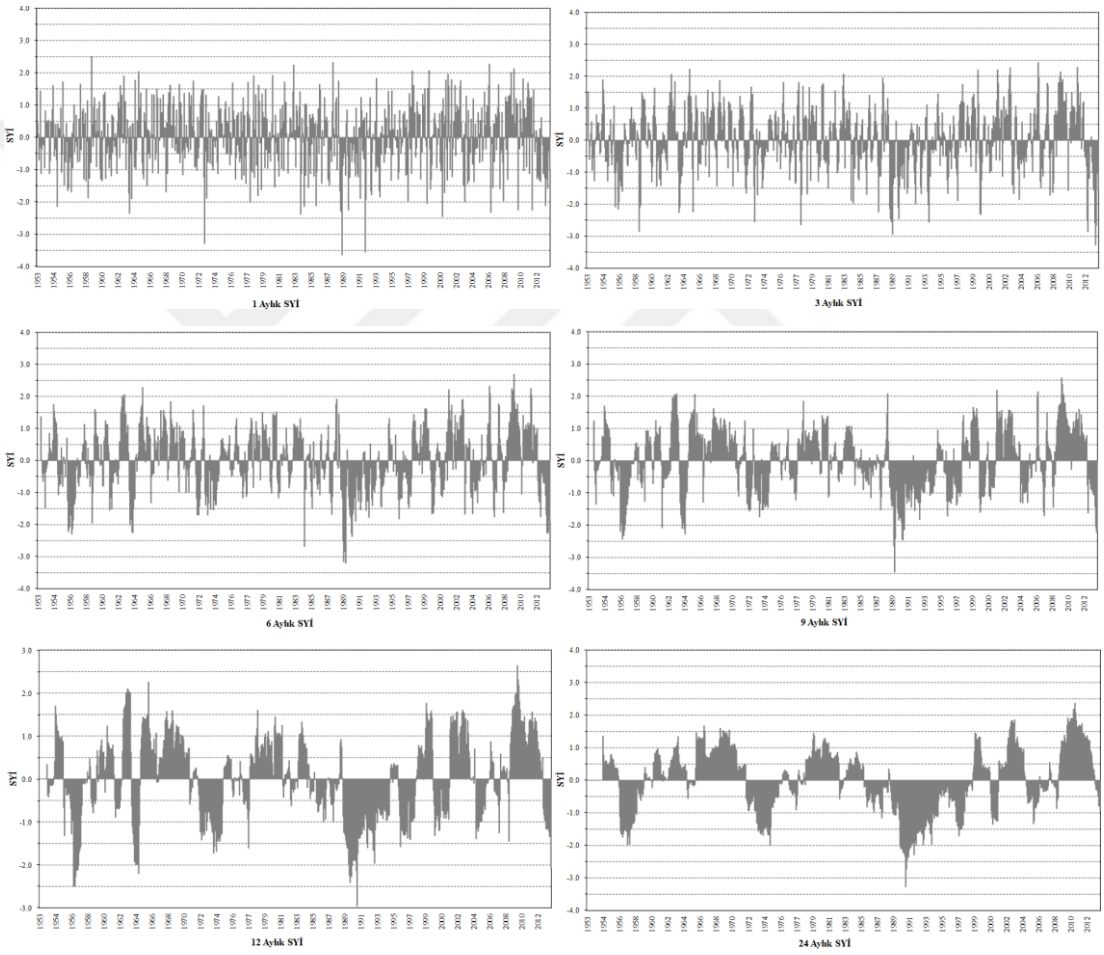
**Çizelge 4.47.** Yapraklı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Acıpayam | 0.93 |
| **2** | Elmalı | 0.88 |
| **3** | Fethiye | 0.96 |
| **4** | Tefenni | 0.89 |

### 4.4.1.2.2. Yapraklı Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.227'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu

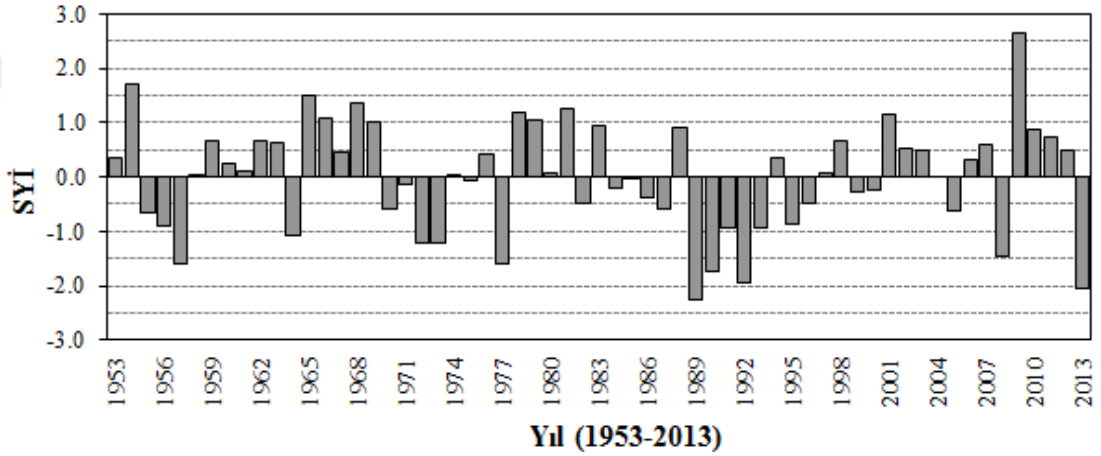
dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 10 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 18 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.231.** Yapraklı Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1953-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.228'de görüldüğü gibi toplamda 61 yılda 28 yıl kuraklık yaşanmıştır. Yaşanan kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı; 2 aşırı

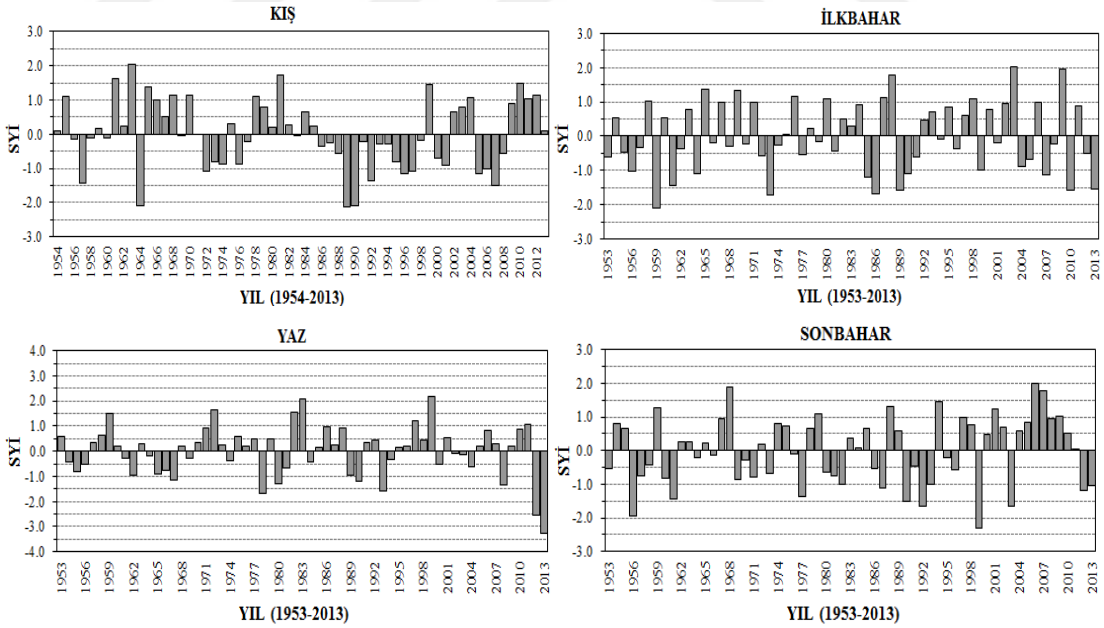
kurak, 4 çok kurak, 4 orta derecede kurak ve 18 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.15 yıl olup, 1989-1993 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.40 (normale yakın kurak) olup, 1989 yılında görülen maksimum kuraklık değeri -2.24 (aşırı kurak) olarak bulunmuştur. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1955-1957, 1970-1973, 1984-1987, 1989-1993, 1995-1996, 1999-2000 ve 2004-2005 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklükte kuraklık olaylarının yaşandığı dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.232.** Yapraklı Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.229'da yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirinden farklı değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 32 yıl, ilkbahar mevsiminde 33 yıl, yaz mevsiminde 26 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 29 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar en fazla kış mevsiminde, çok kuraklıklar en fazla ilkbahar mevsiminde, orta derecede kuraklıklar en fazla kış mevsiminde ve normale yakın kuraklıklar ise en fazla ilkbahar ve kış mevsimlerinde yaşanmıştır. Ayrıca, her mevsimde farklı büyüklükte kuraklık meydana gelmiştir. 3 mevsime ait ortalama

kuraklık şiddetleri birbirlerine yakın değerlere (-0.41~-0.43) sahip olup, sadece yaz mevsiminin ortalama kuraklık şiddeti (-0.38) diğer mevsimlerden farklıdır. Ortalama kuraklık süresi bakımından da mevsimler birbirinden farklı değerler göstermektedir. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (3.20 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.50 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, en uzun süre kış mevsiminde 1986-1998 yılları arasında 13 yıl olarak görülerek, diğer mevsimlerde ise 3-4 yıl arasında değişmektedir. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle değişik iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 61 yılda her mevsim farklı büyüklükte kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca özellikle kuralık olayları toplamlarının en az yaz mevsimde ve en fazla ise ilkbahar mevsiminde bulunması, ortalama süre bakımından en uzun sürenin kış mevsiminde görülmesi ve aşırı kuraklıkların en fazla bu mevsimde görülerek çok kuraklıklara rastlanılmaması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.233.** Yapraklı Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1953-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Yapraklı Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1950'li yılların başında sulak dönemler yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1955-1957 yıllarında ortalama sıcaklıkların artmasıyla beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar normale yakın ve çok kuraklıklar olup, özellikle 1955-1956 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1950'li yılların sonundan 1960'lı yılların sonuna kadar kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber, ardı sıra kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp, ülke genelinde de olduğu gibi sulak dönemlerin hakim olduğu bir dönem olmuştur. Bu dönemde sadece 1964 yılında normale yakın kuraklık meydana gelmiştir. 1970-1973 yılları arasında tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada dört yıl boyunca normale yakın ve orta derecede kuraklıklar yaşanmıştır. Havza, 1971-1974 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan sadece 1974 yılındaki kuraklıktan etkilenmemiştir. 1974 yılından itibaren kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber 1983 yılına kadar ardı sıra kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp sulak dönemlerin hakim olduğu, yer yer çok ve normale yakın kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Bu dönemde sadece 1975, 1977 ve 1982 yıllarında çok ve normale yakın kuraklıklar meydana gelmiştir. Ülke genelinde 1977 ve 1983-1984 yıllarında çok kuraklıklar yaşanmasına rağmen, havza yaşanan şiddetli kuraklıklardan sadece 1977 yılında etkilenmiştir. Kurak ve sulak dönemlerden sonra özellikle tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber 1984 yılından 1996 yılına kadar havzada uzun süreli kuraklık yaşanmıştır. Meydana gelen kuraklıklar çok ve normale yakın kuraklıklar olup, özellikle 1989 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde sadece 1988 ve 1994 yıllarında kuraklık meydana

gelmemiştir. Havza, ülkede görülen 1989-1991, 1996 yıllarındaki şiddetli kuraklıkların tamamından etkilenmiştir. 1997 yılından itibaren kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber 2013 yılına kadar ardı sıra kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp sulak dönemlerin hakim olduğu, genel olarak yer yer farklı büyüklükteki kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Bu dönemde havzada 1999, 2000 ve 2005 yıllarında normale yakın kuraklıklar görülmüştür. Özellikle 2008 ve 2013 yıllarında havzada kuraklık büyüklükleri artmış ve 2008 yılında orta derecede, 2013 yılında ise aşırı kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde ülkede yaşanan kuraklıklardan havzanın sadece 2007 ve 2001 kuraklıklarından etkilenmediği görülmüştür. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla kış mevsiminde görülmesinin yanı sıra bütün mevsimlerde de birbirinden farklı değerler göstermiştir. Havzada özellikle 1956 yılında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklık yaşanmıştır.

Yapraklı Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada özellikle normale yakın kuraklıkların hakim olduğu görülmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklardan havza, sadece 1989 ve 2013 yıllarındaki kuraklıklardan aşırı kuraklık yaşayarak etkilenmiştir. Ayrıca 1980'li yılların ortasından 1990'lı yılların ortasına kadar havzada uzun süreli kuraklıklar meydana gelmiştir. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta ise, son yıllarda özellikle 2013 yılında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu havzada aşırı kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüklerinin artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmiştir.

#### 4.4.1.3. Yapraklı Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.4.1.3.1. Yapraklı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

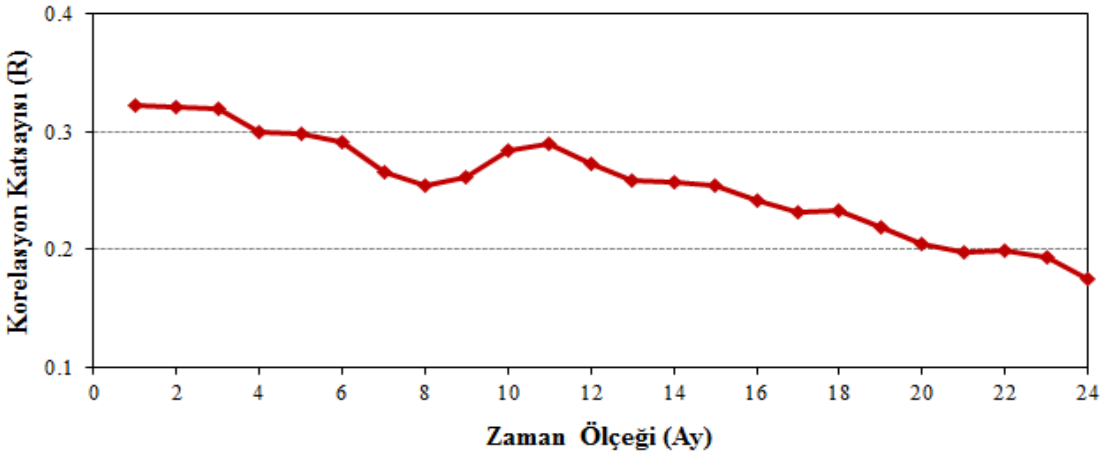
Yapraklı Baraj havzasında 1991-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 2.82 $m^3/s$ iken maksimum akım

16.81 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 1.85 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.1.3.1.1. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

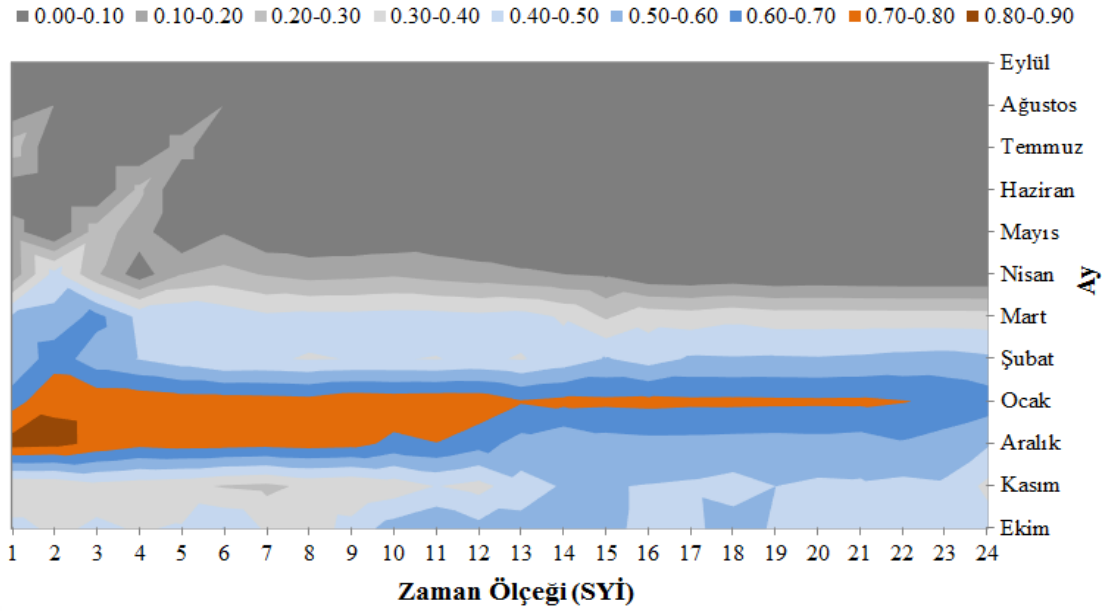
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.230'da gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Ayrıca, bu dönemde elde edilen korelasyon değerleri birbirine çok yakındır. Burada maksimum korelasyon (R=0.32) 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Yapraklı Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.234.** Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.4.1.3.1.2. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.231'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.235.** Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

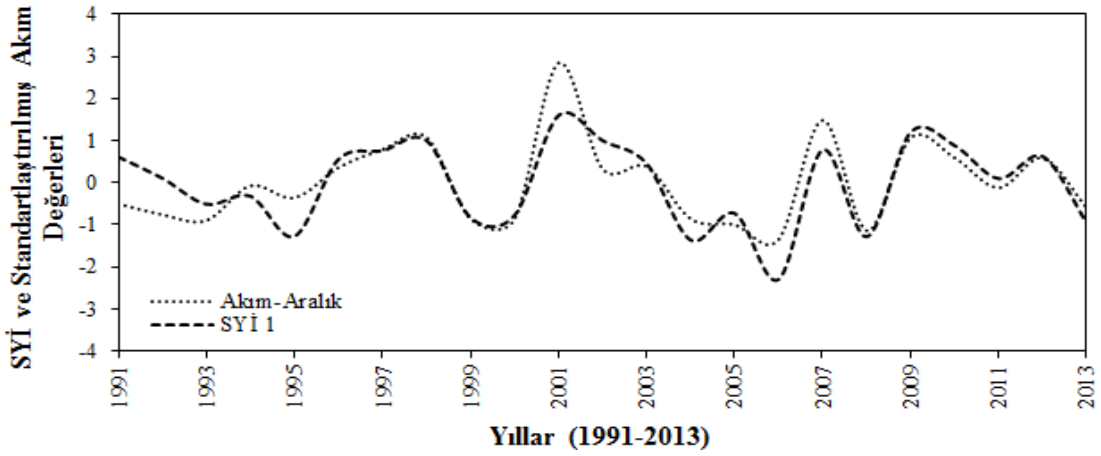
Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($0.66 \leq R \leq 0.84$) kış mevsiminde (aralık ve ocak) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine; kış mevsiminde aralık ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.84$) ve ocak ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.78$) ulaşılmıştır. Kış mevsiminde aralık ayında 1 aylık zaman ölçeğinde tüm ayların en yüksek korelasyon değerine ($R=0.84$) ulaşmıştır. Ocak ayı, en yüksek korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.78$) bulunduğu aylardan biri olmasına rağmen bu aydan itibaren korelasyon değerleri nispeten düşüşe geçmiş ve şubat ayında mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.66$) elde edilmiştir. Kış mevsiminde diğer mevsimlere göre en yüksek korelasyon değerlerine ulaşılmış ve korelasyon değerleri $R=0.40$ değerini aşmıştır. Bu mevsimde, maksimum korelasyonlar aralıkta 1 aylık, ocakta 2 aylık ve şubatta ise 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde korelasyon değerleri kış mevsimine göre düşüş göstermiştir. Mart ayında şubat ayına göre korelasyon değerlerinde herhangi bir değişme ($R \leq 0.63$) olmamıştır. Fakat nisan ayından itibaren korelasyon değerlerinde düşüş ($R \leq 0.45$) meydana gelmiş ve mayıs ayında ise mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.25$) elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlar martta 3

aylık, nisanda 2 aylık ve mayısta ise 3 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında düşmeye devam eden korelasyon değerlerinin maksimumu R=0.20 değerini aşmış, fakat temmuz ve ağustos aylarında korelasyon değerleri düşmeye (R≤0.26) devam etmiştir. Ağustos ayı ise yaz mevsiminde en düşük korelasyonların (R≤0.10) görüldüğü aydır. Maksimum korelasyonlar haziranda 4 aylık, temmuzda 1 aylık ve ağustosta 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde korelasyon değerleri çok düşük olup, diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri bu mevsimde bulunmuştur. Korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde eylül ayında düşmeye (R<0.10) devam etmiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri eylül ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Fakat ekim ayı ile beraber korelasyon değerleri yükselmeye (0.38≤R≤0.50) başlamış ve sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değerlerine ulaşılmıştır. Kasım ayında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş (R≤0.36) göstermiştir. Ekim ayında 6 aylık ve kasım ayında 3 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (0.60≤R≤0.78) kış mevsiminde (aralık ve ocak) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde aralık ayında 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.74) ve ocak ayında 9 aylık zaman ölçeğinde (R=0.78) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine (R≥0.64) kış mevsiminde (aralık ve ocak) rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, ilkbahar mevsimi ortasından (nisan) sonbahar mevsimi başına (eylül) kadar elde edilen korelasyon değerlerinin ise diğer mevsimlere göre çok daha düşük (R<0.20) olduğu tespit edilmiştir. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) 7 ve 11 aylık zaman ölçeklerinde, yaz mevsiminde (haziran, temmuz ve ağustos) 7, 9 ve 10 aylık zaman ölçeklerinde ve sonbahar mevsimde (eylül) ise 7 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle yaz mevsimi ortasında (temmuz) maksimum korelasyon değeri 10 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R<0.10) inmiştir. Diğer aylarda ise maksimum korelasyonlar (0.40≤R≤0.60) birbirine yakın değerler bulunmuştur. Maksimum korelasyonlara eylül, ekim ve mart ayları için 11 aylık zaman ölçeğinde, şubat ayı için 12 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-4 aylık (sadece ekim ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir), uzun zaman ölçeklerinde 7-11 aylık zaman ölçeklerinde (sadece şubat ayı için 11 aylık zaman ölçeği geçerlidir) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.26), sonbahar mevsiminde 11 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.60), kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.84) ve ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.63) ulaşılmaktadır. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-7 aylık kısa zaman ölçeklerinde (sadece eylül ve ekim için 11 aylık zaman ölçeği geçerlidir) elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.26$) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada sonbahar mevsiminde yüksek korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde (7-11 aylık) ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.25 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.84) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu ($R<0.10$) ayın da sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, yaz mevsimi boyunca da korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre çok düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Şekil 4.232'de ise 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği aralık ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1995, 1999, 2000, 2004, 2005, 2006, 2008 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.236.** Yapraklı Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

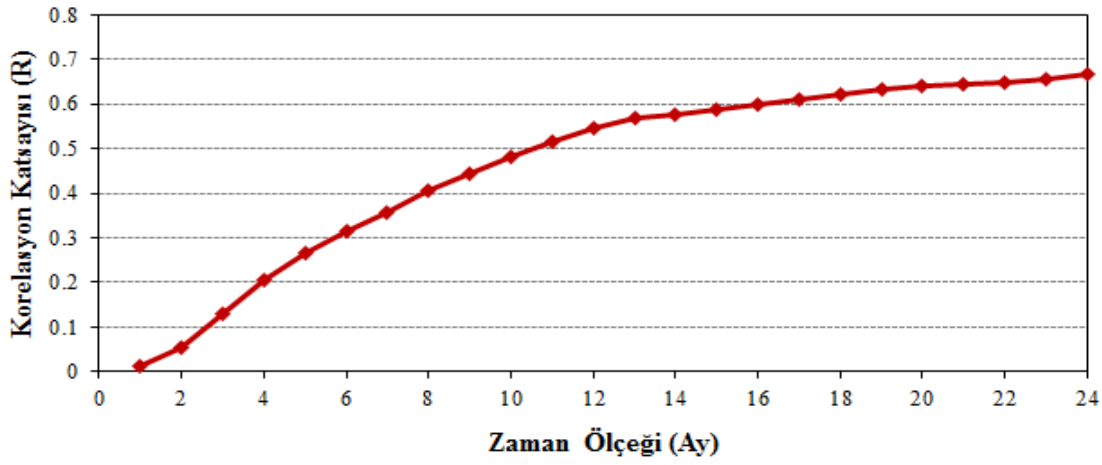
### 4.4.1.3.2. Yapraklı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Yapraklı Baraj havzasında 1991-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Yapraklı barajı normal su kotunda 113 $hm^3$ göl hacmine ve 6.5 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.13 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür ve aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.1.3.2.1. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

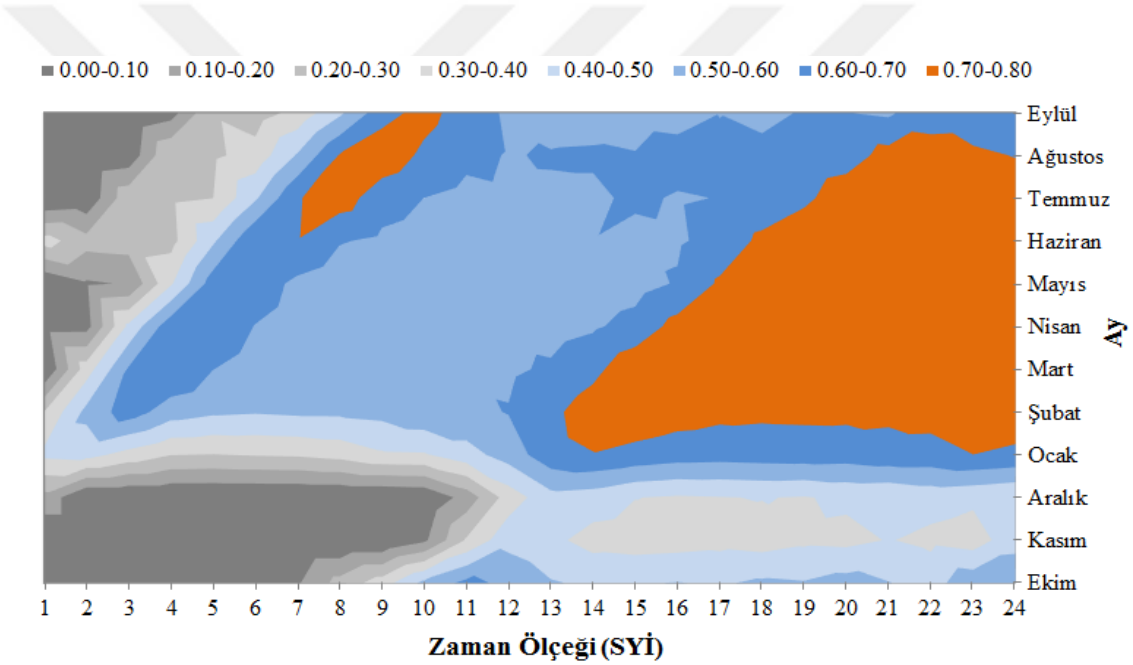
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.233'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (11-14 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir.11 aylık zaman ölçeğinden itibaren maksimum korelasyon değerine ulaşma eğilimi gözlemlenmiş olup, bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu tespit edilmiştir. 11-14 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerleri R=0.55 civarında elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 10-13 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Yapraklı Baraj havzasında 1-16 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.237.** Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.1.3.2.2. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.234'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.238.** Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

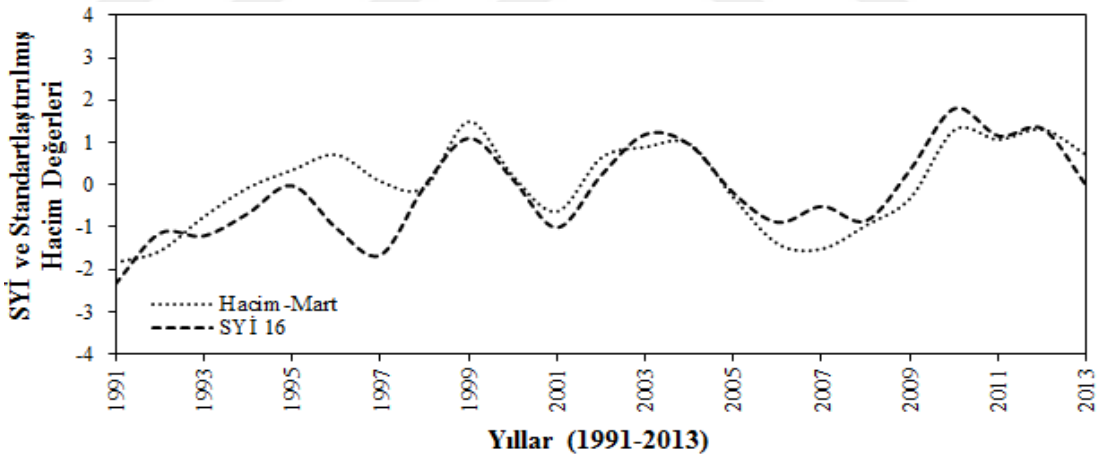
Çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri (R≤80) ilkbahar mevsiminde (mart) görülmektedir. İlkbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerine 16 aylık zaman ölçeğinde mart (R=0.80) ayında ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, mart ayında 14 aydan uzun zaman ölçeklerinde (R>0.75) yüksek korelasyonlar elde edilmiş ve en yüksek

korelasyon değerine 16 aylık zaman ölçeğinde (R=0.80) ulaşılmıştır. Ayrıca, mart ayında 14-24 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri birbirine çok yakın değerlere sahip olup, bu ölçeklerde bulunan korelasyon değerlerinin maksimuma ulaşmaya çalışması dikkat çekmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım) ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) korelasyon değerlerinin nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin nispeten düşük ($R \leq 0.63$) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine ekim ayında 11 aylık zaman ölçeğinde (R=0.63), kasım ayında 12 aylık zaman ölçeğinde (R=0.47) ve aralık ayında 12 aylık zaman ölçeğinde (R=0.47) ulaşılmıştır. Ayrıca, 9-20 aylık zaman ölçeklerinde kış mevsiminde (ocak ve şubat), ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs), yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) korelasyon değerlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu aylarda elde edilen maksimum korelasyon değerlerinin R=0.70 değerini aştığı ve bulunan değerlerin ($0.70 \leq R < 0.77$) birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine 23 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.70), 15 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.77), 17 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.77), 18 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.75), 19 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.77), 20 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.76), 9 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.77) ve 10 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.74) ulaşılmıştır.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında, en yüksek korelasyon değerleri 9-20 aylık zaman ölçeğinde (sadece ocak ayı için 23 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 19 aylık zaman ölçeğinde (R=0.77) haziran ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.74) eylül ayında, kış mevsiminde 15 aylık zaman ölçeğinde (R=0.77) şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde 16 aylık zaman ölçeğinde (R=0.80) mart ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.70 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri kasım ayında 12 aylık zaman ölçeğinde ve aralık ayında 13 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R < 0.50$) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri ilkbahar mevsiminde (mart), en düşük korelasyon değerleri ise kış (aralık) ve sonbahar mevsimlerinde (kasım) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar (ekim ve kasım) ve kış (aralık) mevsimlerinde

1-8 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri (R<0.10) çok düşüktür. Fakat maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde ağustos ayında haziran ve temmuz aylarına göre daha kısa zaman ölçeğinde (9 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması dikkat çeken diğer bir durumdur. Buradan yola çıkarak, 9 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.235'de 16 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile mart ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1991, 1992, 1993, 2001, 2006, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde mart ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



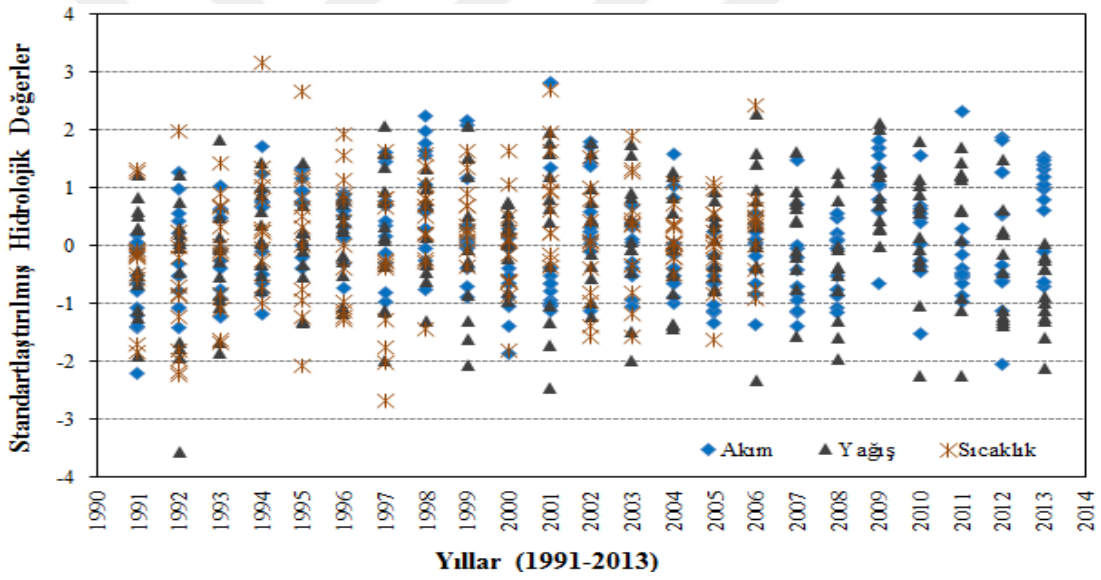

**Şekil 4.239.** Yapraklı Baraj Havzasında 16 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Yapraklı Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda, farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri

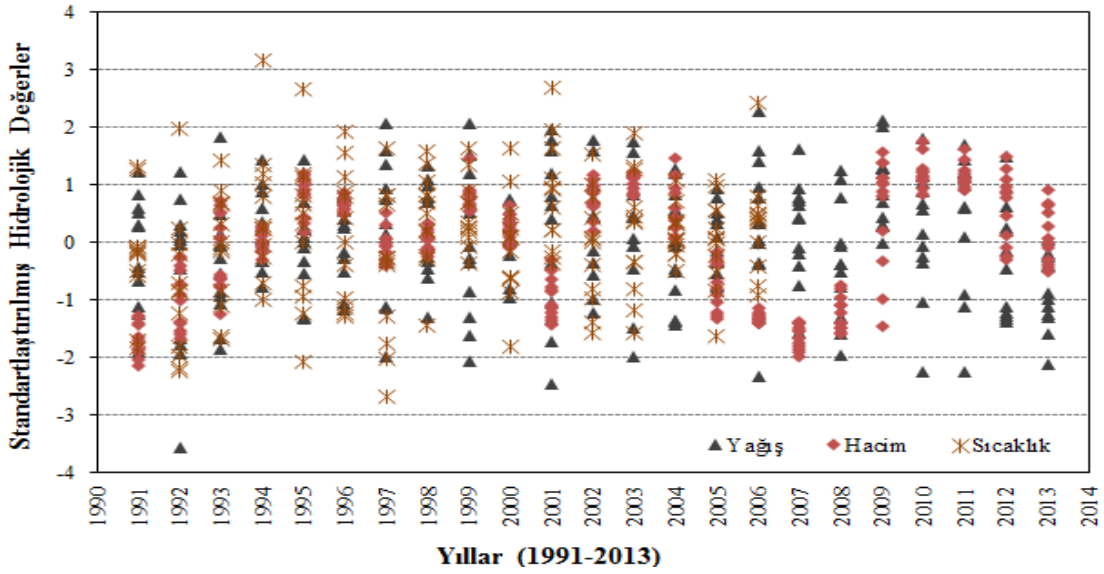
üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (1-3 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada korelasyon değerlerinin ilk olarak maksimum değere 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.32) ulaşmaya çalıştığı dikkat çekmiştir. Ayrıca, maksimum korelasyon değerlerinin 1-3 aylık zaman ölçeklerinde birbirlerine çok yakın değerlere (R=0.32) sahip olduğu görülmüştür. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.84) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R<0.10) ulaşılmıştır. Ayrıca, yaz mevsimi boyunca da korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre çok düşük olduğu gözlemlenmiştir. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış, maksimum korelasyona (R=0.55) 11-14 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerine ilkbahar mevsiminde 16 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.80), en düşük maksimum korelasyon değerlerine ise sonbahar mevsimi sonunda 12 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.47) ve kış mevsimi başlangıcında 13 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.47) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.236 ve 4.237'de görüldüğü gibi ay bazında 1991-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.240.** Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.241.** Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.4.1.4. Yapraklı Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

#### 4.4.1.4.1. Yapraklı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza

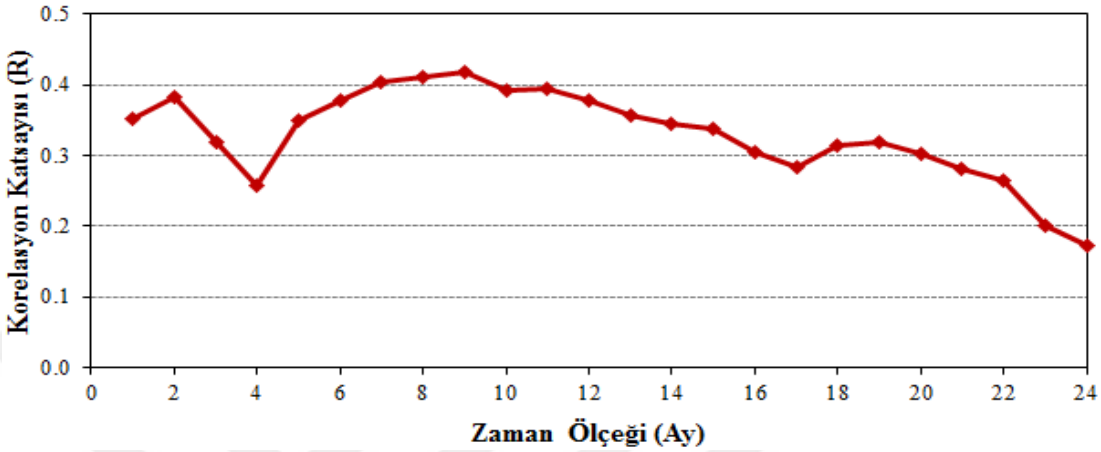
merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.1.4.1.1. Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.238'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde R=0.38 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş aydaki yağış

toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Yapraklı Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

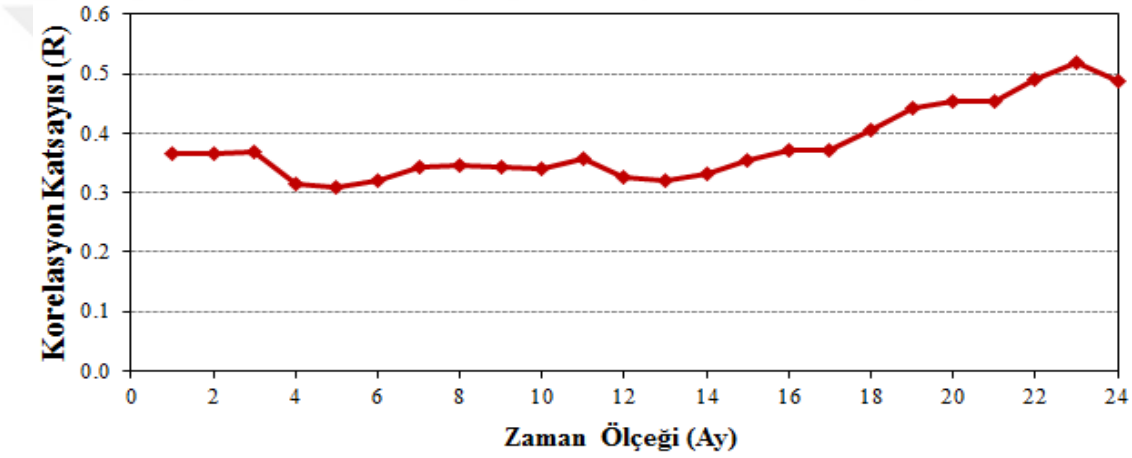



**Şekil 4.242.** Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.1.4.1.2. Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.238'da gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar

incelenmiştir. Yapılan çalışmada, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında 1-3 aylık zaman ölçeğinde elde edilen korelasyon değerleri birbirleri ile aynı bulunmuştur. Maksimum korelasyonlar 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.37 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Yapraklı Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında bir kuvvetli ilişkinin olduğu görülmüştür.

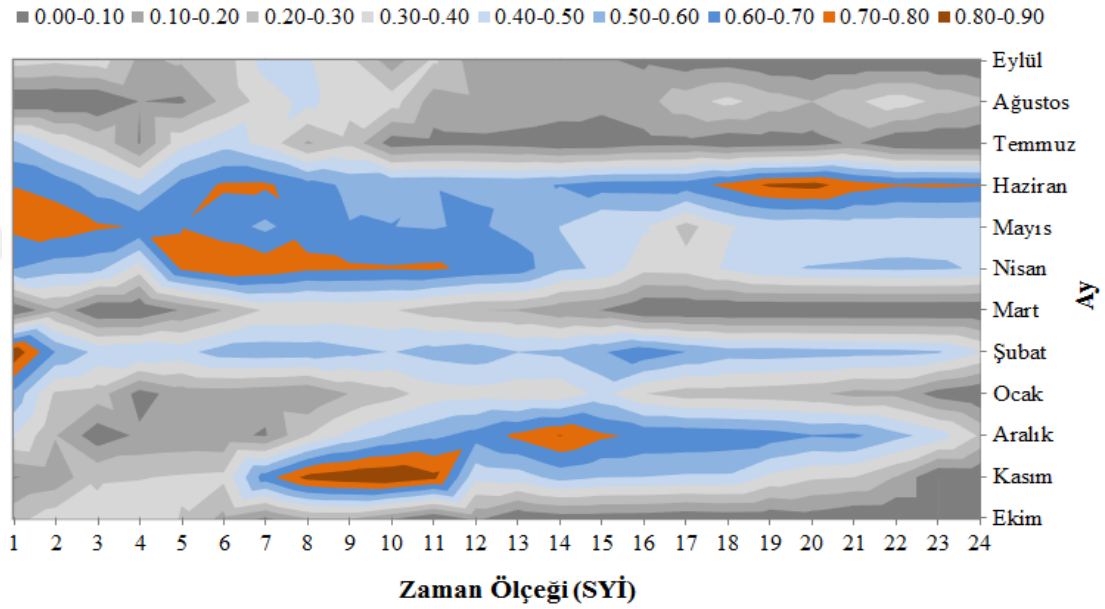



**Şekil 4.243.** Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.1.4.1.3. Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.240'da uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin

standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.244.** Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

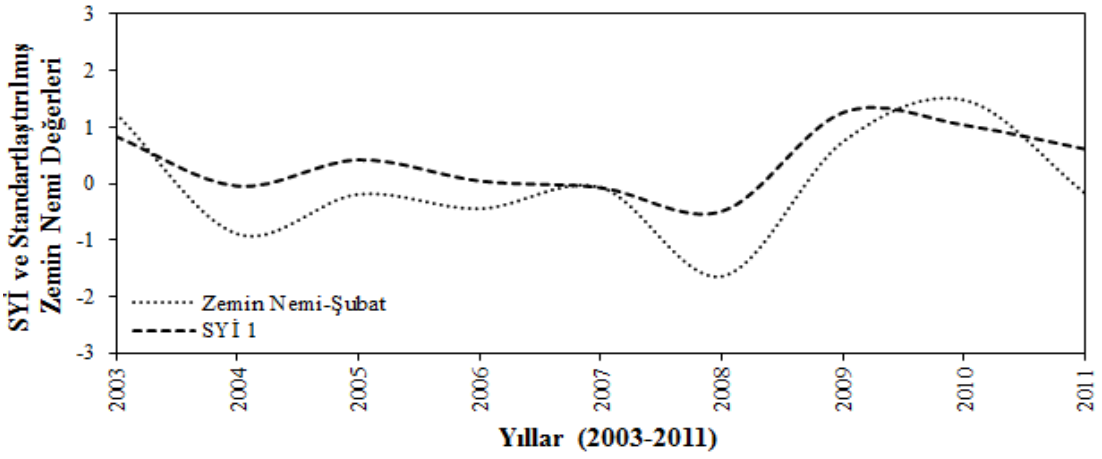
Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış, fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeklerinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak R=0.20 değerini aşmıştır. Şekil 4.240'dan görüldüğü gibi, incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($0.71 \leq R < 0.88$) kış mevsiminde (şubat), ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) ve yaz mevsiminde (haziran) görülmektedir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde şubat ayında 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.88), ilkbahar mevsiminde nisan ayında 6 aylık zaman ölçeğinde

(R=0.79) ve mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.76), yaz mevsiminde ise haziran ayında 6 aylık zaman ölçeğinde (R=0.71) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) korelasyon değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine ($R\leq0.22$) mart ve ağustos aylarında 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında değerlendirilen zaman ölçeklerinde, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında nispeten yüksek olan korelasyon değerleri ($R\leq0.41$), ocak ayında yükselmeye ($R\leq0.58$) devam etmiştir. Şubat ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde tüm ayların en yüksek korelasyon değerine (R=0.88) ulaşılmıştır. Bu mevsimde tüm aylarda maksimum korelasyonlara 1 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Ayrıca, aralık ayında uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin ($R\leq0.81$) görülmesi dikkat çekmiştir. İlkbahar mevsimi başlangıcında, korelasyon değerleri mart ayında ani bir düşüş göstermiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri ($R\leq0.20$) bu ayda bulunarak, maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Nisan ve mayıs aylarında korelasyon değerlerinde ani bir yükselme meydana gelmiş olup, en yüksek korelasyon değerlerinin ($0.76\leq R\leq0.79$) görüldüğü aylardır. Bu aylarda ise, maksimum korelasyonlara nisanda 6 aylık ve mayısta 2 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde haziran ayında yüksek olan korelasyon değerlerinin maksimumu R=0.70 değerini aşmıştır. Ayrıca, haziran ayında uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerleri ($R\leq0.84$) görülmüştür. Fakat korelasyon değerleri temmuz ayından itibaren nispeten düşüş göstermiş ($R\leq0.52$) ve ağustos ayında mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R\leq0.22$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlara haziranda 6 aylık, temmuzda 1 aylık ve ağustosta ise 6 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Sonbahar mevsiminde ise korelasyon değerleri ($R\leq0.36$) eylül ayından itibaren yükselmeye başlamış, ekim ve kasım aylarında da nispeten yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Bu mevsimde, maksimum korelasyon değerleri birbirine yakın değerler ($0.32\leq R\leq0.37$) bulunmuştur. Fakat, kasım ayında uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerleri ($R<0.88$) görülmüştür. Maksimum korelasyonlar eylül ayında 3 aylık, ekim ayında 4 aylık ve kasım ayında 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde, en yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.71), sonbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.37), kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.88) ve ilkbahar mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.79) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.35 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde şubat ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.88) ve ilkbahar mevsiminde ise mart ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.20) elde edilmiştir. Çalışmada özellikle kasım, aralık ve haziran aylarında 6 aydan uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.88) görülmesi dikkat çekmiştir.

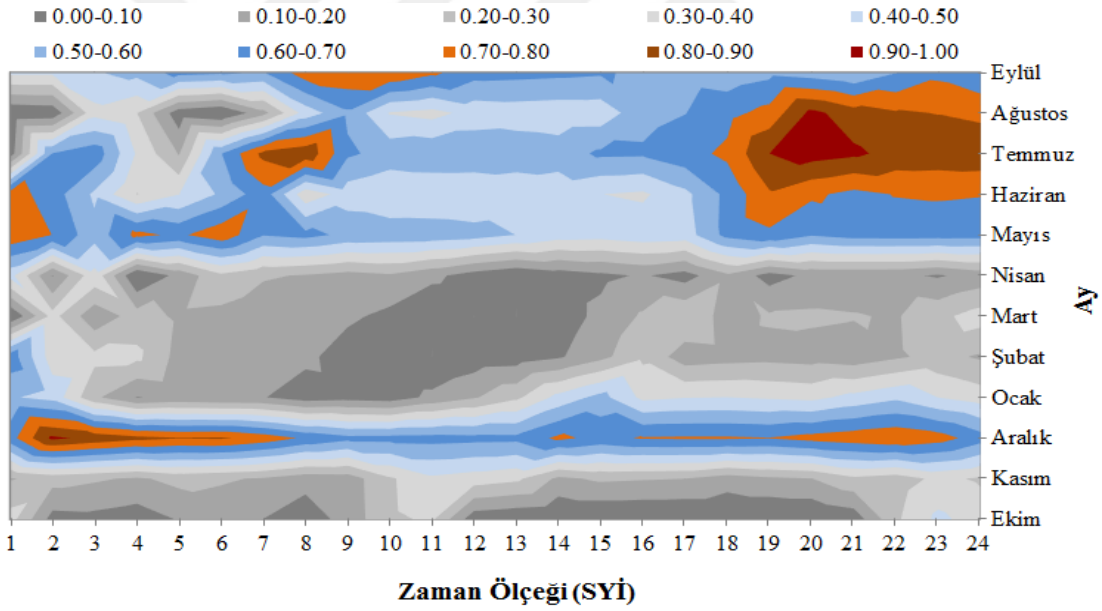
Şekil 4.241'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile şubat ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 kuraklığı) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.245.** Yapraklı Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.4.1.4.1.4. Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.242'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.246.** Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış, fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki

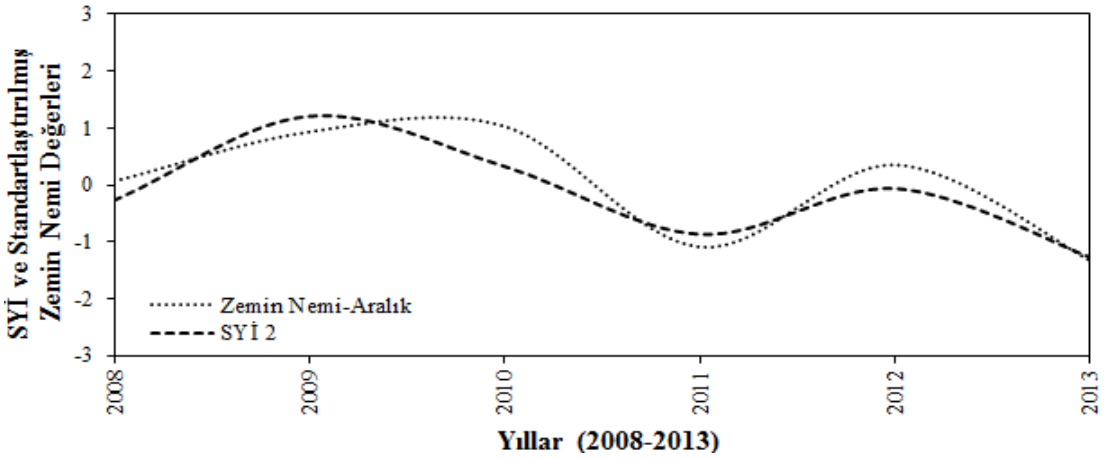
elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeklerinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece eylül ayı için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunarak R=0.24 değerini aşmıştır. Şekil 4.242'den görüldüğü gibi, incelenen zaman periyodunda en yüksek maksimum korelasyon değerleri ($0.75 \leq R < 0.95$) kış mevsimi başlangıcında (aralık), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) görülmektedir. En yüksek korelasyon değerlerine kış mevsiminde aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.92), ilkbahar mevsiminde mayıs ayında 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.78) ve yaz mevsiminde haziran ayında 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.75) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım), ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve yaz mevsiminde (ağustos) korelasyon değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine ($0.24 \leq R \leq 0.43$) sonbahar mevsiminde ekim ve kasım aylarında 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde, ilkbahar mevsiminde mart ve nisan aylarında 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde, yaz mevsiminde ise ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında tüm ayların en yüksek korelasyon değerlerine ($R \leq 0.92$) ulaşılmasına rağmen, ocak ve şubat aylarında korelasyon değerleri ($R \leq 0.66$) düşüş göstermiştir. Ayrıca ocak ayında kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.51$) görülmüştür. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar aralıkta 2 aylık, ocak ve şubatta ise 1 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve bu ayda mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.33$) elde edilmiştir. Nisan ayından itibaren korelasyon değerleri yükselmeye başlamış ($R \leq 0.43$) ve mayıs ayında ise yükselemeye devam ederek bu ayda yüksek korelasyonlar ($R \leq 0.78$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 2 aylık, nisan ve mayıs aylarında ise 1 aylık zaman ölçeklerinde bulunmuştur. Yaz mevsiminde haziran ayında korelasyon değerleri mayıs ayına göre nispeten düşmüş fakat yine de bu ayda yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.78$) elde edilmiştir. Temmuz ayında korelasyon değerleri nispeten düşüş göstermiş ($R \leq 0.66$) ve ağustos ayında ise düşmeye devam ederek mevsimin en düşük korelasyonları ($R \leq 0.37$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziranda 1 aylık, temmuz ve ağustosta ise 3 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise eylül ayında korelasyon değerleri yükselmiş

ve sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değerlerine (R≤0.64) ulaşılmıştır. Fakat ekim ve kasım aylarında korelasyon değerleri (R≤0.34) düşüş göstermiştir. Kasım ayında diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.24) elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeğinde, en yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.75), sonbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.64), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.92) ve ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.78) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.60 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.92) ve sonbahar mevsiminde ise kasım ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.24) elde edilmiştir. Çalışmada özellikle yaz mevsiminde yaz mevsiminde 6 aydan uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.90) görülmesi dikkat çekmiştir.

Şekil 4.243'de 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile aralık ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2011 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.247.** Yapraklı Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, küçük ölçekli bir havza olan Yapraklı Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Yapraklı Baraj havzasında, her iki farklı veri setine ait zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumlu olduğu gözlemlenmiş ve yapılan karşılaştırılma sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada 1-3 aylık kısa zaman

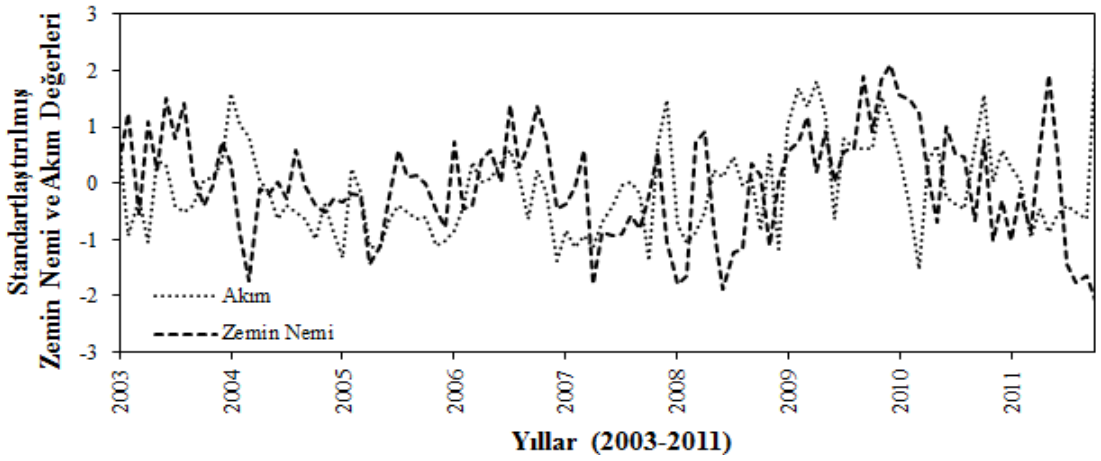
ölçeklerinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.88) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ilkbahar mevsiminde mart ayında (R=22) ulaşılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi sonunda (şubat), ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran), en düşük korelasyon değerleri ise ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) görülmüştür. Özellikle kasım, aralık ve haziran aylarında 6 aydan uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerleri bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.92) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde kasım ayında (R=0.24) ulaşılmıştır. Yine çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi başlangıcında (aralık), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran), en düşük korelasyon değerleri ise sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım), ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) görülmüştür. Ayrıca, özellikle yaz mevsiminde uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyonlar görülmektedir. Her iki farklı şekilde elde edilmiş zemin nemi veri serileri için yapılan mevsimsel karşılaştırmalarda, yaz mevsiminde uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyonların görülmesi ve incelenen zaman ölçeğinde elde edilen en yüksek korelasyon değerlerinin R=0.85 değerini aşması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile şubat ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile aralık ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2008, 2011 ve 2013 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.4.1.5. Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.4.1.5.1. Yapraklı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

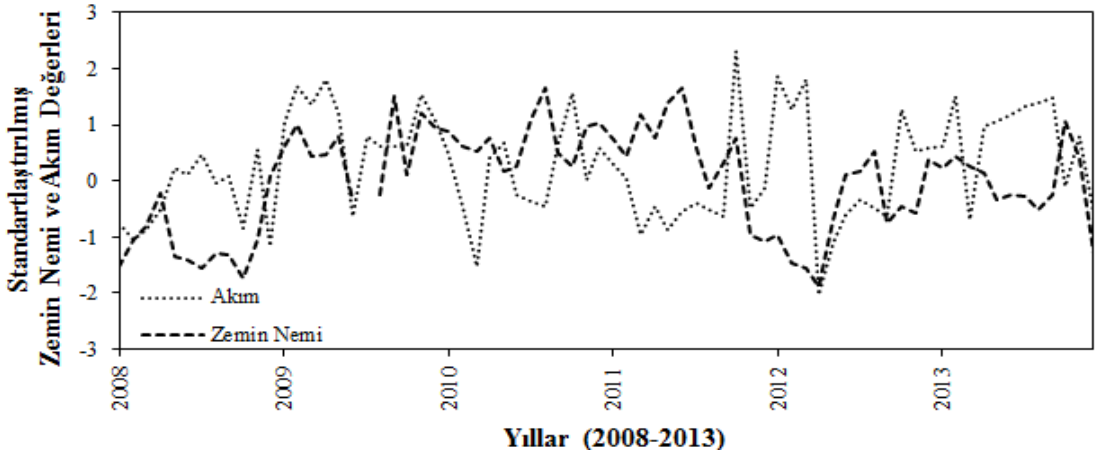
Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.13 elde edilmiştir. Şekil 4.244'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2004, 2005, 2007, 2008 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.248.** Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.4.1.5.2. Yapraklı Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.12 bulunmuştur. Şekil 4.245'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2011 ve 2012 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.



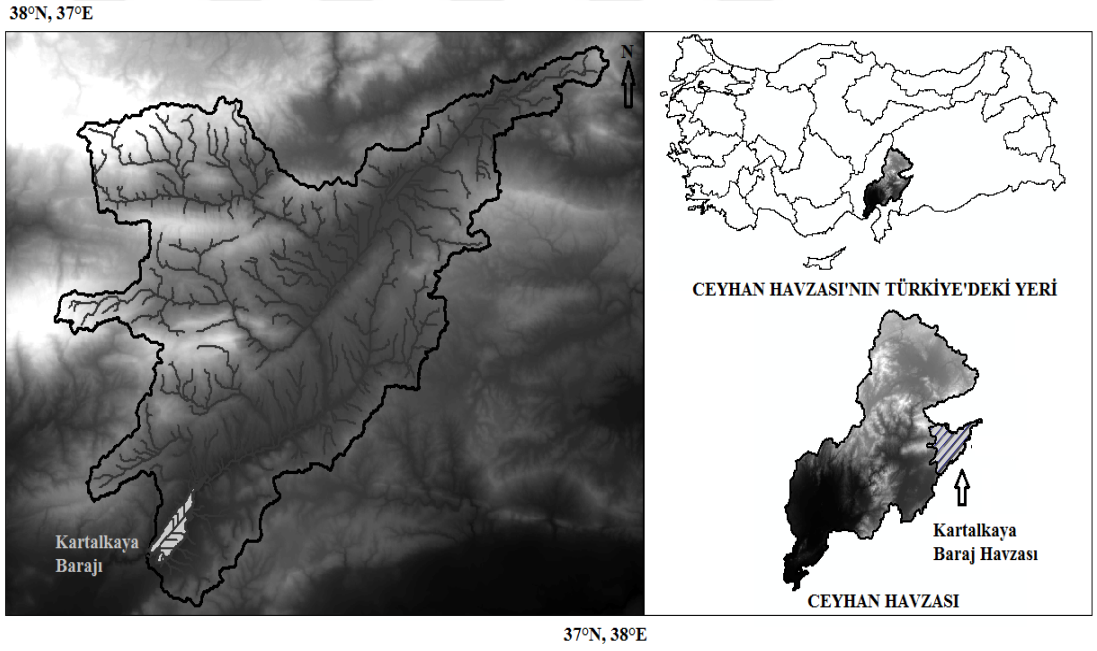

**Şekil 4.249.** Yapraklı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.4.2. Kartalkaya Baraj Havzası

#### 4.4.2.1. Kartalkaya Baraj Havzası Özellikleri

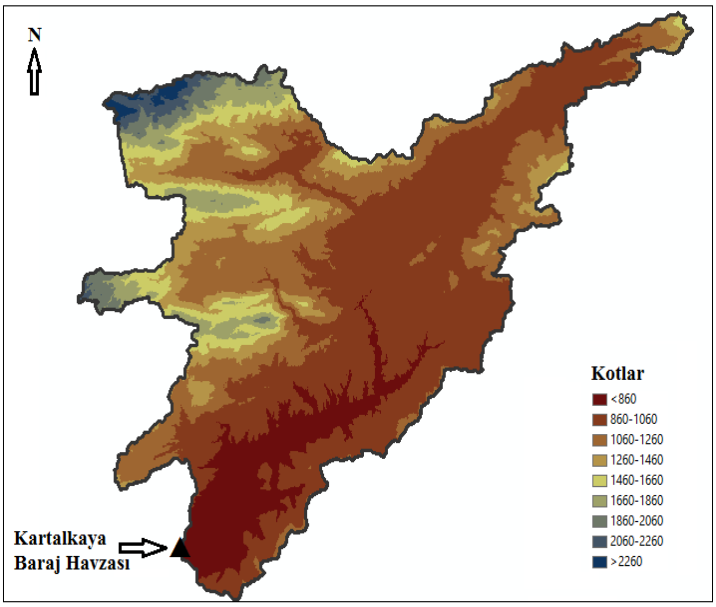
Çalışma alanı olarak seçilen Kartalkaya Baraj havzası, Akdeniz Bölgesinin Adana Bölümünde Kahramanmaraş ilinin güneydoğusunda ve Adıyaman ilinin batısında 37°6'-37°48' doğu boylamları, 37°53'-37°24' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Kahramanmaraş iline bağlı Çağlayancerit ilçesinin tamamı ile Pazarcık ilçesinin yaklaşık üçte birini ve Adıyaman iline Gölbaşı ilçesinin büyük bir bölümünü bağlı içine almaktadır. Ceyhan havzasının bir alt havzası olan Kartalkaya Baraj havzası, yaklaşık olarak 1102 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.246).




**Şekil 4.250.** Kartalkaya Baraj Havzasının Konumu

Kartalkaya Baraj havzası, batıdan doğuya doğru uzanmakta olan başlıca üç sıradağ ile bu dağlar arasında kalan engebeli arazilerden meydana gelmektedir. Aksu Çayı ve kolları bu dağları kuzeyden güneye kesen derin ve dik yapıdaki vadiler ile bu dağlar arasındaki batıdan doğuya doğru uzanan eski fay kırıklarından meydana gelen vadiler

içinde yer almaktadır [127]. Ayrıca, havzanın kuzeybatısında, doğu-batı yönünde uzanan Güneydoğu Torosların uzantısı olan Engizek ve Öksüz Dağları bulunmaktadır. Havza yeraltı suyu bakımında da zengindir. Havzanın yaklaşık yarıdan fazla arazisi tarımsal amaçla kullanılmakta olup, diğer büyük bir bölümünde ise orman ve mera alanları ile geri kalan bölgelerde ise yerleşim alanları, su yüzeyleri, çıplak kayalar, tepeler ve dağlık alanlar bulunmaktadır. Bitki örtüsü bakımından zengin olan Kartalkaya Baraj havzasında; ormanlık alanlarda sedir, kızılçam, meşe ağaçları ile çalı örtüleri, vadi yataklarında meyve ağaçları ve çeşitli yem bitkilerinden oluşan mera örtüleri bulunmaktadır. Ayrıca havzanın büyük çoğunluğunun dik ve çok dik eğime sahip olmasından dolayı, havzada erozyon riski fazladır. Ayrıca, havza 1 derece deprem kuşağında yer almaktadır. [127]. Şekil 4.247'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 687-2467 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 687-1060 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza, engebeli ve eğimli bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzanın doğusu ve güneyi arazi yüksekliğinin en az görüldüğü bölge olup, havzanın batı ve kuzeybatı bölgelerinde ise yükselti çok fazladır. Havzada doğudan batıya doğru gidildikçe yükselti artmakta olup, yükseltinin en fazla görüldüğü bölge olan kuzeybatı bölgesi dağlık bir bölgedir.

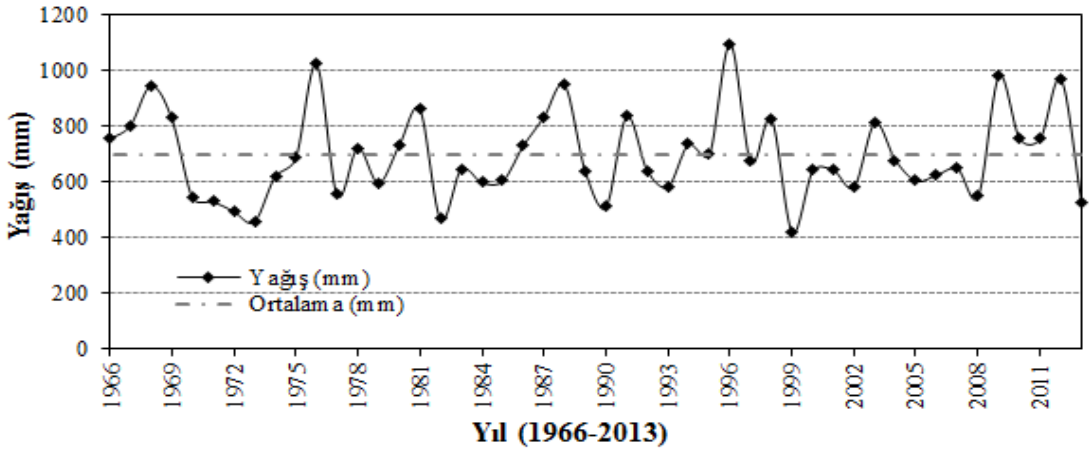



**Şekil 4.251.** Kartalkaya Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 687-2467 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Havza konum olarak, Doğu Akdeniz ikliminden Güneydoğu Anadolu iklimine geçiş bölgesinde yer almaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi nispeten büyüktür. Havzada ılıman Doğu Akdeniz ikliminden karasal Güneydoğu Anadolu iklimine geçiş iklimi görülmesinden dolayı, havzada karasal Akdeniz iklimi hakimiyetini sürdürmektedir. Buna bağlı olarak yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. [127]. Akdeniz'den gelen nemli hava kütleleri, kış aylarında yağışın fazla olmasına neden olmaktadır. Havzada Akdeniz yağış rejimi görülmektedir.

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1966-2013 yılları arasında ölçüm yapan Kahramanmaraş, Doğanşehir ve Elbistan meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya daha yakın kesimlerden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden

farklılık göstermektedir. Havzanın daha içeride kalan kuzeybatı bölgesine göre yükseltinin daha az olduğu güney bölgesi, ayrıca Akdeniz kıyısına daha yakın olmasından dolayı daha fazla yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Kahramanmaraş'ta 736 mm iken, Elbistan'da 393 mm'ye düşmüştür. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 1999 yılında 420 mm iken, maksimum yağış 1996 yılında 1096 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada görülen karasal Doğu Akdeniz ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 695 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.248'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları genel olarak uzun dönemler halinde görülmüştür. Bununla beraber, ortalamadan daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları ise kısa dönemler halinde görülmüş olup, en uzun yağış sıklığı 1966-1969 ve 2009-2012 yılları arasında bulunmuştur. Ayrıca, ortalama yağışın altında kalan yağışların nispeten daha fazla olmasının yanı sıra, yakın geçmişe kadar kısa dönemler halinde ortalama yağışın üzerinde de yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.252.** Kartalkaya Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.45'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve

ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.48.** Kartalkaya Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 119.7 | 100.4 | 89.3 | 74.8 | 42.2 | 8.5 | 2.0 | 1.5 | 7.5 | 48.3 | 83.2 | 118.1 | ***695.44*** |

Havzada, güneyden kuzeye doğru gidildikçe sıcaklık azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 15 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 27 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 3~5 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Ceyhan Nehrinin bir kolu olan Aksu Çayı, kaynaklarının büyük bir bölümünü Engizek Dağının güneydoğu eteklerindeki karstik alanlardan alır [128]. Aksu Çayı üzerinde 1971 yılında sulama, içme suyu temini ve taşkın kontrolü amaçlı olarak hizmete alınan Kartalkaya Barajı, normal su kotunda 11 $km^2$ göl alanına, 195 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 12.95 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 75.47 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0.07 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği

tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.46'da verilmiştir.

**Çizelge 4.49.** Kartalkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Kartalkaya Baraj Havzası** | 1966-2013 | 1972-2013 | 1972-2013 | 2002-2011 | - |

### 4.4.2.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

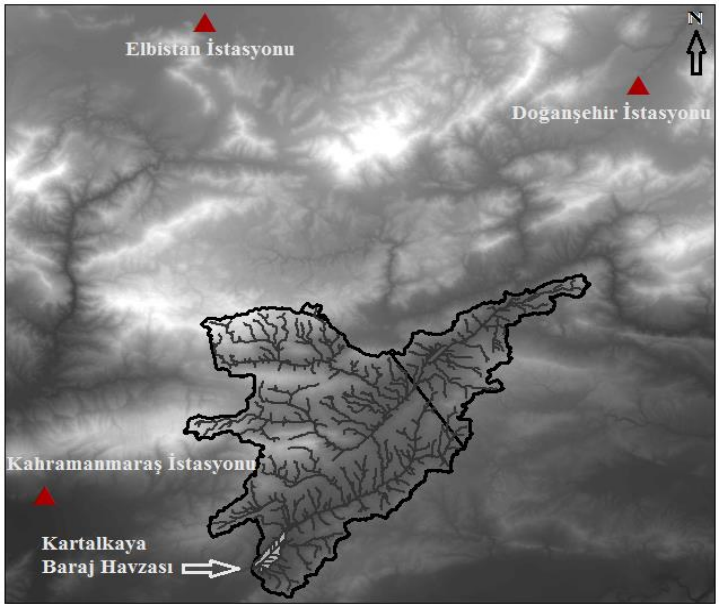
#### 4.4.2.2.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 3 adet meteoroloji istasyonu (Kahramanmaraş, Doğanşehir ve Elbistan) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.47'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.50.** Kartalkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Kahramanmaraş | 37.57 | 36.91 | 572 | 736 |
| **2** | Doğanşehir | 38.10 | 37.89 | 1223 | 533 |
| **3** | Elbistan | 38.20 | 37.19 | 1137 | 393 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 3 meteoroloji istasyonuna ait 1966-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.249'da seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.48'de görülmektedir.



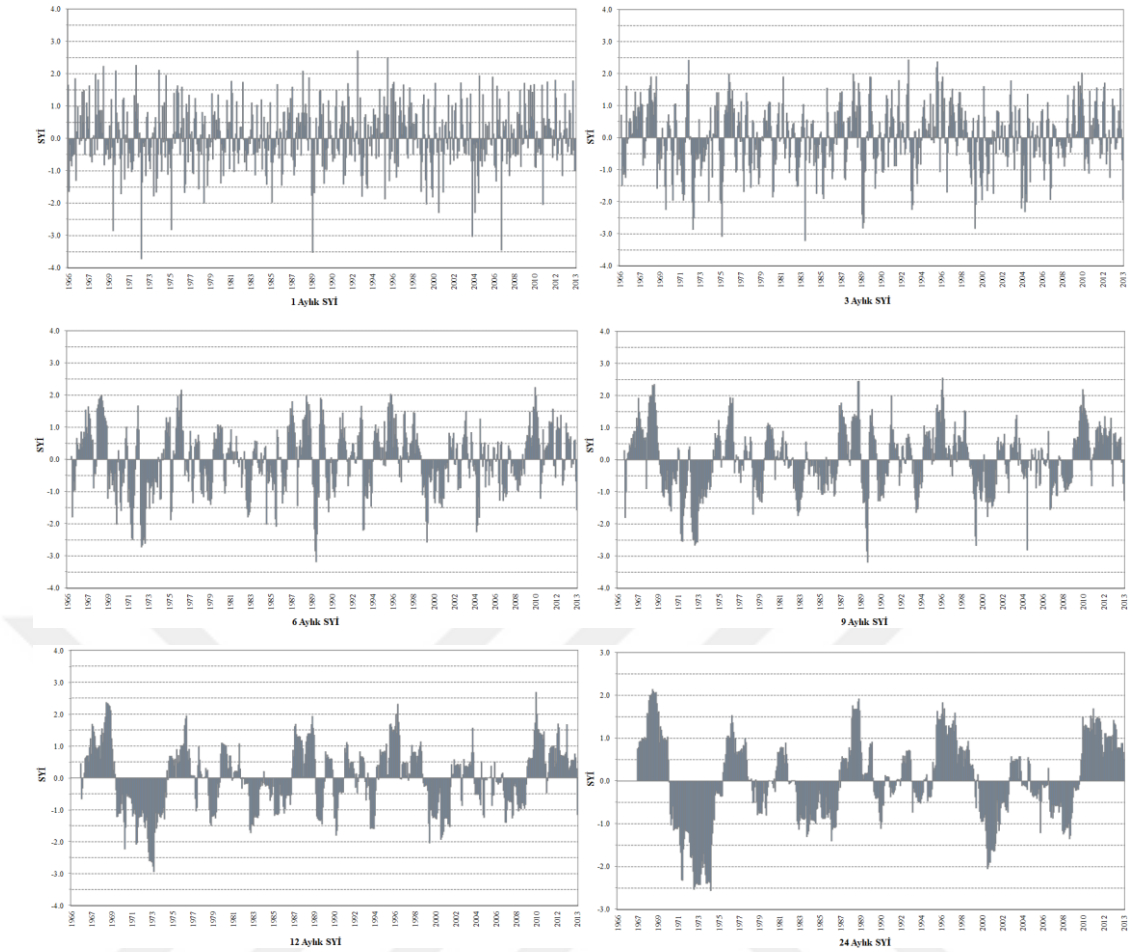

**Şekil 4.253.** Kartalkaya Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

**Çizelge 4.51.** Kartalkaya Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Kahramanmaraş | 0.99 |
| **2** | Doğanşehir | 0.84 |
| **3** | Elbistan | 0.68 |

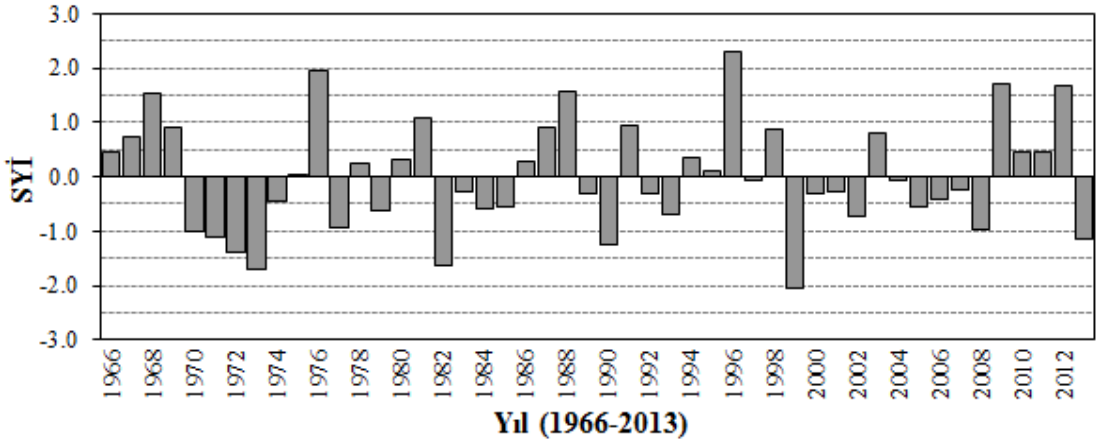
### 4.4.2.2.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.250'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 9 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 16 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.254.** Kartalkaya Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

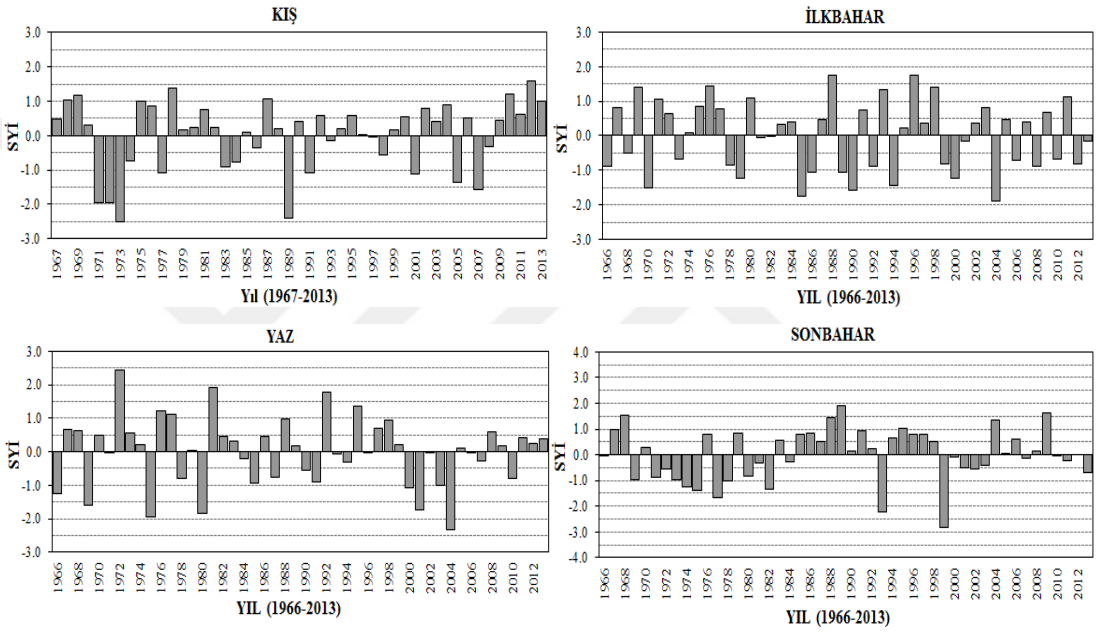
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1966-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.251'de görüldüğü gibi toplamda 48 yılda 26 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 1 aşırı kurak, 2 çok kurak, 5 orta derecede kurak ve 18 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.6 yıl olup, 1970-1974 ve 2004-2008 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.41 (normale yakın kurak) olup, 1999 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.04 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1970-1974, 1982-1985, 1989-1990, 1992-1993, 1999-2002 ve 2004-2008 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.255.** Kartalkaya Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.252'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 17 yıl, ilkbahar mevsiminde 23 yıl, yaz mevsiminde 22 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 24 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık kış ve sonbahar mevsimlerinde 2 yıl (yaz mevsimi için 1 yıl) boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla yaz ve ilkbahar mevsimlerinde, orta derecede kuraklık en fazla ilkbahar mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla sonbahar mevsiminde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (-0.38~-0.40) elde edilmiştir. Ortalama kuraklık süresi bakımından da sonbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (1.44~1.57 yıl) elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.40 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.44 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 3 ile 5 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre yaz mevsiminde 2000-2004 yılları arası ve sonbahar mevsiminde 1971-1975 ve 1999-2003 yılları arası 5 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı

iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 48 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, aşırı kuraklıkların en fazla kış ve sonbahar mevsimlerinde görülmesi ile beraber özellikle sonbahar mevsiminin ortalama kuraklık süresi bakımından diğer mevsimlere göre daha fazla olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.256.** Kartalkaya Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1966-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Kartalkaya Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1960'lı yılların ortalarından 1970'lı yılların başlarına kadar kurak dönemler yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1970-1974 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar ağırlıklı olarak orta derecede kuraklık olup, 1973 yılında çok kuraklık ve 1974 yılında ise normale yakın kuraklık görülmüştür. Özellikle 1971-1974 yıllarında, ülkede yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Kurak dönemlerin ardından 1975-1981 yılları arasında yağışların artması ile beraber havzada ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde sulak dönemler ile beraber kurak dönemlerde görülmüş, fakat uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Sadece 1977 ve 1979 yıllarında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Özellikle 1977 yılında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1982-1985 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde genellikle normale yakın kuraklık yaşanmış olup, sadece 1982 yılında çok kuraklık görülmüştür. 1980'li yıllarda ülkede yaşanan 1983-1984 kuraklıklarından havzada etkilenmiştir. Yağışların artmasıyla beraber 1980'li yılların ortasından 1998 yılına kadar havzada önemli bir yağış eksikliği gözlenmemiş ve genellikle sulak dönemlerin hakim olduğu, zaman zaman da normale yakın kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Sadece 1990 yılında havzada orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde havzanın 1991 ve 1996 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan etkilenmeyerek, 1989 ve 1990 yıllarında yaşanan kuraklıklardan etkilendiği görülmüştür. Havzada sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber 1999-2008 yıllarında uzun süreli kurak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıklardır. Fakat, sadece 1999 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık yaşanmıştır. Havza, ülkede yaşanan 1999-2001, 2007 ve 2008 kuraklıklarından etkilenmiştir. Uzun süreli kurak dönemlerin ardından 2009-2012 yılları arası yağışların artması ile beraber, havzada tamamen sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönem, ülke için de sulak bir dönem olmuştur. 2013 yılında ise havzada orta derecede kuraklık görülmüş ve bu yılda ülke genelinde de şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla sonbahar mevsiminde görülmesinin

yanı sıra kış mevsimi hariç diğer tüm mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada, özellikle 1966 ve 2001 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Kartalkaya Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmış olup, genellikle normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yıllarda havzada normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüş olup, 2009-2012 yılları arasında ise tamamen sulak dönemler görülmüştür. Fakat, 2013 yılında ülke genelinde de yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza da etkilenmiş ve orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Bu sebeple uzun süreli normale yakın kurak ve sulak dönemlerden sonra, 2013 yılında yaşanan orta derecede kuraklık sonucu havzada kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu düşünülmektedir.

#### 4.4.2.3. Kartalkaya Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.4.2.3.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

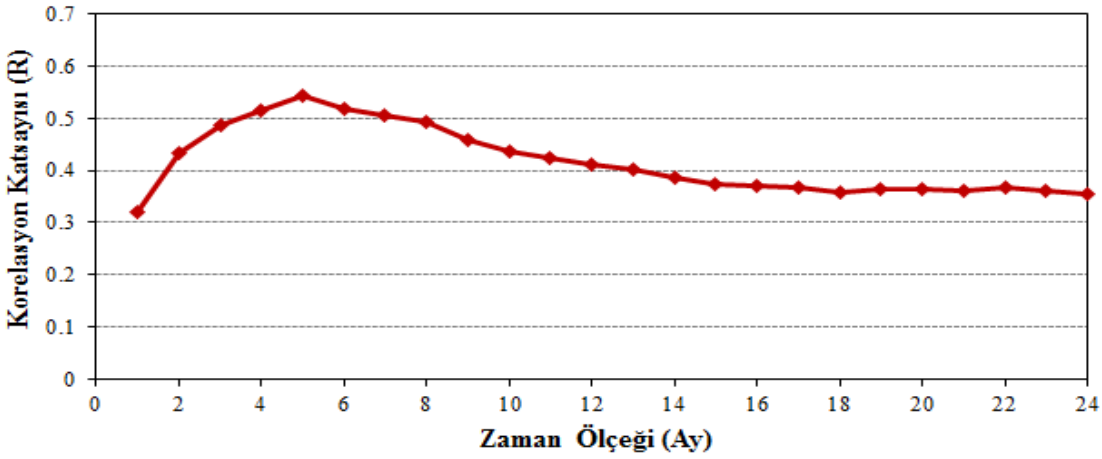
Kartalkaya Baraj havzasında 1972-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 12.95 $m^3/s$ iken maksimum akım 75.47 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0.07 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 1.69 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Havza, 1. derecede deprem kuşağı üzerinde yer almakta olup, tektonik hareketler havza topografyasının oluşumunda etkili olmuştur. Bu sebeple, yeraltı suyu bakımından zengin olan havzada, yağmur sularının büyük bir bölümü çatlak ve yarıklar boyunca yeraltına sızmaktadır. Sızan sular belirli bir derinlik seviyesinden sonra kırık hatlar güzergahı boyunca yüzeye çıkmaktadır. Kartalkaya barajı için elde

edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.2.3.1.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

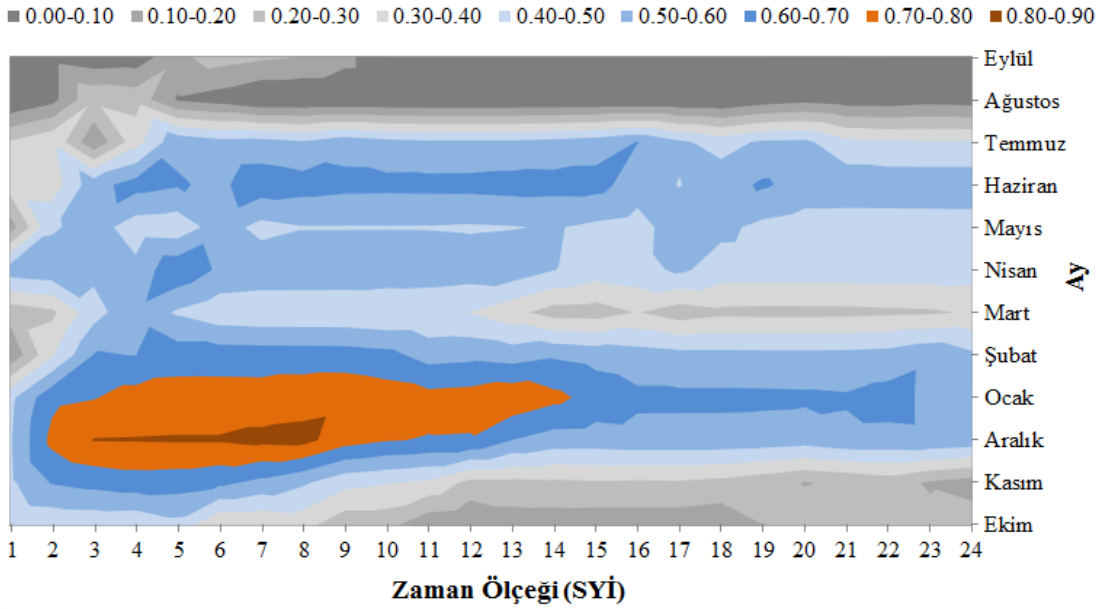
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.253'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (4-6 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.54) 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu nispeten büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 4 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kartalkaya Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.257.** Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.4.2.3.1.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.254'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.258.** Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.75$) kış mevsiminde görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.81$) ve 5 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında ($R=0.75$) ulaşılmıştır. Kış mevsimi en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu mevsimdir. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında 6 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.81$) ulaşmıştır. Ocak ayında ise yine yüksek korelasyon değerleri elde edilmiş olup, maksimum korelasyon değeri 5 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.75$) elde edilmiştir. Şubat ayında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş göstermiş ($R \leq 0.65$) ve mevsimin en düşük korelasyon değerleri bu ayda elde edilmiştir. Şubat ayında maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimde korelasyon değerleri kış mevsimine göre nispeten düşüş göstermiş, fakat maksimum korelasyonlar $R=0.55$ değerini aşmıştır. Mevsimin tüm aylarında elde edilen maksimum korelasyon değerleri ($0.55 \leq R \leq 0.68$) birbirine yakın çıkmıştır. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 4 aylık, nisan ayında 5 aylık ve mayıs ayında 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz

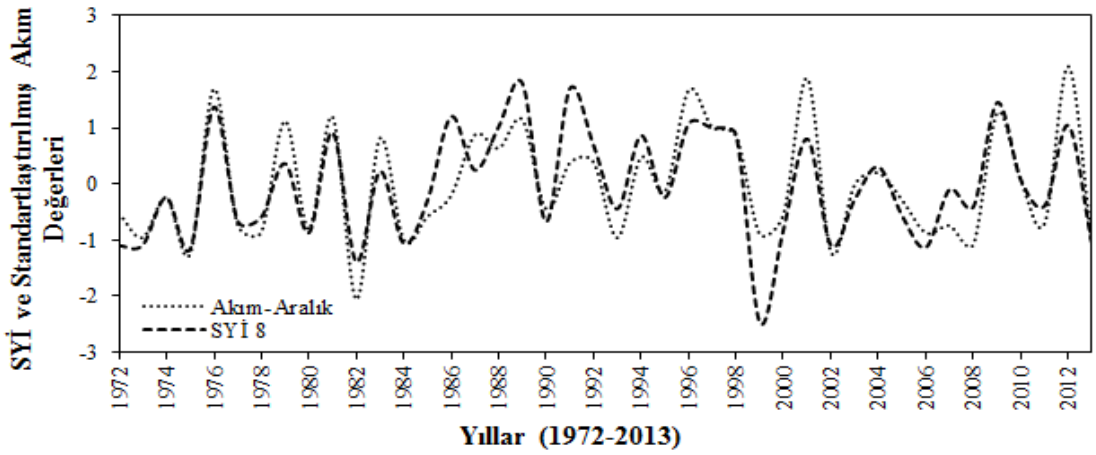
mevsiminde, haziran ve temmuz aylarında elde edilen korelasyon değerleri ($R \leq 0.64$) ilkbahar mevsimindeki korelasyon değerlerine yakındır. Ağustos ayında ise, korelasyon değerleri düşüş göstermiş ($R \leq 0.29$) ve mevsimin en düşük korelasyon değerleri bu ayda elde edilmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 4 aylık, temmuz ayında 5 aylık, ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve eylül ayında 6 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R<0.24$) elde edilmiştir. Ekim ayında korelasyon değerleri tekrar yükselmeye ($R<0.47$) başlamış ve 5 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Kasım ayında ise 4 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değeri ($R=0.65$) elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.78$) yine kış mevsiminde görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.83$) ve 9 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında ($R=0.77$) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine de ($R \leq 0.83$) kış mevsiminde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsimi sonu (ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük ($R<0.33$) olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ağustos ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde eylül ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde ve ekim ayında maksimum korelasyona 8 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle yaz mevsiminde (ağustos) maksimum korelasyon değeri 7 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar ($0.42 \leq R \leq 0.66$) $R=0.40$ değerini aşmış ve 7-10 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 3-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-9 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.66$), sonbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.65$), kış mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.83$) ve ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında

(R=0.68) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri sonbahar ve ilkbahar mevsimlerinde kısa zaman ölçeklerinde, yaz ve kış mevsimlerinde ise uzun zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 3-9 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsimi sonu (ağustos) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.29$) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.60 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.83) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu ($R \leq 0.29$) ayın da yaz mevsimde ağustos ayı ve sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.255'de ise 8 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği aralık ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1972, 1973, 1975, 1982, 1984, 1999, 2006, 2008, 2011 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde mayıs ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.259.** Kartalkaya Baraj Havzasında 8 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

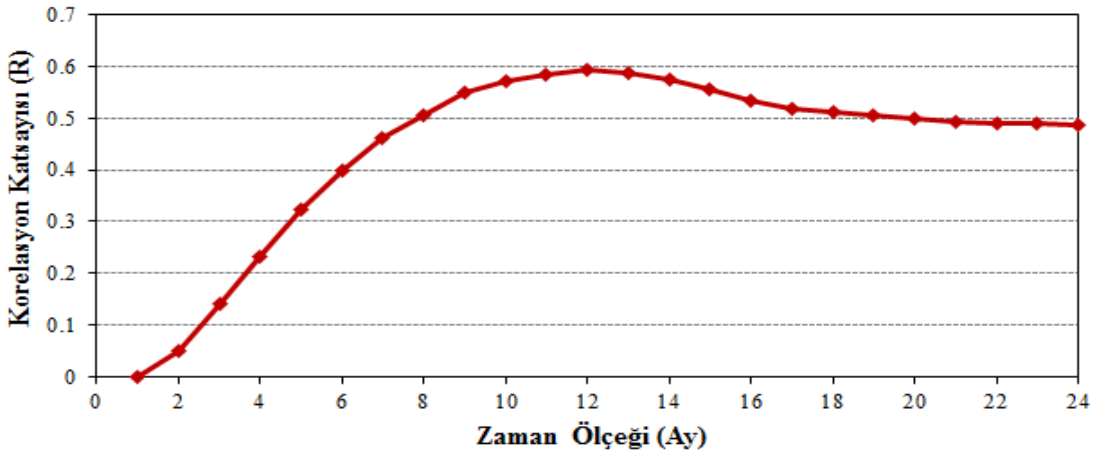
#### 4.4.2.3.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Kartalkaya Baraj havzasında 1972-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Kartalkaya barajı normal su kotunda 195 $hm^3$ göl hacmine ve 11.25 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.01 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.2.3.2.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

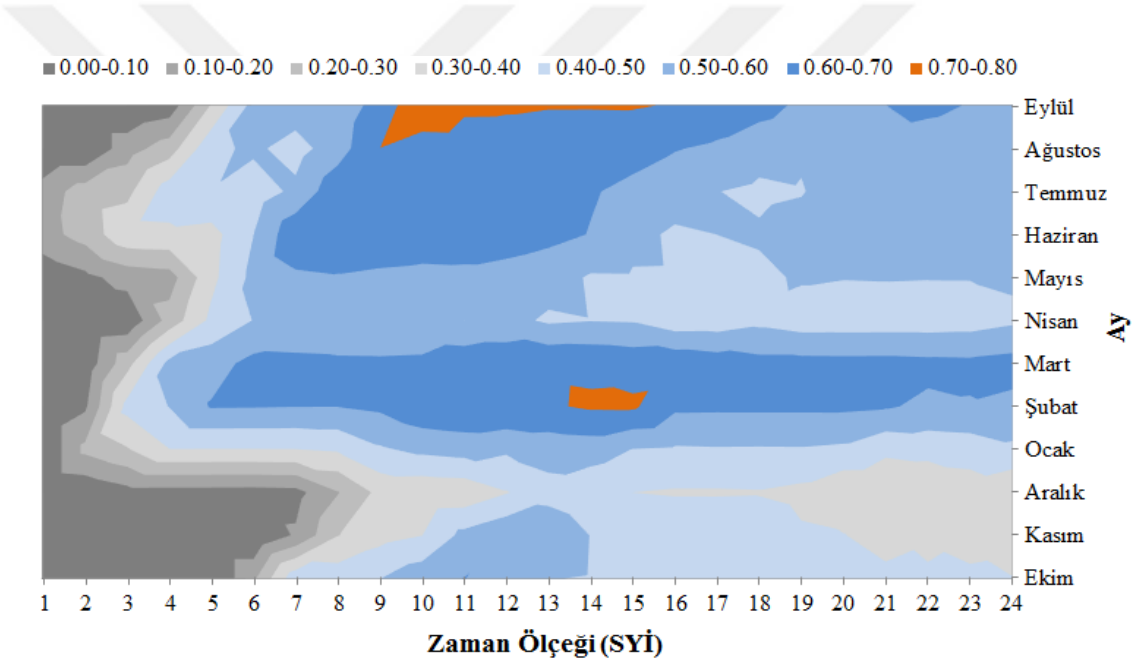
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.256'da gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (11-13 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.59) 12 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nispeten büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 11 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kartalkaya Baraj havzasında 1-13 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 13 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.260.** Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.2.3.2.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.257'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.261.** Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

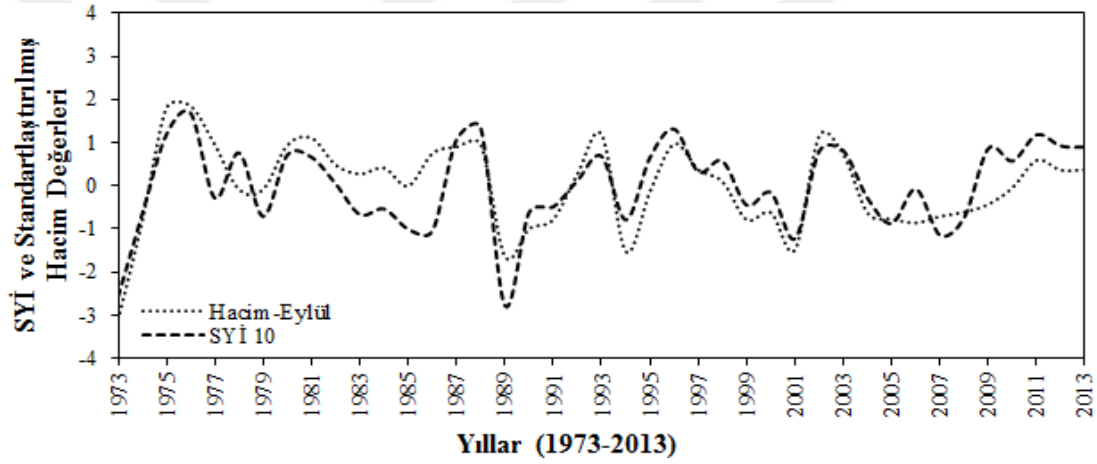
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.78) kış mevsimi sonunda (şubat), ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart), yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) bulunmuştur. Kış mevsiminde maksimum korelasyon değerine 15 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.71), ilkbahar mevsiminde maksimum

korelasyon değerine 13 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.69), yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.67), 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.67), 9 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.70) ve sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerine 10 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.78) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değeri sonbahar mevsiminde eylül ayında 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.78) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle kış mevsiminde aralık ayında korelasyon değerlerinin diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük olduğu bu ayda, maksimum korelasyon değerine 13 aylık zaman ölçeğinde (R=0.47), ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım) 11 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde, kış mevsimi başlangıcında (ocak) 14 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) 12 ve 8 aylık zaman ölçeklerinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.50 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.53 \leq R \leq 0.60$) birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 7-15 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 9 aylık zaman ölçeğinde (R=0.70) ağustos ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.78) eylül ayında, kış mevsiminde 15 aylık zaman ölçeğinde (R=0.71) şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.59) mayıs ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.55 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri kış mevsiminde aralık ayında ise 13 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R \leq 0.57$) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsiminde (şubat) ve sonbahar mevsiminde (eylül), en düşük korelasyon değeri ise kış mevsiminde (aralık) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimde ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri ($R<0.20$) çok düşüktür. Fakat maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Özellikle yaz mevsiminde ve ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) diğer mevsimlere göre daha kısa zaman ölçeklerinde (7-9 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması dikkat çeken diğer bir durumdur. Buradan yola çıkarak havzada, 7 aylık zaman ölçeğinden daha kısa

zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır

Şekil 4.258'de 10 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile eylül ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1973, 1974, 1989, 1990, 1994, 2001 ve 2007 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde eylül ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.262.** Kartalkaya Baraj Havzasında 10 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

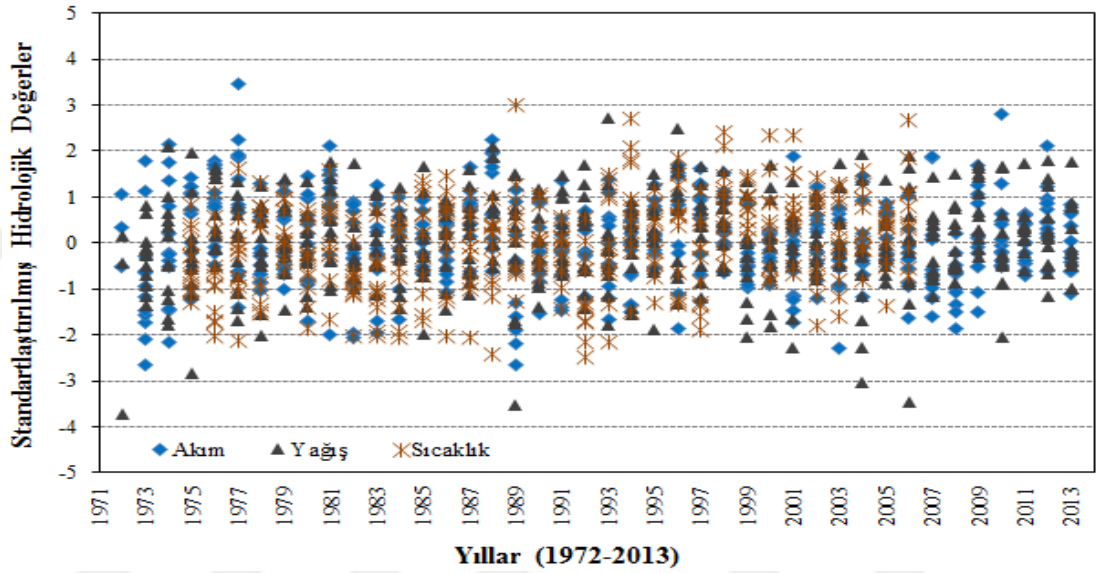
Kartalkaya Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (4-6 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada

maksimum korelasyon (R=0.54) 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.83) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.24) ve yaz mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.29) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (11-13 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.59) 12 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.78) ve en düşük maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 13 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.47) ulaşılmıştır.

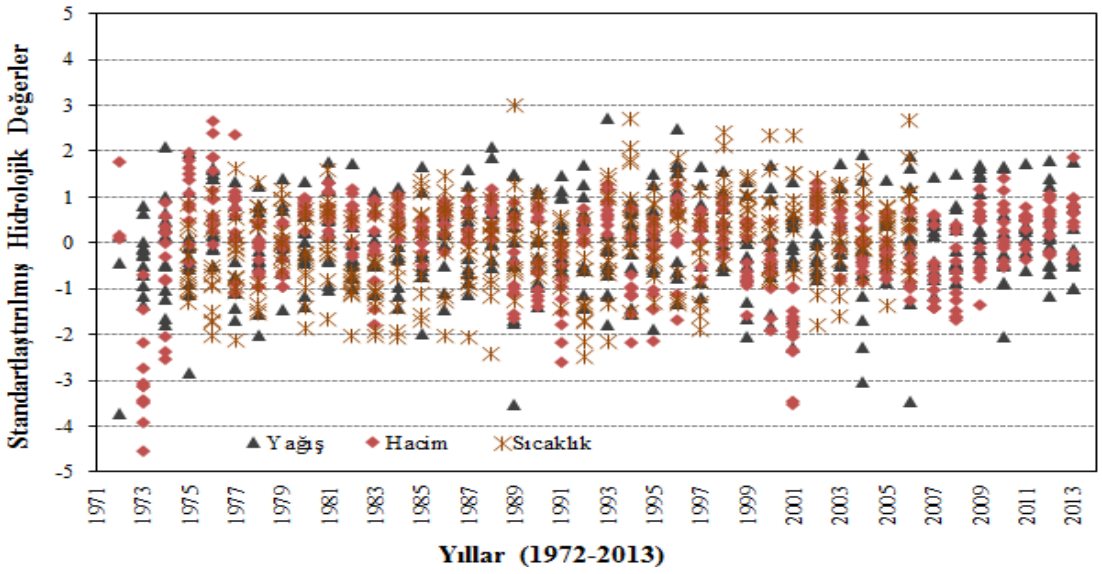
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.259 ve 4.260'da görüldüğü gibi ay bazında 1972-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin

üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.263.** Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.264.** Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.4.2.4. Kartalkaya Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

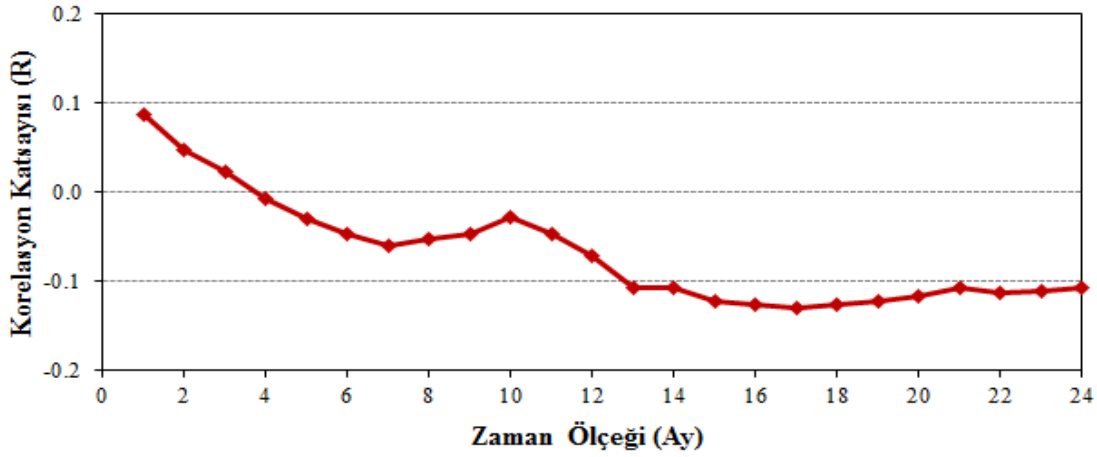
#### 4.4.2.4.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmanın bu bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Daha sonra uydu kaynaklı aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.2.4.1.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

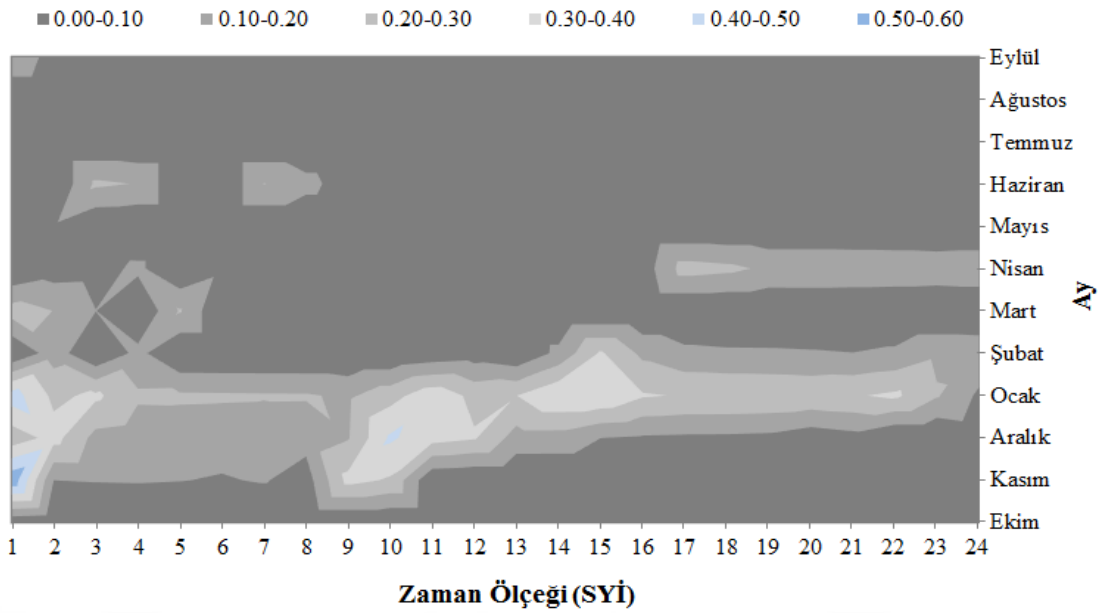
AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.261'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.10 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, nispeten küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Kartalkaya Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.265.** Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.2.4.1.2. Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.262'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.266.** Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.17'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.58$) sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve kış mevsiminde (aralık ve ocak) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsimi sonunda kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.58$), kış mevsiminde aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.34$) ve ocak ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.45$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsimi ortasında (ekim), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu ve özellikle temmuz ve ağustos aylarında tüm zaman ölçeklerinde negatif değerler aldığı belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine ($R<0.10$) sonbahar mevsiminde ekim ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde, yaz mevsiminde temmuz

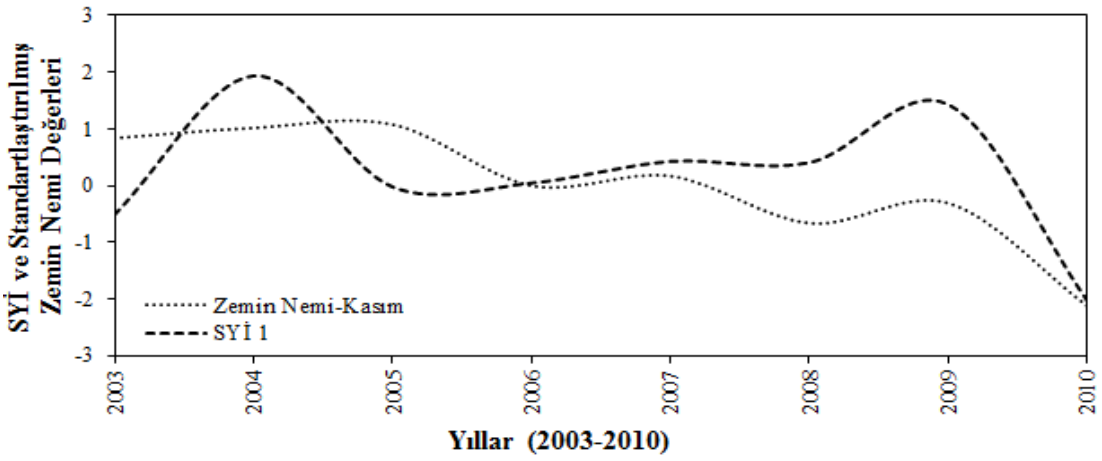
ayında 5 aylık zaman ölçeğinde ve ağustos ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında nispeten yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.34$) elde edilmiş ve bu ayda maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerleri ocak ayında yükselmeye devam etmiştir. Diğer aylara göre en yüksek korelasyon değerinin görüldüğü aylardan biri olan ocak ayında, maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.45$) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri şubat ayında düşüşe geçmiş ($R \leq 0.16$) ve 2 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en düşük maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında nispeten yüksek olan korelasyon değerleri ($R \leq 0.24$), nisan ayından itibaren düşmeye ($R \leq 0.12$) başlamıştır. Mayıs ayında ise, mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R < 0.10$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 1 aylık, nisan ayında 4 aylık ve mayıs ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında tekrar yükselen korelasyon değerleri ($R \leq 0.22$), temmuz ve ağustos aylarında düşüş ($R < 0.10$) göstermiş ve bu aylarda tüm zaman ölçeklerinde negatif değerler elde edilmiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük maksimum korelasyon değeri ağustos ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ($R=-0.13$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ayında 3 aylık ve temmuz ayında 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise eylül ayında korelasyon değerleri yaz mevsimine göre yükselmiş ($R \leq 0.19$), fakat ekim ayında ise tekrar düşmüştür ($R < 0.10$). Kasım ayında ise maksimum korelasyon değeri ciddi bir şekilde yükselerek, tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.58$) ulaşılmıştır. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyonlar eylül ve ekim aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.22$) 3 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.58$) 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde ($R=0.45$) 1 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R=0.24$) 1 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en

yüksek korelasyon değerleri R=0.20 değerini aşmış ve yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde maksimum korelasyon değerleri 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde kasım ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.58) ve yaz mevsiminde ise ağustos ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.13) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada şubat ve nisan aylarında özellikle 14 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.35) görülmesi dikkat çeken bir durumdur. Genel olarak; sonbahar mevsimi sonu (kasım) ve kış mevsiminde (aralık ve ocak) korelasyon değerleri diğer mevsimlere daha yüksek olup, yaz mevsiminde ise daha düşüktür.

Şekil 4.263'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile kasın ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2011 kuraklığı) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde kasım ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.267.** Kartalkaya Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

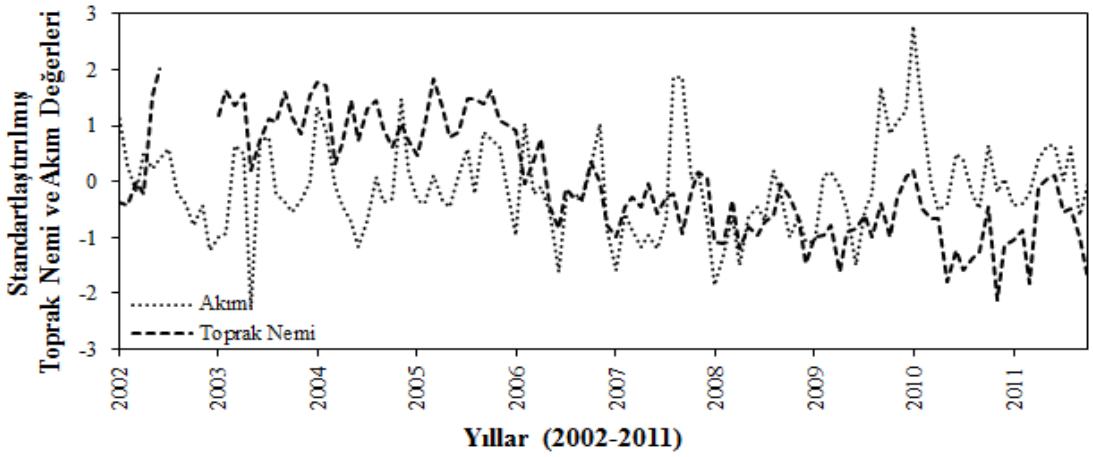
Uydu kaynaklı gözlemlerin mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada, sadece uydu kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, uydu kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan analizleri özetlemek gerekirse, nispeten büyük bir havza olan Kartalkaya Baraj havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Yani, zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada, 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmış ve kısa zaman ölçeklerinde nispeten anlamlı korelasyon değerleri elde edilmiştir. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.58) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminde ağustos ayında (R=-0.13) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, korelasyon değerleri sonbahar mevsimi sonu (kasım) ve kış mevsiminde (aralık ve ocak) korelasyon değerleri diğer mevsimlere daha yüksek olup, yaz mevsiminde ise daha düşüktür. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.20 değerini aşması ve yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerlerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile kasım ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2011 yılındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan aşırı kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.4.2.5. Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde tutularak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.4.2.5.1. Kartalkaya Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.20 elde edilmiştir. Şekil 4.264'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2006, 2007, 2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.

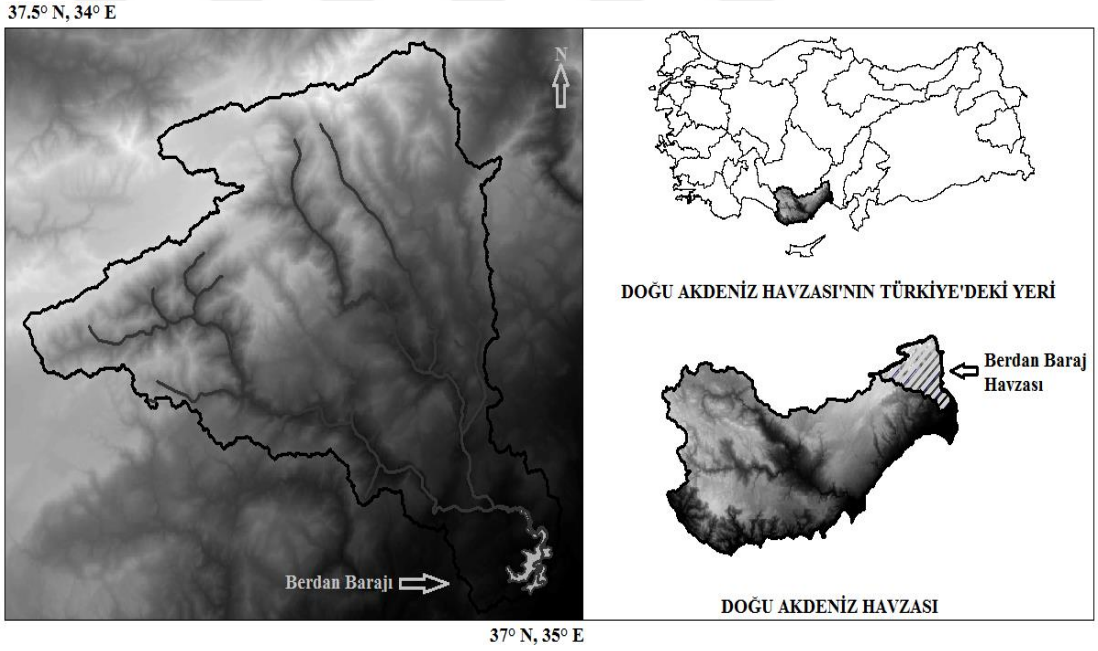



**Şekil 4.268.** Kartalkaya Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.4.3. Berdan Baraj Havzası

#### 4.4.3.1. Berdan Baraj Havzası Özellikleri

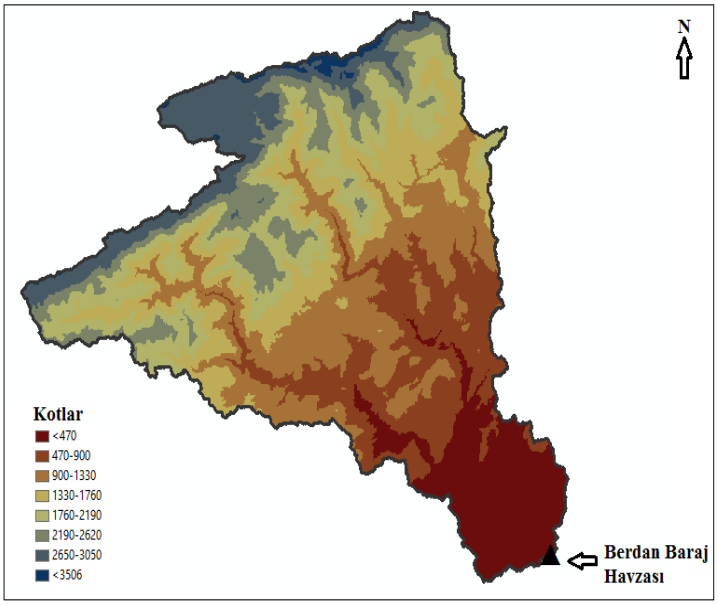
Çalışma alanı olarak seçilen Berdan Baraj havzası, Niğde ilinin güneyinde, Konya ilinin güneydoğusunda, Adana ilinin batısında ve Mersin ilinin kuzeydoğusunda 34°12'-34°57' doğu boylamları, 37°27'-36°6' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Mersin iline bağlı Çamlıyayla ilçesinin tamamı ile Tarsus ve merkez ilçelerinin ise bir bölümünü ve Niğde iline bağlı Ulukışla ilçesinin çok küçük bir bölümünü içine almaktadır. Doğu Akdeniz havzasının bir alt havzası olan Berdan Baraj havzası, yaklaşık olarak 1573 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.265).




**Şekil 4.269.** Berdan Baraj Havzasının Konumu

Berdan Baraj havzası, engebeli ve yer yer düzlüklerin bir arada görüldüğü, kuzeyden güneye doğru azalan eğimli bir arazi yapısına sahiptir. Havzadaki dağlık bölgelerin ortalama yükseltisi 1750–3000 m arasında değişmektedir. Akarsular tarafından çok fazla parçalanmış olan bu yüksek dağlık bölgeler devamlı bir uzanışa sahip olmayıp,

genellikle akarsu vadileri tarafından kesintiye uğramaktadır. Havzanın özellikle kuzey bölgesinde dağlık sahalar hakim olup, bu bölgedeki dağlar yükseklikleriyle dikkat çekmektedir. Havzanın kuzey bölgesini Toros Dağ sisteminin bir parçası olan Bolkar Dağları oluşturmaktadır. Bolkar Dağları, Tarsus Ovasının kuzeybatısında yer almakta olup, güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda yükselmekte ve dorukları 3000 m'yi aşmaktadır. Yıldız Tepesi, Karayelekdağı Tepesi, Kekrecikdağı Tepesi ve Medetsiz Tepe havzanın güneybatı-kuzeydoğu sınırı oluşturan başlıca yükseltilerdir. Ayrıca, havzanın en önemli yükseltileri, batıda Yıldız Tepesi, kuzeyde Medetsiz Tepe, doğuda Kesiktaş Tepesi ve güneybatıda Kapıdağ aralığında yer almaktadır. Havzanın özellikle kuzey bölgesi tektonik hareketler ile şekillenmiş ve bölgede akarsu aşındırmaları sonucunda oluşan vadiler ile parçalanarak geniş plato alanları ortaya çıkmıştır [129]. Havzada görülen başlıca vejetasyon kuşakları; asıl Akdeniz kuşağı vejetasyonu, Akdeniz dağ kuşağı vejetasyonu ve yüksek dağ stepleri vejetasyonu şeklinde ayrılmıştır [130]. Havza bitki örtüsü bakımından zengindir. Fakat yükselti, iklim ve toprak gibi faktörlerin etkisinden dolayı havzada güneyden kuzeye doğru bitki çeşitliliği azalmaktadır [129]. Şekil 4.266'dan görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 44-3506 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 44-1330 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza, dağlık ve düzlüklerin beraber görüldüğü eğimli bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzada güneyden, kuzey ve kuzeybatıya doğru gidildikçe yükselti artmaktadır. Özellikle havzanın kuzey ve kuzeybatı bölgeleri arazi yükseltisinin en fazla görüldüğü sahalardır. Güney ve güneydoğu bölgelerinde ise yükselti azalmaktadır.

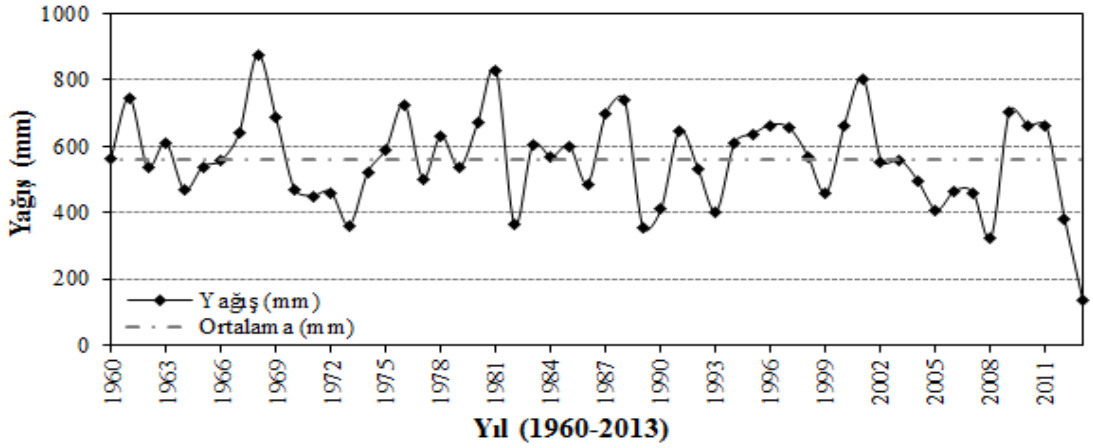



**Şekil 4.270.** Berdan Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, etkili olan basınç sistemleri ve hava dolaşımı özellikleri ile sıcaklığın ve yağışın, alana ve zamana bağlı dağılımı iklim özelliklerini belirleyen temel etmenlerdir [105]. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 44-3506 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak havza, Doğu Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır [92]. Havza tamamen Akdeniz Bölgesinde yer almasına rağmen, yükseltinin 44 metreden başlayarak 3506 metreye kadar artmasından dolayı, kuzey ve güney bölgeleri arasında iklimsel parametrelerde farklılaşmalara neden olmuştur. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Tarsus Çayı ve kolları boyunca hava kütleleri kıyı kesiminden daha içerilere girerek, Akdeniz ikliminin iç kesimlere doğru sokulmasında etkili olmuştur. Nemli hava kütleleri vadiler boyunca 1000-2000 metrelere kadar sokulabilmektedir. Fakat nemli hava kütlelerinin, Bolkar Dağlarının daha yüksek kesimlerine sokulamaması nedeniyle yüksek bölgelerde karasallık derecesi artmaktadır. Alçak kesimlerde ise denize olan yakınlıktan dolayı daha ılıman iklim hakimdir. Bununla birlikte, havzada yağışların dağılımında ve miktarında topografyanın etkisi büyüktür. Ayrıca havzanın kuzey sınırını oluşturan Bolkar Dağları, kuzey sektörlü rüzgarlara karşı bir set şeklinde durmakta ve bu rüzgarları engellemektedir. Bu sebeple havza kuzeyden gelen rüzgarlara karşı kapalı

bir durum arz etmektedir. Havzada ağırlıklı olarak Akdeniz iklim özellikleri görülmektedir. Havzanın alçak kesimlerinde kışları ılık ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak, yükseltinin arttığı kesimlerde ise kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları serin iklim koşulları hakimdir [129].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1960-2013 yılları arasında ölçüm yapan Mersin, Ulukışla, Karaisalı ve Ereğli meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya daha yakın kesimlerden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzada güney ve güneybatıdan, kuzey ve kuzeydoğuya doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın daha içeride kalan kuzey ve kuzeydoğu bölgesine göre, yükseltinin daha az olduğu güney ve güneybatı bölgesi, ayrıca Akdeniz kıyısına daha yakın olmasından dolayı daha fazla yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Karaisalı'da 873 mm iken, Ereğli'de 303 mm'ye düşmüştür. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 134 mm iken, maksimum yağış 1968 yılında 875 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada kıyıya yakın kesimlerde Akdeniz ikliminin görülmesi ile birlikte, içerilere doğru gidildikçe yükseltinin artması ile beraber yüksek bölgelerde karasallık derecesinin artmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 559 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.267'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları uzun ve kısa dönemler halinde görülmüştür. Bununla beraber, en uzun ortalama üzeri yağışlar 1994-1998 yılları arasında 5 yıl olarak bulunmuştur. Ayrıca, havzada ortalama yağışın üzerinde kalan yağışların daha fazla olmasının yanı sıra, kısa dönemler halinde ortalama yağışın çok üzerinde de yağış meydana gelmektedir.




**Şekil 4.271.** Berdan Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.49'da, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.52.** Berdan Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 79.8 | 62.7 | 56.9 | 57.6 | 52.9 | 29.4 | 9.7 | 7.6 | 13.9 | 34.2 | 57.5 | 97.0 | ***559.12*** |

Havzada güneyden kuzeye doğru, denize olan yakınlık ve yükseltinin artmasına bağlı olarak sıcaklıkta azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 15 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 24-25 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 4~5 ºC

civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir.

Kaynağını Bolkar Dağları'nın güneydoğu ve güney yamaçlarından alan Tarsus Çayı, Cehennem Dere ile Kadıncık Irmağının birleşmesiyle oluşmakta ve Tarsus ilçe merkezinin doğusunda Kusun Deresini de bünyesine alarak Akdeniz'e ulaşmaktadır [129]. Tarsus Çayı üzerinde 1984 yılında sulama, taşkın kontrolü, içme suyu ve enerji amaçlı olarak hizmete alınan Berdan Barajı, normal su kotunda 7 $km^2$ göl alanına, 86 $hm^3$ göl hacmine sahip olup, toplam kurulu gücü 10 MW'dır [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 37.83 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 222.64 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 1.37 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri ile uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.50'de verilmiştir.

**Çizelge 4.53.** Berdan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Berdan Baraj Havzası** | 1960-2013 | 1995-2013 | 1995-2013 | 2002-2011 | - |

### 4.4.3.2. Berdan Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

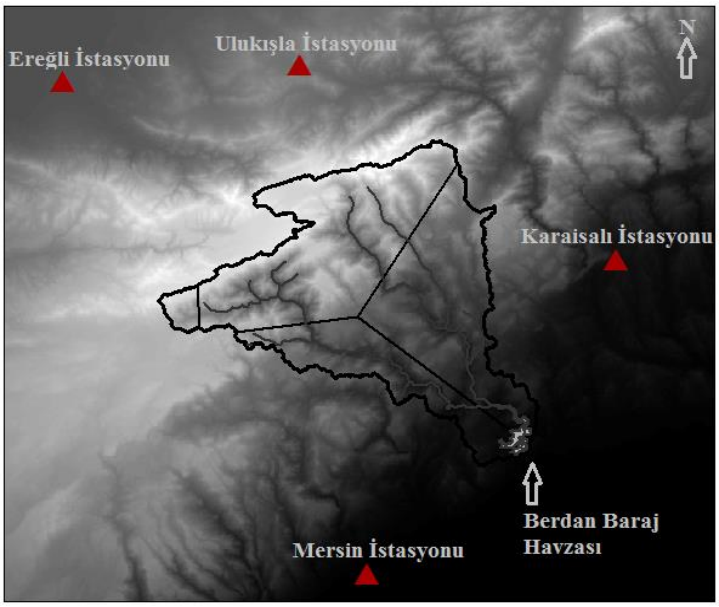
#### 4.4.3.2.1. Berdan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 4 adet meteoroloji istasyonu (Mersin, Ulukışla, Karaisalı ve Ereğli) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.51'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.54.** Berdan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Mersin | 36.78 | 34.60 | 7 | 591 |
| **2** | Ulukışla | 37.55 | 34.49 | 1453 | 313 |
| **3** | Karaisalı | 37.25 | 35.06 | 240 | 873 |
| **4** | Ereğli | 37.53 | 34.05 | 1046 | 303 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 4 meteoroloji istasyonuna ait 1960-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.268'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.52'de görülmektedir.




**Şekil 4.272.** Berdan Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

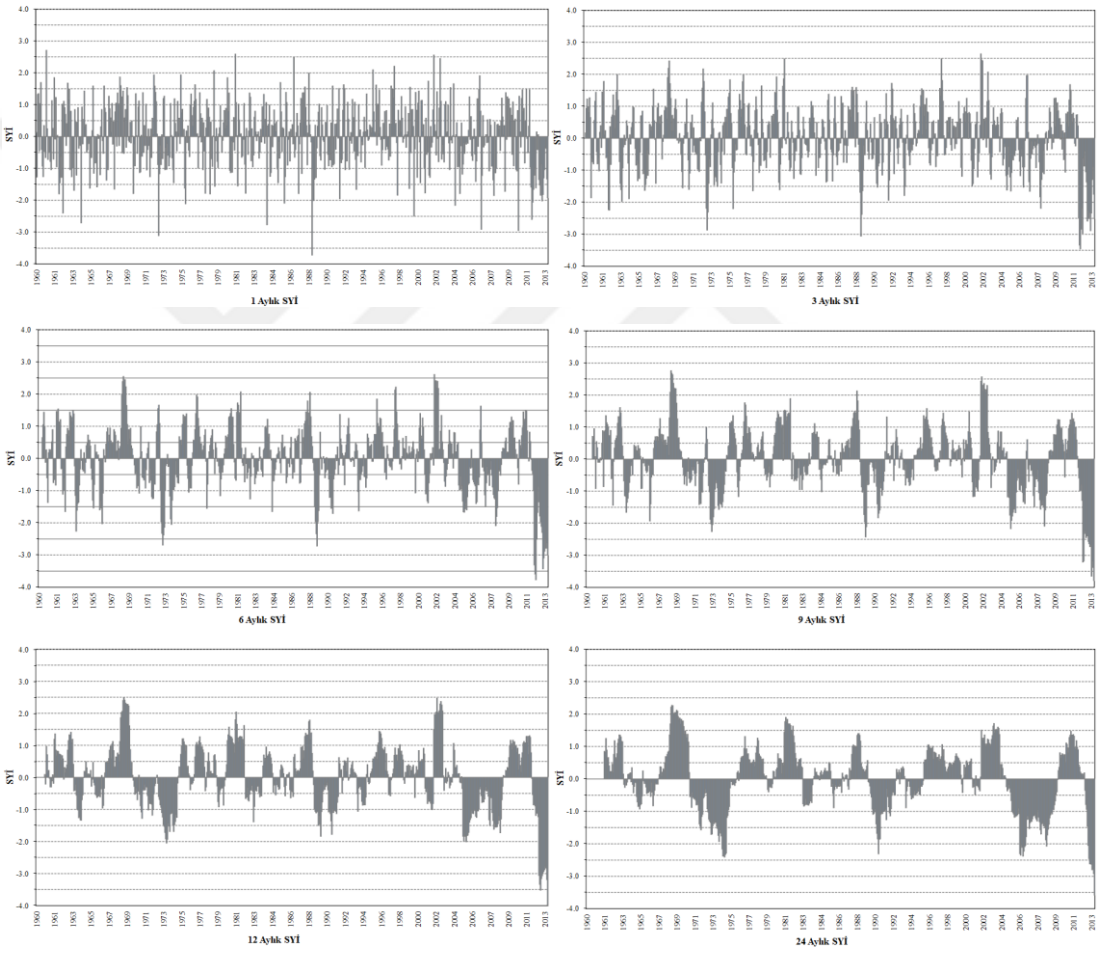
**Çizelge 4.55.** Berdan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Mersin | 0.87 |
| **2** | Ulukışla | 0.60 |
| **3** | Karaisalı | 0.97 |
| **4** | Ereğli | 0.47 |

#### 4.4.3.2.2. Berdan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.269'da gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu

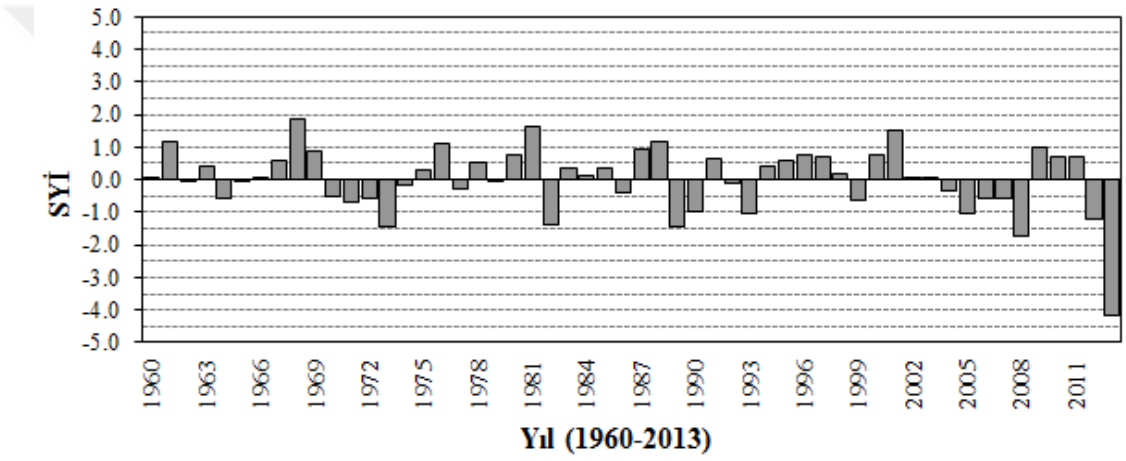
dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 9 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 13 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.273.** Berdan Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1960-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.270'de görüldüğü gibi toplamda 54 yılda 24 yıl

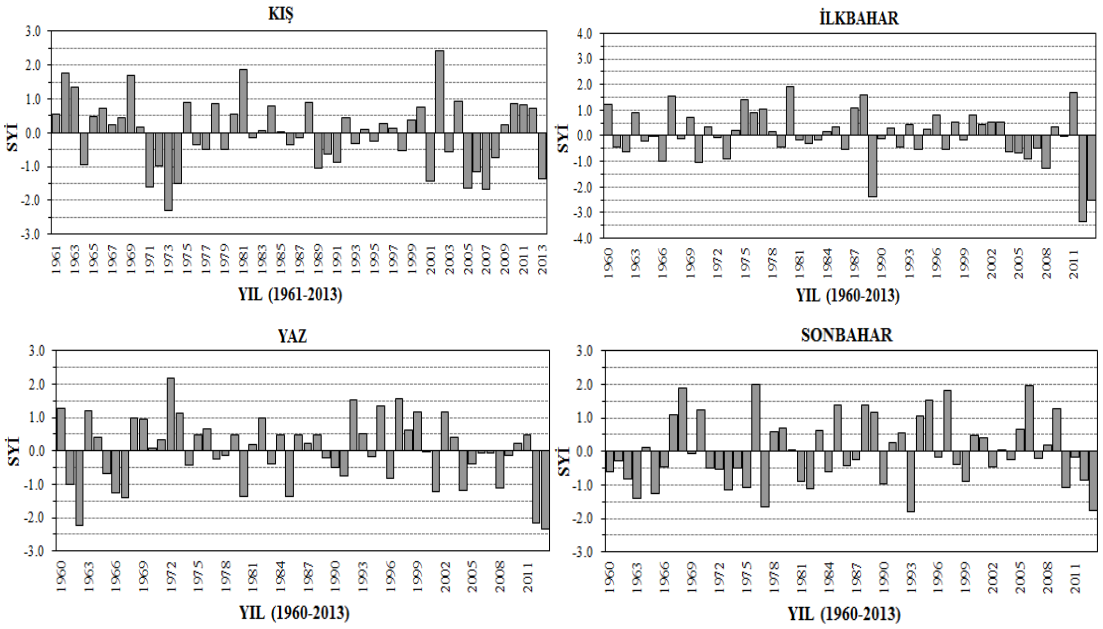
kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 1 aşırı kurak, 1 çok kurak, 7 orta derecede kurak ve 15 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2 yıl olup, 1970-1974 ve 2004-2008 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.37 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -4.15 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1964-1965, 1970-1974, 1989-1990, 1992-1993 ve 2004-2008 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.274.** Berdan Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.271'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları her mevsimde birbirinden farklı değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 24 yıl, ilkbahar mevsiminde 28 yıl, yaz mevsiminde 26 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 30 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık ilkbahar ve yaz mevsimlerinde 3 yıl boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla kış mevsiminde, orta derecede kuraklık en fazla yaz mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla ilkbahar mevsiminde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde

farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (-0.37~-0.42) elde edilmiştir. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler (1.71~2 yıl) görülmüştür. Yaz mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2 yıl) en fazla, kış mevsiminde (1.71 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 ile 6 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre yaz mevsiminde 2004-2009 yılları 6 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 54 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, çok kuraklıkların en fazla kış mevsiminde görülerek ilkbahar ve yaz mevsimlerinde hiç görülmemesi ile birlikte, toplamda yaşanan kuraklık olaylarının en az yaz mevsiminde görülmesi dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.275.** Berdan Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1960-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Berdan Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1960'li yılların başından 1960'lı yılların ortalarına kadar kurak ve sulak dönemler beraber görülmüştür. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın kuraklık olup, kuraklıklar sadece 1962, 1964 ve 1965 yıllarında görülmüştür. Bu dönem ülke geneli için sulak bir dönem olmuştur. 1960'lı yılların ortalarından 1970'li yılların başına kadar yağışların artması ile beraber, ülke genelinde de olduğu gibi havzada da tamamen sulak dönemler görülmüştür. Sulak dönemlerin ardından 1970-1974 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın ve orta derecede kuraklık olup, 1971-1974 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1975-1988 yılları arasında ise yağışların artması ile birlikte ağırlıklı olarak sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde sulak dönemler ile beraber 1977, 1979, 1982 ve 1986 yıllarında normale yakın ve orta derecede kurak dönemler de görülmüş olup, fakat uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Özellikle 1977 yılında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın etkilenmesine rağmen, 1983-1984 yıllarında yaşanan kuraklıktan etkilenmemesi dikkat çekmiştir. 1988-1993 yılları arasında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın ve orta derecede kuraklık olup, 1989-1991 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Havzada 1994-2003 yılları arasında tekrar yağışların artması ile beraber havzada tamamen olarak sulak dönemler yaşanmış, bu dönemde sadece 1999 yılında normale yakın kuraklık görülmüştür. Özellikle 1999 yılında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın etkilenmesine rağmen, 1996, 2000 ve 2001 yıllarında

yaşanan kuraklıktan etkilenmemesi dikkat çekmiştir. Sulak dönemlerin ardından 2004-2008 yılları arasında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar çok, orta derecede ve normale yakın kuraklık olup, 2007 ve 2008 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Özellikle 2008 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa çok kuraklık yaşanmıştır. 2008 yılından sonra yağışlarda artış meydana gelmiş ve 2009-2011 yılları arasında havzada tamamen sulak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönem, ülke için de sulak bir dönem olmuştur. 2012-2013 yılları arasında uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamıştır. Özellikle 2013 yılında ise, havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık görülmüş ve bu yılda ülke genelinde de şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla sonbahar mevsiminde görülmesinin yanı sıra, kuraklık olayları toplamları her mevsimde birbirinden farklı değerler göstermiştir. Havzada, özellikle 1990, 2007 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Berdan Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmış olup, genellikle normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yıllarda havzada uzun süreli kurak ve sulak dönemler hakimiyetini sürdürmüş olup, bu dönemde çok, orta derecede ve normale yakın kuraklıklar görülmüştür. Fakat, özellikle 2013 yılında ülke genelinde de yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza da etkilenmiş ve aşırı kuraklık yaşanmıştır. Bu sebeple 2009-2011 yıllarında yaşanan sulak dönemlerden sonra, 2012 yılında yaşanan orta derecede kuraklık ve devamında 2013 yılında yaşanan aşırı kuraklık sonucu, havzada kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu düşünülmektedir.

#### 4.4.3.3. Berdan Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.4.3.3.1. Berdan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

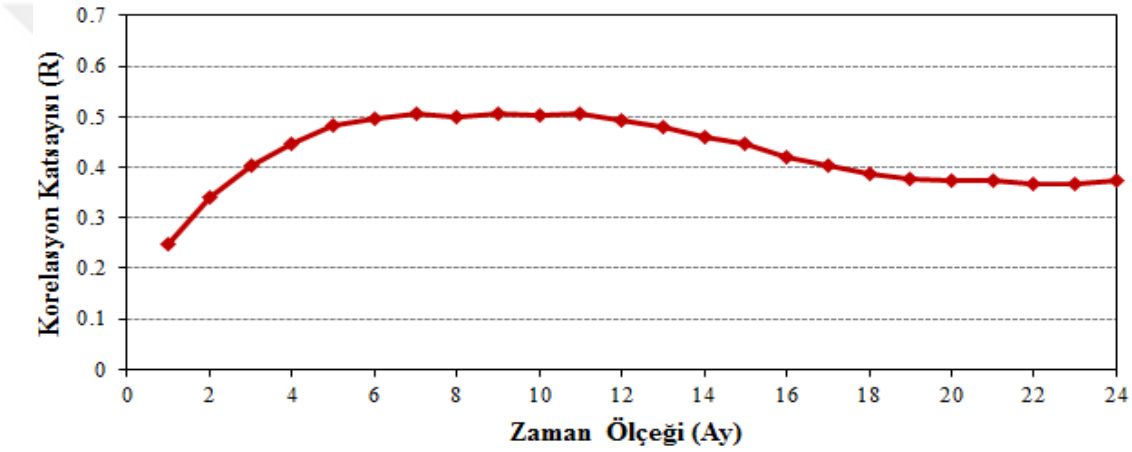
Berdan Baraj havzasında 1995-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 37.83 $m^3/s$ iken maksimum akım 222.64 $m^3/s$ ve minimum akım ise 1.37 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.46 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Berdan barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

###### 4.4.3.3.1.1. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi

(korelogram) Şekil 4.272'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa ve uzun zaman ölçeklerinde (6-8 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.51) 7 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 6 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Berdan Baraj havzasında kısa ve uzun zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

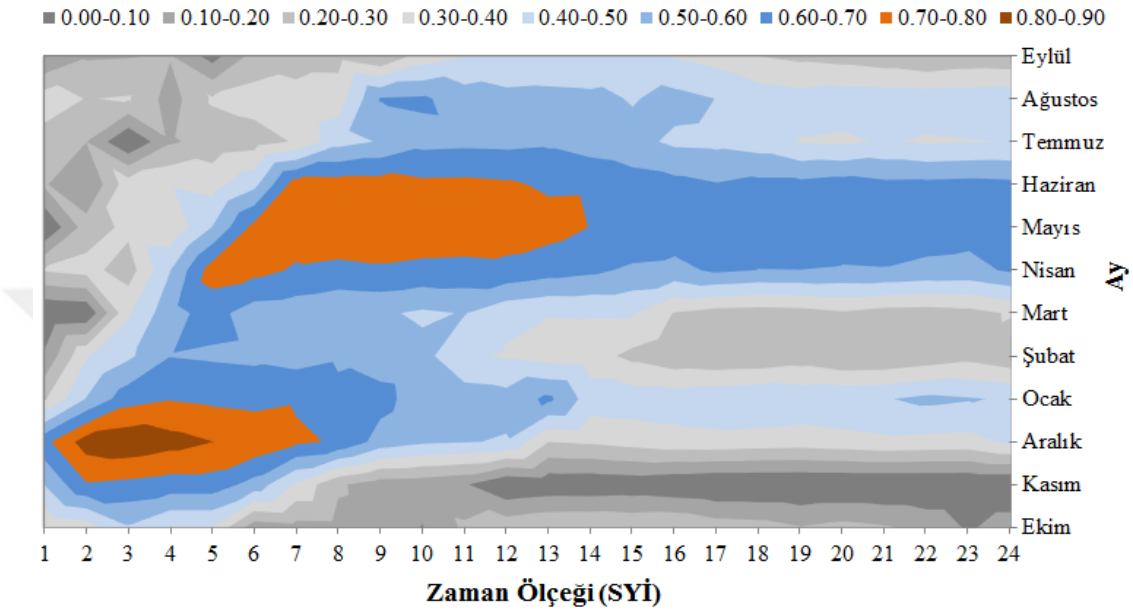



**Şekil 4.276.** Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.4.3.3.1.2. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.273'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık

SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.277.** Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

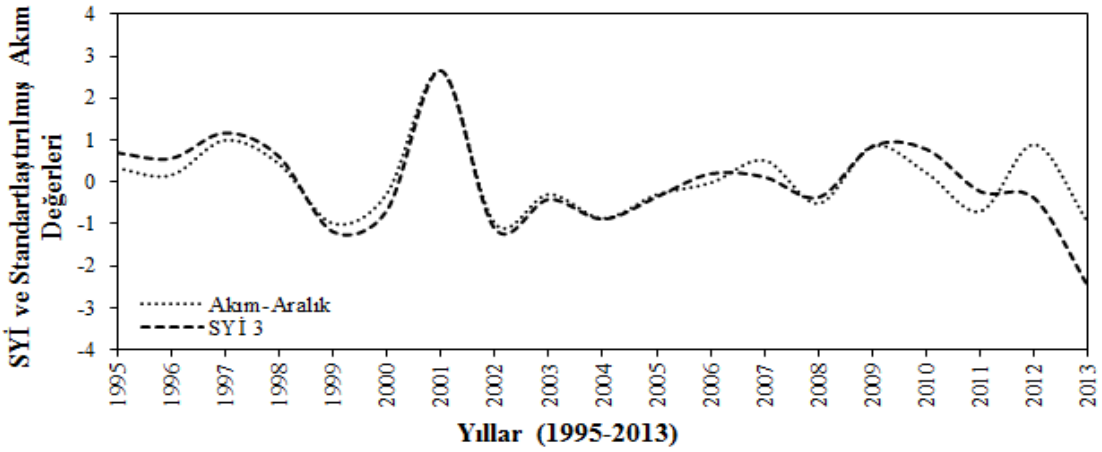
Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.73$) kış mevsimi başlangıcında ve ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.87$) ve ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.75$) ve 6 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ($R=0.73$) ulaşılmıştır. Kış mevsimi en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu mevsimdir. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında 3 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.87$) ulaşmıştır. Ocak ayında yine yüksek korelasyon değerleri elde edilmiş olup, maksimum korelasyon değerine 4 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.69$) ulaşılmıştır. Şubat ayında ise korelasyon

değerleri nispeten düşüş göstermiş (R≤0.60) ve mevsimin en düşük korelasyon değerleri bu ayda elde edilmiştir. Şubat ayında maksimum korelasyon değerine 4 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimi başlangıcında mart ayında korelasyon değerleri (R≤0.64) yine yüksektir, fakat mart ayında mevsimin en düşük korelasyon değerleri elde edilmiştir. Korelasyon değerleri, nisan ve mayıs aylarında ise artış göstermiş ve maksimum korelasyonlar R=0.70 değerini aşmıştır. Bu aylarda elde edilen maksimum korelasyon değerleri (R≤0.75) birbirine çok yakın çıkmıştır. İlkbahar mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 4 aylık, nisan ve mayıs aylarında 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ayında korelasyon değerleri düşmeye başlamış (R≤0.47) ve temmuz ayında düşüş devam etmiştir. Temmuz ayında 6 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en düşük maksimum korelasyon değeri (R=0.26) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri, temmuz ayına göre ağustos ayında ise nispeten (R≤0.35) yükselmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında ve temmuz aylarında 6 aylık, ağustos ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve eylül ayında da 6 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değerleri (R≤0.24) elde edilmiştir. Ekim ayında korelasyon değerleri tekrar yükselmeye (R<0.50) başlamış ve 3 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Kasım ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değeri (R=0.69) elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (R≥0.72) kış mevsimi başlangıcında (aralık), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.72), ilkbahar mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.77) ve yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.75) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine (R≤0.77) ilkbahar mevsiminde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde sonbahar mevsiminde elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük (R<0.45) olduğu tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminde eylül ve ekim aylarında maksimum korelasyona 12 aylık zaman ölçeğinde, kasım ayında ise maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsiminde (ekim) maksimum

korelasyon değeri 12 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye ($R \leq 0.26$) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar ($0.54 \leq R \leq 0.69$) $R=0.50$ değerini aşmış ve 7, 8, 10 ve 11 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.75$), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.69$), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.87$) ve ilkbahar mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ($R=0.77$) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar ve kış mevsimlerinde kısa zaman ölçeklerinde, ilkbahar ve yaz mevsimlerinde ise uzun zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 2-12 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.49$) diğer aylara göre nispeten düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.65$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek korelasyon değeri ($R=0.87$) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu ($R \leq 0.43$) ayın da sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, özellikle ilkbahar mevsimi sonu (mayıs) ve yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılması dikkat çekmiştir.

Şekil 4.274'de ise 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği aralık ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1999, 2002, 2004 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.278.** Berdan Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

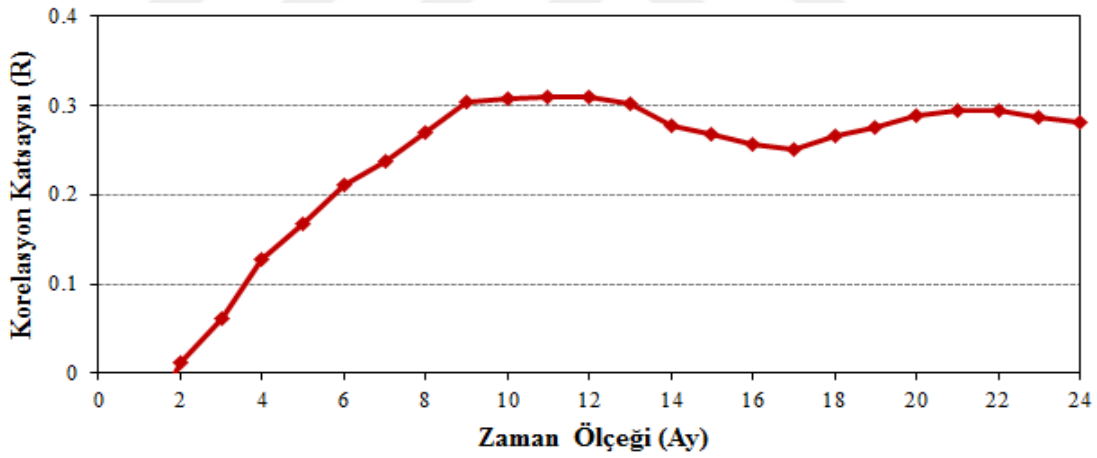
### 4.4.3.3.2. Berdan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Berdan Baraj havzasında 1995-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Berdan barajı normal su kotunda 86 $hm^3$ göl hacmine ve 7 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.6 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.3.3.2.1. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

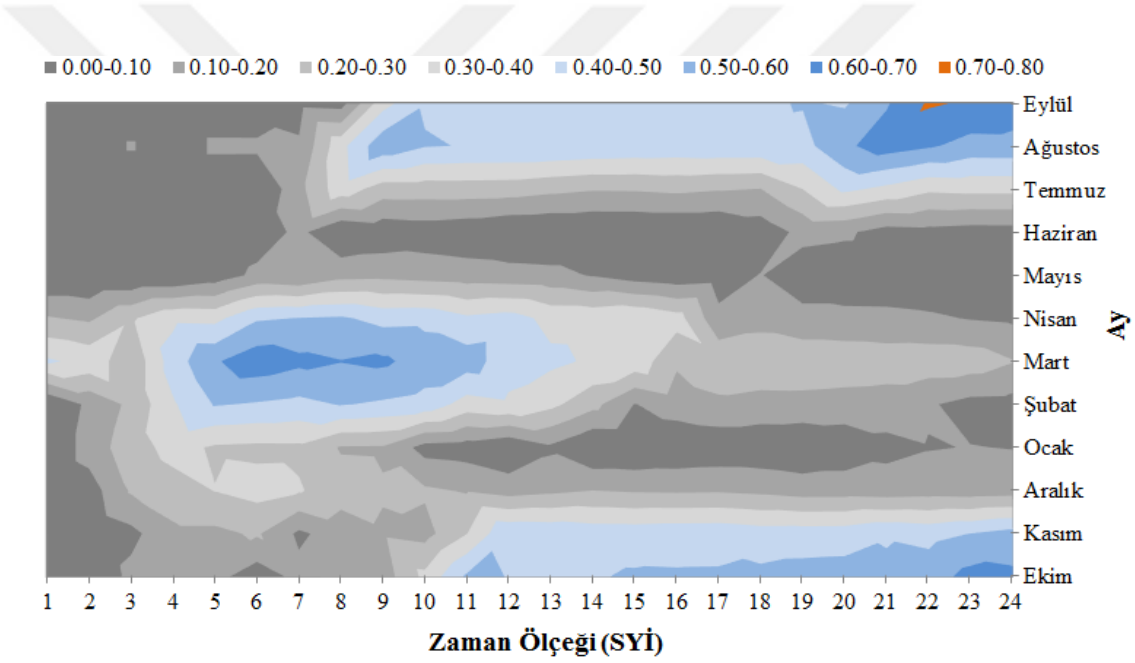
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.275'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (9-13 aylık) nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.31) 11 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 10 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Berdan Baraj havzasında 1-13 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 13 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.279.** Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.3.3.2.2. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.276'da standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.280.** Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

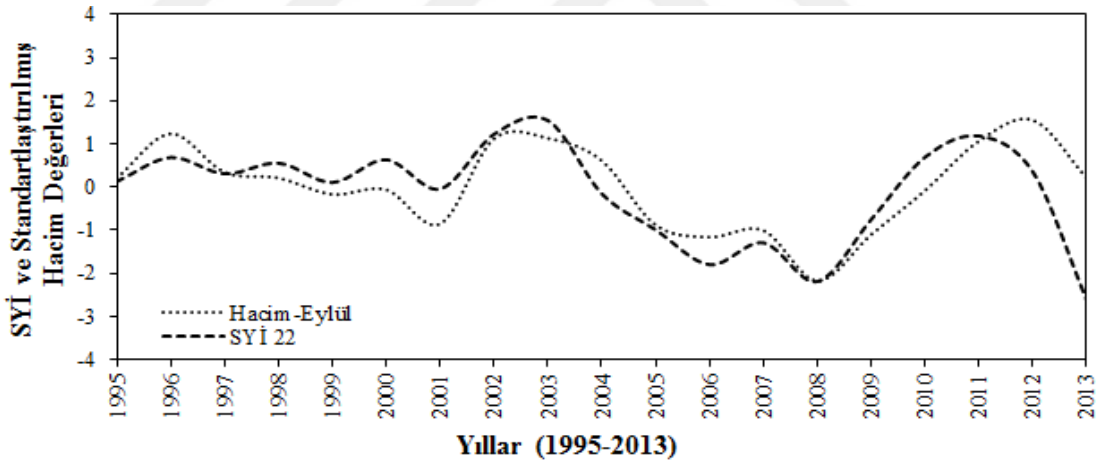
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.71) yaz mevsimi sonunda (ağustos), sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) bulunmuştur. Yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerine 21 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.65), sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon

değerlerine 22 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.71) ve 23 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.63), ilkbahar mevsiminde ise maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.66) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde eylül ayında 22 aylık zaman ölçeğinde (R=0.71) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle ilkbahar mevsimi sonunda mayıs ayında ve yaz mevsimi başlangıcında haziran ayında korelasyon değerlerinin diğer aylara göre çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük ($R \leq 0.17$) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine mayıs ayında 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.17) ve haziran ayında 19 aylık zaman ölçeğinde (R=0.13) ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsimi sonunda (kasım) 24 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsimi sonunda (şubat) 8 aylık zaman ölçeğinde ve ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) 8 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.50 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.51 \leq R \leq 0.54$) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Kış mevsiminde (aralık ve ocak) 6 ve 4 aylık zaman ölçeklerinde ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) 20 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri ise R=0.30 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.33 \leq R \leq 0.42$) birbirine nispeten yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında, en yüksek korelasyon değerleri 4-8 ve 19-24 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 21 aylık zaman ölçeğinde (R=0.65) ağustos ayında, sonbahar mevsiminde 22 aylık zaman ölçeğinde (R=0.71) eylül ayında, kış mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.51) şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde (R=0.66) mart ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.50 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri yaz mevsiminde haziran ayında ise 19 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.13) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde (eylül), en düşük korelasyon değerleri ise ilkbahar mevsimi sonu (mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimde, yaz mevsiminde ve ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) 1-7 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri ($R<0.20$) çok düşüktür. Fakat, maksimum korelasyon değerlerine uzun

zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Özellikle kış ve ilkbahar mevsimlerinde daha kısa zaman ölçeklerinde (4-8 aylık) maksimum korelasyon değerlerine ulaşılması ile beraber, sonbahar ve kış mevsimlerinde ise daha uzun zaman ölçeklerinde (19-24 aylık) maksimum korelasyon değerlerine ulaşılması dikkat çekmiştir. Buradan yola çıkarak havzada, 4 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.277'de 22 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile eylül ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (2005, 2006, 2007, 2008 ve 2009 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde eylül ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.281.** Berdan Baraj Havzasında 22 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

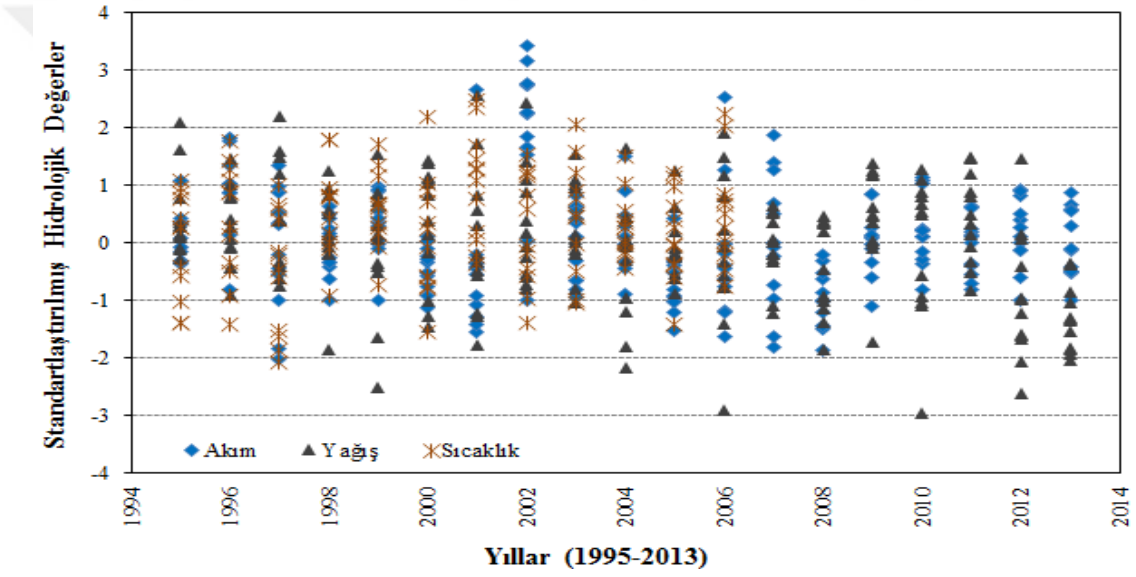
Berdan Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı

değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa ve uzun zaman ölçekli (6-8 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.51) 7 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.87) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 12 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.43) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (9-13 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.31) 11 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 22 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.71) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerlerine ise ilkbahar mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.17) ve yaz mevsiminde 19 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.13) ulaşılmıştır.

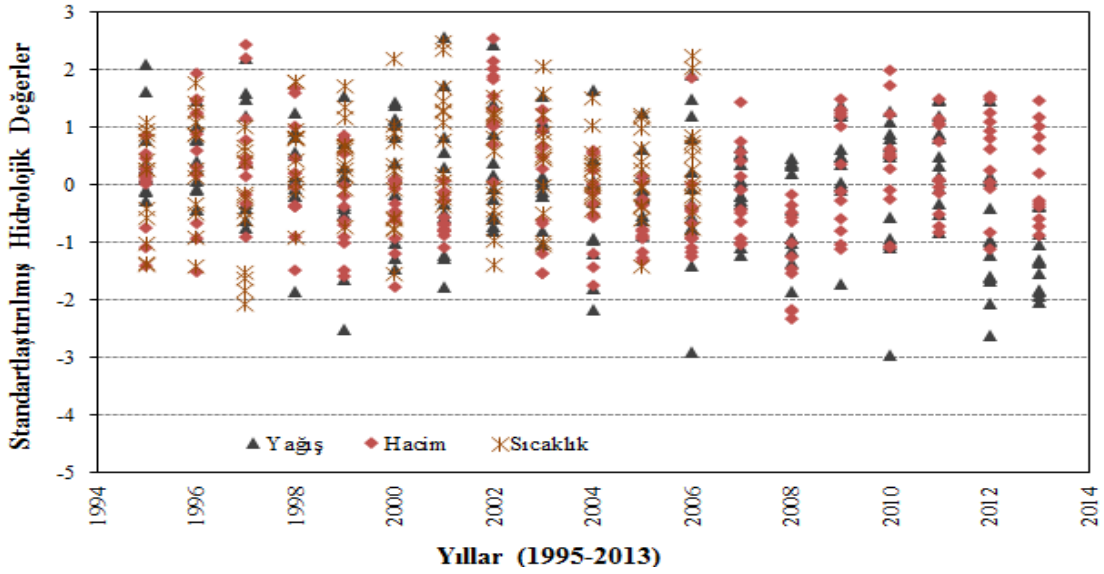
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde

görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.278 ve 4.279'da görüldüğü gibi ay bazında 1995-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.282.** Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.283.** Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.4.3.4. Berdan Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

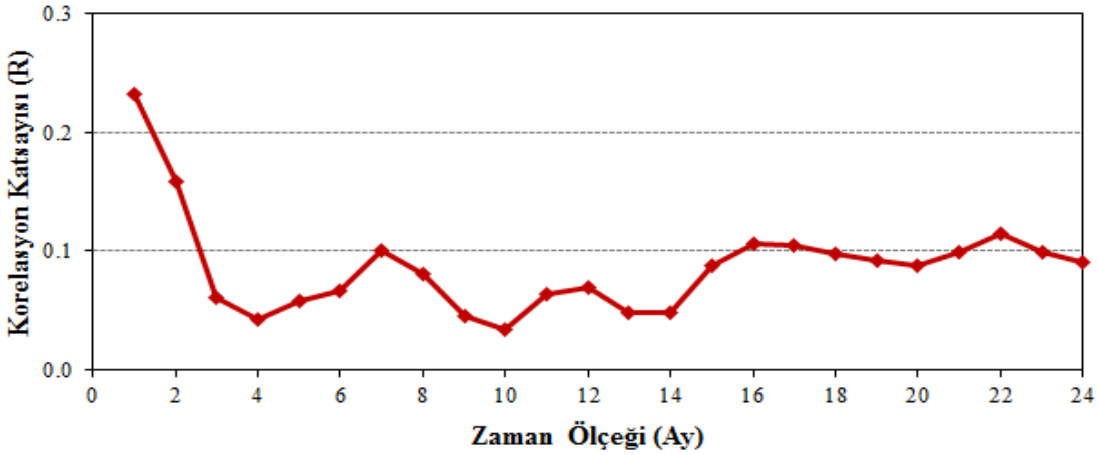
#### 4.4.3.4.1. Berdan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmanın bu bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Daha sonra uydu kaynaklı aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.3.4.1.1. Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

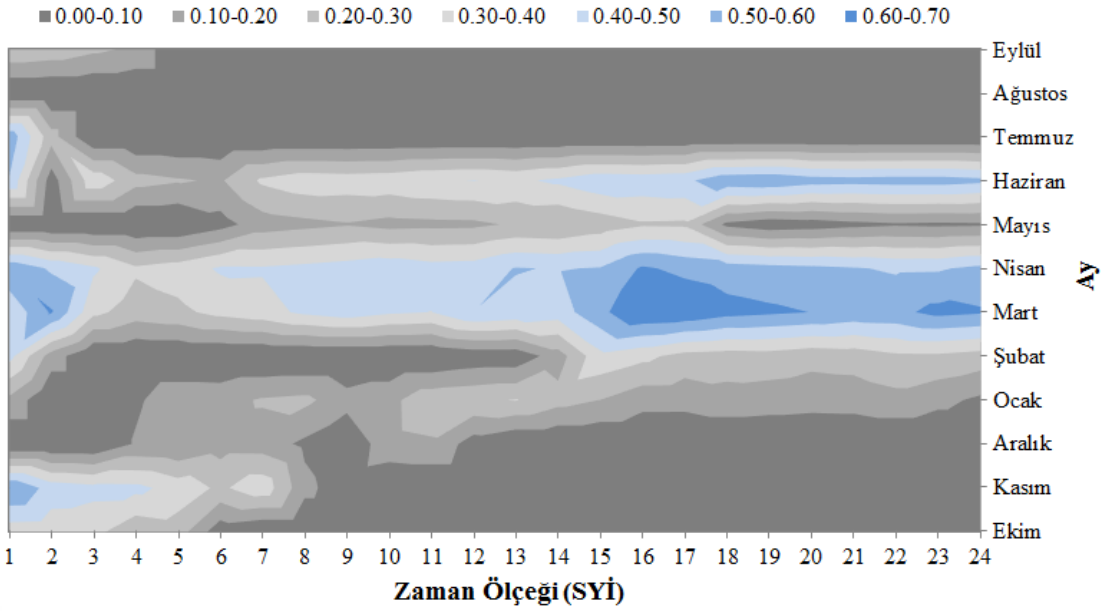
AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.280'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) daha yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.23 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Berdan Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten kuvvetli ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.284.** Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.3.4.1.2. Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.281'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.285.** Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

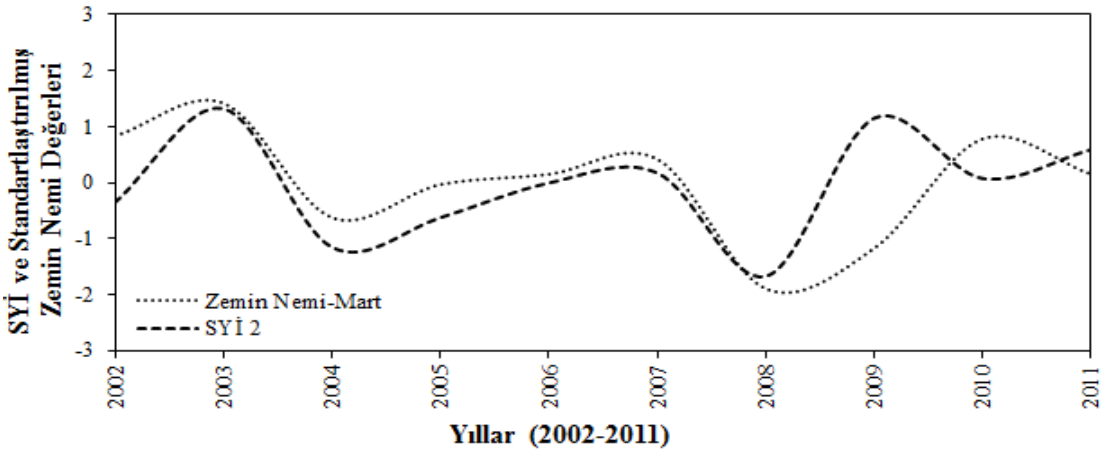
Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde (sadece aralık ve mayıs ayları için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.281'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.61$) sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.60$) ve ilkbahar mevsiminde mart ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.61$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle kış mevsiminde (aralık ve ocak), ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine ($R<0.20$) kış mevsiminde aralık ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ve ocak ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde mayıs ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ve yaz mevsiminde ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ve ocak aylarında düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.18$) elde edilmiştir. Bu aylarda maksimum korelasyon değeri birbirine çok yakın değerler olup, 6 ve 1 aylık zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerlerine ulaşılmıştır. Korelasyon değerleri şubat ayında ise yükselişe geçmiş ($R \leq 0.42$) ve 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında maksimum korelasyon değeri ciddi bir şekilde yükselmiş ve tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.61$) ulaşılmıştır. Nisan ayında ise mart ayında bulunan korelasyon değerlerine yakın değerler ($R \leq 0.58$) elde edilmiştir. Mayıs ayında, korelasyon değerleri çok daha düşerek mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R<0.10$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 2 aylık, nisan ayında 1 aylık ve mayıs ayında ise 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında yükselmeye başlayan korelasyon değerleri ($R \leq 0.50$), temmuz ayında yükselmeye devam etmiş ($R \leq 0.57$) ve bu ayda 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. Korelasyon değerleri, ağustos ayında tekrar düşüşe ($R<0.10$) geçmiş ve tüm mevsimlerin en düşük korelasyon değerleri bu ayda 3 aylık zaman ölçeğinde ($R=-0.11$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ve temmuz aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri yükselmeye ($R \leq 0.34$) başlamıştır. Kasım ayında ise maksimum korelasyon değeri ciddi bir şekilde yükselerek, tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerinden birine 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.60$) ulaşılmıştır. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar eylül ve ekim aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde (sadece aralık ve mayıs ayları için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.57$) 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.60$) 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde ($R=0.43$) 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R=0.61$) 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.40$ değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum

korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, ilkbahar mevsiminde mart ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.61) ve yaz mevsiminde ise ağustos ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.11) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada özellikle mart, nisan ve haziran aylarında 13 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.61) görülmesi ve özellikle ağustos ayında tüm zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin negatif olması dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.282'de 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile mart ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2004 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde mart ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde şubat ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.286.** Berdan Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemlerin mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olduğu bilinmektedir [64]. Bu

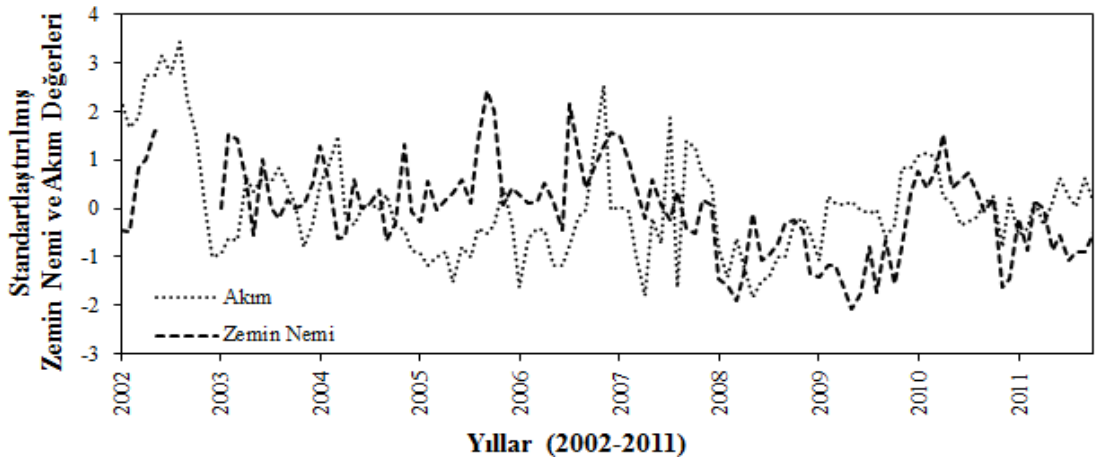
çalışmada, sadece uydu kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, uydu kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan analizleri özetlemek gerekirse, nispeten büyük bir havza olan Berdan Baraj havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Yani, zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada, 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmış ve kısa zaman ölçeklerinde nispeten anlamlı korelasyon değerleri elde edilmiştir. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.61) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminde ağustos ayında (R=-0.11) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, sonbahar mevsimi sonu (kasım), ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) korelasyon değerleri diğer mevsimlere daha yüksek olup, kış mevsiminde, ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs), yaz mevsimi sonunda (ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ise daha düşüktür. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.40 değerini aşması ve ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerlerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılması dikkat çekmiştir. 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile mart ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2004 ve 2008 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.4.3.5. Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde tutularak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.4.3.5.1. Berdan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.20 elde edilmiştir. Şekil 4.283'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2009 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.

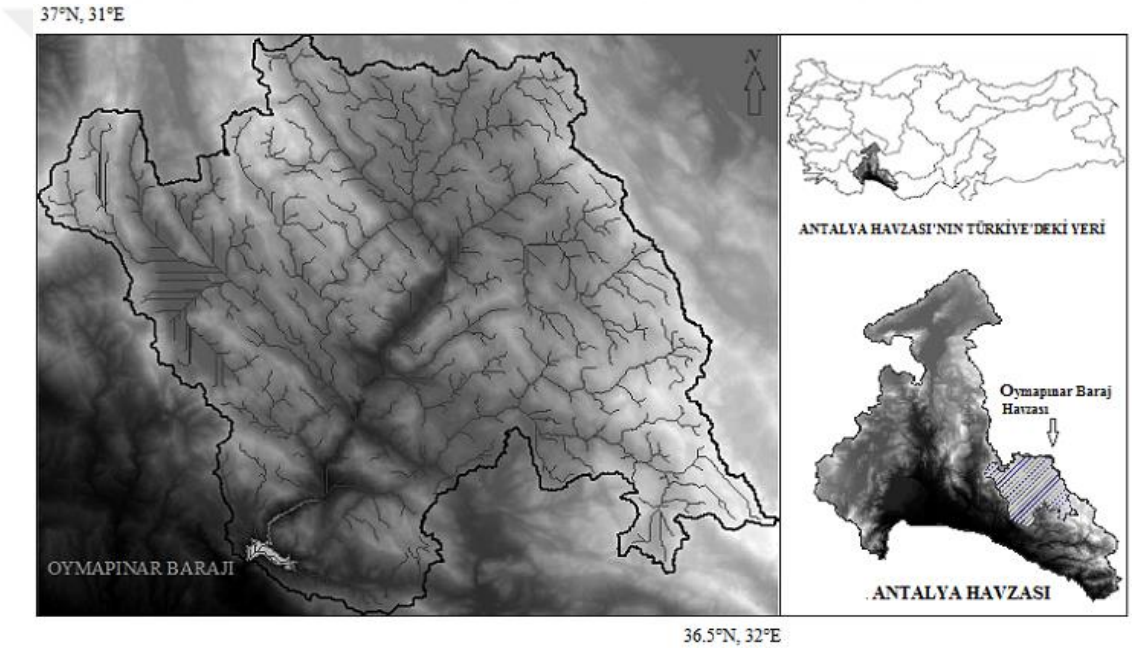



**Şekil 4.287.** Berdan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.4.4. Oymapınar Baraj Havzası

#### 4.4.4.1. Oymapınar Baraj Havzası Özellikleri

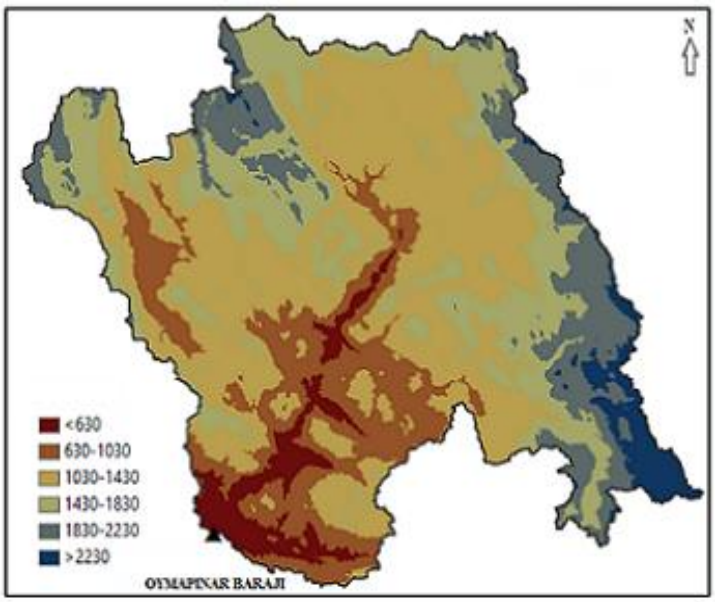
Çalışma alanı olarak seçilen Oymapınar Baraj havzası, Antalya ilinin doğusunda, 31°18.5'-32°3.5' doğu boylamları, 37°20'-36°52' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Antalya'nın Akseki ve İbradı ilçelerinin büyük bölümünü içine almaktadır. Antalya havzasının bir alt havzası olan Oymapınar Baraj havzası yaklaşık olarak 1880 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.284).




**Şekil 4.288.** Oymapınar Baraj Havzasının Konumu

Oymapınar Baraj havzası kuzeyde yüksek ve engebeli Toros dağları ile güneyde Akdeniz arasında yer almaktadır. Havza, batıda Köprüçay, kuzeyde Beyşehir ve Suğla kapalı havzaları, doğuda Karpuz ve Alara çayı havzaları ile çevrilidir. Havzada güneyden kuzeye doğru uzanan geniş dağlık alanlar bulunmakta ve büyük bir kısmı ormanlık ve kayalık örtüye sahiptir [131]. Oymapınar havzası Karst Kuşağının Batı Toros Dağları kesiminde, iç ve yüzey karstının yoğun olarak geliştiği bir alanda yer

almaktadır. Ayrıca, havzanın arazi yapısının oluşmasında tektonik hareketler önemli rol oynamıştır [132]. Havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 130-2736 m aralığında değişmektedir. Şekil 4.285'den görüldüğü gibi havzanın güneyinde dar ve alüyal araziler yoğunlaşmış, kuzeye doğru ise uzanan geniş dağlık alanlar ve kayalıklar bulunmakta olup, büyük bir kısmı ormanlık ve çalılık bitki örtüsüne sahiptir. Havza, dağlık ve düzlüklerin beraber görüldüğü bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzada membadan mansaba doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Özellikle havzanın doğu, kuzeydoğu ve kuzeybatı bölgelerinde yükselti fazla olup, güney bölgesinde ise yükselti azalmaktadır.

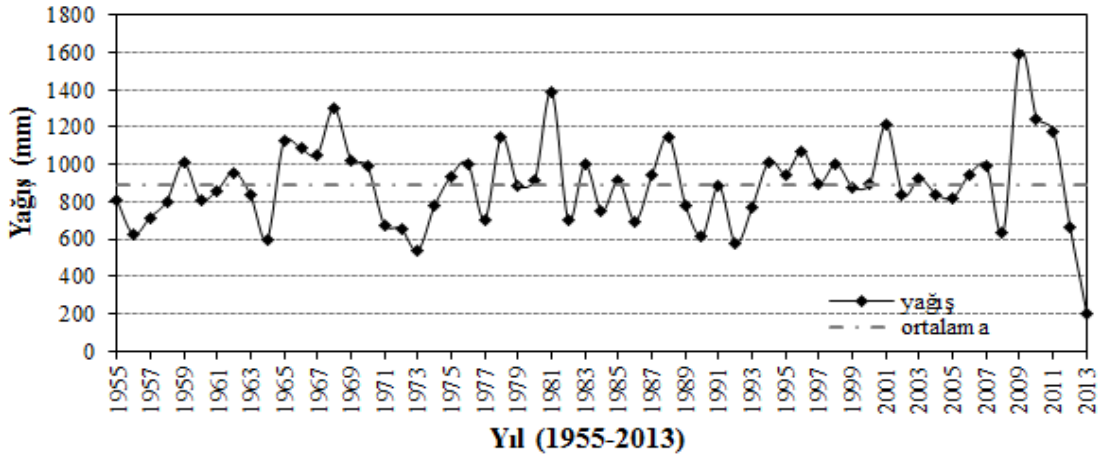



**Şekil 4.289.** Oymapınar Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 130-2736 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havzanın güneyinde kalan bölümünde Batı Akdeniz iklimi, kuzey doğusunda kalan bölümünde ise Batı Akdeniz ikliminden Orta Anadolu iklimine geçiş iklimi etkilidir. [92]. Havzada genel olarak Akdeniz iklim koşulları etkili olup, yazlar çok sıcak ve

kurak, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Fakat havzanın kuzey doğusunda, yükselti farklılıkları ve coğrafi konumdan dolayı güneydeki Akdeniz ve kuzeydeki karasal iklim yayılış alanları arasında bir geçiş iklimi karakteri görülmektedir. Bu sebeple iklim elemanlarının ortalama değerleri, güneyden kuzey doğuya doğru gidildikçe düşme eğilimi göstermektedir.

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1955-2013 yılları arasında ölçüm yapan Seydişehir, Alanya, Manavgat, Hadım meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya daha yakın kesimlerden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın daha içeride kalan kuzeydoğu bölgesine göre yükseltinin daha az olduğu güney bölgesi, ayrıca Akdeniz kıyısına daha yakın olmasından dolayı daha fazla yağış almaktadır. Yani havzada yıllık ortalama yağış miktarı membadan mansaba doğru gidildikçe yükselme göstermiştir. Örneğin; Seydişehir'de 753 mm iken, Manavgat'ta 1110 mm'ye yükselmiştir. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 202 mm iken maksimum yağış 2009 yılında 1591 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada kıyıya yakın kesimlerde Akdeniz ikliminin görülmesi ile birlikte, içerilere doğru gidildikçe Akdeniz ikliminden karasal iklime geçiş ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 896 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.286'dan görüldüğü gibi, havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıklarının kısa ve uzun dönemler halinde devam etmektedir. Bununla beraber, ortalamadan daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları en uzun 1965-1970 yılları arasında 6 yıl olarak bulunmuştur. Ayrıca, ortalama yağışın üzerinde kalan yağışların daha fazla olmasının yanı sıra, kısa dönemler halinde ortalama yağışın çok üzerinde de yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.290.** Oymapınar Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.53'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde ağustos ve temmuz aylarında görülmektedir. Ayrıca, ilkbahar aylarından sonra en yağışlı aylar sonbahar mevsimi sonunda meydana geldiği gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.56.** Oymapınar Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 177.1 | 125.4 | 80.8 | 53.6 | 35.8 | 18.3 | 6.4 | 6.8 | 16.0 | 69.2 | 114.8 | 191.5 | ***895.66*** |

Havzada, güneyden kuzeye doğru gidildikçe sıcaklık azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 15 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 25-26 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 4~5 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmemektedir. Havzada, yükseltinin kısa

mesafelerde değişmesi ve dağlık alanların fazla olması sebebiyle yaz ve kış mevsimlerindeki ortalama yağış değerleri ile sıcaklık değerleri birbirinden çok farklılık göstermektedir.

Manavgat çayı Batı Toroslardan doğup, Akdeniz'e dökülmektedir. Manavgat çayı üzerinde 1984 yılında inşaatı biten ve enerji amaçlı olarak inşa edilen Oymapınar Barajı, normal su kotunda 5 $km^2$ göl alanına ve 300 $hm^3$ göl hacmine sahip olup, toplam kurulu gücü 540 MW'dır [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 104.9 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 407.49 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 24.67 $m^3/s$'dir. Büyük oranda bu akiferlerden çıkan karstik kaynaklarla beslenen Manavgat çayı, yüzey su toplama havzasına düşen yağışa oranla daha fazla miktarda su taşımaktadır. Nehir yıllık toplam akışının 1/3'ini havzasına düşen yağışlardan 2/3'sini ise karstik kaynaklardan sağlamaktadır [103].

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.54'de verilmiştir.

**Çizelge 4.57.** Oymapınar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Oymapınar Baraj Havzası** | 1955-2013 | 1984-2013 | 1984-2013 | 2002-2011 | 2008-2013 |

### 4.4.4.2. Oymapınar Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

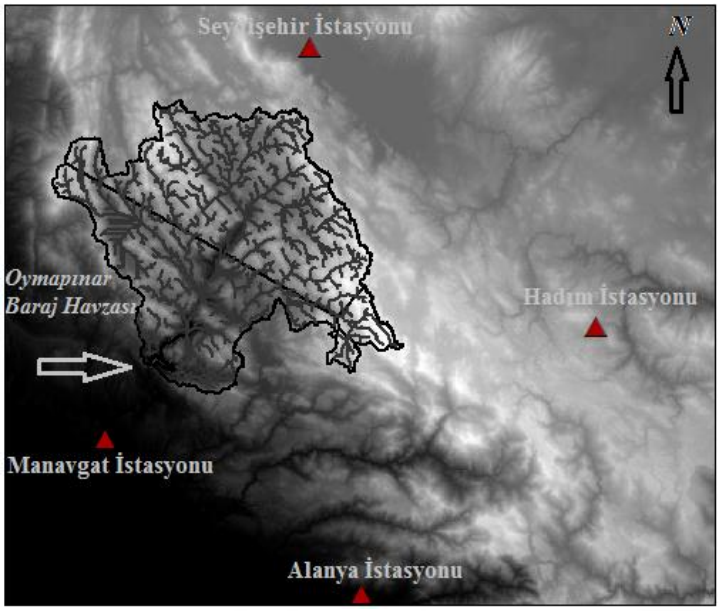
#### 4.4.4.2.1. Oymapınar Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 4 adet meteoroloji istasyonu (Seydişehir, Hadım, Alanya, Manavgat) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.55'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.58.** Oymapınar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Seydişehir | 34.43 | 31.85 | 1129 | 753 |
| **2** | Alanya | 36.55 | 31.98 | 6 | 1090 |
| **3** | Hadım | 36.99 | 32.46 | 1552 | 625 |
| **4** | Manavgat | 36.79 | 31.44 | 38 | 1110 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 4 meteoroloji istasyonuna ait 1955-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.287'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.55'de görülmektedir.




**Şekil 4.291.** Oymapınar Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

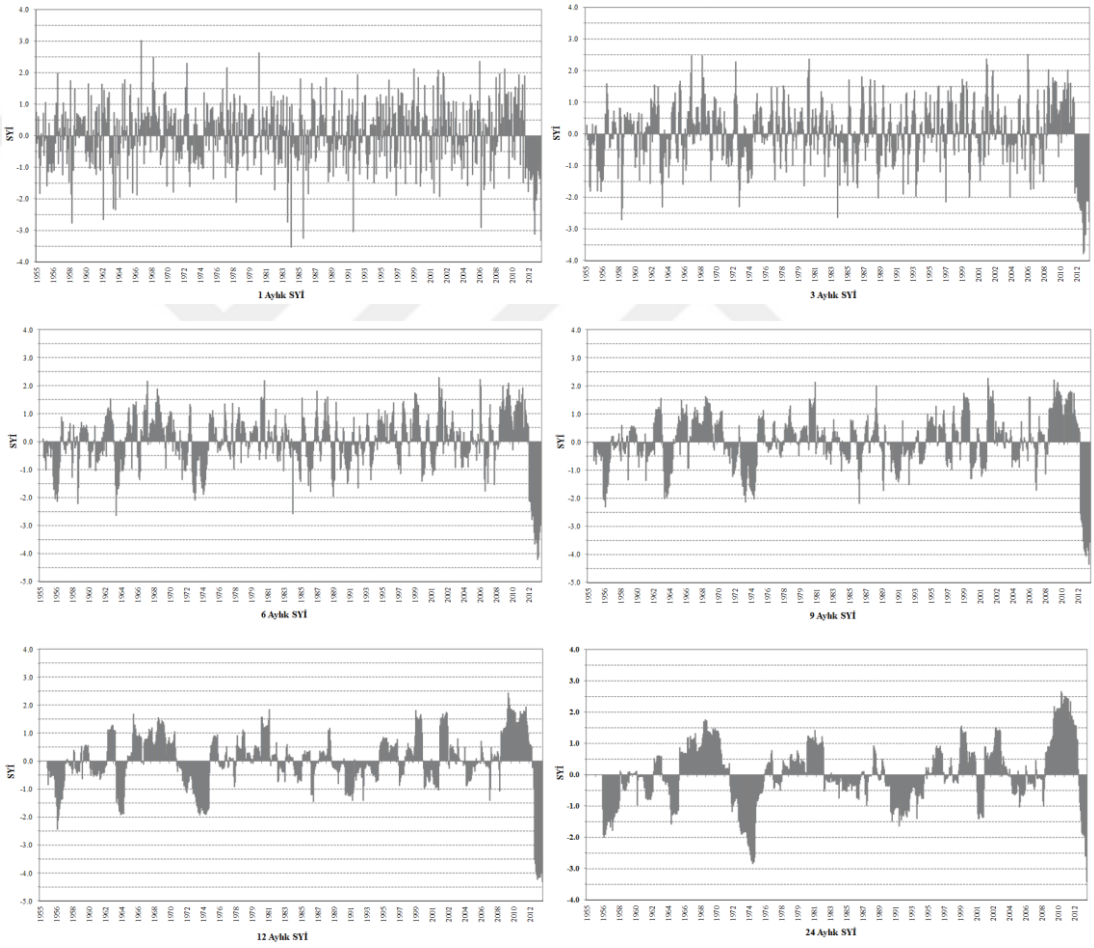
**Çizelge 4.59.** Oymapınar Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Seydişehir | 0.94 |
| **2** | Alanya | 0.89 |
| **3** | Hadım | 0.88 |
| **4** | Manavgat | 0.95 |

### 4.4.4.2.2. Oymapınar Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.288'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu

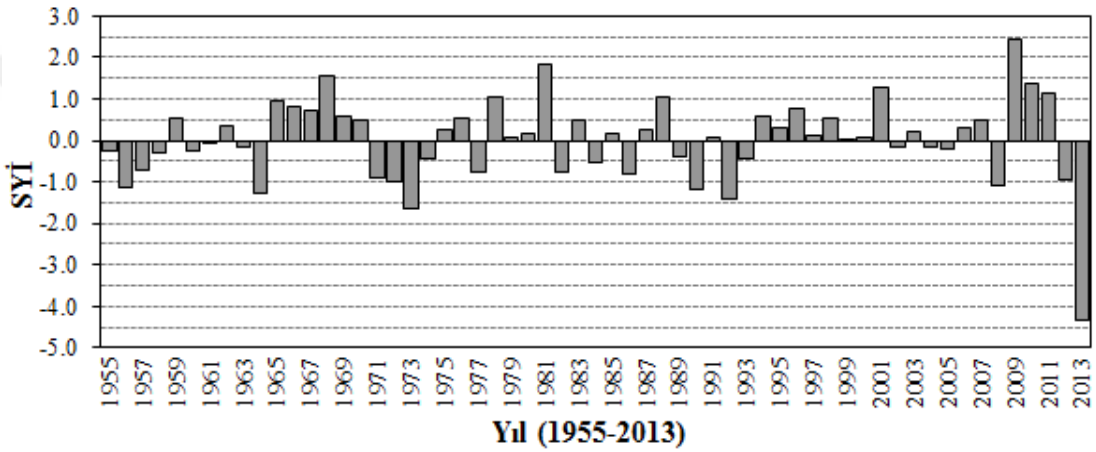
dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 3.5 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 9.5 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 13 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.292.** Oymapınar Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1955-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.289'da görüldüğü gibi toplamda 59 yılda 26 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 1 aşırı

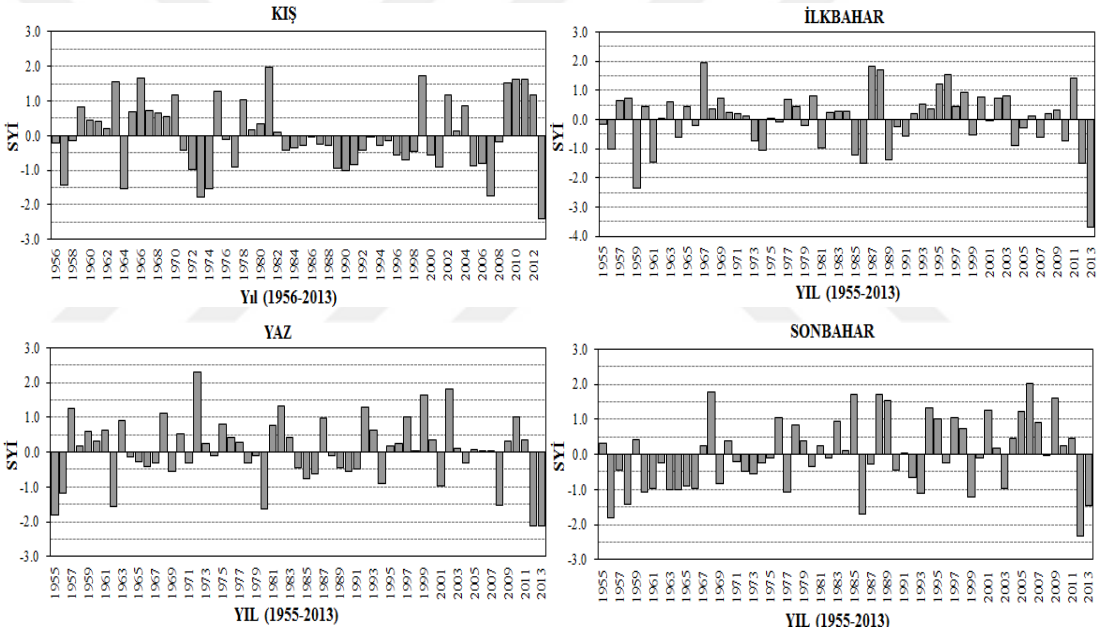
kurak, 1 çok kurak, 5 orta derecede kurak ve 19 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1.86 yıl olup, 1955-1958 ve 1971-1974 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 4 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0,36 (normale yakın) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -4.31 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1955-1958, 1960-1961, 1963-1964, 1971-1974, 1989-1990, 1992-1993, 2004-2005 ve 2012-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.293.** Oymapınar Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.290'da yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirinden farklı değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 33 yıl, ilkbahar mevsiminde 24 yıl, yaz mevsiminde 26 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 31 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar en fazla ilkbahar ve yaz mevsiminde 2 yıl boyunca yaşanmıştır. Çok kuraklıklar en fazla kış ve yaz mevsiminde, orta derecede kuraklıklar en fazla sonbahar mevsiminde ve normale yakın kuraklıklar ise en fazla kış mevsiminde yaşanmıştır. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait

ortalama kuraklık şiddetleri birbirine yakın değerler (-0.41~-0.34) gösterirken, ortalama kuraklık süresi bakımından birbirinden farklılık göstermektedir. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (4.13) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.41) ise en azdır. Maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise en uzun süre kış mevsiminde 1983-1998 yılları arası 16 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 59 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir.




**Şekil 4.294.** Oymapınar Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014

yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1955-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Oymapınar Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada genelinde 1955-1965'li yıllar arasında normale yakın kuraklıklar sıklıkla görülmüş olup, özellikle 1956 ve 1964 yıllarında havzada orta derecede kuraklıklara rastlanmıştır. Bu yıllarda havzada orta derecede kuraklığın görülmesi, havzanın ülke genelinde yaşanan kuraklıklardan etkilendiği göstergesidir. 1965'den itibaren 1970 yılının ise tamamında havzada önemli bir yağış azlığı gözlenmemiş olup, tamamen sulak dönemlerin var olduğu bir dönem olmuştur. Havzada özellikle sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber 1971 yılından itibaren sulak dönemlerin yerini kurak dönemler almıştır. Bu dönemde meydana gelen kuraklıklar hafif şiddetli olup, sadece 1973 yılında şiddetli kuraklığa rastlanmıştır. Bu dönem yine ülke bütününde kuraklığın görüldüğü bir dönem olup, havzanın da ülkedeki genel kuraklıktan etkilendiğinin göstergesi olmuştur. 1975 yılından itibaren kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber 1988 yılında kadar ardı sıra kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp sulak dönemlerin hakim olduğu, yer yer normale yakın kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Sadece 1977, 1982, 1984 ve 1986 yıllarında normale yakın kuraklıklar meydana gelmiştir. 1989-1993 yılları arasında kuraklık devam etmiş olup özellikle 1990 ve 1992 yıllarında çok kuraklıklara rastlanmıştır. Yine bu dönemde de ülke genelinde şiddetli kuraklıklar meydana gelmiştir. 1990'lı yılların ortasından itibaren havzada yağış artışı meydana gelerek kurak dönemlerin ardından uzun bir dönem sulak dönemler görülmüştür. Özellikle 1999-2001 yılları arası ülke geneli için şiddetli kuraklıkların yaşandığı dönem olmasına rağmen havza için sulak dönemlerin hakim olduğu bir dönem olmuştur. 2002-2011 yılları arası havzada normale yakın kurak dönemler ile sulak dönemler beraber görülmüş, özellikle 2008 yılında ülke genelinde de görülen şiddetli kuraklıkların yansıması sonucu havzada orta derecede kuraklık yaşanmıştır. 2008 yılından sonra yağışlarda artış meydana gelmiş ve 2009-2011 yılları arasında havzada tamamen sulak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönem, ülke için de sulak bir dönem olmuştur. 2012-2013 yılları arasında uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamıştır. Özellikle 2013 yılında ise, havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık görülmüş ve bu yılda ülke genelinde de şiddetli

kuraklıklar yaşanmıştır. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla kış mevsiminde görülmesinin yanı sıra, tüm mevsimlerde birbirinden farklı değerler göstermiştir. Havzada, özellikle 1956, 1964, 1976, 1990 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Oymapınar Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmış olup, genellikle normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yıllarda havzada uzun süreli kurak ve sulak dönemler hakimiyetini sürdürmüş olup, bu dönemde çok, orta derecede ve normale yakın kuraklıklar görülmüştür. Fakat, özellikle 2013 yılında ülke genelinde de yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza da etkilenmiş ve aşırı kuraklık yaşanmıştır. Bu sebeple 2009-2011 yıllarında yaşanan sulak dönemlerden sonra, 2012 yılında yaşanan normale yakın kuraklık ve devamında 2013 yılında yaşanan aşırı kuraklık yaşanmış ve hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu havzada kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu düşünülmektedir.

#### 4.4.4.3. Oymapınar Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.4.4.3.1. Oymapınar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

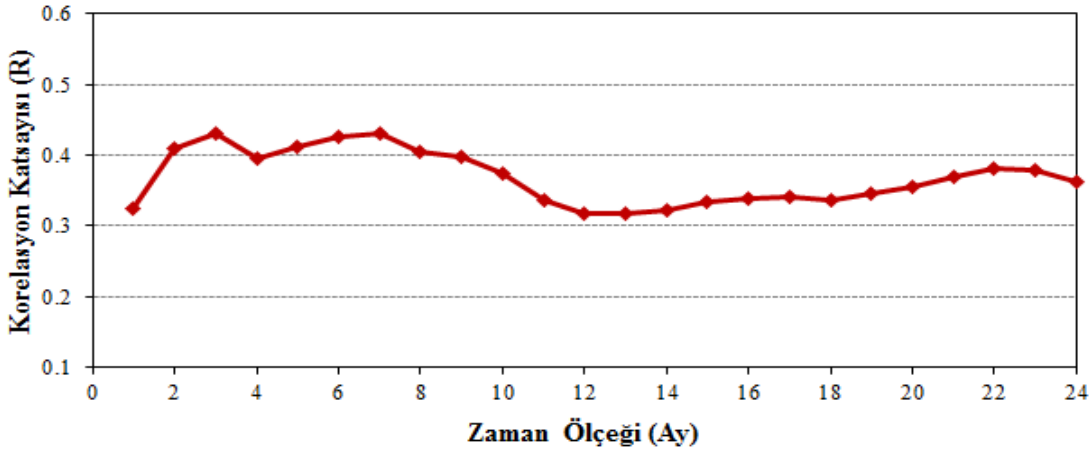
Oymapınar Baraj havzasında 1984-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 104.90 m3/s iken maksimum akım 407.49 m3/s ve minimum akım ise 24.67 m3/s'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 0.97 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Ayrıca daha önce belirtildiği gibi Oymapınar havzasında nehir yıllık toplam akışının 1/3'ünü havzasına düşen yağışlardan 2/3'sini ise karstik kaynaklardan

sağlamaktadır [93]. Oymapınar barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.4.3.1.1. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

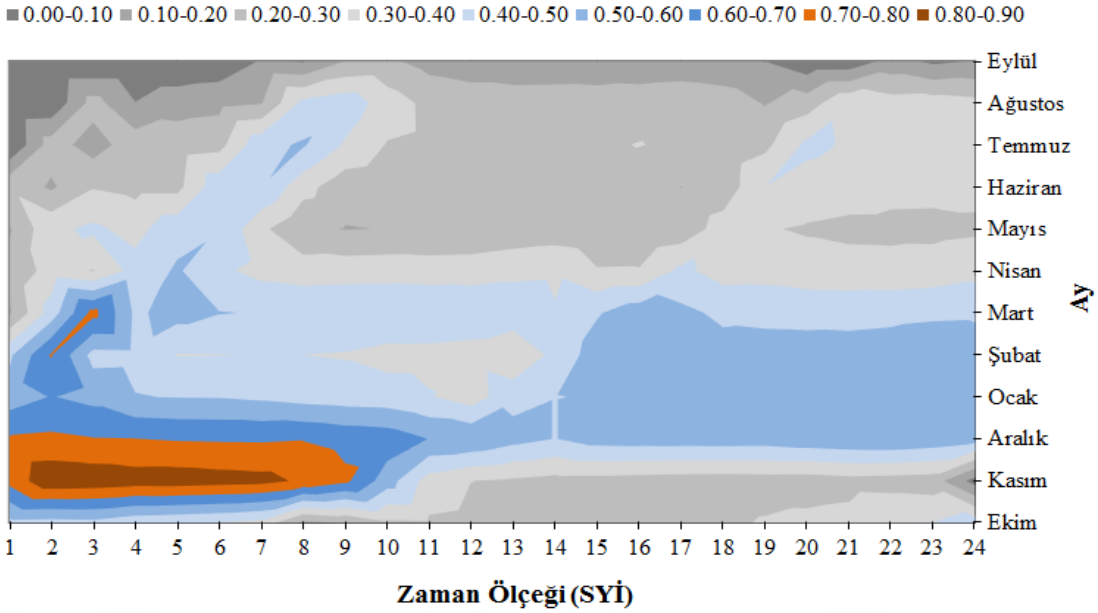
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.291'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (2-4 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.43) 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 2 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Oymapınar Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.295.** Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.4.4.3.1.2. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.292'da standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.296.** Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri (R>0.70) sonbahar mevsimi sonu (kasım), kış mevsiminde (aralık ve şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.877), kış mevsiminde maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.72), 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.706) ve ilkbahar mevsiminde maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.731) elde edilmiştir. Sadece kış mevsimi ortasında (ocak) korelasyon değerleri diğer yüksek korelasyon görülen aylara göre nispeten daha küçük olup (R>0.60), maksimum korelasyon değerinin 2 aylık zaman ölçeğinde olduğu tespit edilmiştir. Maksimum korelasyon değerleri nisan ayından başlayarak mayıs ve haziran aylarını takiben yüksek korelasyon değerlerinin görüldüğü aylara göre düşüş göstermiş (0.46<R<0.51) ve maksimum korelasyon değerlerinin bulunduğu zaman ölçeğinde artış olduğu dikkat çekmiştir. Burada maksimum korelasyonlar nisanda 5 aylık zaman ölçeğinde iken, mayıs ve haziranda 6 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon değerleri yaz mevsimi ortasından itibaren (temmuz) daha da düşmeye (R<0.30) devam ederek, sonbahar

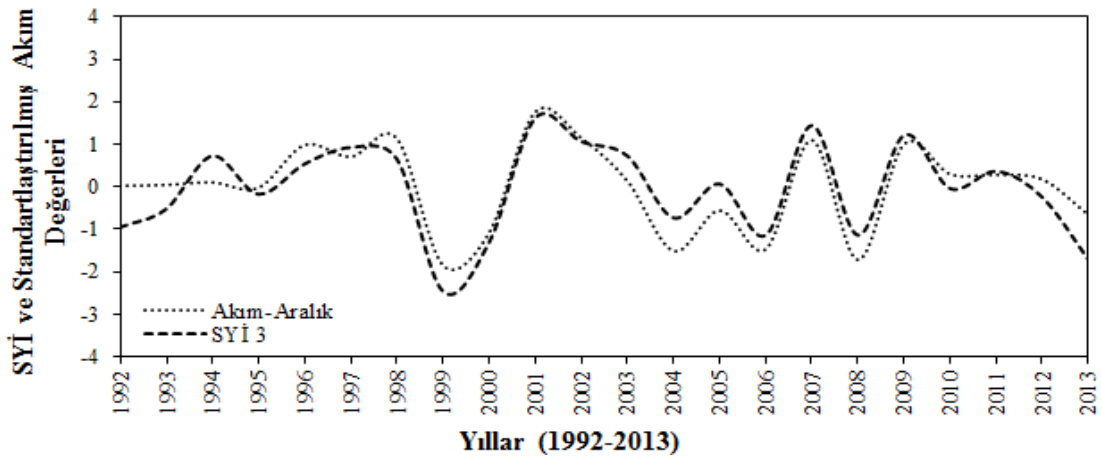
mevsimi başında (eylül) 6 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye indiği gözlemlenmiştir. Ekim ayında ise maksimum korelasyon değeri nispeten yükselerek R=0.46 değerini aşmıştır.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerlerine (R>0.65) sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve kış mevsimi ortasında (aralık) rastlanmaktadır. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon 7 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.832) ve kış mevsiminde maksimum korelasyon 8 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.695) elde edilmiştir. Burada dikkat çeken durumlardan biri de yaz aylarında ve sonbahar başlangıcında (eylül) en yüksek korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde (7-10 aylık) ulaşılmış olup, SYİ zaman ölçeğinin yüksek korelasyonlarda basamak şeklinde bir artış göstermekte olduğu dikkat çekmiştir. Ayrıca sonbahar mevsimi başında (eylül) korelasyon değerleri diğer aylara göre nispeten daha küçük olup (R<0.30), maksimum korelasyon değerinin 10 aylık zaman ölçeğinde olduğu tespit edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 2-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-10 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.51), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.72), ilkbahar mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.73) ve sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.88) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde kısa zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 2-10 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde sonbahar mevsiminde eylül ayında korelasyon değerlerinin (R≤0.29) diğer aylara göre nispeten düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.50 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde kasım ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.88) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu (R≤0.29) ayın da sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimi

başlangıcında (haziran) ve yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılması dikkat çekmiştir.

Şekil 4.293'de ise 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği kasım ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1986, 1999, 2003, 2012 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.297.** Oymapınar Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

### 4.4.4.3.2. Oymapınar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

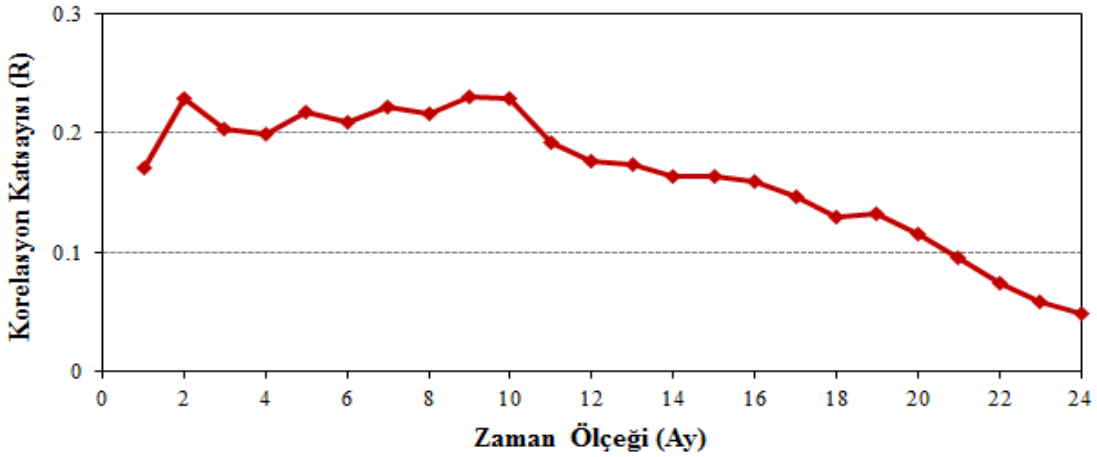
Oymapınar Baraj havzasında 1984-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Oymapınar barajı normal su kotunda 300 $hm^3$ göl hacmine ve 5 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde

aylık hazne hacim değerlerinin 0.18 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.4.3.2.1. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

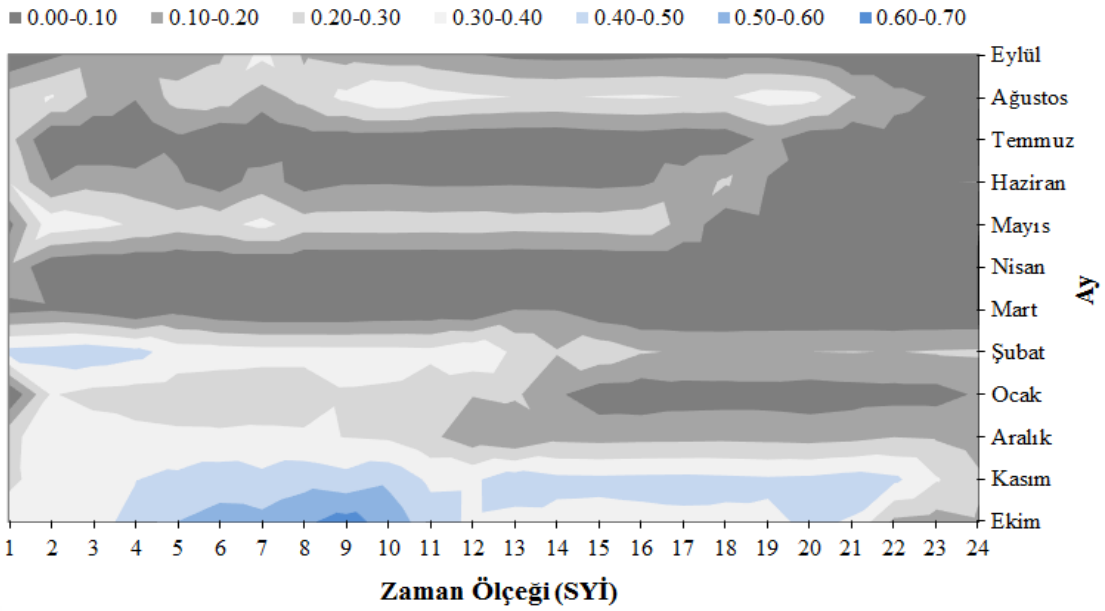
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.294'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (7-10 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.23) 9 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 8 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Oymapınar Baraj havzasında 1-10 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 10 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.298.** Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.4.3.2.2. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.295'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



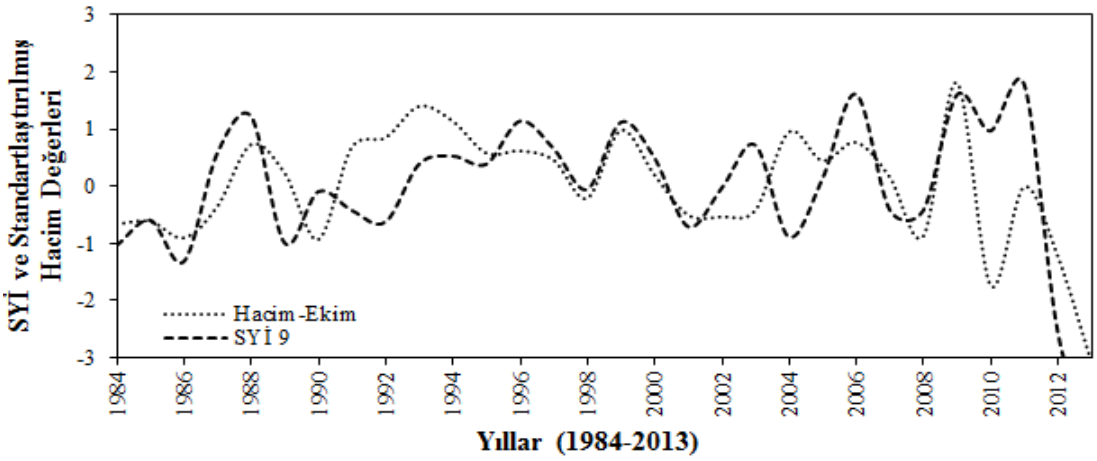

**Şekil 4.299.** Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri (R>0.46) sonbahar mevsiminde (ekim-kasım) ve kış mevsimi sonunda (şubat) bulunmuştur. Sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon 9 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.64), 10 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.48) ve kış mevsiminde maksimum korelasyon 3 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.47) elde edilmiştir. Görüldüğü gibi en yüksek korelasyon değerine sonbahar mevsiminde (R=0.64) 9 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında ulaşılmaktadır. Gözlemlenen zaman ölçeklerinde özellikle ilkbahar, yaz mevsimleri ile kış ve sonbahar mevsimleri başlangıcında korelasyon değerleri nispeten düşük (R<0.40) olduğu belirlenmiştir. Özellikle ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve yaz mevsiminde (temmuz) diğer mevsimlere kıyasla korelasyonların çok daha düşük olduğu dikkat çekmiştir. Maksimum korelasyon mart ayında 13 aylık zaman ölçeğinde ve nisan ayında 1 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R<0.20) inmektedir.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 1-10 aylık zaman ölçeğinde (sadece mart ayı için 13 aylık zaman ölçeği geçerlidir)

bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.39), sonbahar mevsiminde 9 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.64), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.47), ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.37) ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.35 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri ilkbahar mevsiminde mart ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.10) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde (ekim), en düşük korelasyon değeri ise ilkbahar mevsiminde (mart) elde edilmiştir. Ayrıca 13-24 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri (maksimum korelasyon değerlerinin elde edildiği ekim ve kasım ayları göz ardı edildiğinde) R=0.3 değerini aşamamaktadır. Fakat, maksimum korelasyon değerlerine daha kısa zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Buradan yola çıkarak havzada, 13 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.296'da 9 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ekim ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1984, 1985, 1986, 2001, 2008, 2012 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ekim ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde şubat ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



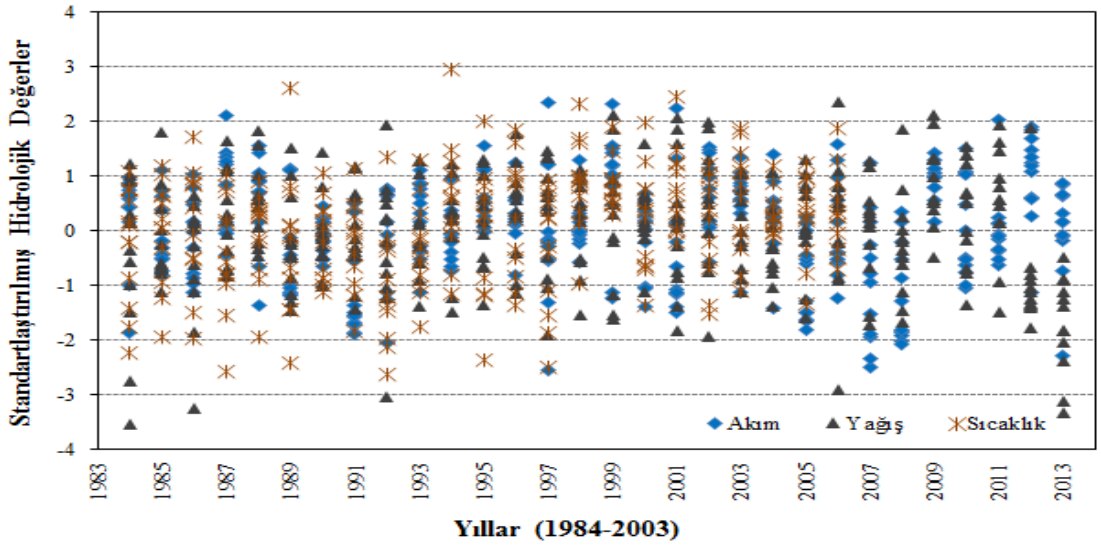

**Şekil 4.300.** Oymapınar Baraj Havzasında 9 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ekim Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Oymapınar Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (2-4 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.43) 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.88) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.22) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (7-10 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.23) 9 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne

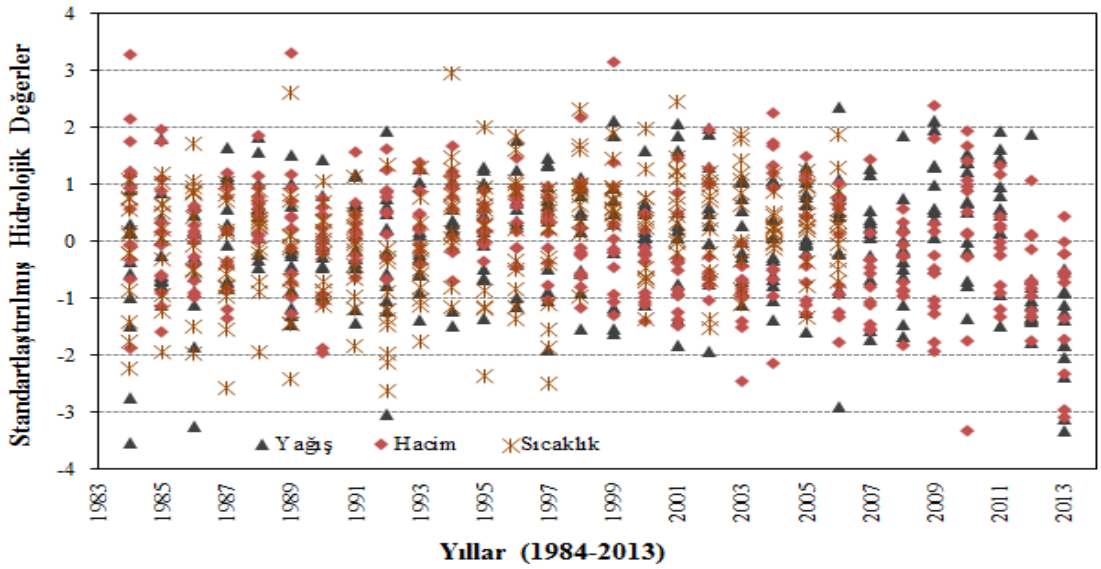
hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde 9 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.64) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerine ise ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.10) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.297 ve 4.298'de görüldüğü gibi ay bazında 1984-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.301.** Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.302.** Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.4.4.4. Oymapınar Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

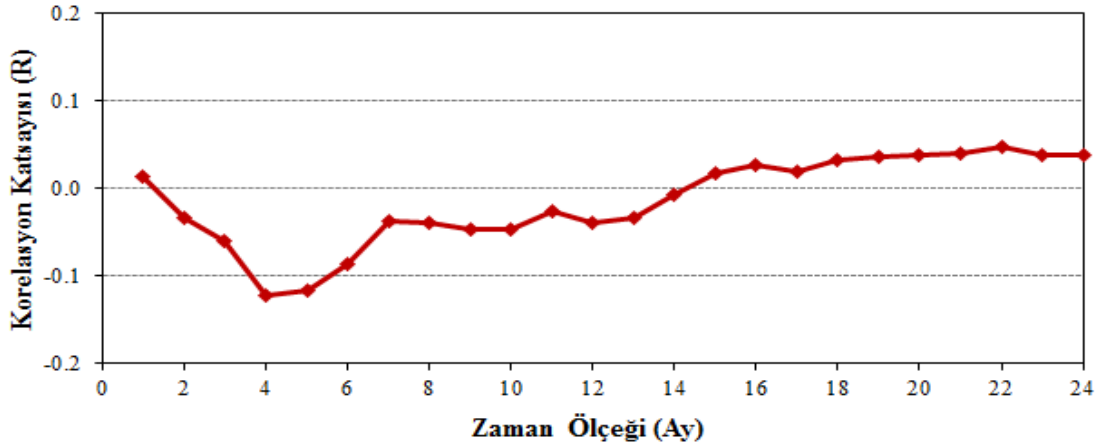
#### 4.4.4.4.1. Oymapınar Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.4.4.4.1.1. Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.299'da gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.01 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Oymapınar Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

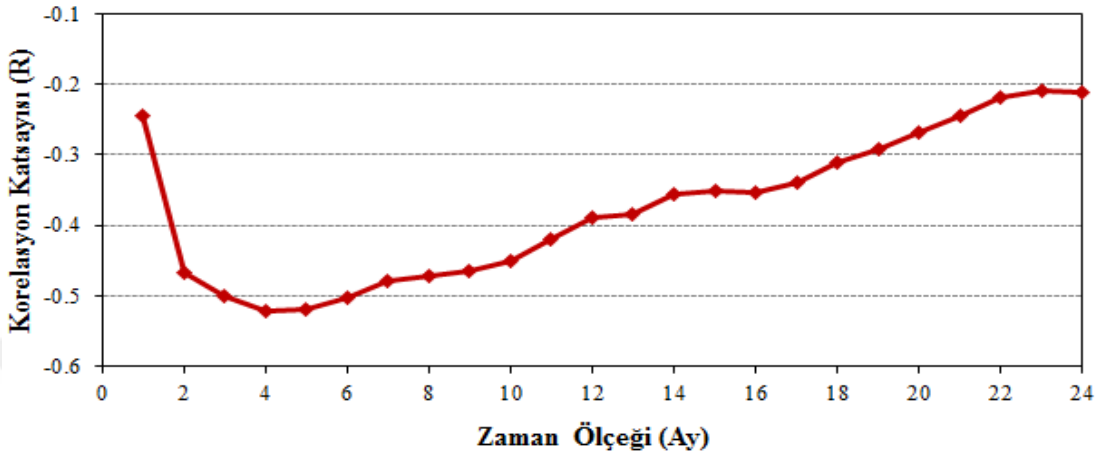



**Şekil 4.303.** Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.4.4.1.2. Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.300'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=-0.24 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir

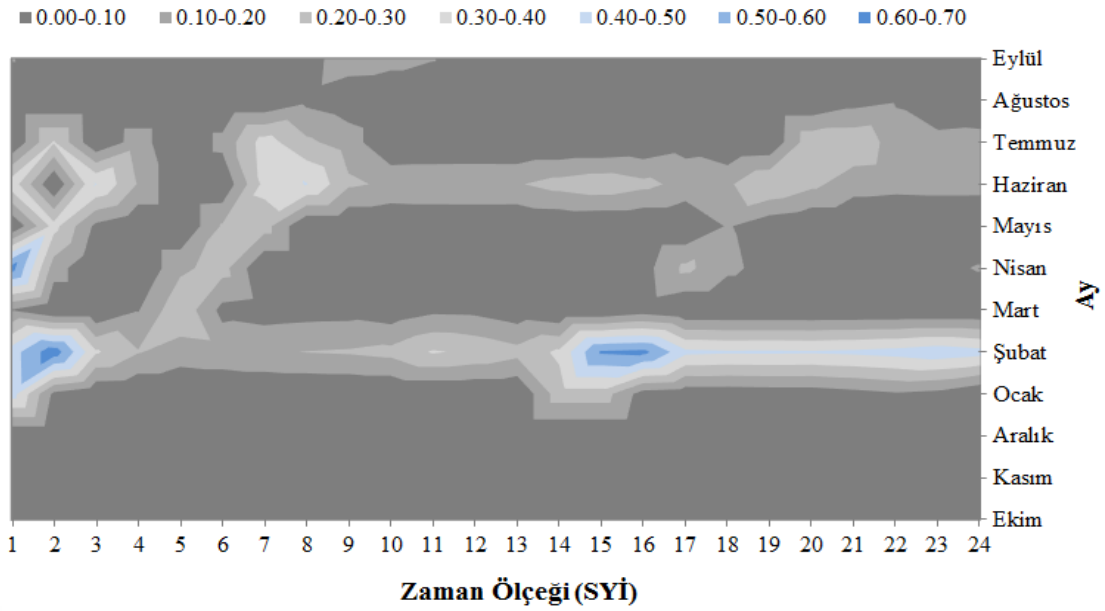
aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Oymapınar Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.304.** Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.4.4.4.1.3. Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.301'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.305.** Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

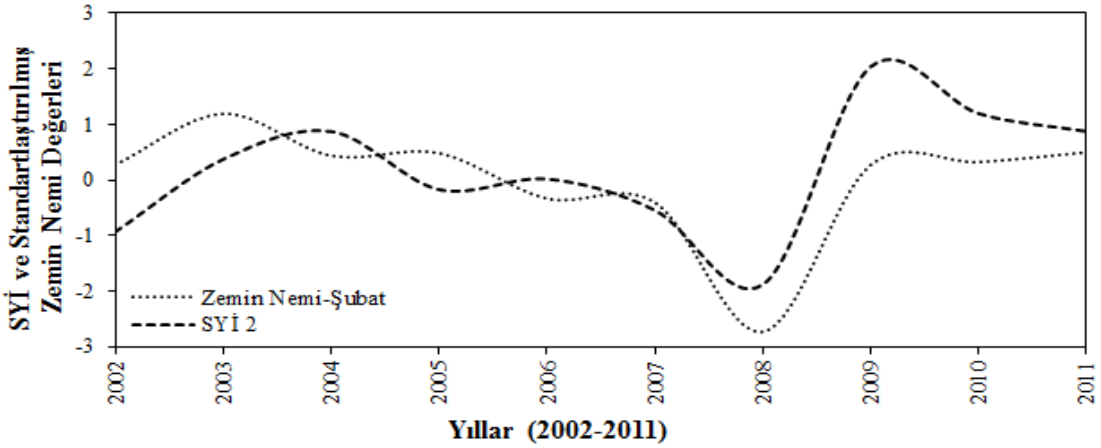
Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ve mart ayları için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.301'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri R>0.60) kış mevsimi sonu (şubat) ve ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) görülmektedir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde maksimum korelasyon 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.67) ve ilkbahar mevsiminde maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.65) elde edilmiştir. İncelenen zaman periyodunda özellikle sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım), kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) korelasyon değerleri çok düşük olup bütün zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar görülmektedir.

Mevsimsel olarak bakıldığında, korelasyon değerleri kış mevsimi ortasında (ocak) nispeten artışa geçerek (R<0.45), şubat ayında 2 aylık zaman ölçeğinde maksimum

korelasyon değerine (R=0.67) ulaşmaktadır. İlkbahar mevsimi başlangıcından (mart) yaz mevsimi ortasına (temmuz) kadar ki dönem değerlendirildiğinde kış mevsiminde (aralık ve ocak) görülen korelasyon değerlerine göre nispeten daha yüksek korelasyonlar (R<0.65) elde edilmiştir. Yaz mevsimi sonundan (ağustos) itibaren korelasyonlar düşüşe geçmiş (R<0.10) ve sonbahar sonunda (kasım) maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye inmiştir. Özellikle bu dönemde maksimum korelasyon değerleri negatif değerler olduğu (eylül ayı hariç) gözlemlenmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ve mart ayı için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.41), sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.11), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.67), ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.65) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.10 değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, kış mevsiminde şubat ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.67) ve sonbahar mevsiminde ise kasım ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.428) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada ocak ve şubat aylarında özellikle 14 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.65) görülmesi ve özellikle ağustos, ekim, kasım ve aralık aylarında tüm zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin negatif olması dikkat çeken bir durumdur. dikkat çeken bir durumdur.

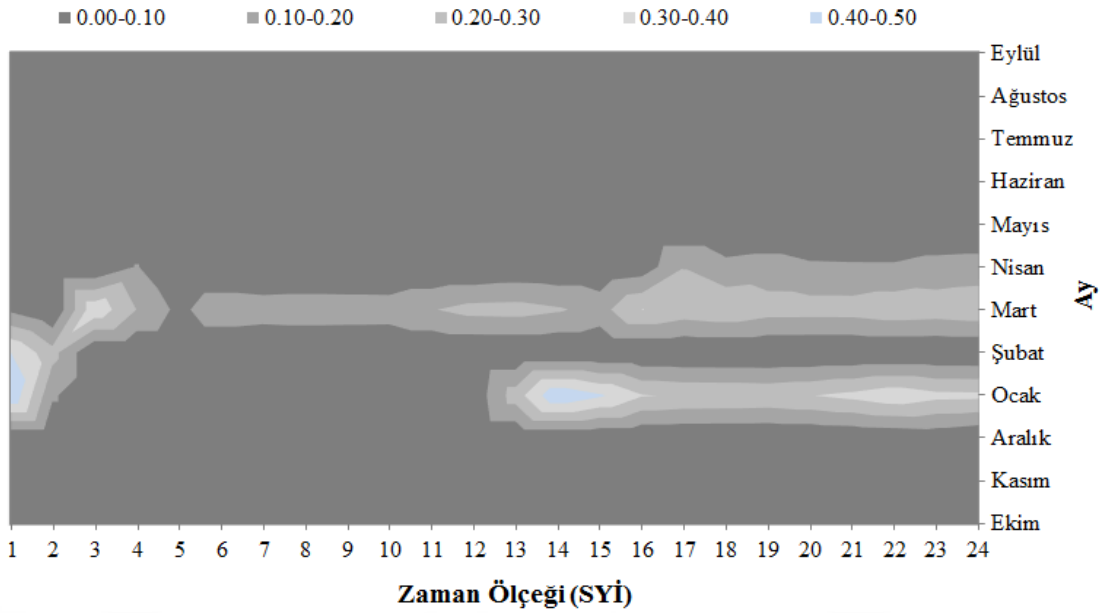
Şekil 4.302'de 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile şubat ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ocak ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.306.** Oymapınar Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.4.4.4.1.4. Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.303'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.307.** Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

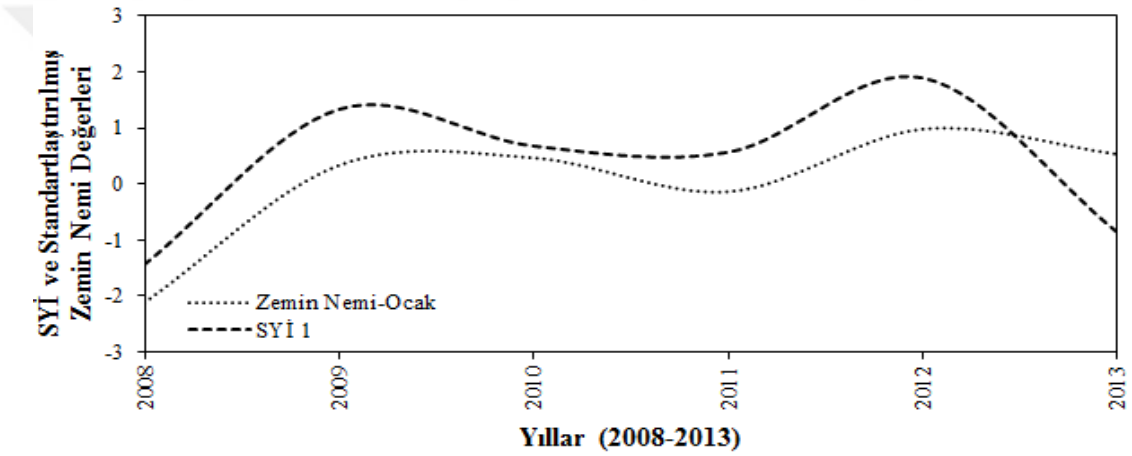
Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerlerine sonbahar, kış ve yaz (haziran hariç) mevsimlerinde 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimi ve yaz mevsimi başlangıcında ise maksimum korelasyonlar 3-6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Şekil 4.303'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R<0.50$) kış mevsiminde (ocak ve şubat) görülmektedir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine ocak ayında maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.49$) ve şubat ayında maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.40$) ulaşılmıştır. İncelenen zaman periyodunda özellikle kış mevsimi (ocak ve şubat) ve ilkbahar mevsimi (mart ve nisan) hariç, diğer aylarda korelasyon değerleri çok düşük olup bütün zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar görülmektedir.

Mevsimsel olarak bakıldığında, ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) maksimum korelasyon 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilirken yaz mevsimi başlangıcında maksimum korelasyon 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Burada maksimum korelasyon değerlerinde düşüş olurken zaman ölçeğinde basamak şeklinde bir artış olduğu dikkat çekmiştir. İncelenen zaman periyodunda özellikle yaz mevsiminde, sonbahar mevsimi ve ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) korelasyon değerleri çok düşük olup bütün zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar görülmektedir. Korelasyon değerleri kış mevsimi başlangıcında nispeten artışa geçerek, ocak ayında 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine (R=0.49) ulaşmaktadır. Şubat ve mart aylarında maksimum korelasyon değerleri ocak ayındaki korelasyonlara yakın değerler (R>0.35) göstermiştir. Kış (ocak-şubat) ve ilkbahar (mart-nisan) mevsimleri diğer mevsimlere göre nispeten yüksek korelasyonlara sahiptir. İlkbahar mevsimi sonundan (mayıs) itibaren sonbahar mevsimi ortasına kadar maksimum korelasyon değerleri düşüşe geçmiş (R<0.10) ve sonbahar ortasında (ekim) maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye inmiştir. Sonbahar mevsimi ortasından (kasım) itibaren maksimum korelasyon değerlerinde artış gözlemlenmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=-0.54) 6 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında, sonbahar mevsiminde (R=-0.28) 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde (R=0.49) 1 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında, ilkbahar mevsiminde (R=0.37) 3 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, ilkbahar ve kış mevsimleri hariç diğer mevsimlerde bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.10 değerini aşamamıştır. Ayrıca, tüm mevsimlerdeki en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1, 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, kış mevsiminde ocak ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.49) ve sonbahar mevsiminde ise ekim ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.83) elde edilmiştir. Çalışmada, kış mevsiminde (ocak ve şubat) ve ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) elde edilen korelasyon değerleri nispeten yüksek olup, kış mevsimi başlangıcı (aralık), ilkbahar mevsimi sonu (mayıs) ile yaz ve sonbahar mevsimlerinde elde edilen korelasyon değerleri çok düşüktür. Ayrıca, çalışmada aralık ayında özellikle 13 aylık zaman

ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.49) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.304'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ocak ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 kuraklığı) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.308.** Oymapınar Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin

nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, büyük ölçekli bir havza olan Oymapınar Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, istasyon ölçümleri kaynaklı ve uydu kaynaklı zemin nemi verilerinden elde edilen korelasyonların düşük çıkmasının nedeninin, verilerin değerlendirilen zaman aralıklarının kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada 1 aylık kısa zaman ölçeklerinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.67) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde kasım ayında (R=-0.43) ulaşılmıştır. Sonuç olarak çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsimi sonunda (şubat) ve ilkbahar mevsimi ortasında (nisan), en düşük korelasyon değerleri ise kış mevsimi başlangıcında (aralık), sonbahar mevsiminde (kasım ve ekim) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) bulunmuş ve bu aylarda değerlendirilen zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar elde edilmiştir. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.49) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde ekim ayında (R=-0.83) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerler kış mevsiminde (ocak ve şubat) ve ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan), en düşük korelasyon değerleri ise kış mevsimi başlangıcı (aralık), ilkbahar mevsimi sonu (mayıs) ile yaz ve sonbahar mevsimlerinde bulunmuştur. Her iki farklı şekilde elde edilmiş zemin nemi veri serileri için yapılan mevsimsel karşılaştırmalarda, incelenen

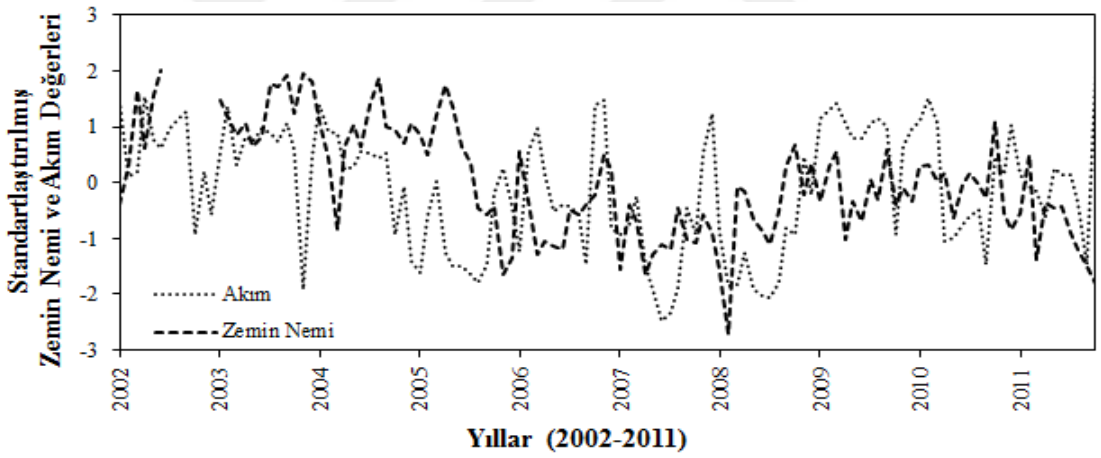
zaman ölçeğinde elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.45 değerini aşması dikkat çekmiştir. 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile şubat ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile ocak ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2007 ve 2008 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.4.4.5. Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

#### 4.4.4.5.1. Oymapınar Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

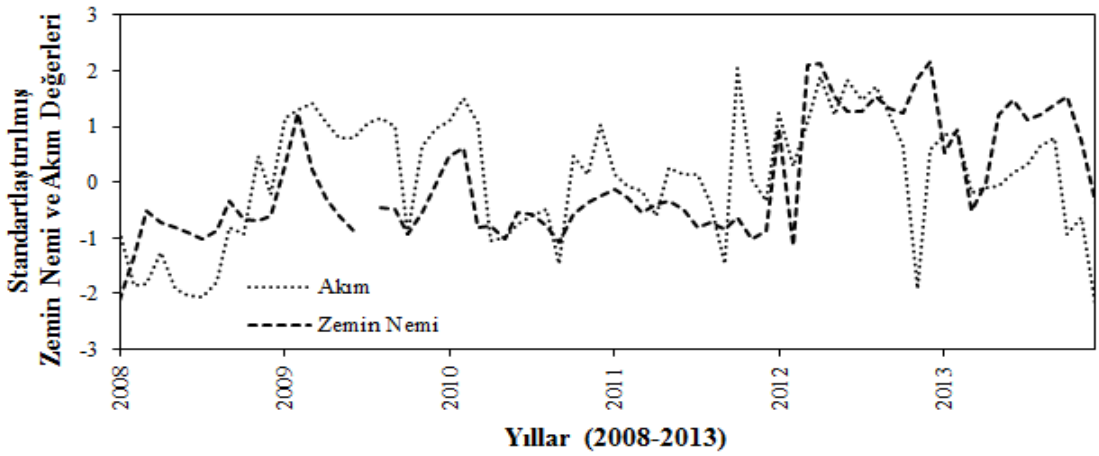
Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.26 elde edilmiştir. Şekil 4.305'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2006, 2007 ve 2008 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.309.** Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.4.4.5.2. Oymapınar Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.49 bulunmuştur. Şekil 4.306'da nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2010, 2011 ve 2013 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 ve 2013 yıllarında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir. Ayrıca, standartlaştırılmış aylık akım ve zemin nemi verileri zaman serisi şeklinde karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerdeki genel uyumluluğu göze çarpmaktadır.




**Şekil 4.310.** Oymapınar Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

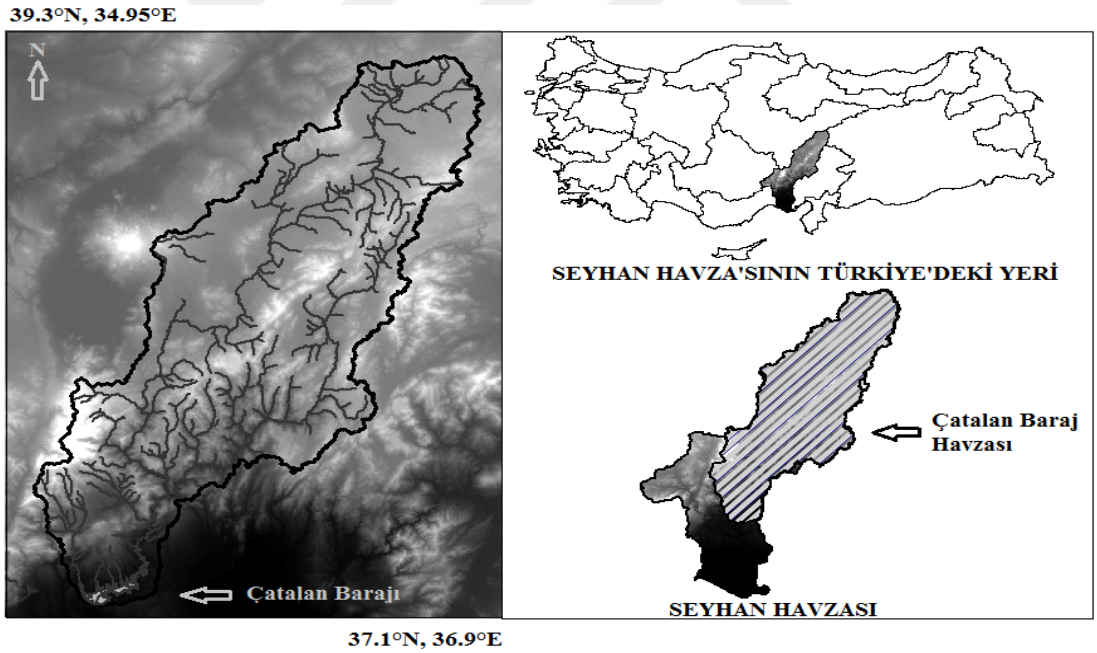
Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

## 4.5. İç Anadolu Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları

### 4.5.1. Çatalan Baraj Havzası

#### 4.5.1.1. Çatalan Baraj Havzası Özellikleri

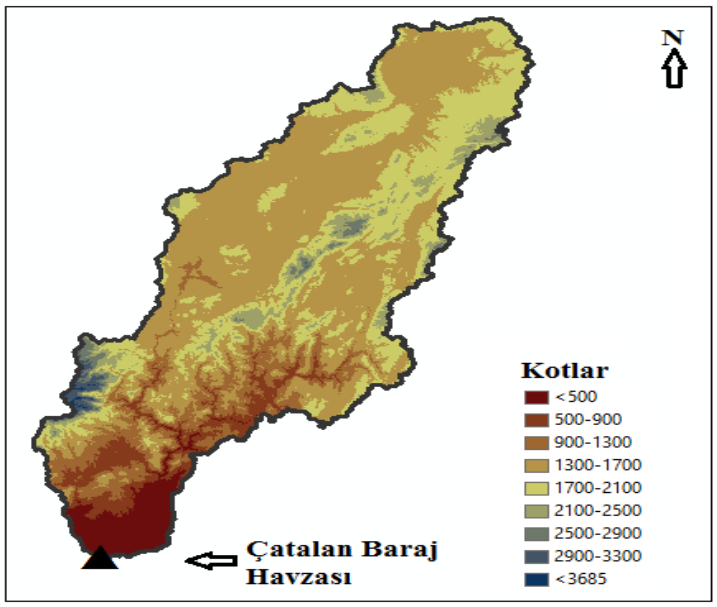
Çalışma alanı olarak seçilen Çatalan Baraj havzası, Niğde ilinin doğusunda, Kayseri ilinin batısında, Sivas ilinin güneybatısında, Kahramanmaraş ve Osmaniye illerinin kuzeybatısında ve Adana ilinin kuzeyinde 34°57'-36°55' doğu boylamları, 39°19'-37°7' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza Kayseri ve Adana illerinin büyük bir bölümü ile Niğde, Sivas ve Kahramanmaraş illerinin çok küçük bir bölümünü içine almaktadır. Seyhan havzasının bir alt havzası olan Çatalan Baraj havzası, yaklaşık olarak 15303 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.307).




**Şekil 4.311.** Çatalan Baraj Havzasının Konumu

Çatalan Baraj havzası, Doğu Akdeniz Bölgesinin kuzey bölümünü ve İç Anadolu Bölgesinin güneydoğu bölümünü içine almaktadır. Havzanın kuzeydoğusunda Aşağı

Fırat, doğusunda Ceyhan, kuzey ve kuzeybatısında Kızılırmak, güneybatısında Doğu Akdeniz ve batısında İç Anadolu havzaları bulunmaktadır. Havzanın kuzey bölümü İç Anadolu, güney bölümü ise Akdeniz Bölgesi içinde kalmaktadır. Kıyıya daha yakın bölgeler hariç dağlık, engebeli ve eğimi fazla olan bir arazi yapısına sahiptir. Güneye yakın bölgelerde ise eğimi az Çukurova tabanı ve geride Orta Toros dağ sistemi uzanmaktadır [134]. Havzanın en önemli dağları; güneybatıda Bolkar Dağları ve Süzgeç Dağı, kuzeybatıda Aladağlar, kuzeydoğuda ve doğuda Tahtalı, Dibek ve Binboğa Dağlarıdır. Çatalan Baraj havzası Türkiye'nin en verimli tarımsal alanlarının bir bölümünü kapsamaktadır. Havzanın kuzeyinde bulunan dağlık bölgelerde kuru tarım ve otlak anlayışı yaygındır. En çok yetiştirilen bitkilerin başında tahıl gelmekte olup, sulanabilen arazilerde meyve, şeker pancarı, ayçiçeği, patates gibi ürünler yetiştirilmektedir. Havzanın güneyinde ise, Toroslar Dağlarının uzantısı olan yüksek dağlık araziler bulunmaktadır. Fakat bu araziler tarıma elverişli değildir ve çoğunlukla ormanlarla kaplıdır. Havzanın özellikle memba ve orta bölümlerinde ise otlaklar ve kuru tarım arazileri geniş yer kaplamaktadır [135]. Şekil 4.308'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 110-3685 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 110-1700 m arası rakımda olup, havzanın membası yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza, dağlık, engebeli ve eğimli bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzada membadan mansaba doğru gidildikçe yükselti artmaktadır. Özellikle havza çevresi ile kuzeydoğu bölgesinde yükselti fazla olup, güney bölgesinde ise yükselti azalmaktadır.

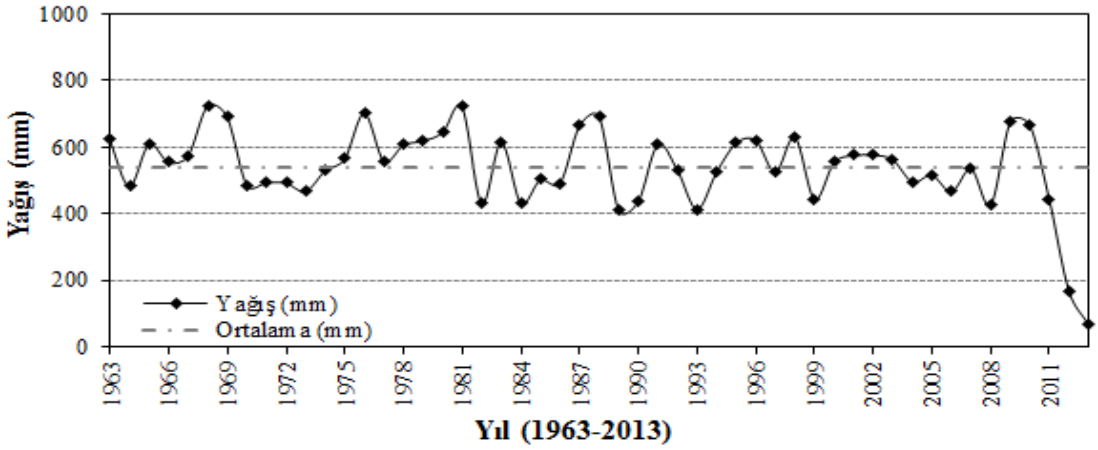



**Şekil 4.312.** Çatalan Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 110-3685 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havzanın kuzey bölümü Orta Doğu Anadolu iklim bölgesinde, güney bölümü ise Doğu Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Çatalan Barajı su toplama havzası, Akdeniz ve İç Anadolu coğrafi bölgelerinde yer almaktadır. Çatalan Baraj havzasında özellikle yükseltinin kısa mesafede değişmesine paralel olarak, çeşitli iklim tiplerine rastlanılmaktadır. Orta kesiminden Toros Dağları ile ikiye bölünmüş görünümde olan havzanın güney bölümünde Akdeniz iklimi, kuzey bölümünde ise İç Anadolu karasal iklim özellikleri görülmektedir. Kıyıdan Anadolu'nun merkezine kadar ulaşan havzanın kıyı kesimlere yakın bölgelerde ve civardaki dağların eteklerinde, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Ulukışla'dan Pınarbaşı'na olan bölge ve daha kuzey kısımlarda ise Orta Anadolu'nun karasal iklim karakteristikleri görülmekte olup, bu bölgelerde yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve yağışlı geçmektedir [135].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1963-2013 yılları arasında ölçüm yapan Kozan, Göksun, Sarız, Tomarza, Karaisalı,

Pınarbaşı, Gemerek ve Develi meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Kıyıya daha yakın kesimlerden iç kesimlere doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın daha içeride kalan memba bölgesine göre yükseltinin daha az olduğu mansap bölgesi, ayrıca Akdeniz kıyısına daha yakın olmasından dolayı daha fazla yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Karaisalı'da 863 mm iken, Gemerek'te 400 mm'ye düşmüştür. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 68 mm iken, maksimum yağış 1968 yılında 726 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada kıyıya yakın kesimlerde Akdeniz ikliminin görülmesi ile birlikte, içerilere doğru gidildikçe Akdeniz ikliminden karasal iklime geçiş ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 539 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.309'dan görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları ağırlıklı olarak uzun dönemler halinde görülmüştür. En uzun yağış sıklığı 1975-1981 yılları arasında bulunmuştur. Bununla beraber, ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları ise kısa ve uzun dönemler halinde meydana gelmiştir. Ayrıca, ortalama yağışın üzerinde kalan yağışların daha fazla olmasının yanı sıra, ortalama yağışın çok üzerinde veya çok altında yağış meydana gelmemiş olup ağırlıklı olarak ortalamaya yakın yağış değerleri elde edilmiştir.




**Şekil 4.313.** Çatalan Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.57'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde nisan ayında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.60.** Çatalan Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 64.5 | 53.7 | 60.6 | 64.7 | 60.7 | 35.6 | 10.4 | 9.9 | 17.1 | 38.2 | 53.2 | 70.3 | ***539.073*** |

Havzada, güneyden kuzeye doğru gidildikçe sıcaklık azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 11.1 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 22-23 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık -1~1 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmektedir.

Seyhan Nehrinin kaynağını aldığı kuzey bölümü, Zamantı Suyu olarak adlandırılmaktadır. Sivas ili Altınyayla ilçesi sınırları içinde 1500 m yükseklikteki Uzunyayla Platosunda doğmakta olan nehir, Orta Torosları geçtikten sonra Adana ilinin 80 km kuzeyindeki Aladağ ilçe sınırları içinde Göksu ile birleşir ve daha sonra Çukurova'ya ulaşarak Adana-İçel arasındaki Deliburun'dan Akdeniz'e dökülür [134]. Seyhan Nehri üzerinde 1997 yılında sulama, içme suyu, taşkın kontrolü ve enerji amaçlı olarak hizmete alınan Çatalan Barajı, normal su kotunda 82 $km^2$ göl alanına, 2126 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 126.61 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 491.90 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 3.00 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.58'de verilmiştir.

**Çizelge 4.61.** Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Çatalan Baraj Havzası** | 1963-2013 | 1997-2013 | 1997-2002 | 2003-2011 | - |

#### 4.5.1.2. Çatalan Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

##### 4.5.1.2.1. Çatalan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

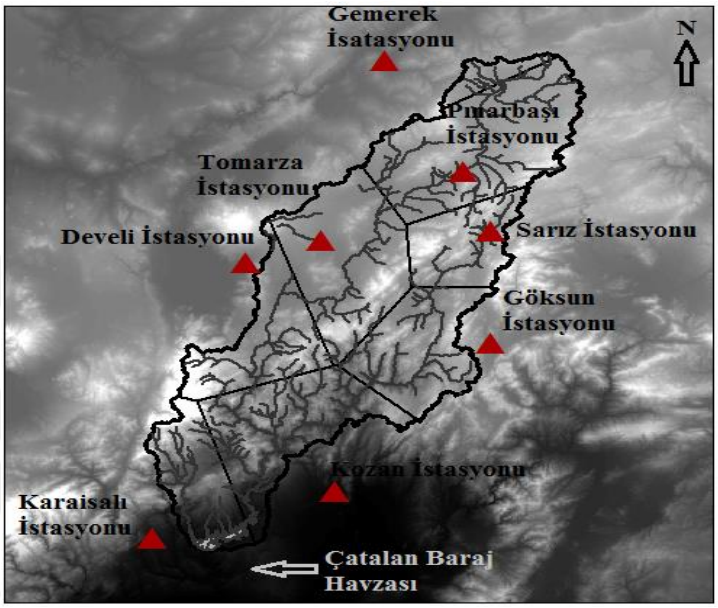
Çalışmada, havza içerisinde ve çevresinde yer alan en yakın 8 adet meteoroloji istasyonu (Kozan, Göksun, Sarız, Tomarza, Karaisalı, Pınarbaşı, Gemerek ve Develi) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.59'da verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.62.** Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Kozan | 37.43 | 35.82 | 112 | 826 |
| **2** | Göksun | 38.02 | 36.48 | 1344 | 600 |
| **3** | Sarız | 38.48 | 36.50 | 1599 | 503 |
| **4** | Tomarza | 38.45 | 35.79 | 1402 | 388 |
| **5** | Karaisalı | 37.25 | 35.06 | 240 | 863 |
| **6** | Pınarbaşı | 38.72 | 36.39 | 1542 | 400 |
| **7** | Gemerek | 39.18 | 36.08 | 1182 | 403 |
| **8** | Develi | 38.74 | 35.48 | 1204 | 363 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 8 meteoroloji istasyonuna ait 1963-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın

bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.310'da seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.60'da görülmektedir.



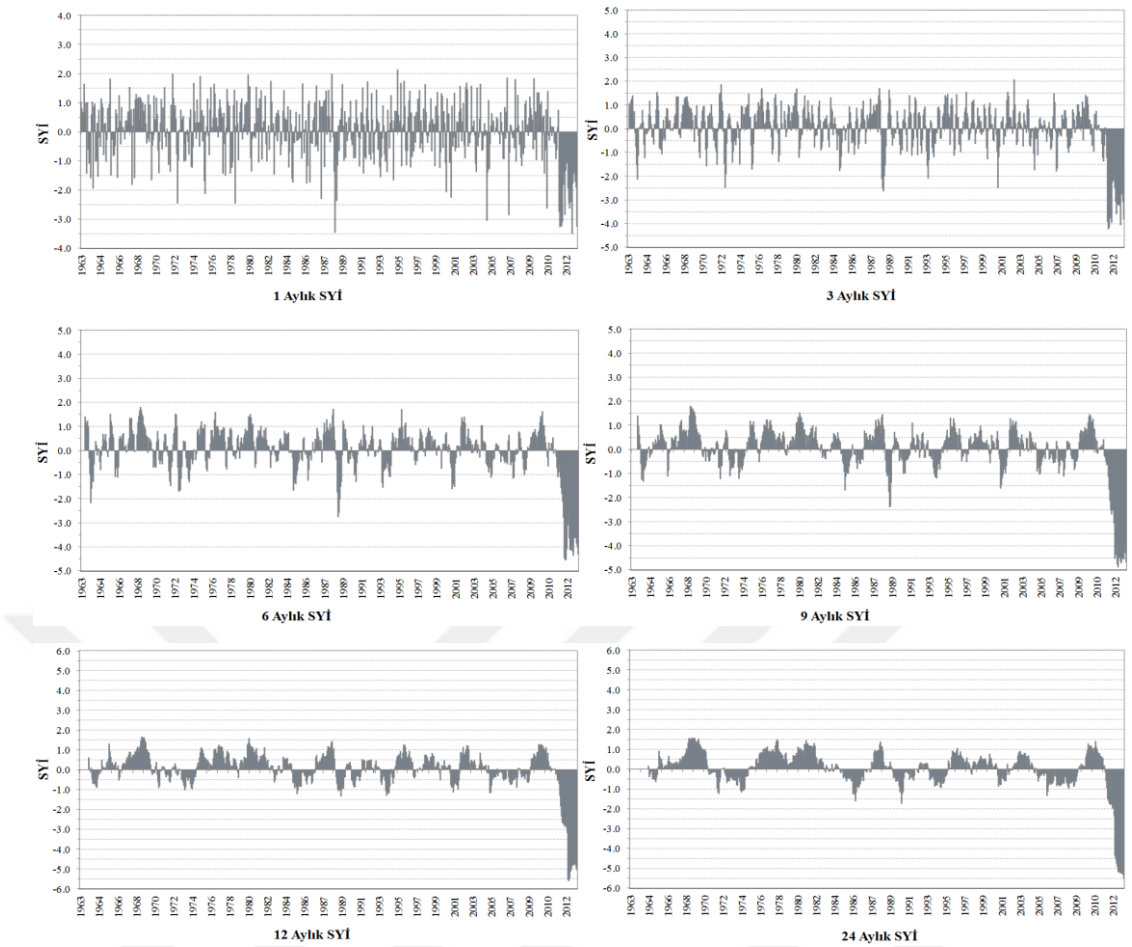

**Şekil 4.314.** Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

**Çizelge 4.63.** Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Kozan | 0.89 |
| **2** | Göksun | 0.87 |
| **3** | Sarız | 0.84 |
| **4** | Tomarza | 0.80 |
| **5** | Karaisalı | 0.71 |
| **6** | Pınarbaşı | 0.76 |
| **7** | Gemerek | 0.74 |
| **8** | Develi | 0.82 |

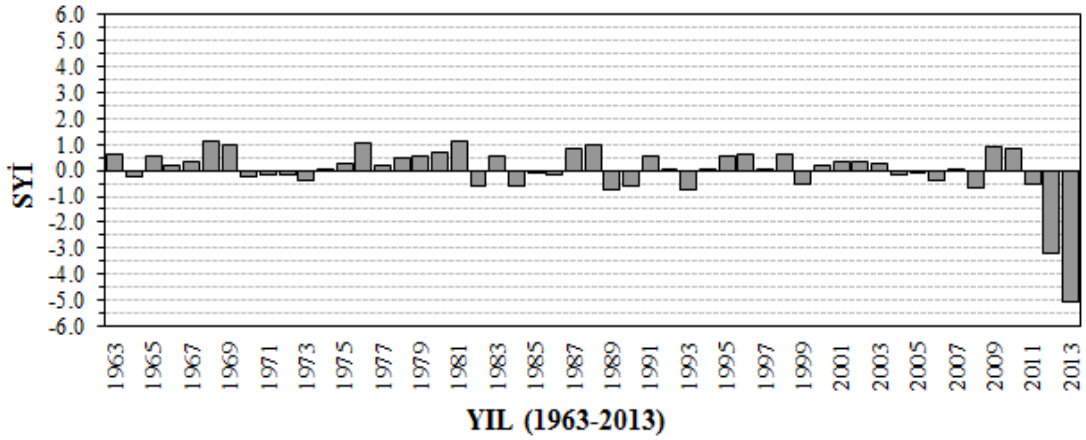
#### 4.5.1.2.2. Çatalan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.311'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 3 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 8 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 14 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.315.** Çatalan Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

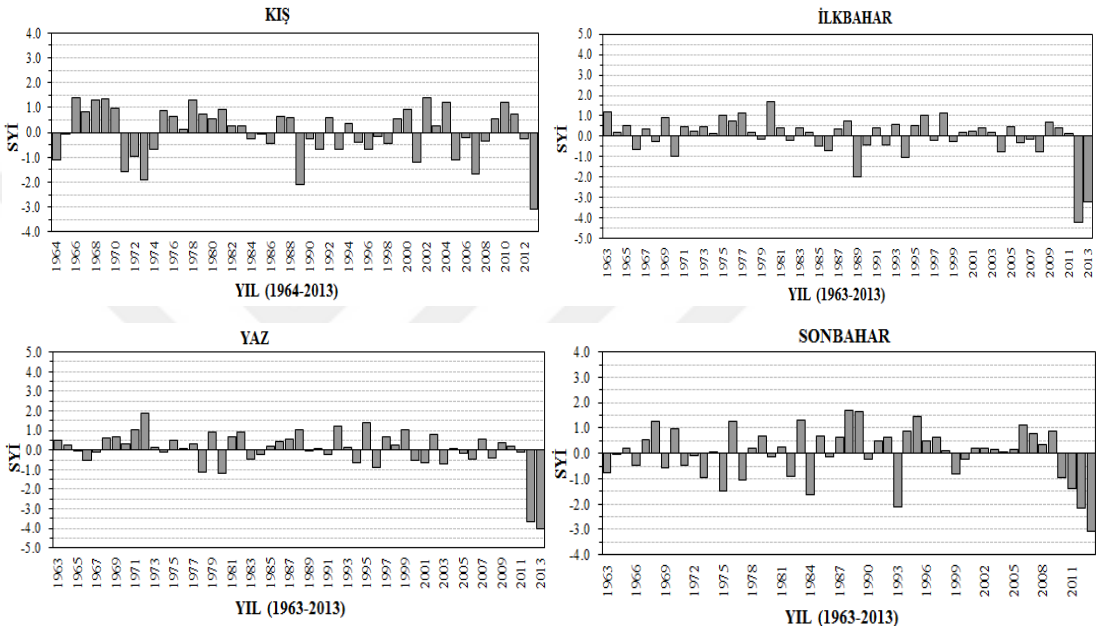
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1963-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.312'de görüldüğü gibi toplamda 51 yılda 20 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 2 aşırı kurak ve 18 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 4 yıl olup, 1970-1973 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 4 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.30 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -5.06 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde; 1970-1973, 1984-1986, 1989-1990, 2004-2006 ve 2011-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.316.** Çatalan Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.313'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 24 yıl, ilkbahar mevsiminde 19 yıl, yaz mevsiminde 21 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 21 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık sonbahar mevsiminde 3 yıl boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla kış mevsiminde, orta derecede kuraklık en fazla kış ve sonbahar mevsimlerinde ve normale yakın kuraklık ise en fazla yaz mevsiminde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, tüm mevsimler için birbirinden farklı değerler (-0.32~-0.41) elde edilmiştir. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise, kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler (1.36~2.67 yıl) bulunmuştur. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.67 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.36 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 3 ile 4 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre kış mevsiminde 1971-1974, 1995-1998 ve 2005-2008 yıllarında ve sonbahar mevsiminde 2010-2013 yıllarında 4 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı

yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 51 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, aşırı kuraklıkların en fazla sonbahar mevsiminde görülmesi ile beraber, kış mevsiminin ortalama kuraklık süresinin diğer mevsimlere göre daha yüksek olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.317.** Çatalan Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1963-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Çatalan Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

1960'lı yılların başından 1970'li yılların başına kadar yağışların artması ile beraber, ülke genelinde de olduğu gibi havzada da tamamen sulak dönemler yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1971-1974 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın kuraklık olup, 1971-1974 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1974-1981 yılları arasında ise yağışların artması ile beraber havzada tamamen sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde 1977 yılında ülke genelinde şiddetli kuraklık yaşanmış, fakat yaşanan bu kuraklıktan havza etkilenmemiştir. 1982 yılından 1986 yılına kadar nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklık olup, sadece 1983 yılında havzada kuraklık görülmemiştir. Özellikle 1984 yılında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın etkilenmesine rağmen, 1983 yılında yaşanan kuraklıktan etkilenmemesi dikkat çekmiştir. Havzada 1987-1993 yılları arasında kurak ve sulak dönemler beraber görülmüş, fakat çok uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Bu dönemde 1989, 1990 ve 1993 yıllarında normale yakın kuraklık yaşanmış olup, özellikle 1989 ve 1990 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1994 yılından 2003 yılına kadar yağışların artması ile beraber havzada uzun süreli sulak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde sadece 1999 yılında normale yakın kuraklık görülmüştür. Havza ülke genelinde yaşanan 1996, 2000 ve 2001 yıllarındaki şiddetli kuraklıklardan etkilenmeyerek, sadece 1999 yılında yaşanan kuraklıktan etkilenmiştir. Sulak dönemlerin ardından 2004-2006 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmış ve bu dönemde yaşanan kuraklıklar normale yakın kuraklıklardır. 2007 yılından 2010 yılına kadar havzada tamamen sulak dönemler görülmüştür. Bu dönemde sadece 2008 yılında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Ayrıca bu dönemde havzanın özellikle 2007 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan hiç etkilenmeyip, sadece 2008 yılında normale yakın kuraklık yaşayarak etkilendiği dikkat çekmiştir. 2011-2013 yılları arasında ise havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklığa rastlanılmıştır. Uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamış ve özellikle ortalama sıcaklıklarda artma

eğiliminin olmasından ve yağış eksikliğinden dolayı son dönemlerde kuraklık büyüklüklerinde çok fazla artış gözlemlenmiştir. Sadece 2011 yılında havzada normale yakın kuraklık görülmüş, fakat 2012 ve 2013 yıllarında kuraklık büyüklüklerinde de çok fazla artış olmuştur. Özellikle 2013 yılında görülen aşırı kuraklık ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla kış mevsiminde görülmesinin yanı sıra, kış mevsimi hariç diğer tüm mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada özellikle 2012 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar yaşanmıştır. 2013 yılında her mevsimde aşırı kuraklık görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Çatalan Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak çok ve orta derecede kuraklıklara hiç rastlanmamış olup, aşırı kuraklıklara ise az sayıda rastlanılmıştır. Çalışmada ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada 2012 yılına kadar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Ayrıca havzada genellikle, sulak dönemlerin hakim olduğu görülmüştür. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta ise son yıllarda özellikle 2012-2013 yıllarında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu uzun süreli normale yakın kurak ve sulak dönemlerden sonra havzada aşırı kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüklerin artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmiştir.

#### 4.5.1.3. Çatalan Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.5.1.3.1. Çatalan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

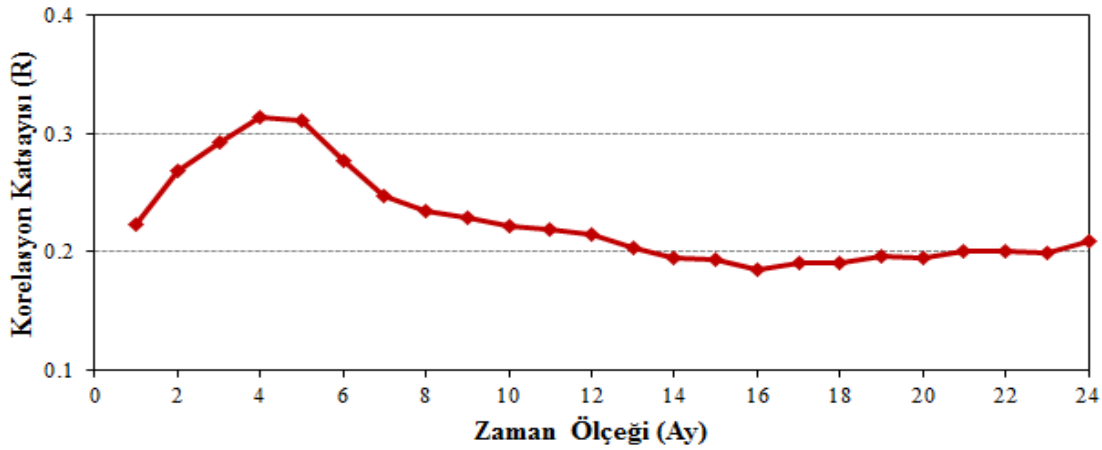
Çatalan Baraj havzasında 1997-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 126.61 $m^3/s$ iken maksimum akım 491.90 $m^3/s$ ve minimum akım ise 3.00 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan

değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 1.46 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.5.1.3.1.1. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

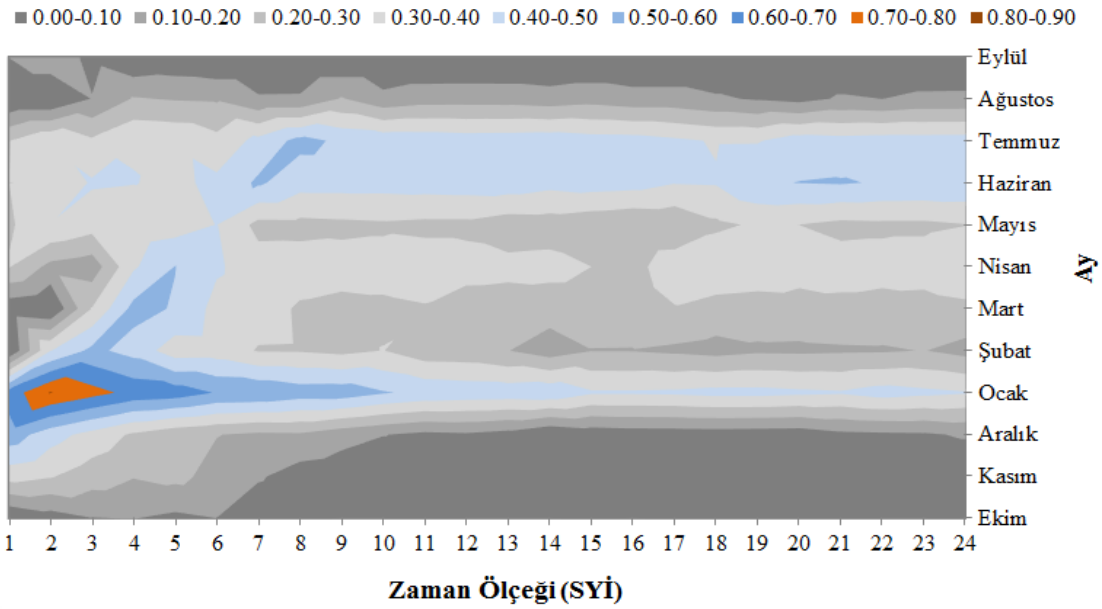
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.314'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (4-5 aylık) nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.31) 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 3 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Çatalan Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında nispeten kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.318.** Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.5.1.3.1.2. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.315'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.319.** Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.80) kış mevsiminde (ocak) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.80) ulaşılmıştır. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında yüksek olan korelasyon değerleri (R≤0.56), ocak ayında yükselmeye devam etmiştir. Ocak ayında 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine (R=0.80) ulaşmıştır. Şubat ayında ise korelasyon değerleri (R≤0.52) nispeten düşüş göstermiştir. Kış mevsiminde maksimum korelasyonlar aralık ayında 1 aylık, ocak ayında 2 aylık ve şubat ayında 3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. İlkbahar mevsimi başlangıcında mart ve nisan aylarında korelasyon değerleri (R≤0.53) yüksek olup, bu aylarda, şubat ve aralık aylarında elde edilen korelasyon değerlerine yakın değerler bulunmuştur. Korelasyon değerleri mayıs ayında ise diğer aylara göre nispeten düşüş göstermiş, fakat maksimum korelasyon değeri R=0.40 değerini aşmıştır. İlkbahar mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 4 aylık, nisan ayında 5 aylık ve mayıs ayında 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyon değerleri azalırken, bulunduğu zaman ölçeğinde basamak şeklinde bir artma olduğu

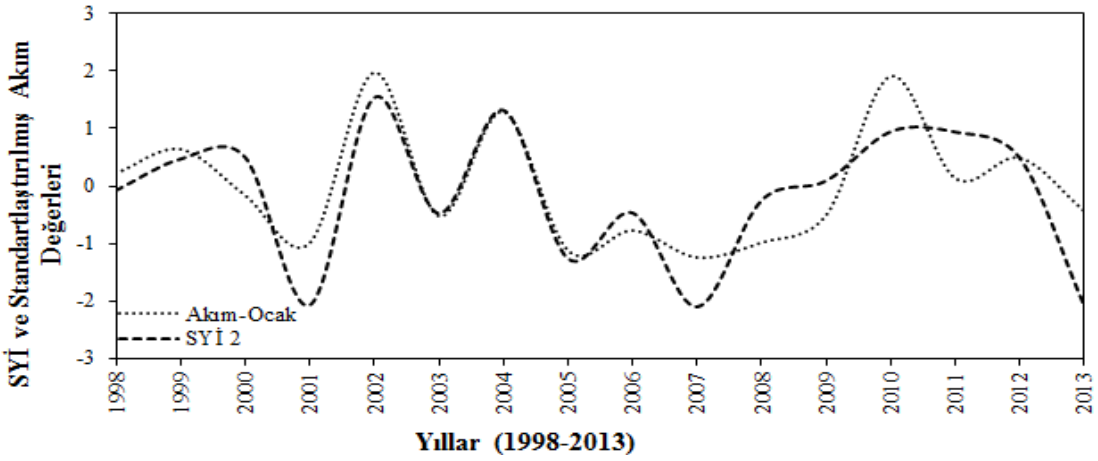
dikkat çekmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ayında korelasyon değerleri (R≤0.42) mayıs ayında elde edilen korelasyon değerlerine yakın çıkmıştır. Temmuz ayında korelasyon değerleri düşmeye başlamış (R≤0.39) ve ağustos ayında düşüş devam ederek, bu ayda mevsimin en düşük korelasyon değerleri (R≤0.21) elde edilmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 6 aylık, temmuz ve ağustos aylarında 4 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsiminde eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş (R≤0.17) ve ekim ayında da 4 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri (R≤0.10) elde edilmiştir. Kasım ayında ise korelasyon değerleri yükselişe geçmiş ve 1 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değeri (R=0.34) elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (R≥0.52) kış mevsimi başlangıcında (ocak) ve yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.59), yaz mevsiminde ise 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.52) ve 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.53) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine de (R≤0.59) kış mevsiminde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, sonbahar mevsiminde ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük (R<0.20) olduğu tespit edilmiştir. Sonbahar mevsiminde eylül ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde, ekim ayında maksimum korelasyona 11 aylık zaman ölçeğinde ve kasım ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde ise aralık ayında maksimum korelasyona 8 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsiminde (eylül) maksimum korelasyon değeri 7 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye (R<0.10) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar (0.21≤R≤0.35) R=0.20 değerini aşmış ve 7, 9-11 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-11 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.53), sonbahar mevsiminde

1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.34), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.80) ve ilkbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.53) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde kısa zaman ölçeklerinde bulunmuştur. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.30 değerini aşmıştır. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-9 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) korelasyon değerlerinin ($R<0.20$) diğer aylara göre düşük olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, kış mevsiminde ocak ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.80) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu ($R\leq0.10$) ayın da sonbahar mevsiminde ekim ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.316'da ise 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği ocak ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (2001, 2005, 2007 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.320.** Çatalan Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

#### 4.5.1.3.2. Çatalan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Adana ilinin içme ve kullanma suyu ihtiyacı 2002 yılına kadar yeraltı suyundan temin edilmiştir. Adana ilinde; hızlı nüfus artışı, yeraltı suyunun kalitesinin bozulması ve kuyulardan pompaj yoluyla çıkarılan suyun enerji maliyetinin çok yüksek olması, enerji kesintileri nedeniyle sürekli su sağlanamaması ile birlikte su ihtiyacının yüzey suyundan karşılanmasını zorunlu hale getirmiştir. Bu sebeple, Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü ile DSİ görüş birliğine vararak, Adana ilinin su ihtiyacının Çatalan Barajından karşılanmasına karar verilmiştir. Proje, 2040 yılında Adana'da ulaşılması tahmin edilen 4 milyon nüfusa ve 1 000 000 $m^3$/gün kapasiteye sahip olacak şekilde 3 aşamalı olarak planlanmıştır. Projenin 1. ve 2. aşamaları tamamlanmıştır. Projenin ilk aşaması 9 Ekim 2002 tarihinde tamamlanmış olup, proje dahilinde Yüreğir ilçesinin tamamı, Seyhan bölgesinin ise bir bölümüne kaliteli içme suyu verilmeye başlanmıştır [136].

Çatalan Barajına ait elimizde aylık ortalama hazne hacim verileri 2013 yılına kadar olmasına rağmen, çalışma sırasında 2002 yılına kadarki bölümü kullanılmıştır. Bunun sebebi ise, 2002 yılında Çatalan İçme Suyu Projesinin uygulamaya geçmesi ile birlikte

Adana'nın su ihtiyacının Çatalan Baraj Gölünden karşılanmasıdır. Çalışmada projenin, Çatalan Barajına ait hazne hacim değerleri üzerindeki etkisi araştırılmış ve verilerin istatistiksel özellikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda 2002 yılı ekim ayından itibaren hazne hacim verilerinde düzensizlik meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca, özellikle 1997-2002 yılları ve 1997-2013 yılları arasındaki hazne hacim verilerinden elde edilen standartlaştırılmış hazne hacim ve SYİ karşılaştırması sonuçları birlikte değerlendirildiğinde, sonuçlar arasında büyük farklılaşmalar olduğu görülmüştür.

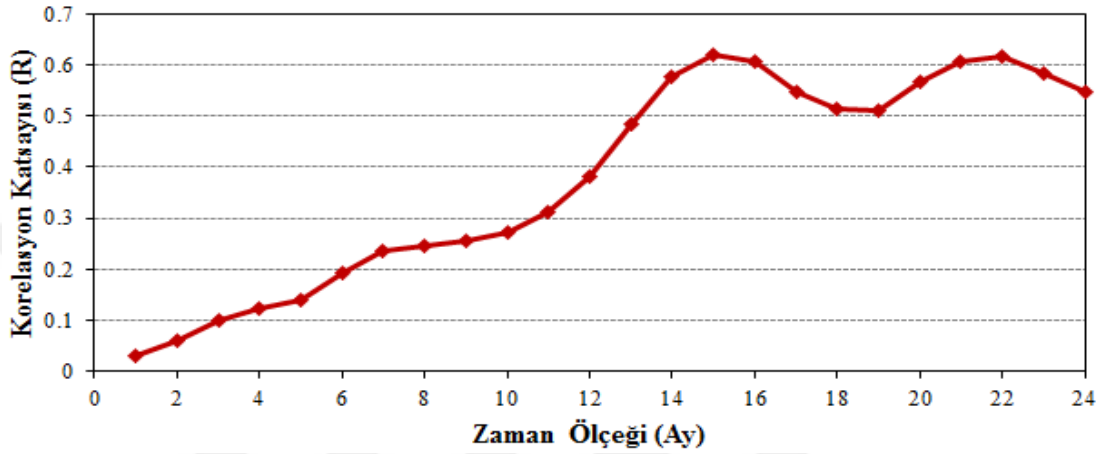
Çatalan Baraj havzasında 1997-2002 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Çatalan barajı normal su kotunda 2126 $hm^3$ göl hacmine ve 82 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.6 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.5.1.3.2.1. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.317'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (14-16 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada

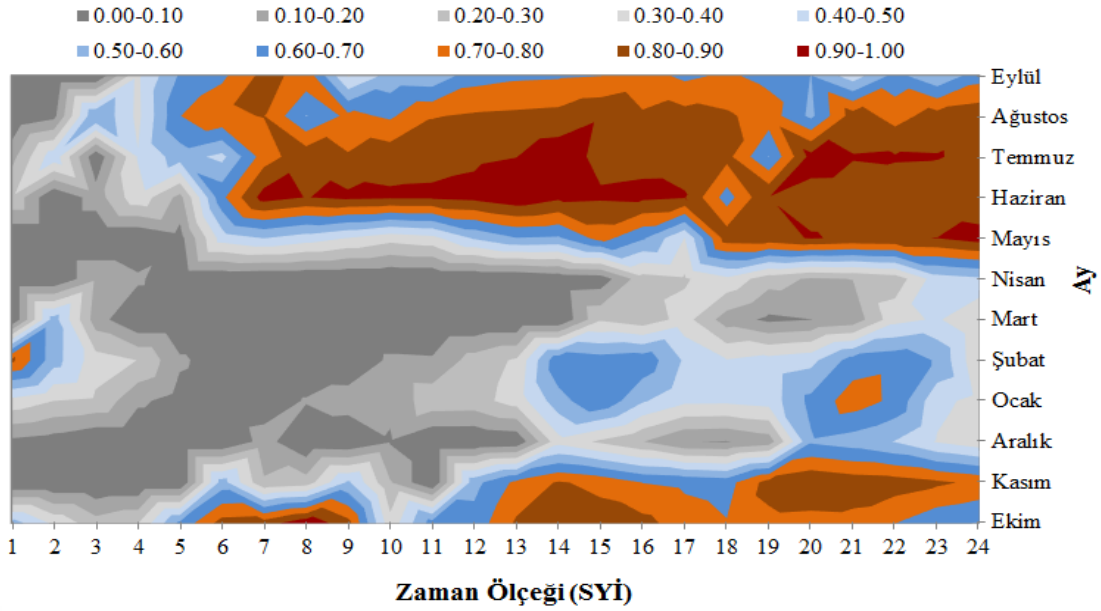
maksimum korelasyon (R=0.62) 15 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 14 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Çatalan Baraj havzasında 1-16 aylık zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.321.** Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.5.1.3.2.2. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.318'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



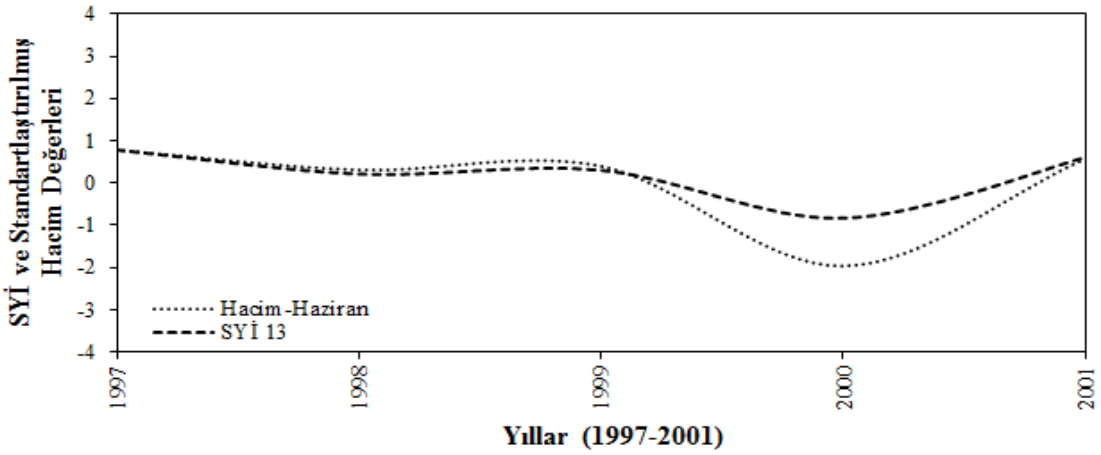

**Şekil 4.322.** Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.98) yaz mevsiminde (haziran ve temmuz), sonbahar mevsimi ortasında (ekim) ve ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) bulunmuştur. Yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine 13 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.98) ve 14 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.96), sonbahar mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.98), ilkbahar mevsiminde ise 24 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.95) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde haziran ayında 13 aylık zaman ölçeğinde (R=0.98) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle kış mevsimi başlangıcında aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde mart ve nisan aylarında korelasyon değerlerinin diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük (R≤0.59) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine aralık ayında 20 aylık zaman ölçeğinde (R=0.59), mart ayında 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.55) ve nisan ayında 24 aylık zaman ölçeğinde (R=0.48) ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım) 7 ve 20 aylık zaman ölçeklerinde, kış mevsiminde (ocak ve şubat) 21 ve 1 aylık zaman ölçeklerinde ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) 15 aylık zaman ölçeğinde, elde edilen

maksimum korelasyon değerleri R=0.75 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin (0.75≤R≤0.89) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 1-24 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 13 aylık zaman ölçeğinde (R=0.98) haziran ayında, sonbahar mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.98) ekim ayında, kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.82) şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde 24 aylık zaman ölçeğinde (R=0.95) mayıs ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.80 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri ilkbahar mevsiminde nisan ayında ise 24 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.48) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde (haziran) ve sonbahar mevsiminde (ekim), en düşük korelasyon değeri ise ilkbahar mevsiminde (nisan) elde edilmiştir. Özellikle şubat ve mart aylarında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) maksimum korelasyon değerlerine ulaşılması ile beraber, diğer aylarda ise uzun zaman ölçeklerinde (7-24 aylık) maksimum korelasyon değerlerine ulaşılması dikkat çekmiştir.

Şekil 4.319'da 13 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile haziran ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (2000 kuraklığı) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde haziran ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde haziran ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



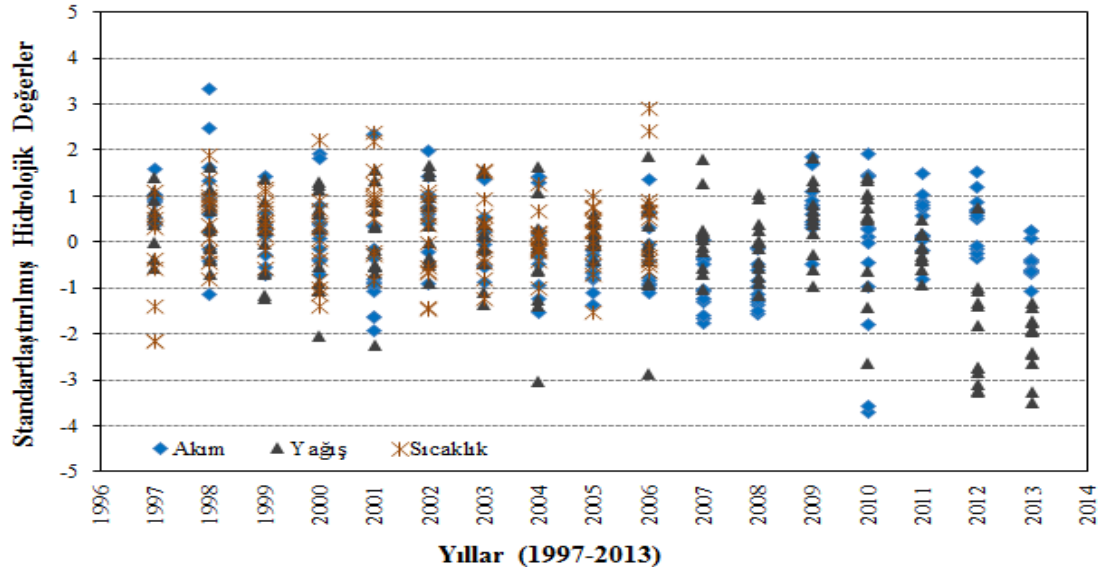

**Şekil 4.323.** Çatalan Baraj Havzasında 13 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Haziran Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Çatalan Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (3-5 aylık) SYİ arasında nispeten kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.31) 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.80) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.10) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (14-16 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.62) 15 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı

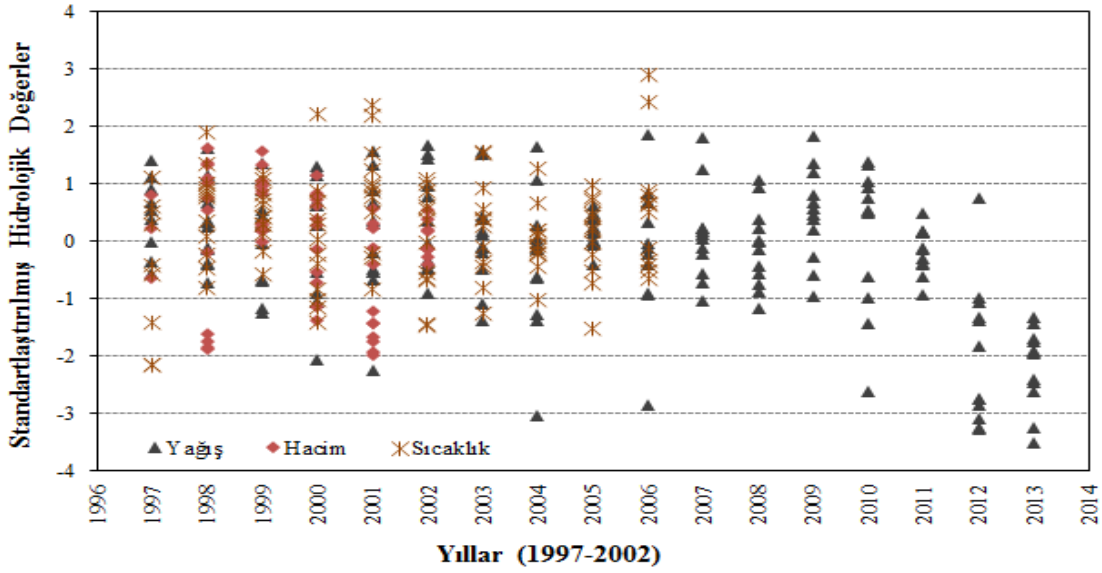
zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 13 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.98) ve 8 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.98) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerine ise ilkbahar mevsiminde 24 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.48) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.320 ve 4.321'de görüldüğü gibi ay bazında 1997-2013 ve 1997-2002 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.324.** Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.325.** Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.5.1.4. Çatalan Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

##### 4.5.1.4.1. Çatalan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

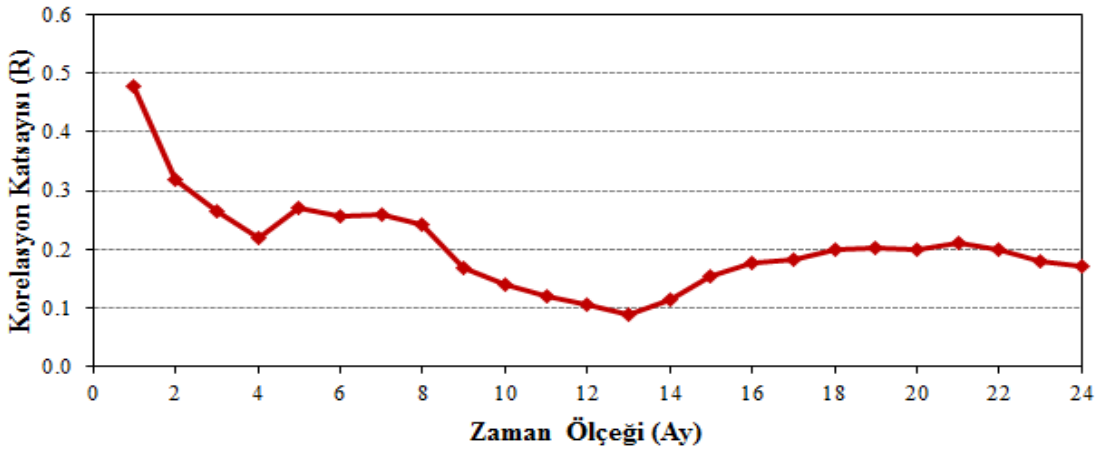
Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmanın bu bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Daha sonra uydu kaynaklı aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

###### 4.5.1.4.1.1. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı

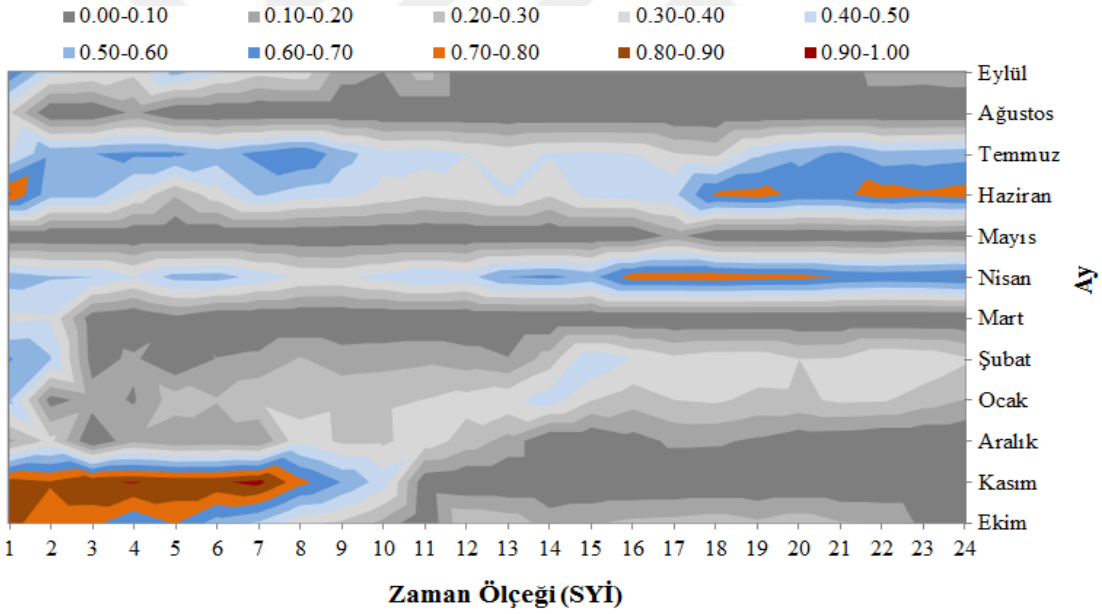
zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.322'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.48 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Çatalan Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.326.** Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.5.1.4.1.2. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.323'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.327.** Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki

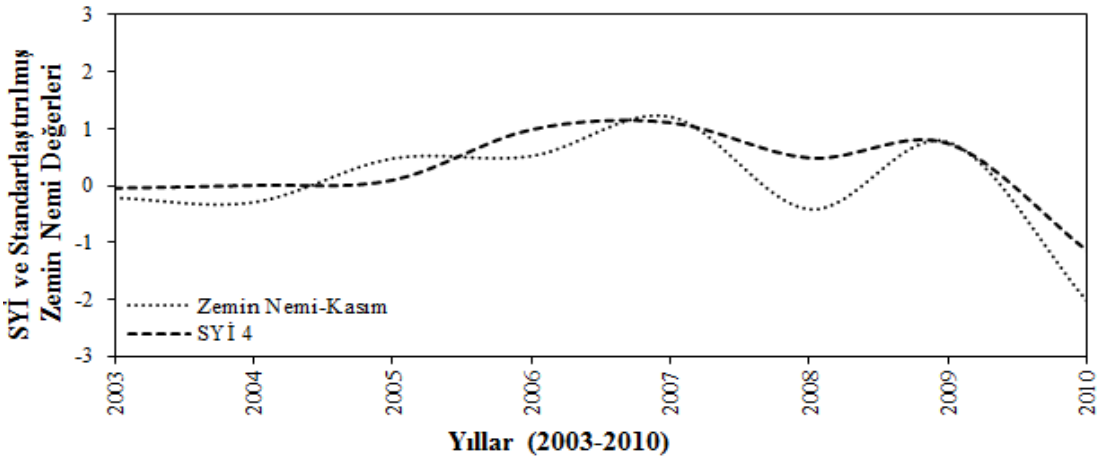
elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece mayıs ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.323'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.91$) sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde ekim ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.84$) ve kasım ayında 4 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.91$), yaz mevsiminde ise haziran ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.81$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle kış mevsimi sonunda (aralık), ilkbahar mevsiminde (mart ve mayıs) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine ($R<0.40$) ilkbahar mevsiminde mart ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ve mayıs ayında 6 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ve yaz mevsiminde ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.33$) elde edilmiş ve bu ayda maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerlerinde ocak ayında yükseliş gözlemlenmiş ve maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.52$) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri şubat ayında ise yükselmeye devam etmiş ($R \leq 0.61$) ve 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında düşen korelasyon değerleri ($R \leq 0.31$), nisan ayında yükselme ($R \leq 0.55$) göstermiştir. Mayıs ayında ise, tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R<0.10$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 2 aylık, nisan ayında 1 aylık ve mayıs ayında ise 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında yükselen korelasyon değerleri ($R \leq 0.81$), temmuz ayında düşüşe geçmiş ($R \leq 0.62$) ve ağustos ayında düşmeye devam ederek bu ayda mevsimin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R \leq 0.32$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ayında 1 aylık, temmuz ayında 4 aylık ve ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri ($R \leq 0.84$) yükselmiş ve kasım ayında ise maksimum korelasyon değeri yükselmeye devam etmiştir. Kasım ayında tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine 4 aylık

zaman ölçeğinde (R=0.91) ulaşılmıştır. Sonbahar mevsiminde ise maksimum korelasyonlar eylül ve ekim aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece mayıs ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.81) 1 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.91) 4 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde (R=0.61) 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde (R=0.55) 1 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.55 değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 4 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde kasım ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.91) ve ilkbahar mevsiminde ise mayıs ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-0.04) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada nisan ve haziran aylarında özellikle 14 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.77) görülmesi ve mayıs ayında değerlendirilen zaman ölçeklerinin tamamında negatif değerlerin elde edilmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.325'de 4 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile kasım ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2010 kuraklığı) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde kasım ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ağustos ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.328.** Çatalan Baraj Havzasında 4 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemlerin mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada, sadece uydu kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, uydu kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan analizleri özetlemek gerekirse, nispeten büyük bir havza olan Çatalan Baraj havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Yani, zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada, 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmış ve kısa zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman

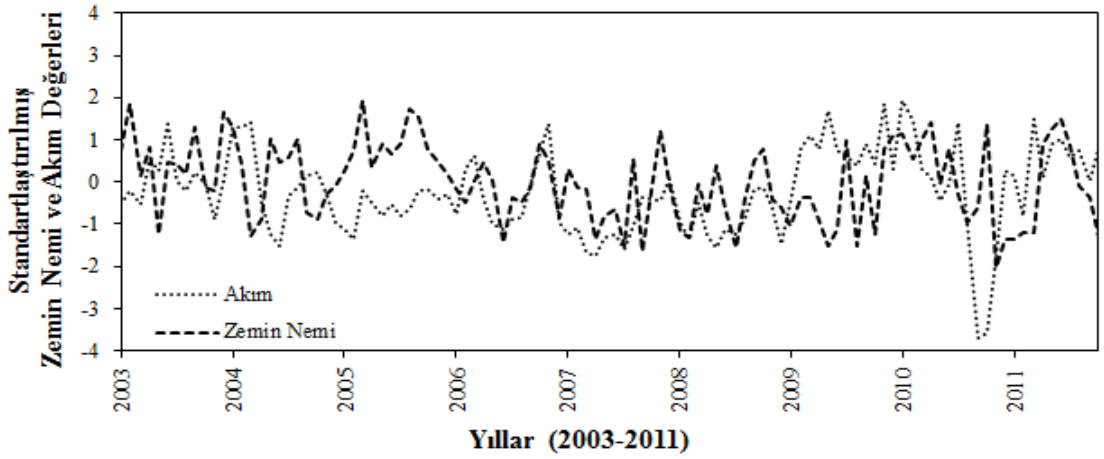
ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.91) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ilkbahar mevsiminde mayıs ayında (R=-0.04) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, korelasyon değerleri sonbahar mevsimi sonu (ekim ve kasım) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) korelasyon değerleri diğer mevsimlere göre daha yüksek olup, özellikle kış mevsimi sonunda (aralık), ilkbahar mevsiminde (mart ve mayıs) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) korelasyon değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.55 değerini aşması ve sonbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerlerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılması dikkat çekmiştir. 4 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile kasım ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2010 yılındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.5.1.5. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde tutularak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

#### 4.5.1.5.1. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.14 elde edilmiştir. Şekil 4.325'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2006, 2007, 2008 ve 2010 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.

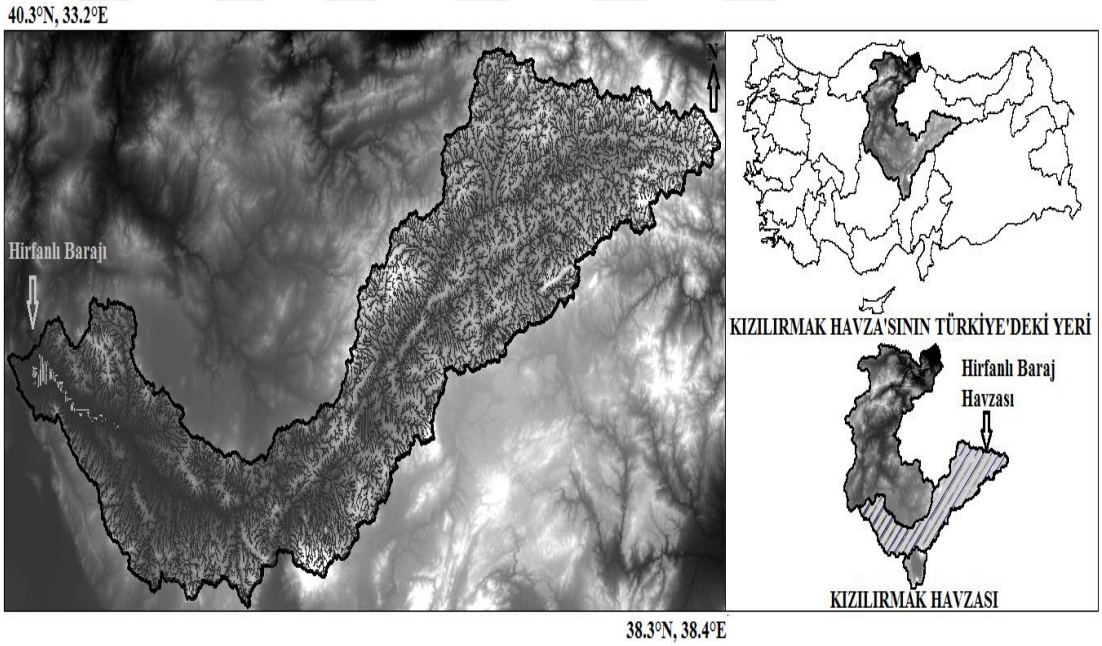



**Şekil 4.329.** Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.5.2. Hirfanlı Baraj Havzası

#### 4.5.2.1. Hirfanlı Baraj Havzası Özellikleri

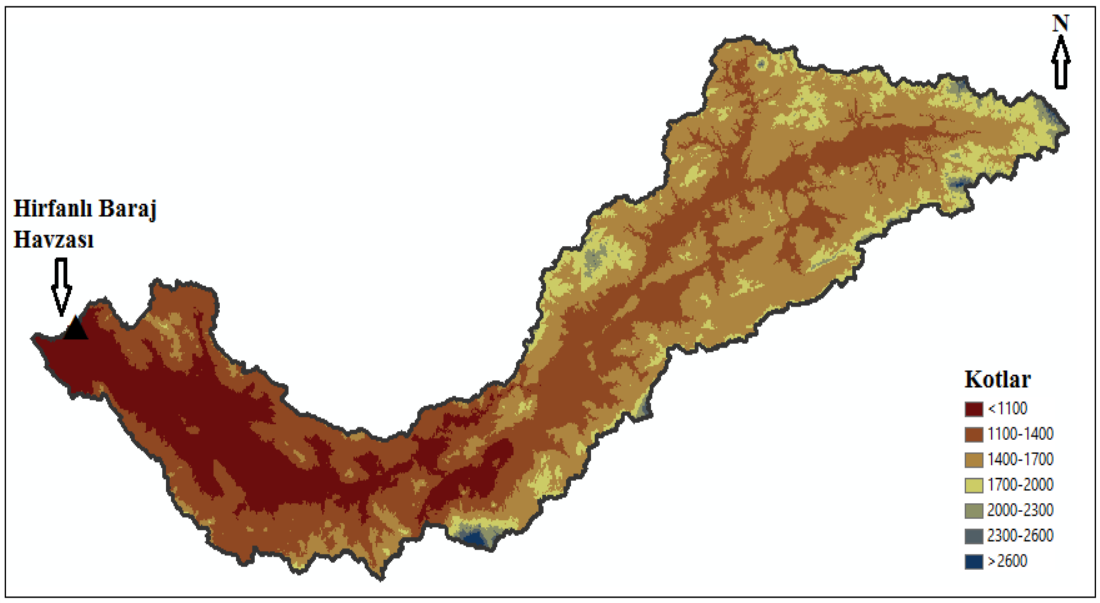
Çalışma alanı olarak seçilen Hirfanlı Baraj havzası, Yukarı Kızılırmak havzasının tamamını ve Orta Kızılırmak havzasının bir bölümünü kapsamakta olup, 33°14'-38°22' doğu boylamları, 40°19'-38°19' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza Sivas, Kayseri, Nevşehir ve Kırşehir illerinin büyük bir bölümü ile Yozgat, Ankara ve Aksaray illerinin çok küçük bir bölümünü içine almaktadır. Kızılırmak havzasının bir alt havzası olan Hirfanlı Baraj havzası, yaklaşık olarak 27092 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.326).




**Şekil 4.330.** Hirfanlı Baraj Havzasının Konumu

Hirfanlı Baraj havzasında batıdan doğuya doğru gidildikçe, İç Anadolu düzlüklerinden Doğu Anadolu yüksek ve dağlık topografyasına geçiş özelliği göstermektedir. Havzanın batısında plato ve ova düzlükleri daha yaygıdır. Bu bölgede tek tek bulunan volkanik kökenli dağlar dikkat çekmekte olup, bu dağların çevresinde geniş düzlükler

yer almaktadır. Erciyes Dağı, havzanın en önemli volkanik kökenli dağlarından biridir. Havzanın doğu bölgesi ise; yüksek ve dağlık bir plato özelliği göstermekte olup, bölge içindeki basık tepeler havzanın en önemli yüzey elemanlarıdır. Havzanın en engebeli bölgesi Doğu bölgesidir. Doğu bölgesini kuzeyden ve güneyden sınırlayan dağlık sahalar, yüksek zirvelerden oluşmakta ve nispeten devamlılık göstermektedir. Bu bölgenin kuzey kesiminde, doğudaki Kızıldağ'ın Kızlarsivrisi Tepesinden itibaren Lölükbaba Tepesi, İkizsivri Tepe, Keşiş Dağı ve Yıldız Dağının kuzeybatısındaki Kaymak Tepeye kadar genellikle doğu-batı yönünde uzanmakta olan dağlık sahalar sınır oluşturmaktadır. Bu bölgeden itibaren Gürcü Tepe, Karaziyaret Tepe, Bozdağ, Büyüknalbant Dağı ve Peyniryuvarlayan Tepeye kadar olan dağlık bölgeler ise kuzey, kuzeydoğu - güney, güneybatı yönünde uzanmaktadır. Doğu bölgesinin güney kesiminde ise, doğudan itibaren genellikle kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanmakta olan Beydağı, Gürlevik Dağı, Çataldağı ve Hınzır Dağı sınır oluşturmaktadır. Havzanın doğu bölgesi, Orta Kızılırmak havzasından daha alçak tepeler tarafından ayrılmaktadır. Bölgenin en önemli düzlükleri ise, Kızılırmak ve kolları boyunca gelişmiş olan taşkın ovalarıdır ve bu ovalar genellikle akarsuyun da akış istikametini belirleyen ana tektonik hatlar doğrultusunda gelişmişlerdir. Havzanın bitki örtüsü bozkır olup, doğudaki dağlık kesimlerde ormanlara rastlanır [137]. Şekil 4.327'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 799-3880 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 799-1400 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza, dağlık ve düzlüklerin beraber görüldüğü bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzada membadan mansaba doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Özellikle havzanın doğu ve güneydoğu bölgelerinde yükselti fazla olup, batı ve kuzeybatı bölgelerinde ise yükselti azalmaktadır.

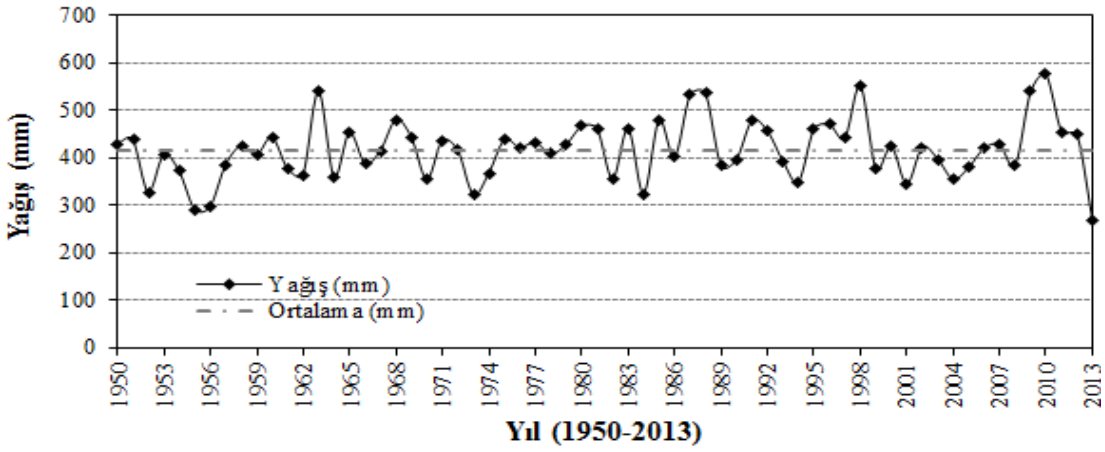



**Şekil 4.331.** Hirfanlı Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 799-3880 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havzanın doğusunda kalan bölümünde Orta Anadolu iklimi, batısında kalan bölümünde ise Orta Doğu Anadolu iklimi etkilidir [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Genel olarak İç Anadolu karasal ikliminin etkisinde kalan havzanın, doğusunda ise Doğu Anadolu karasal iklim etkileri hissedilmektedir. Havzada yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Ayrıca, havzada İç Anadolu yağış rejimi görülmektedir [137].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1950-2013 yılları arasında ölçüm yapan Kırşehir, Nevşehir, Kayseri, Gemerek, Sivas ve Zara meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havzada membadan mansaba doğru gidildikçe denizden uzaklığın ve yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzanın doğu bölümü ile batı bölümü arasında yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın membasında kalan doğu bölgesi, yükseltinin daha fazla olmasından dolayı mansabında kalan bölgeye göre daha fazla yağış almaktadır.

Örneğin; yıllık ortalama yağış Zara'da 505 mm iken, Kırşehir'de 379 mm'ye düşmüştür. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 266 mm iken, maksimum yağış 2010 yılında 576 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada mansap bölgesinde İç Anadolu karasal iklimin görülmesi ile birlikte, memba bölgesine doğru gidildikçe İç Anadolu karasal ikliminden Doğu Anadolu sert karasal iklime geçiş ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 417 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmekte ve ülke yağış ortalamasının yaklaşık % 65'ine karşılık gelmektedir. Şekil 4.328'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları uzun ve kısa dönemler halinde görülmüştür. En uzun yağış sıklıkları 1995-1998 ve 2009-2012 yılları arasında bulunmuştur. Bununla beraber, ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları ise ağırlıklı kısa dönemler halinde meydana gelmiştir. Ayrıca, ortalama yağışın üzerinde kalan yağışların daha fazla olmasının yanı sıra, ortalama yağışın çok üzerinde veya çok altında yağış meydana gelmemiş olup ağırlıklı olarak ortalamaya yakın yağış değerleri elde edilmiştir.




**Şekil 4.332.** Hirfanlı Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.61'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış ilkbahar mevsiminde nisan ve mayıs aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve

ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.64.** Hirfanlı Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 42.5 | 39.0 | 43.3 | 56.2 | 56.4 | 35.9 | 8.1 | 5.6 | 13.6 | 31.1 | 38.9 | 46.0 | ***416.6*** |

Havzada, yükseltinin artmasına bağlı olarak membadan mansaba doğru gidildikçe sıcaklıkta azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 9.8 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ise ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 21~22 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık -2~-1 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmektedir.

Kızılırmak Nehri, İç Anadolu Bölgesinde Sivas-Kızıldağ'dan kaynağını almakta olup, yaklaşık 1.355 km yol kat ederek Samsun ilinin Bafra ilçesinde Karadeniz'e dökülmekte ve toplamda 78.646 $km^2$ drenaj alanına sahiptir. Kızılırmak Nehri ortalama 185 $m^3$/sn akım değerine sahip olup, Karadeniz'e yılda ortalama 831 milyon $m^3$ su taşımaktadır [138]. Kızılırmak Nehri üzerinde 1959 yılında taşkın kontrolü ve enerji amaçlı olarak hizmete alınan Hirfanlı Barajı, normal su kotunda 263 $km^2$ göl alanına, 5980 $hm^3$ göl hacmine sahip olup ve toplam kurulu gücü 128 MW'dır [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 77.42 $m^3$/s, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 552.50 $m^3$/s ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 4.40 $m^3$/s'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve

hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri ile uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.62'de verilmiştir.

**Çizelge 4.65.** Hirfanlı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Hirfanlı Baraj Havzası** | 1950-2013 | 1953-2003 | 1979-2003 | 2002-2011 | - |

### 4.5.2.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

#### 4.5.2.2.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

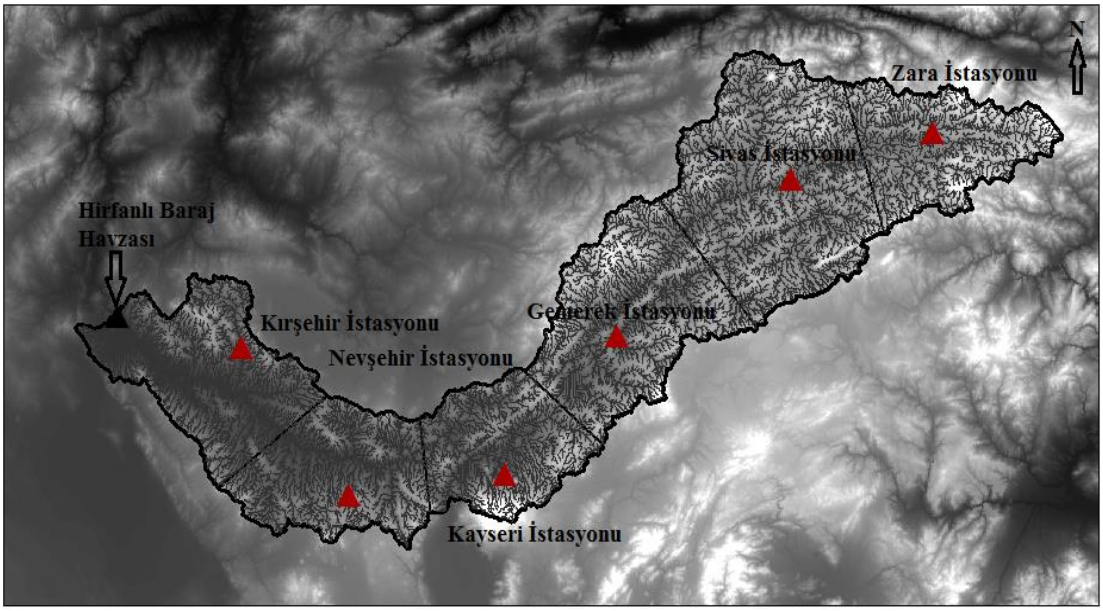
Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 6 adet meteoroloji istasyonuna (Kırşehir, Nevşehir, Kayseri, Gemerek, Sivas ve Zara) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.63'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini

etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.66.** Hirfanlı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Kırşehir | 39.16 | 34.15 | 1007 | 379 |
| **2** | Nevşehir | 38.62 | 34.70 | 1260 | 406 |
| **3** | Kayseri | 38.69 | 35.50 | 1094 | 385 |
| **4** | Gemerek | 39.19 | 36.08 | 1182 | 397 |
| **5** | Sivas | 39.74 | 37.00 | 1294 | 433 |
| **6** | Zara | 39.89 | 37.75 | 1338 | 505 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 6 meteoroloji istasyonuna ait 1950-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.329'da seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.64'de görülmektedir.




**Şekil 4.333.** Hirfanlı Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

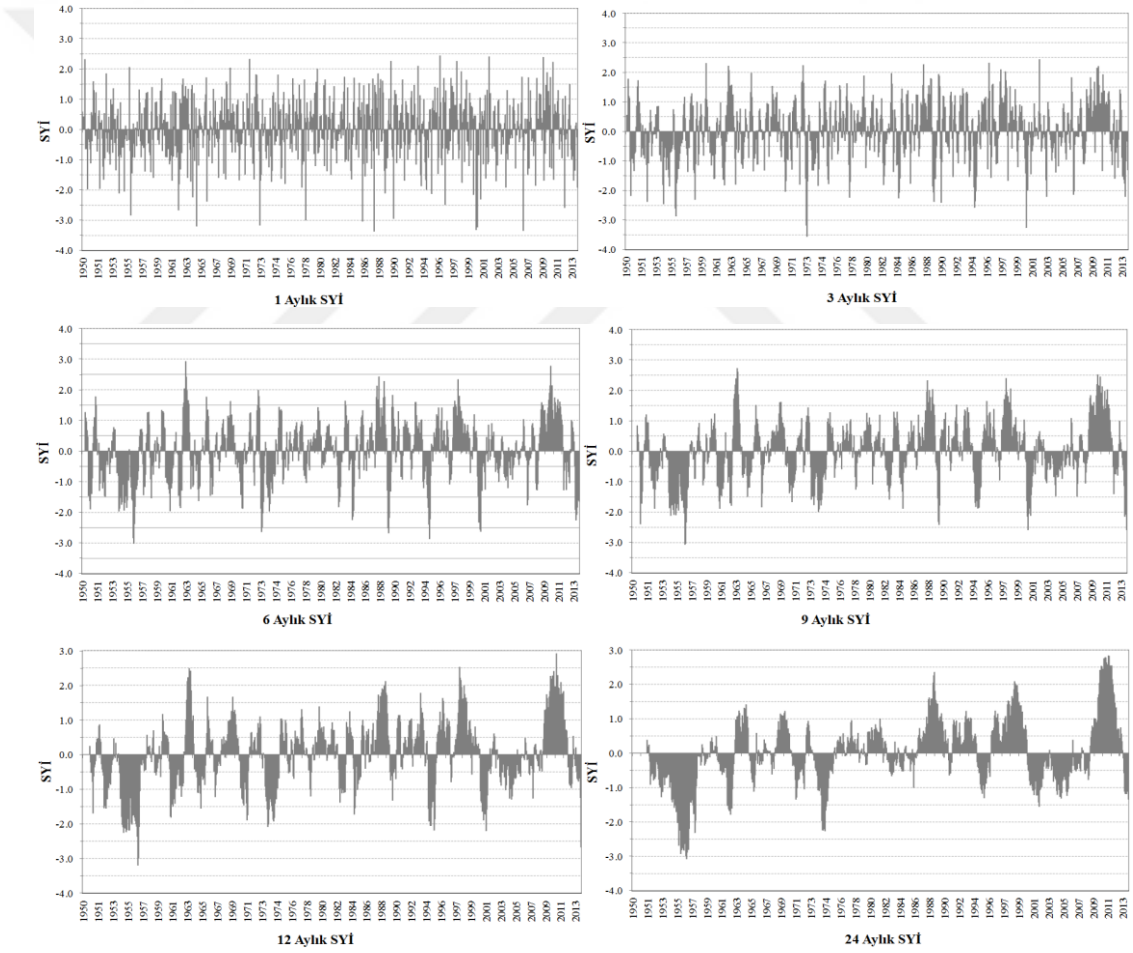
**Çizelge 4.67.** Hirfanlı Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Kırşehir | 0.79 |
| **2** | Nevşehir | 0.86 |
| **3** | Kayseri | 0.84 |
| **4** | Gemerek | 0.89 |
| **5** | Sivas | 0.92 |
| **6** | Zara | 0.83 |

#### 4.5.2.2.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

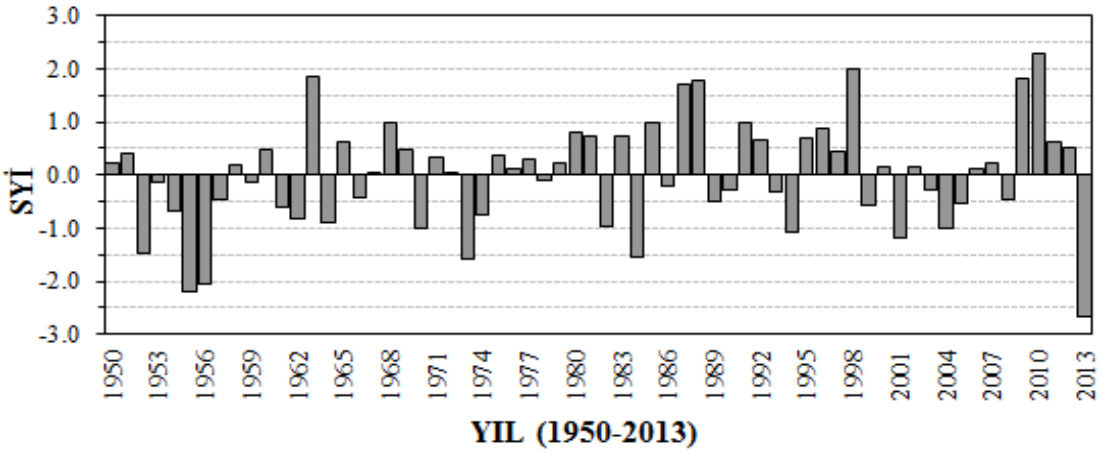
Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için

hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.330'da gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 7 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 13 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.334.** Hirfanlı Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

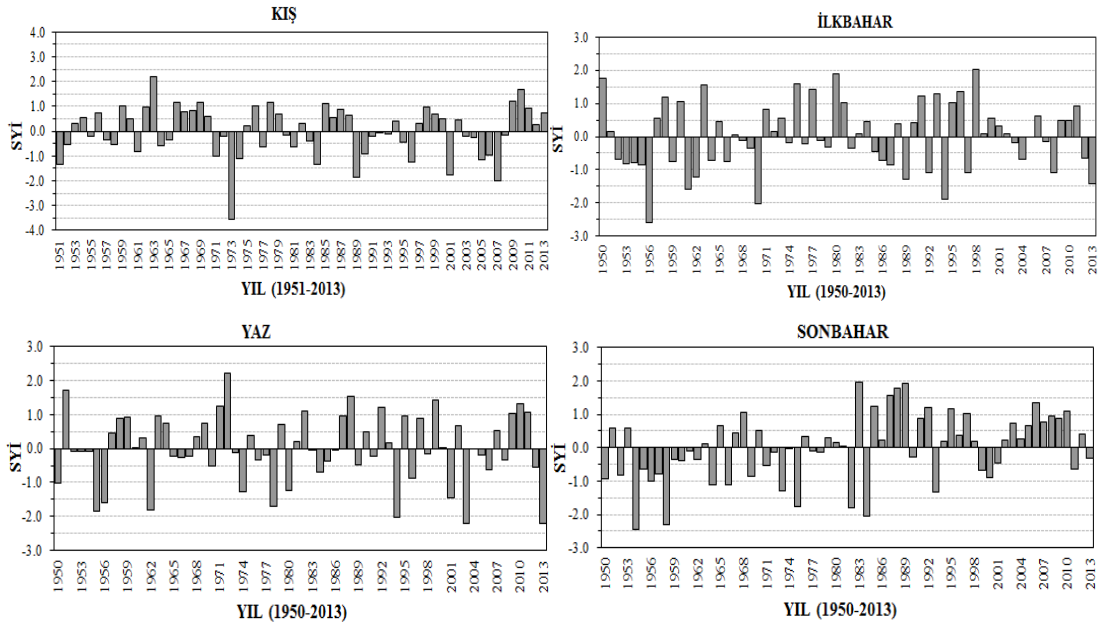
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1950-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.331'de görüldüğü gibi toplamda 64 yılda 29 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 3 aşırı kurak, 2 çok kurak, 3 orta derecede kurak ve 21 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 1.61 yıl olup, 1952-1957 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 6 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.39 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.67 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1952-1957, 1961-1962, 1973-1974, 1989-1990, 1993-1994 ve 2003-2005 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.335.** Hirfanlı Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.332'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 31 yıl, ilkbahar mevsiminde 32 yıl, yaz mevsiminde 34 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 30 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık sonbahar ve yaz mevsimlerinde 3 yıl boyunca görülmüştür.

Çok kuraklık en fazla yaz mevsiminde, orta derecede kuraklık en fazla ilkbahar mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla kış ve ilkbahar mevsimlerinde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (-0.39~-0.41) elde edilmiştir. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise her mevsimde farklı değerler (1.78~2.38 yıl) görülmüştür. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.38 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.78 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 5 ile 9 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre kış mevsiminde 1954-1962 yılları 9 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 64 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir.




**Şekil 4.336.** Hirfanlı Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [28-29]. Bu sebeple 1950-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Hirfanlı Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

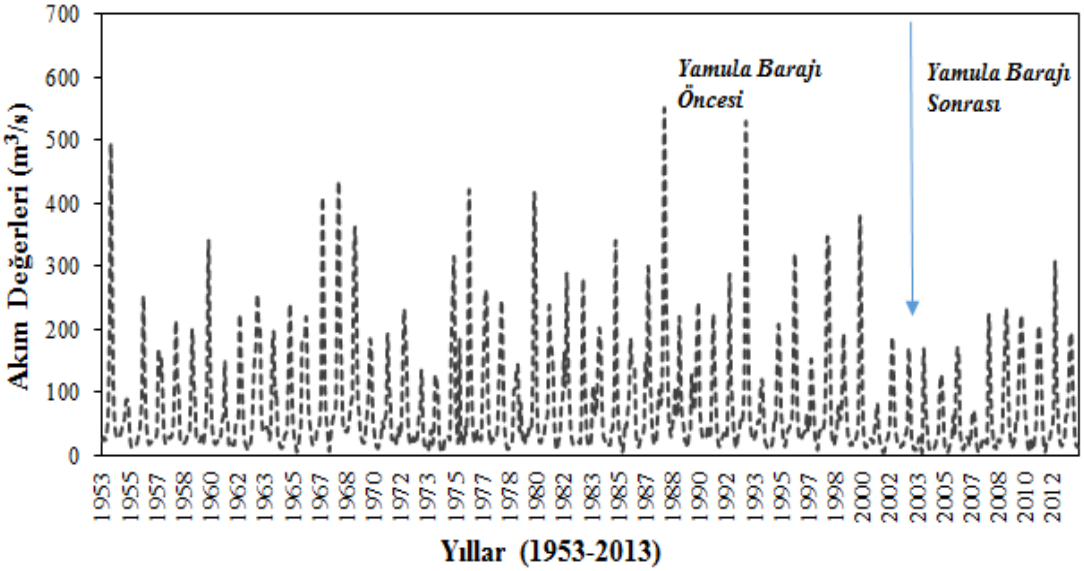
Havzada 1950'li yılların başlarından 1950'lı yılların sonlarına kadar kurak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar aşırı, orta derecede ve normale yakın kuraklıklardır. Özellikle 1955-1956 yıllarında, ülkede yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza etkilenmiş ve bu yıllarda aşırı kuraklık yaşanmıştır. 1958-1966 yılları arasında havzada sulak dönemler ile beraber normale yakın kurak dönemler de görülmüş, fakat uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Bu dönem de ülke geneli için sulak bir dönem olmuştur. 1966 yılından sonra yağışların artmasıyla beraber, 1967-1972 yılları arasında havzada ağırlıklı olarak sulak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde sadece 1970 yılında normale yakın kuraklık görülmüştür. Sulak dönemlerin ardından 1973-1974 yıllarında sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada 2 yıl boyunca kurak bir dönem yaşanmıştır. Yaşanan kuraklıklar normale yakın ve çok kurak olup, 1971-1972 yılı hariç 1973 ve 1974 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1970'li yılların ortasından 1980'li yılların başına kadar yağışların artması ile beraber, havzada ağırlıklı olarak uzun süreli sulak dönemler yaşanmış ve sadece 1978 yılında normale yakın kuraklık görülmüştür. 1977 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıktan havza etkilenmemiştir. 1980'li yılların başından 1990'lı yılların ortasına kadar sulak dönemler ile beraber kurak dönemler de görülmüş, fakat çok uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklık olup, sadece 1984 yılında çok kuraklığa ve 1994 yılında ise orta derecede kuraklığa rastlanılmıştır. Havza, ülke genelinde yaşanan 1984, 1989 ve 1990 yıllarındaki şiddetli kuraklıklardan etkilenmiştir. 1995-1998 yılları arasında yağışların artmasıyla beraber havzada tamamen olarak sulak bir dönem yaşanmış ve özellikle 1996 yılında ülke genelinde

görülen şiddetli kuraklıktan havza etkilenmemiştir. 1999-2005 yılları arasında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde yaşanan kuraklıklar ağırlıklı olarak normale yakın ve orta derecede kuraklık olup, ülke genelinde yaşanan 1999 ve 2001 yıllarındaki kuraklıktan havza da etkilenmiştir. 2006-2012 yılları arasında yağışların artması ile beraber 2008 yılı hariç havzada tamamen sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde ülkede yaşanan 2008 yılındaki kuraklıktan havza etkilemiş, fakat 2007 yılındaki kuraklıktan havzanın etkilenmemesi dikkat çekmiştir. 2013 yılında ise havzada aşırı kuraklık yaşanmış ve bu yılda ülke genelinde de şiddetli kuraklıklar görülmüştür. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla yaz mevsiminde görülmesinin yanı sıra, diğer tüm mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada, özellikle 1952, 1955 ve 1974 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

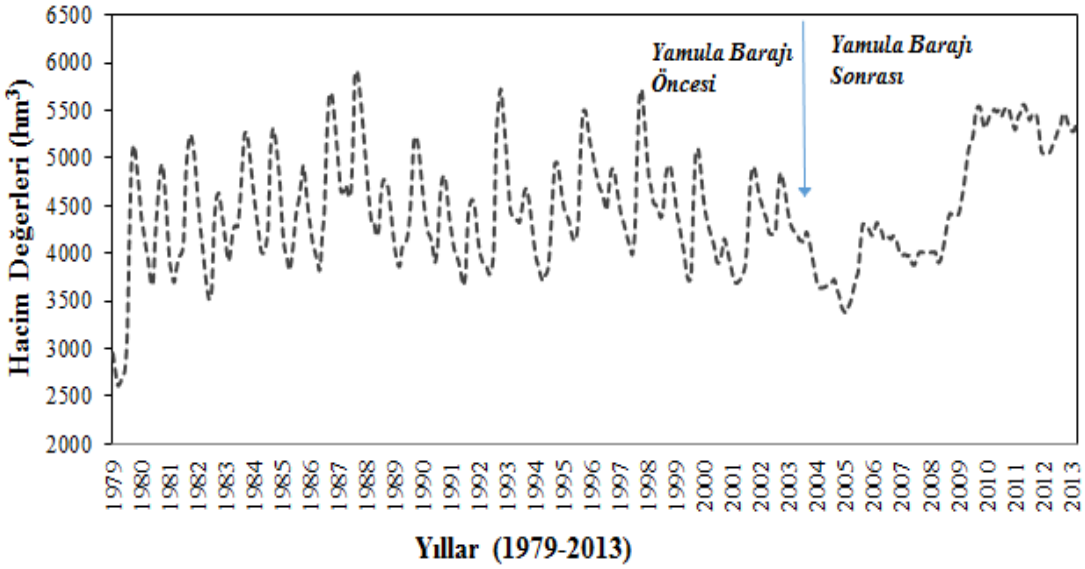
Hirfanlı Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı, çok ve orta derecede kuraklıklara daha az sayıda rastlanılmış olup, ağırlıklı olarak normale yakın kuraklık hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen, havzada ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yılların ortasından itibaren havzada sulak dönemler hakimiyetini sürdürmüş olup, sadece 2008 yılında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Fakat, 2013 yılında ülke genelinde de yaşanan şiddetli kuraklıklardan havza da etkilenmiş ve aşırı kuraklık yaşanmıştır. Bu sebeple uzun süreli sulak dönemlerden sonra, 2013 yılında yaşanan aşırı kuraklık sonucu havzada kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu düşünülmektedir.

#### 4.5.2.3. Hirfanlı Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

Hirfanlı Baraj havzası için DSİ'den temin edilen aylık ortalama nehir akım ve hazne hacim verileri 2013 yılına kadar olmasına rağmen, çalışma sırasında 2003 yılına kadar ki bölümü ile çalışılmıştır. Bunun sebebi ise, Hirfanlı Barajı membasında bulunan 2005 yılında enerji üretimine geçen Yamula Barajında, 2003 yılı aralık ayında baraj inşaatı sırasında su tutulmaya başlanılmış olmasıdır [139]. Hirfanlı Barajı aylık ortalama nehir akım ve hazne hacim verileri incelendiğinde; Yamula Barajında su tutulmaya başlanılması ile birlikte Hirfanlı Barajına ait 2003 yılından sonraki verilerde Yamula Barajı etkisinden dolayı düzensizlik gözlenmiştir. Şekil 4.333 ve Şekil 4.334'de Yamula Barajında su tutulmaya başlamadan önceki ve sonraki aylık ortalama nehir akım ve hazne hacim değerleri gösterilmiştir. Verilere ait istatistiksel özellikler ise Çizelge 4.65'de verilmiştir. Çizelge 4.65 incelendiğinde, 2004 yılından itibaren verilerin ortalamasında ve standart sapmasında önemli değişiklikler bulunmuştur. Çalışmada, 2004-2013 yılları arasındaki 10 yıllık dönemdeki aylık ortalama akım verilerine ait ortalama ve standart sapma değerlerinin, 1953-2003 yılları arasındaki dönemdeki aylık ortalama akım verilerine ait değerlere göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, yine 2004-2013 yılları arasındaki 10 yıllık dönemdeki aylık ortalama hazne hacim verilerine ait ortalama ve standart sapma değerlerinin, 1979-2003 yılları arasındaki dönemdeki aylık ortalama hazne hacim verilerinden elde edilen değerlere göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, dönemler arasındaki verilere ait istatistiksel değişimin önemli ölçüde olduğu saptanmış ve Hirfanlı Baraj havzası verilerinde baraj etkisinden dolayı düzensizlik meydana geldiği görülmüştür.




**Şekil 4.337.** Hirfanlı Baraj Havzası Aylık Ortalama Nehir Akım Değerlerinde Gözlemlenen Değişim




**Şekil 4.338.** Hirfanlı Baraj Havzası Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerlerinde Gözlemlenen Değişim

**Çizelge 4.68.** Hirfanlı Baraj Havzası Aylık Ortalama Nehir Akım ve Hazne Hacim Verilerine Ait İstatistiksel Özellikler

| **Akım Verileri İçin** | **1953-2013** | **1953-2003** | **2004-2013** | **Hacim Verileri İçin** | **1979-2013** | **1979-2003** | **2004-2013** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Ortalama*** | 74.75 | 77.42 | 61.00 | ***Ortalama*** | 4455.36 | 4422.23 | 4535.70 |
| ***Standart sapma*** | 81.50 | 84.17 | 64.61 | ***Standart sapma*** | 603.00 | 553.63 | 704.72 |
| ***Maksimum*** | 552.50 | 552.50 | 307.95 | ***Maksimum*** | 5895.00 | 5895.00 | 5547.49 |
| ***Minimum*** | 4.40 | 4.40 | 4.91 | ***Minimum*** | 2613.39 | 2613.39 | 3372.78 |
| ***Çarpıklık*** | 2.22 | 2.24 | 1.51 | ***Çarpıklık*** | 0.08 | -0.10 | 0.17 |

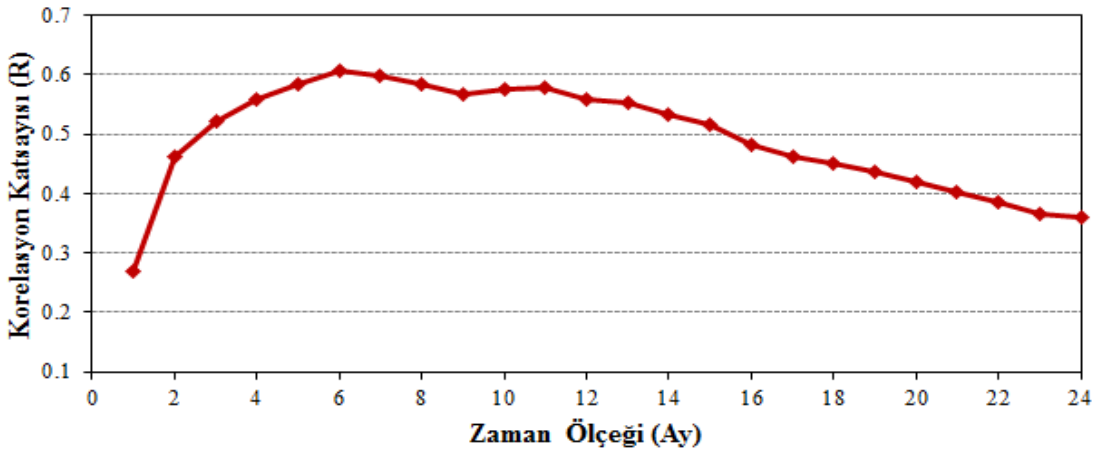
#### 4.5.2.3.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Hirfanlı Baraj havzasında 1953-2003 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen ortalama akım miktarı yaklaşık olarak 77.42 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 552.50 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 4.40 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.24 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.5.2.3.1.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

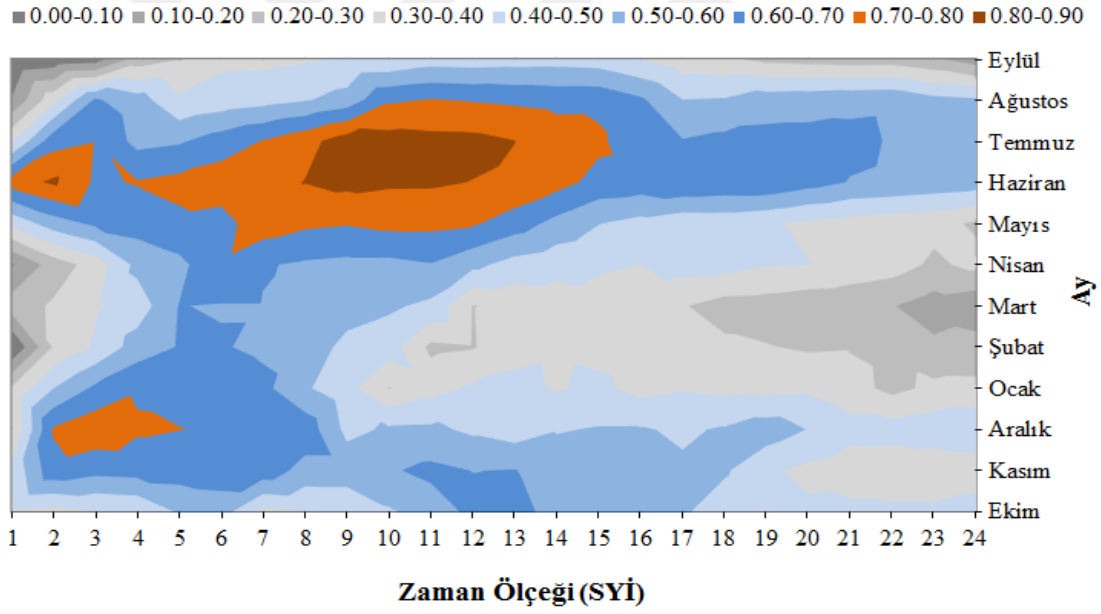
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.335'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa ve uzun zaman ölçeklerinde (5-7 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.61) 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 5 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Hirfanlı Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.339.** Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.5.2.3.1.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.336'da standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.340.** Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.70$) kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve yaz mevsiminde (haziran ve

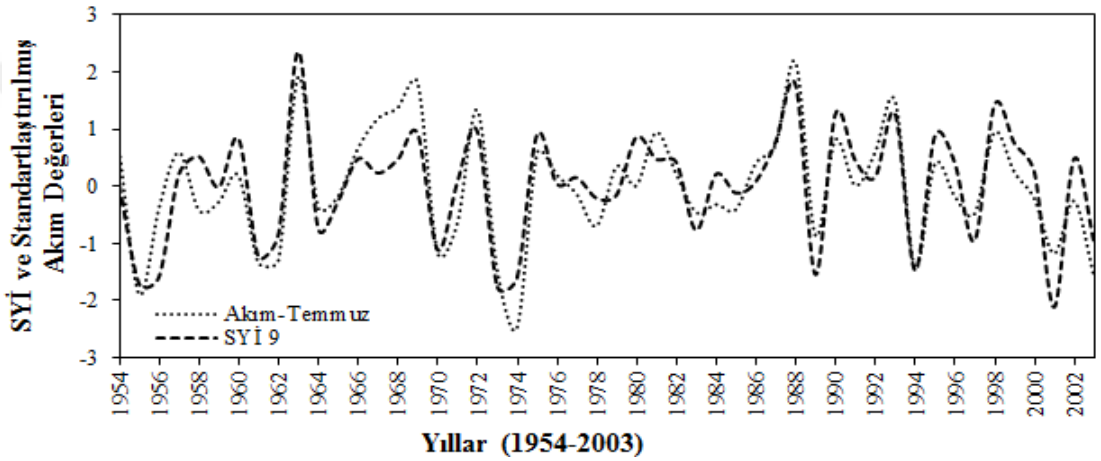
temmuz) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.77), yaz mevsiminde ise 2 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.82) ve 3 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.70) ulaşılmıştır. Özellikle yaz mevsimi en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu mevsimdir. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcı aralık ayı en yüksek korelasyon değerinin (R≤0.77) görüldüğü aylardan biridir. Ocak ve şubat aylarında korelasyon değerlerinde nispeten düşüş (R≤0.61) görülmüştür. Şubat ayı mevsimin en düşük korelasyon değerlerinin görüldüğü aydır. Kış mevsimde maksimum korelasyonlar aralık ayında 3 aylık, şubat ayında 4 aylık ve mayıs ayında 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu mevsimde korelasyon değerlerinde düşme görülürken, zaman ölçeğinde basamak şeklinde artış olmuştur. İlkbahar mevsimi başlangıcında mart ayında korelasyon değerleri nispeten düşüş (R≤0.61) göstermiştir. Nisan ve mayıs aylarında ise korelasyon değerlerinde artış (R≤0.68) gözlemlenmiştir. İlkbahar mevsimde maksimum korelasyonlar mart ve nisan aylarında 6 aylık ve mayıs ayında 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ayında korelasyon değerleri yükselmeye devam etmiş ve 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.82) elde edilmiştir. Temmuz ayında korelasyon değerleri nispeten düşmeye (R≤0.70) başlamış ve ağustos ayında düşüş devam (R≤0.61) etmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 2 aylık, temmuz ve ağustos aylarında 3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve eylül ayında da 6 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değerleri (R=0.38) elde edilmiştir. Ekim ve kasım aylarında korelasyon değerleri tekrar yükselmeye (R<0.55) başlamıştır. Ekim ayında 6 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Kasım ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminin en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.67) elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (R≥0.70) ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) ve yaz mevsiminde görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, ilkbahar mevsimi sonunda 7 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.76), yaz mevsiminde ise 9 aylık zaman ölçeğinde haziran (R=0.83) ve temmuz (R=0.85) aylarında, 11 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.70) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek

korelasyon değerlerine de ($R \leq 0.85$) yaz mevsiminde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, kış mevsimi sonu (şubat) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre nispeten daha düşük ($R<0.60$) olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsiminde şubat ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde ve sonbahar mevsiminde eylül ayında maksimum korelasyona 11 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsiminde (eylül) maksimum korelasyon değeri 11 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R \leq 0.45$) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar ($0.60 \leq R \leq 0.67$) $R=0.60$ değerini aşmış ve bulunan maksimum korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine 7 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 12 aylık zaman ölçeği geçerlidir) ulaşılmıştır.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 2-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-11 aylık (sadece ekim ayı için 12 aylık zaman ölçeği geçerlidir) zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 9 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.85$), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.67$), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.77$) ve ilkbahar mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ($R=0.76$) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri; yaz ve ilkbahar mevsimlerinde uzun zaman ölçeklerinde, kış ve sonbahar mevsimlerinde ise kısa zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 2-12 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim), kış mevsimi sonunda (şubat) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.62$) diğer aylara göre nispeten düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.65$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, yaz mevsiminde temmuz ayında en yüksek korelasyon değeri ($R=0.85$) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu ($R \leq 0.45$) ayın da sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.337'de ise 9 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği temmuz ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1955, 1956, 1961, 1962, 1970, 1973, 1974, 1989, 1994, 1997, 2001 ve 2003 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde temmuz ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.341.** Hirfanlı Baraj Havzasında 9 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

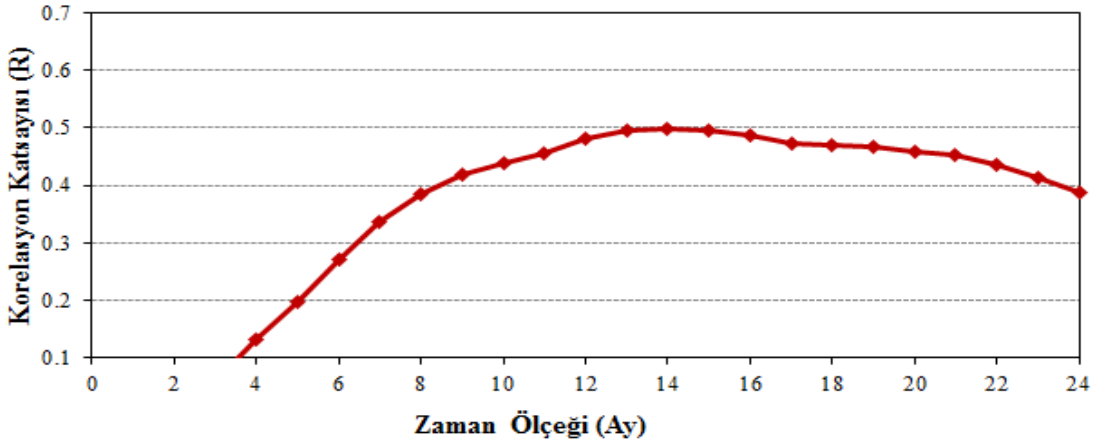
### 4.5.2.3.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Hirfanlı Baraj havzasında 1979-2003 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Hirfanlı barajı normal su kotunda 5980 $hm^3$ göl hacmine ve 263 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin -0.1 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.5.2.3.2.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

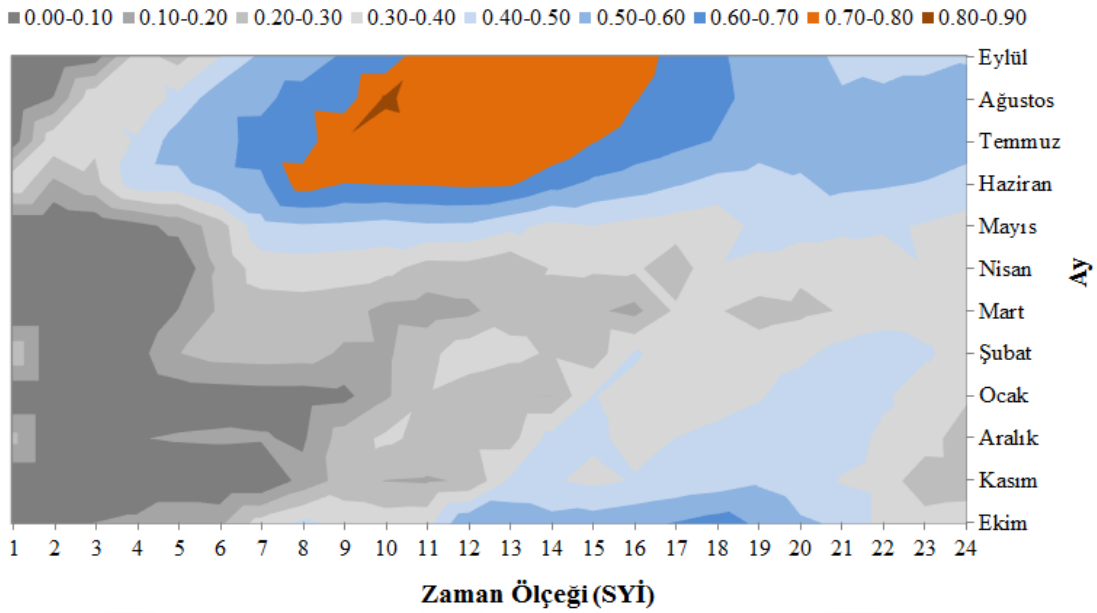
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.338'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (12-15 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.50) 14 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 13 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Hirfanlı Baraj havzasında 1-15 aylık zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 15 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.342.** Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.5.2.3.2.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.339'da standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.

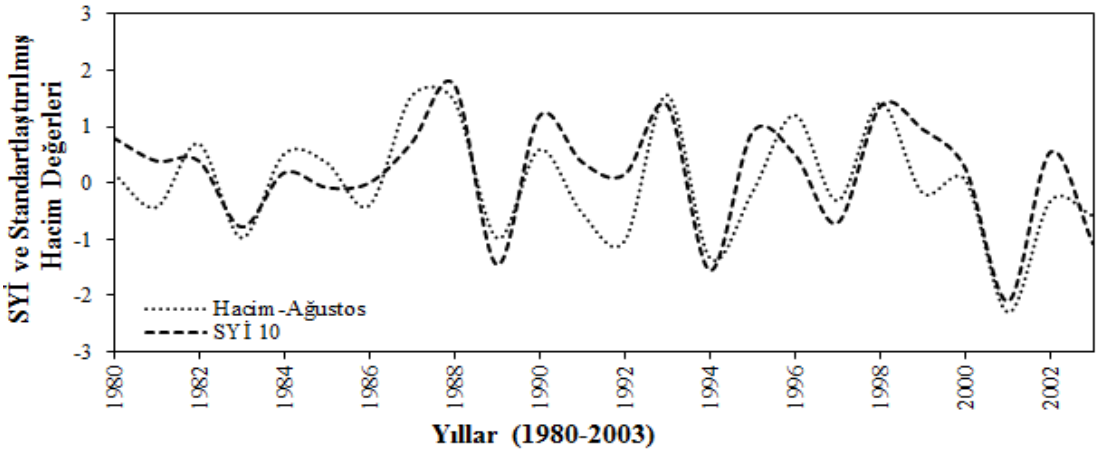



**Şekil 4.343.** Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.81$) yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) bulunmuştur. Yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine 8 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.74$), 9 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.79$) ve 10 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ($R=0.81$), sonbahar mevsiminde ise 11 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında ($R=0.78$) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, en yüksek maksimum korelasyon değeri yaz mevsiminde ağustos ayında 10 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.81$) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle ilkbahar mevsimi başlangıcında mart ayında korelasyon değerlerinin diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük ($R \leq 0.38$) olduğu bu ayda, maksimum korelasyon değerine 22 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.38$) ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım) 18 ve 19 aylık zaman ölçeklerinde, kış mevsiminde 20, 21 ve 22 aylık zaman ölçeklerinde ve ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) 23 ve 8 aylık zaman ölçeklerinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri $R=0.40$ değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.66 \leq R \leq 0.41$) aralığında değişmekte olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 8-11 ve 18-23 aylık zaman ölçeklerinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.81) ağustos ayında, sonbahar mevsiminde 11 aylık zaman ölçeğinde (R=0.78) eylül ayında, kış mevsiminde 21 aylık zaman ölçeğinde (R=0.50) ocak ayında ve ilkbahar mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.49) mayıs ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.45 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri ilkbahar mevsiminde mart ayında ise 22 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.38) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde (ağustos), en düşük korelasyon değeri ise ilkbahar mevsiminde (mart) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimde (ekim ve kasım), kış mevsiminde ve ilkbahar mevsiminde 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri (R<0.22) çok düşüktür. Fakat, maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Buradan yola çıkarak havzada, 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır. Özellikle ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs), yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) maksimum korelasyon değerlerine 12 aydan daha kısa zaman ölçeklerinde ulaşılırken, sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım), kış mevsiminde ve ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) maksimum korelasyon değerlerine 12 aydan daha uzun zaman ölçeklerinde ulaşılması dikkat çekmiştir.

Şekil 4.340'da 10 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ağustos ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1983, 1989, 1994, 1997, 2001 ve 2003 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ağustos ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



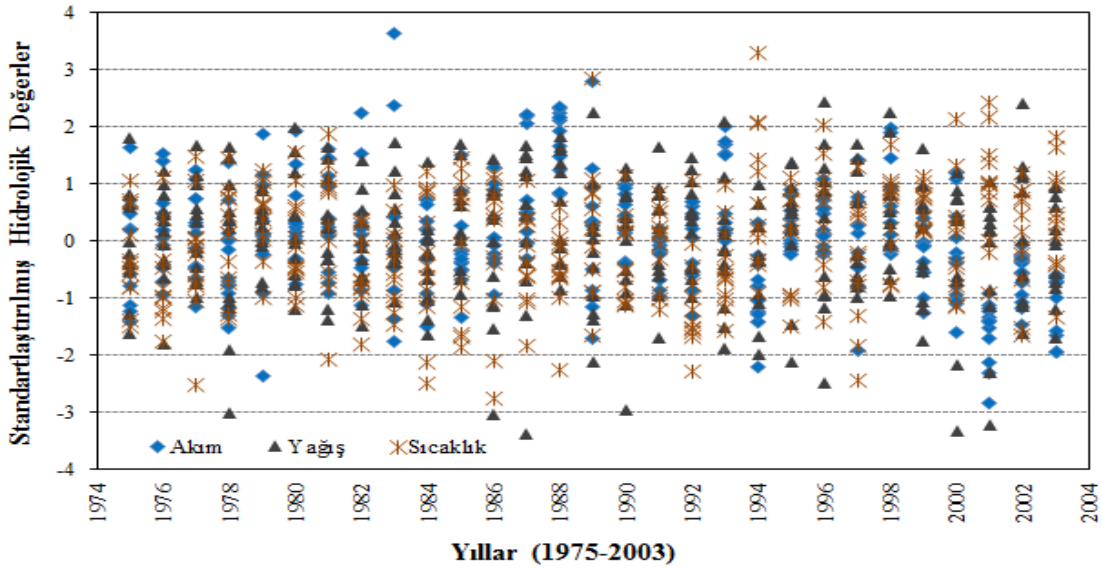

**Şekil 4.344.** Hirfanlı Baraj Havzasında 10 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

Hirfanlı Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile uzun ve kısa zaman ölçekli (5-7 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.61) 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 9 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.85) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 11 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.45) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (12-15 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.50) 14 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı

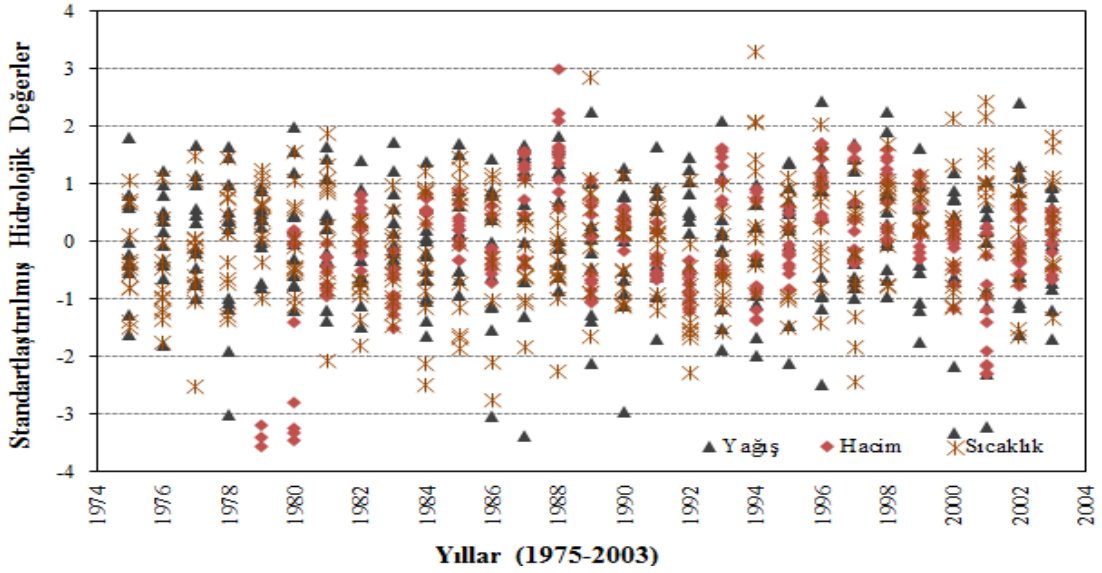
zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.81) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerine ise ilkbahar mevsiminde 22 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.38) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.341 ve 4.342'de görüldüğü gibi ay bazında 1975-2003 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.345.** Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.346.** Hirfanlı Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.5.2.4. Hirfanlı Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

##### 4.5.2.4.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

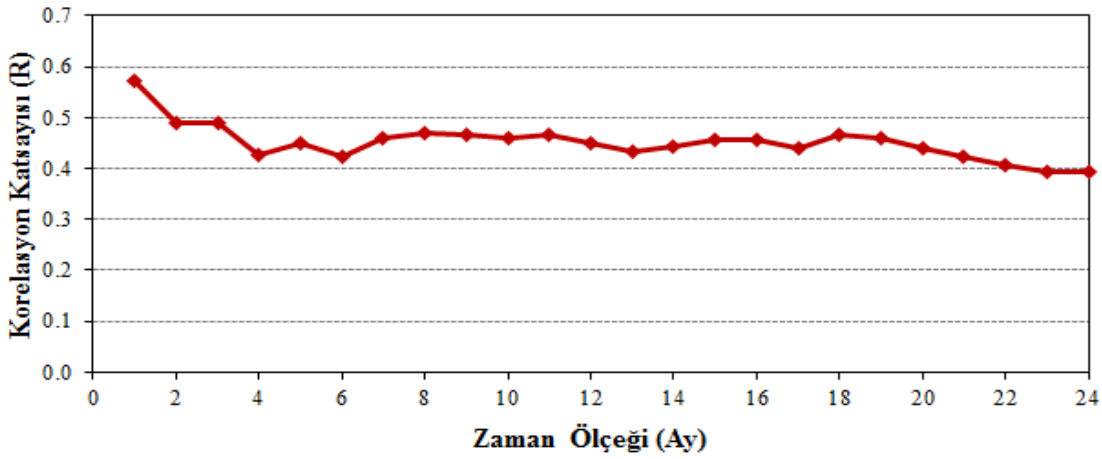
Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmanın bu bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Daha sonra uydu kaynaklı aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

###### 4.5.2.4.1.1. Hirfanlı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı

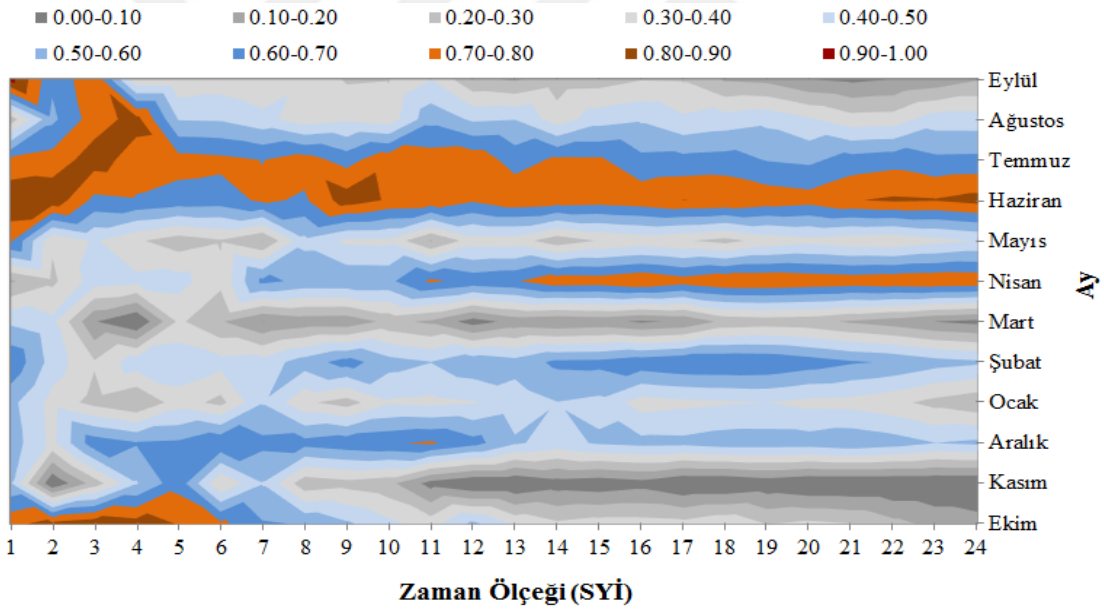
zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.343'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.57 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Hirfanlı Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.347.** Hirfanlı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.5.2.4.1.2. Hirfanlı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.344'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.348.** Hirfanlı Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki

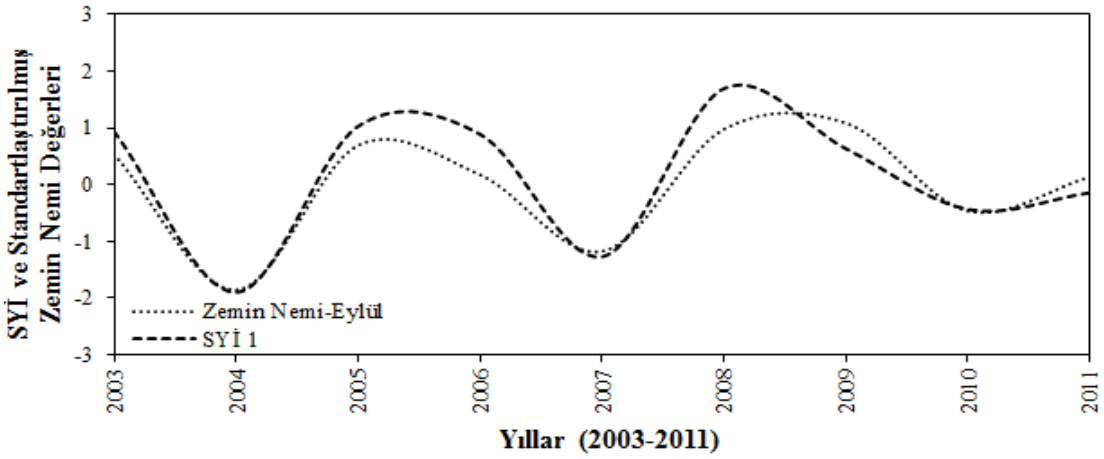
elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.19'dan görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.94$) sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ve yaz mevsiminde görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde eylül ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.94$) ve ekim ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.88$), yaz mevsiminde ise haziran ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.89$), temmuz ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.85$) ve ağustos ayında 4 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.84$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) korelasyon değerlerinin daha düşük olduğu belirlenmiş, fakat bu aylarda maksimum korelasyon değerleri $R=0.45$ değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değerlerine ($R<0.50$) ilkbahar mevsiminde mart ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve nisan ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında nispeten yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.69$) elde edilmiş ve bu ayda maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerlerinde ocak ayında düşüş gözlemlenmiş ve maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.53$) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri şubat ayında ise yükselişe geçmiş ($R \leq 0.69$) ve 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ve nisan aylarında korelasyon değerleri ($R \leq 0.48$) düşmüştür. Özellikle nisan ayında diğer mevsimlere göre en düşük maksimum korelasyon değeri 3 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.45$) elde edilmiştir. Mayıs ayında ise, korelasyon değerleri yükselmiş ve mevsimin en yüksek korelasyon değerleri ($R<0.73$) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 1 aylık, nisan ayında 3 aylık ve mayıs ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde ise yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Haziran ayında korelasyon değerleri yükselmeye ($R \leq 0.89$) devam etmiştir. Temmuz ve ağustos aylarında ise elde edilen maksimum korelasyon değerleri ($R \leq 0.85$), haziran ayında bulunan maksimum korelasyon değerine çok yakın çıkmıştır. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ayında 1 aylık, temmuz ayında 3 aylık ve ağustos ayında 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise eylül ayında korelasyon değerleri yükselmiş ve diğer mevsimlere göre en yüksek maksimum korelasyon değeri bu ayda 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.94$)

elde edilmiştir. Ekim ve kasım aylarında korelasyon değerlerinde eylül ayına göre nispeten düşüş ($R \leq 0.88$) ve ekim ayında mevsimin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R \leq 0.66$) elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise maksimum korelasyonlar ekim ayında 3 aylık ve kasım ayında 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.89$) 1 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.94$) 1 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında, kış mevsiminde ($R=0.68$) 6 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R=0.72$) 1 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.65$ değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde eylül ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri ($R=0.94$) ve ilkbahar mevsiminde ise nisan ayında en düşük maksimum korelasyon değeri ($R=0.45$) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada nisan ve haziran aylarında özellikle 6 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin ($R<0.87$) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.20'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile eylül ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2004, 2007 ve 2010 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde eylül ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde eylül ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.349.** Hirfanlı Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Eylül Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemlerin mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada, sadece uydu kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, uydu kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan analizleri özetlemek gerekirse, büyük bir havza olan Hirfanlı Baraj havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Yani, zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada, 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmış ve kısa zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman

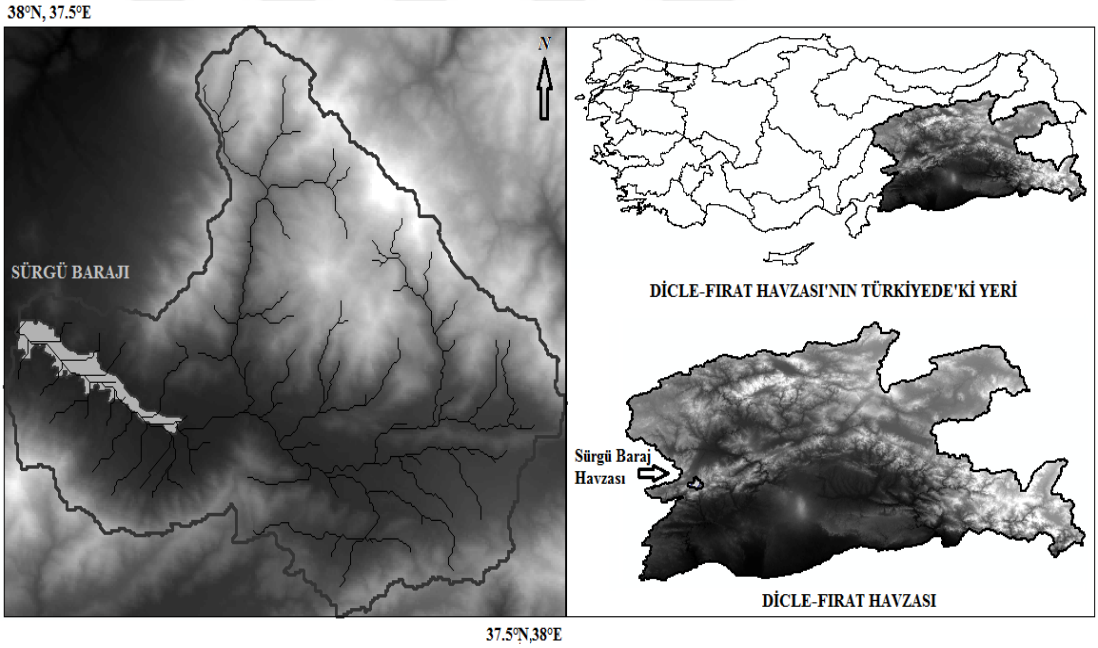
ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.94) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde ilkbahar mevsiminde nisan ayında (R=0.45) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ve yaz mevsiminde korelasyon değerleri diğer mevsimlere daha yüksek olup, ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ise daha düşüktür. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.65 değerini aşması ve yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerlerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile eylül ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2007, 2007 ve 2010 yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

## 4.6. Doğu Anadolu Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları

### 4.6.1. Sürgü Baraj Havzası

#### 4.6.1.1. Sürgü Baraj Havzası Özellikleri

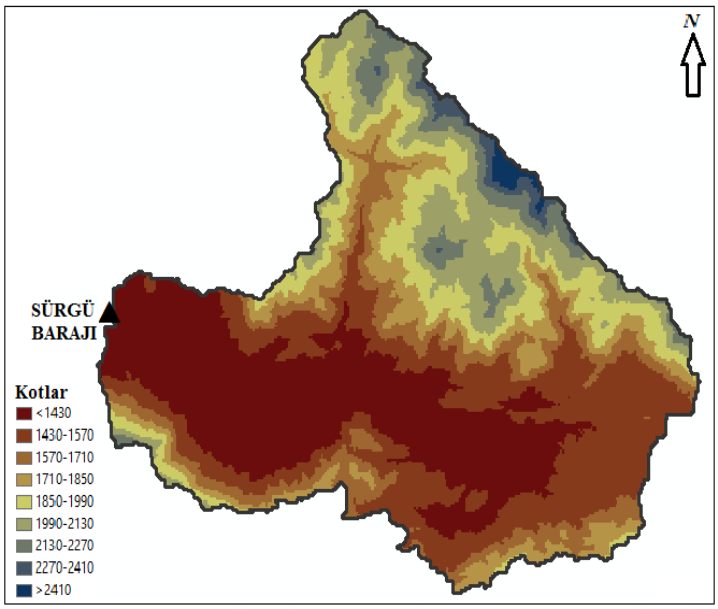
Çalışma alanı olarak seçilen Sürgü Baraj havzası, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat Bölümünde ve Malatya ilinin güneyi ile Güney Doğu Anadolu Bölgesi sınırında 37°52.5'-38°8' doğu boylamları, 38°7.5'-37°56' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Malatya iline bağlı Doğanşehir ilçesinin yaklaşık üçte bir bölümünü içine almaktadır. Dicle-Fırat havzasının bir alt havzası olan görülen Sürgü Baraj havzası yaklaşık olarak 247 km$^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.346).




**Şekil 4.350.** Sürgü Baraj Havzasının Konumu

Sürgü Baraj havzasının arazi yapısı oldukça yüksek ve engebeli olup, Güney Doğu Toroslar kuşağında yer almaktadır. Havzanın kuzeyindeki Güneydoğu Toroslara ait dağlar (Kurudağ, Bozdağ) ile güneyindeki Malatya dağları birbirlerine paralel olarak

uzanmaktadır. Söz konusu dağların ortalama yükseltileri 1800-2200 m arasında değişmektedir. Havzanın bugünkü topografyasının oluşumunda tektonik hareketlerin belirleyici bir faktör olmasının yanı sıra sonradan meydana gelen fluviyal süreçler de etkili olmuştur. Bu süreçte ortaya çıkan başlıca jeomorfolojik birimleri dağlar, platolar, ovalar ve vadiler oluşturmaktadır [140]. Sürgü baraj havza alanı içerisinden geçen sol yanla doğrultu akımlı Sürgü Fayı birkaç milyon yıldan beri aktif bir faydır. Bu sebeple Sürgü baraj havzası 2. derece deprem bölgesinde yer almaktadır [141]. Yeraltı suyu bakımından zengin olan havzada yağmur sularının büyük bir bölümü çatlak ve yarıklar boyunca yeraltına sızmaktadır. Sızan sular belirli bir derinlik seviyesinden sonra kırık hatlar güzergahı boyunca yüzeye çıkmaktadır. Dolayısıyla bu şekilde kaynak suları meydana gelmektedir. Sürgü çayının getirdiği alüvyonların birikmesiyle meydana gelen ortalama yükseltisi 1300 m olan Sürgü ovasının bir bölümü havza sınırları içerisinde yer almaktadır. Havza toprakları tarıma elverişli olup, buğday, fasulye, tütün ve şekerpancarı yetiştirilmektedir. İran-Turan flora bölgesinde yer almasına bağlı olarak havzada bitki örtüsü bakımından step formasyonları yaygın olup genelde İran-Turan step elamanları görülmektedir. Ayrıca korunabilmiş alanlarda meşe ve ardıç toplulukları da bulunmaktadır [140]. Şekil 347'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 1292-2558 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama 1300 m rakımda olup, yükseltinin en düşük görüldüğü bölgedir. Havzanın güney bölgesine göre kuzey bölgesindeki yükseltinin daha fazla olmasıyla beraber güneyden kuzeye doğru gidildikçe yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havza, yüksek ve engebeli bir topografyaya sahip olup etrafı dağlarla çevrilidir.

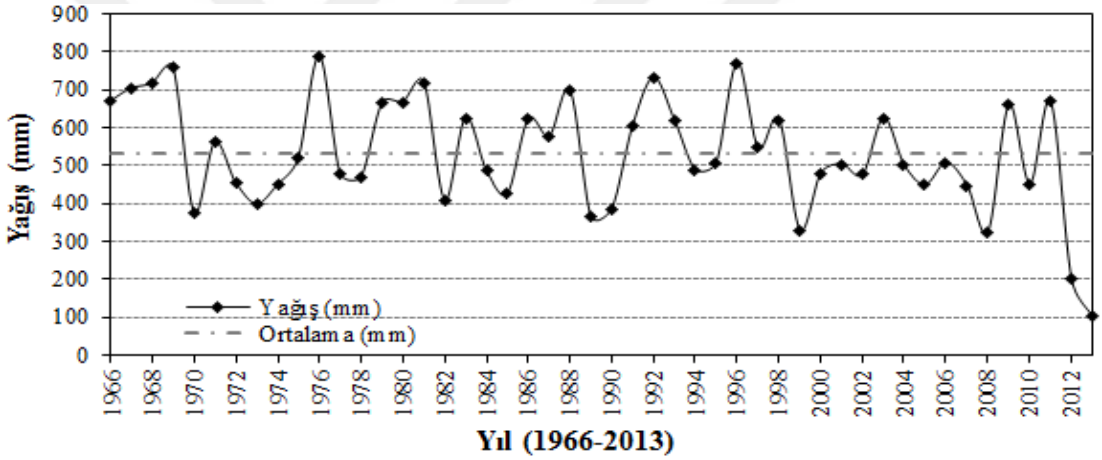



**Şekil 4.351.** Sürgü Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple, havzanın yükselti farklılıklarının 1292-2558 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak havzanın kuzeyde büyük bir bölümü Yukarı Fırat iklim bölgesinde, güneyde küçük bir bölümü ise Yukarı Fırat ikliminden Güney Doğu Anadolu iklimine geçiş bölgesinde kalmaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Havzada karasal iklim hakimiyeti görülmekte olup yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise soğuk ve kar yağışlı geçer. Ayrıca, Malatya havzasına göre iklimi daha serttir. Çünkü 1300 rakımdan daha yüksek konumda yer almaktadır [141]. Havza yağış rejimi bakımından, karasal Akdeniz yağış rejimi ile Doğu Anadolu karasal yağış rejimi arasında bir geçiş alanındadır. Ayrıca, havzada yaz mevsiminin uzun sürmesi tarım için elverişli bir ortam hazırlarken, yağışın aynı dönemde yeterli düzeyde olmaması suyun ve sulamanın önemini açıkça ortaya koymaktadır [142].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1966-2013 yılları arasında ölçüm yapan Doğanşehir meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 102 mm iken, maksimum

yağış 1976 yılında 788 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada genel olarak karasal iklimin baskın olmasıyla beraber, havzanın yağış rejimi bakımından karasal Akdeniz yağış rejimi ile Doğu Anadolu karasal yağış rejimi arasında bir geçiş alanında bulunmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında, yıllık ortalama yağış 533 mm civarındadır. Bu miktar ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.348'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıklarının kısa dönemler halinde devam ettiği, genel olarak da kısa dönemler halinde ortalama yağışın üzerinde yağış meydana geldiği görülmektedir. Ayrıca ortalama yağış miktarının üzerinde kalan yağışların nispeten fazla olmasının yanı sıra, özellikle 2000'li yıllardan sonra uzun dönemler halinde görülen yağışın, ortalama miktarın altında kalması da dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.352.** Sürgü Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.66'da, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında; en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Ayrıca, kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.69.** Sürgü Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 74.7 | 61.6 | 69.4 | 68.3 | 46.7 | 13.8 | 2.6 | 1.8 | 7.0 | 47.9 | 66.9 | 72.4 | ***533*** |

Havzada, yükseltinin artmasına bağlı olarak sıcaklıkta azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise yaklaşık 13.6 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 27 ºC olmakla beraber ocak ve şubat aylarında sıcaklık -1 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmektedir.

Reşadiye köyü yakınlarında Karakaya tepesi yamaçlarından kaynağını alan Sürgü Çayı, Reşadiye Deresi ve Takaz suyu ile birleşerek Göksu Çayı adıyla Fırat Nehri ile birleşmektedir [140]. Sürgü Çayı üzerinde 1971 yılında sulama amaçlı olarak hizmete alınan Sürgü Barajı, normal su kotunda 4.385 $km^2$ göl alanına, 70.93 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 3.74 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 13.36 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0.27 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın

gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [6-7]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.2'de verilmiştir.

**Çizelge 4.70.** Sürgü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Sürgü Baraj Havzası** | 1966-2013 | 1971-2013 | 1971-2013 | 2003-2011 | 2008-2013 |

### 4.6.1.2. Sürgü Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

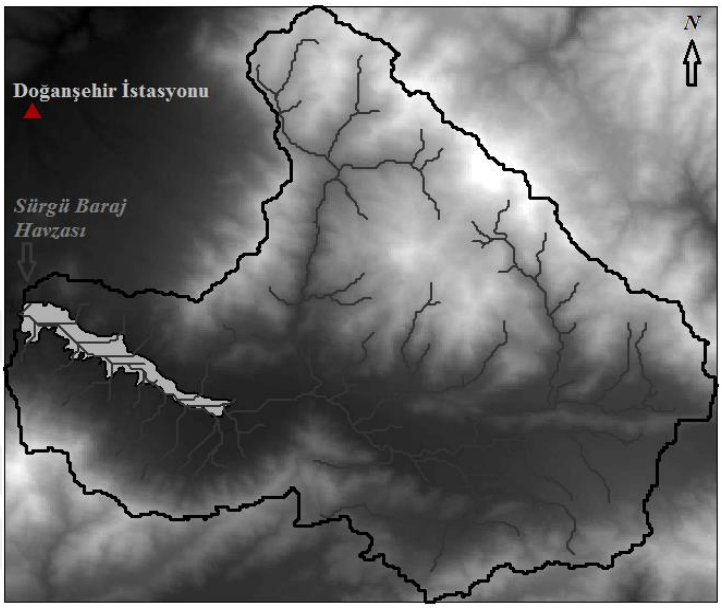
#### 4.6.1.2.1. Sürgü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada görülen havza çevresinde yer alan en yakın 1 adet meteoroloji istasyonu (Doğanşehir) seçilmiş ve bu istasyona ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.68'de verilmiştir [93]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır.

**Çizelge 4.71.** Sürgü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Doğanşehir | 38.10 | 37.89 | 207 | 533 |

Daha sonra verileri değerlendirilen meteoroloji istasyonuna ait 1966-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.349'da seçilen meteoroloji istasyonunun yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir.

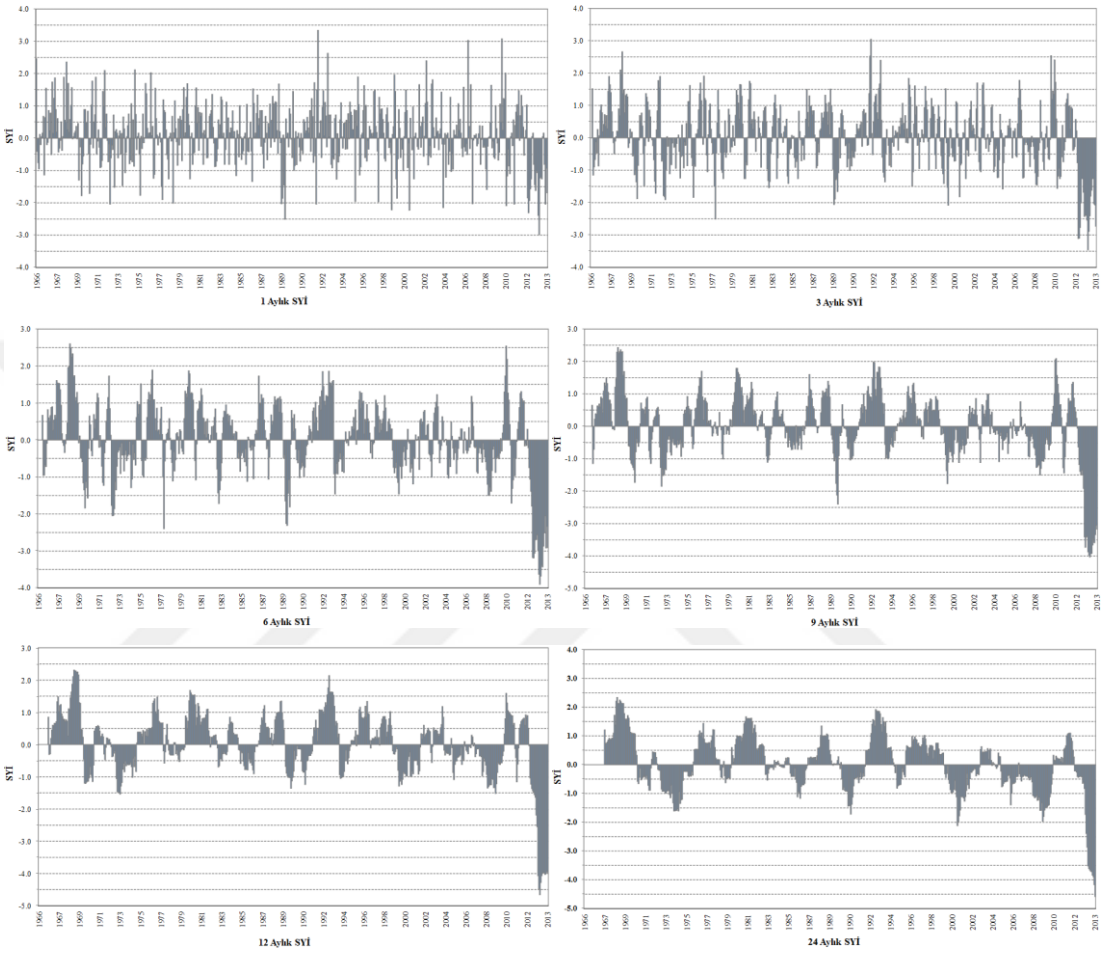



**Şekil 4.353.** Sürgü Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

#### 4.6.1.2.2. Sürgü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.350'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde

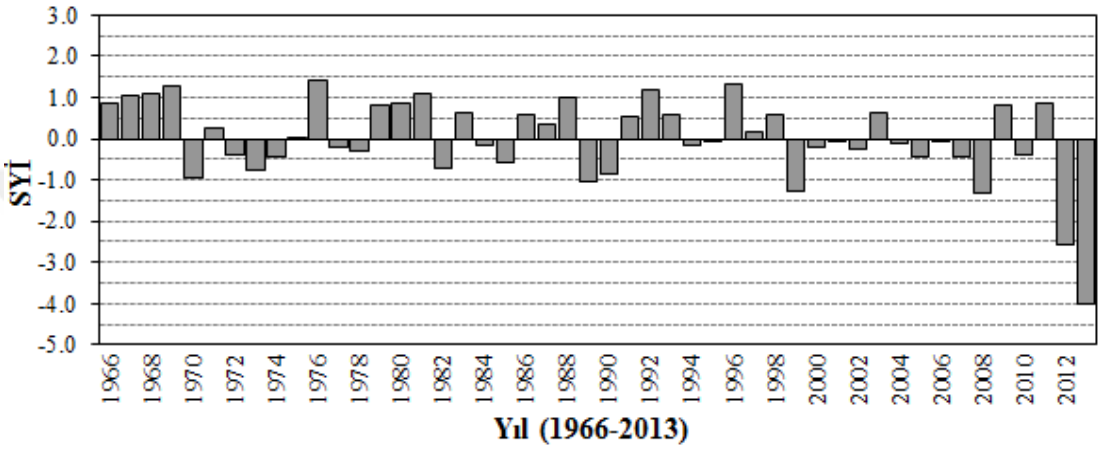
artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 11 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 14.5 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.354.** Sürgü Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1966-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.351'de görüldüğü gibi toplamda 48 yılda 25 yıl kuraklık yaşanmıştır. Yaşanan kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı; 2 aşırı kurak, 3 orta derecede kurak ve 20 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.27 yıl olup, 2004-2008 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 5 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.37 (normale yakın) olup, 2013

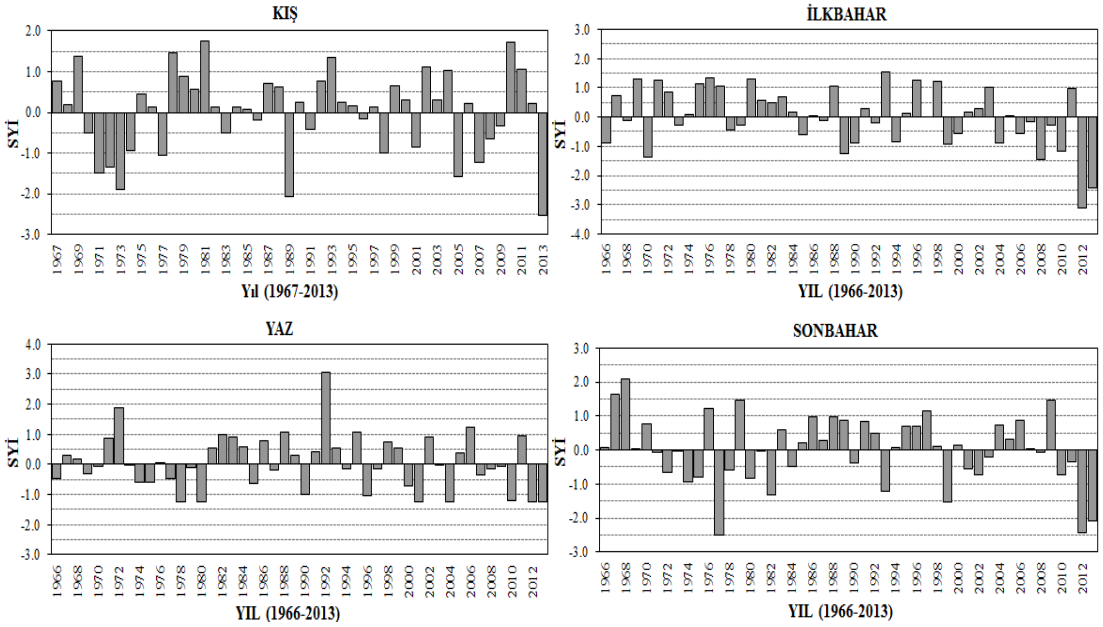
yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -3.99 (aşırı kurak) olarak bulunmuştur. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1972-1974, 1977-1978, 1984-1985, 1994-1995, 1999-2002, 2004-2008 ve 2012-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklükte kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmekte olup, havzada çok kuraklıkların yaşanmadığı dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.355.** Sürgü Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.352'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirinden farklı değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 18 yıl, ilkbahar mevsiminde 23 yıl, yaz mevsiminde 26 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 22 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklıklar en fazla sonbahar mevsiminde, çok kuraklıklar en fazla kış mevsiminde, orta derecede kuraklıklar en fazla yaz mevsiminde ve normale yakın kuraklıklar ise en fazla ilkbahar ve yaz mevsimlerinde yaşanmıştır. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. 3 mevsime ait ortalama kuraklık şiddetleri birbirlerine yakın değerlere (-0.39~-0.40) sahip olup, sadece yaz mevsiminin ortalama kuraklık şiddeti (-0.33) diğer mevsimlerden farklıdır. Ortalama

kuraklık süresi bakımından da kış ve ilkbahar mevsimleri ile yaz ve sonbahar mevsimleri birbirine yakın değerler göstermektedir. Sonbahar mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.20 yıl) en fazla, kış mevsiminde (1.50 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 ile 5 yıl arasında değişmekte olup, en uzun süre 5 yıl olarak kış mevsiminde 1970-1974, ilkbahar mevsiminde 2006-2010 ve sonbahar mevsiminde 1971-1975 yılları arasında bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle değişik iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 48 yılda her mevsim farklı büyüklükte kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, özellikle yaz mevsimde çok ve aşırı kuraklıkların görülmeyişi, ortalama kuraklık şiddetinin de diğer mevsimlerden farklı değere sahip olması ile beraber sonbahar ve yaz mevsimlerinin ortalama kuraklık sürelerinin, kış ve ilkbahar mevsimlerinden daha yüksek olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.356.** Sürgü Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1966-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Sürgü Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1960'lı yılların ortasından itibaren sulak dönemler yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1970-1974 yıllarında ortalama sıcaklıkların artmasıyla beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar normale yakın kuraklıklar olup, sadece 1971 yılında kuraklık yaşanmamıştır. Özellikle 1972-1974 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1975 yılından itibaren kurak dönemlerin ardından yağışların artması ile beraber 1982 yılına kadar ardı sıra kuraklık yaşanan bir dönem olmayıp sulak dönemlerin hakim olduğu, yer yer normale yakın kuraklıkların gözlemlendiği bir dönem olmuştur. Sadece 1977 ve 1978 yıllarında normale yakın kuraklıklar meydana gelmiştir. Özellikle 1977 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1982-1985 yılları arasında tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada üç yıl boyunca normale yakın kuraklıklar yaşanmıştır. Ülke genelinde 1983-1984 yıllarında şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen, havza yaşanan şiddetli kuraklıklardan sadece 1984 yılında etkilenmiştir. 1986-1988 yılları arasında havzada önemli bir yağış eksikliği gözlenmemiş olup, tamamen sulak dönemlerin var olduğu bir dönem olmuştur. Sulak dönemlerden sonra kurak dönemlerin başlayışı ve özellikle sıcaklıkların artması ve ortalama yağışların azalması ile beraber 1989-1990 yıllarında sulak dönemlerin yerini kurak dönemler almıştır. Yine bu dönemde de ülke genelinde şiddetli kuraklıklar meydana gelmiştir. Özellikle 1989 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Fakat ülke genelinde 1991 yılında meydana gelen kuraklıktan havza etkilenmemiştir. 1990'lı yılların başından 1999'lı yılına kadar kurak dönemler ile sulak dönemler periyodiklik göstermiş, fakat uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Sadece 1994

ve 1995 yıllarında normale kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde havzada önemli bir yağış eksikliği gözlenmemiş olup, sulak dönemlerin hakim olduğu bir dönem olmuştur. Ayrıca 1996 yılında ülkede yaşanılan şiddetli kuraklıktan havzanın etkilenmediği görülmüştür. Kurak ve sulak dönemlerden sonra özellikle tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber 1998 yılından 2009 yılına kadar havzada uzun süreli kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde genellikle normale yakın kuraklık meydana gelmiş olup, sadece 1999 ve 2008 yıllarında orta derecede kuraklıklara rastlanılmıştır. 1999-2001 ve 2007-2008 yıllarında görülen orta derecede ve normale yakın kuraklıklar özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın etkilendiği görülmüştür. 2009 yılından itibaren 2012 yılına kadar sulak ve kurak dönemler periyodiklik göstermiştir. 2012-2013 yılları arasında havzada ilk kez aşırı kuraklıklara rastlanmıştır. Bu dönemde yağışlarda azalma ve özellikle ortalama sıcaklıklarda artma eğiliminin olmasından dolayı kuraklık büyüklüklerinde çok fazla artış gözlemlenmiştir. 2013 yılında görülen aşırı kuraklık özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla yaz mevsiminde görülmesinin yanı sıra bütün mevsimlerde de birbirinden farklı değerler göstermiştir. Havzada özellikle 2008 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar yaşanmıştır.

Sürgü Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak çok kuraklıklara hiç rastlanmamış olup aşırı ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada özellikle normale yakın kuraklıkların hakim olduğu görülmüştür. Çalışmada ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada 2012 yılına kadar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta ise, son yıllarda özellikle 2012-2013 yıllarında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu havzada aşırı kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüğünün artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmiştir.

### 4.6.1.3. Sürgü Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

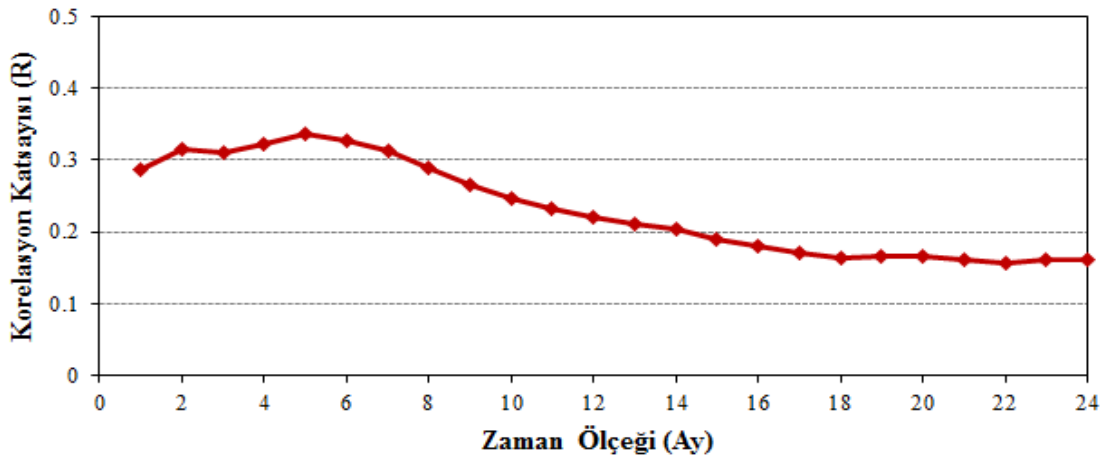
#### 4.6.1.3.1. Sürgü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Sürgü Baraj havzasında 1971-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 3.74 $m^3/s$ iken maksimum akım 13.36 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0.27 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 1.89 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Daha önce bahsedildiği gibi tektonik hareketler havza topografyasının oluşumunda etkili olmuştur. Bu sebeple yeraltı suyu bakımından zengin olan havzada yağmur sularının büyük bir bölümü çatlak ve yarıklar boyunca yeraltına sızmaktadır. Sızan sular belirli bir derinlik seviyesinden sonra kırık hatlar güzergahı boyunca yüzeye çıkmaktadır [140]. Sürgü barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.1.3.1.1. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

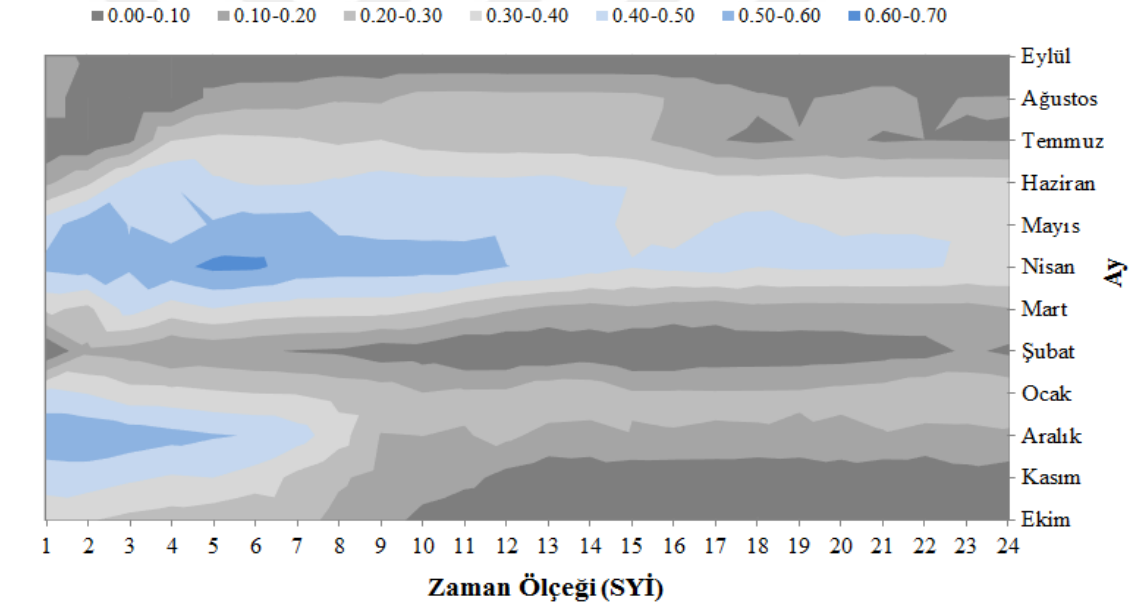
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.353'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (2-6 aylık) nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Karşılaştırmada korelasyon değerlerinin ilk olarak maksimum değere 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.314) ulaşmaya çalıştığı dikkat çekmiştir. Fakat maksimum korelasyon (R=0.34) 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 4 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Sürgü Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.357.** Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.6.1.3.1.2. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.354'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.358.** Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($0.44 \leq R \leq 0.62$) kış mevsimi başlangıcında (aralık) ve ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine; kış mevsiminde

aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.58), ilkbahar mevsiminde nisan ayında ise 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.62) ve mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.56) ulaşılmıştır. Kış mevsimi başlangıcı en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu aylardan biri olmasına rağmen ocak ayından itibaren korelasyon değerleri (R≤0.43) düşüşe geçmiş ve şubat ayında kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri (R≤0.18) görülmüştür. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar aralıkta 2 aylık, ocakta 1 aylık ve şubatta ise 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde korelasyon değerleri mart ayından itibaren yükselmeye başlamış (R≤0.63) ve nisan ve mayıs aylarında yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Nisan ayında 4 aylık zaman ölçeğinde tüm ayların en yüksek korelasyon değerine (R=0.62) ulaşmıştır. Bu mevsimde sadece mart ayında korelasyon değerleri R=0.50 değerinin altında kalmıştır. Maksimum korelasyonlar mart ayında 3 aylık ve mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Ayrıca, diğer mevsimlere göre en yüksek korelasyon değerlerine ilkbahar mevsiminde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde haziran ayında düşmeye başlayan korelasyon değerlerinin maksimumu R=0.50 değerini aşmış, fakat temmuz ve ağustos aylarında korelasyon değerleri düşmeye (R≤0.32) devam etmiştir. Ağustos ayı yaz mevsiminde en düşük korelasyonların (R≤0.19) görüldüğü aydır. Maksimum korelasyonlar haziran ayında 4 aylık, temmuz ayında 5 aylık ve ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde eylül ayında düşmeye (R≤0.15) devam etmiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri eylül ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Fakat ekim ayı ile beraber korelasyon değerleri yükselmeye (R≤0.34) başlamış ve kasım ayında sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değerlerine (R≤0.45) ulaşılmıştır. Ekim ayında 2 aylık ve kasım ayında 3 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir.

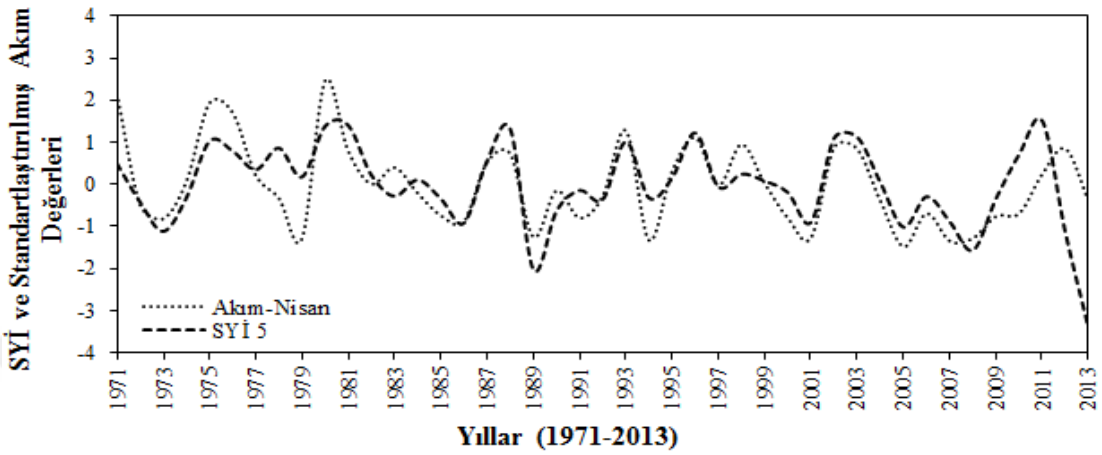
6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (0.47≤R≤0.56) ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, ilkbahar mevsiminde nisan (R=0.56) ve mayıs aylarında (R=0.54) 7 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine (R>0.50) ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsimi sonundan (ağustos) sonbahar mevsimi sonuna (kasım) kadar ve ayrıca kış mevsimi sonunda

(şubat) elde edilen korelasyon değerlerinin ise diğer mevsimlere göre daha düşük ($R<0.28$) olduğu tespit edilmiştir. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (ağustos) 11 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde (eylül, ekim ve kasım) 7-8 aylık zaman ölçeklerinde ve kış mevsimde (şubat) ise 7 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) maksimum korelasyon değeri 8 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar ($0.31\leq R\leq 0.44$) birbirine yakın değerlere sahip olup, 7 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir (haziran ayı için 9 aylık zaman ölçeği geçerlidir).

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-5 aylık, uzun zaman ölçeklerinde 7-11 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.50$), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.45$), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.58$) ve ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.62$) ulaşılmaktadır. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinde (sadece ağustos için 11 aylık zaman ölçeği geçerlidir) elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsimi sonu (ağustos), sonbahar mevsimi başlangıcı (eylül) ve kış mevsimi sonunda (şubat) korelasyon değerlerinin ($R\leq 0.18$) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada yaz aylarında (temmuz ve ağustos) yüksek korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde (5-11 aylık) ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.45$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, ilkbahar mevsiminde nisan ayında en yüksek korelasyon değeri ($R=0.62$) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu ($R\leq 0.15$) ayın da sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.355'de ise 5 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği nisan ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1973, 1986, 1989, 1994, 2001, 2005, 2007, 2008 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan

şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde nisan ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.359.** Sürgü Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Nisan Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

### 4.6.1.3.2. Sürgü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

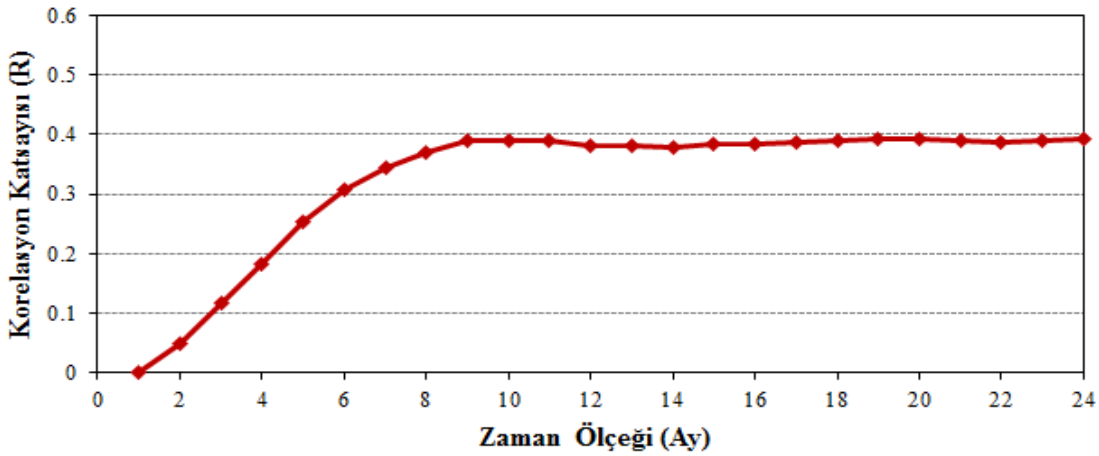
Sürgü Baraj havzasında 1971-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Sürgü barajı normal su kotunda 70.93 $hm^3$ göl hacmine ve 5.10 $km^2$ göl alanına sahiptir [5]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin -0.20 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür ve aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile

karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.1.3.2.1. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

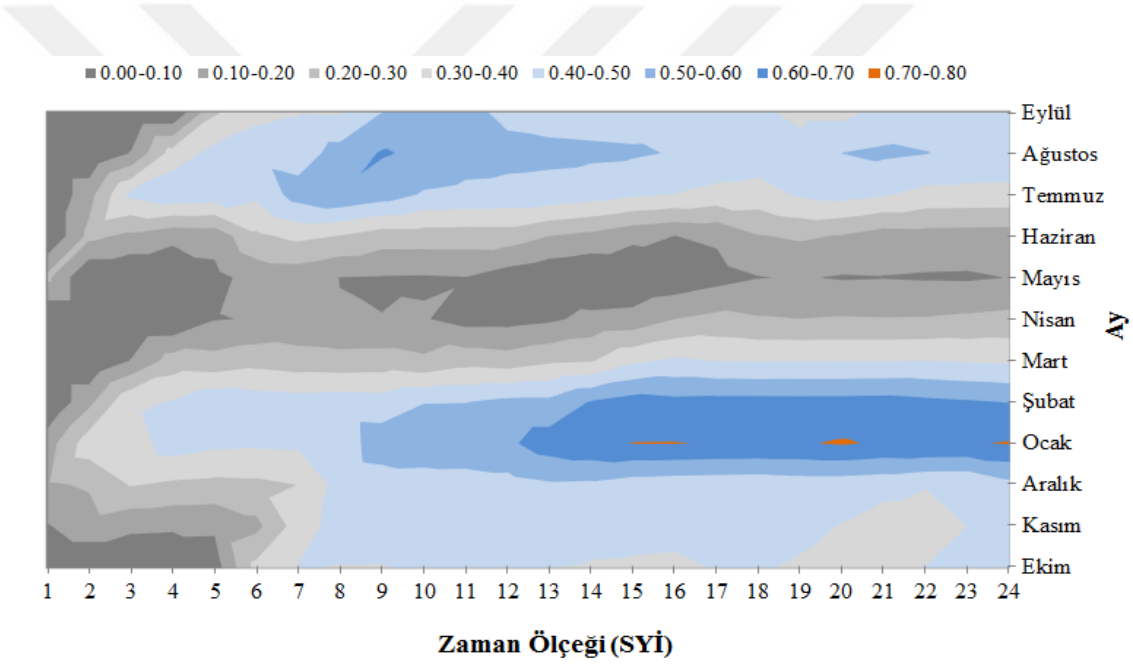
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.356'da gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (9-11 aylık) nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.39) 10 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 9 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Sürgü Baraj havzasında 1-12 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin ve bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.360.** Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.6.1.3.2.2. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.357'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.361.** Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

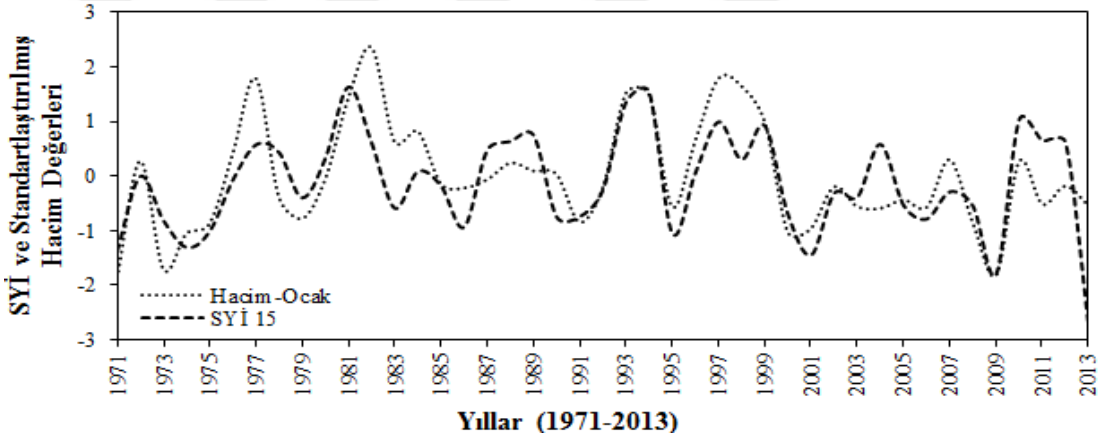
Çalışmada, en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.708) kış mevsiminde (ocak ve şubat) ve yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) görülmektedir. Kış mevsiminde maksimum korelasyon değerine 20 aylık zaman ölçeğinde ocak (R=0.708) ve şubat aylarında (R=0.64), yaz mevsiminde ise maksimum korelasyon değerine 8 aylık zaman

ölçeğinde temmuz ayında (R=0.59) ve 9 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.61) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, ocak ayında 12 aydan uzun zaman ölçeklerinde (R≥0.65) yüksek korelasyonlar elde edilmiş ve en yüksek korelasyon değerine kış mevsiminde ocak ayında 15 aylık zaman ölçeğinde (R=0.708) ulaşılmıştır. Ayrıca, ocak ayında 13-24 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri birbirine çok yakın değerlere sahip olup, bu ölçeklerde bulunan korelasyon değerlerinin maksimuma ulaşmaya çalışması dikkat çekmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği bu zaman ölçeklerinde, özellikle ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) korelasyon değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük (R≤0.32) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine nisan ayında 17 aylık zaman ölçeğinde (R=0.23), mayıs ayında 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.22) ve haziran ayında 7 aylık zaman ölçeğinde (R=0.32) ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsiminde 10-13 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında (aralık) 12 aylık zaman ölçeğinde ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) 16 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerlerinin R=0.40 değerini aştığı ve bulunan değerlerin (0.41≤R<0.54) birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında, en yüksek korelasyon değerleri 7-20 aylık zaman ölçeğinde (sadece mayıs ayı için 1 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 9 aylık zaman ölçeğinde (R=0.61) ağustos ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.54) eylül ayında, kış mevsiminde 15 aylık zaman ölçeğinde (R=0.708) ocak ayında, ilkbahar mevsiminde 16 aylık zaman ölçeğinde (R=0.41) mart ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.40 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri mayıs ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R<0.25) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsiminde (ocak), en düşük korelasyon değeri ise ilkbahar mevsiminde (mayıs) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle ilkbahar (nisan ve mayıs) ve sonbahar (eylül ve ekim) mevsimlerinde 1-5 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin çok düşük (R<0.10) olması dikkat çekmiş ve maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde diğer mevsimlere göre daha kısa zaman ölçeklerinde (7-9 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması dikkat çeken diğer

bir durumdur. Buradan yola çıkarak, 5 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.358'de 15 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ocak ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1971, 1973-1975, 1991, 1995, 2000-2001, 2006, 2008-2009 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.362.** Sürgü Baraj Havzasında 15 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

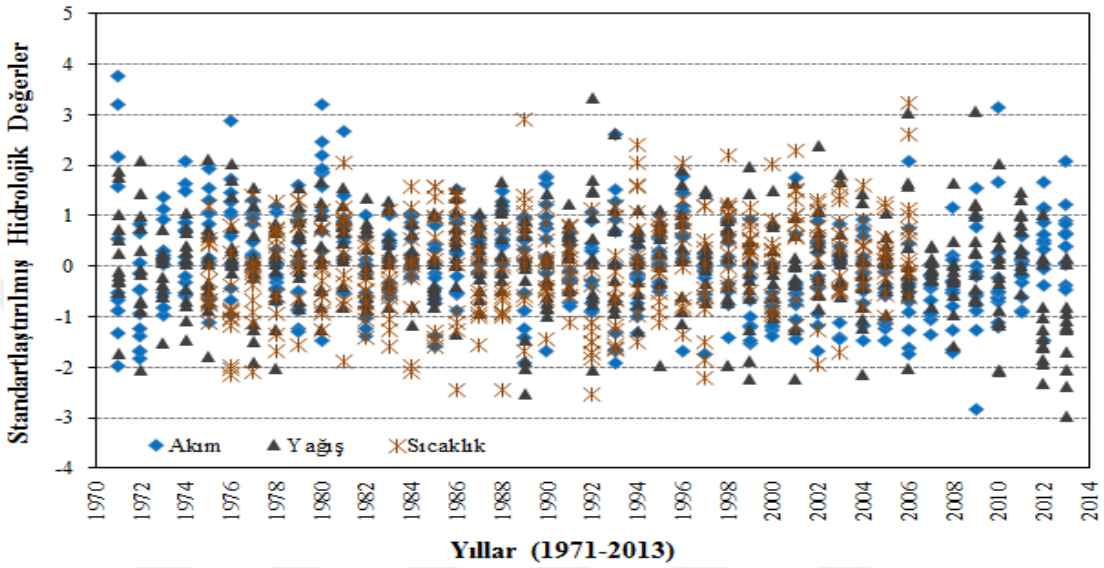
Sürgü Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (2-6 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada korelasyon

değerlerinin ilk olarak maksimum değere 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.314) ulaşmaya çalıştığı dikkat çekmiştir. Fakat maksimum korelasyon (R=0.34) 5 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine, ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.62) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.15) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (9-11 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve maksimum korelasyon değerine (R=0.39) 10 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 15 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.70) ve en düşük maksimum korelasyon değerine ilkbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.22) ulaşılmıştır.

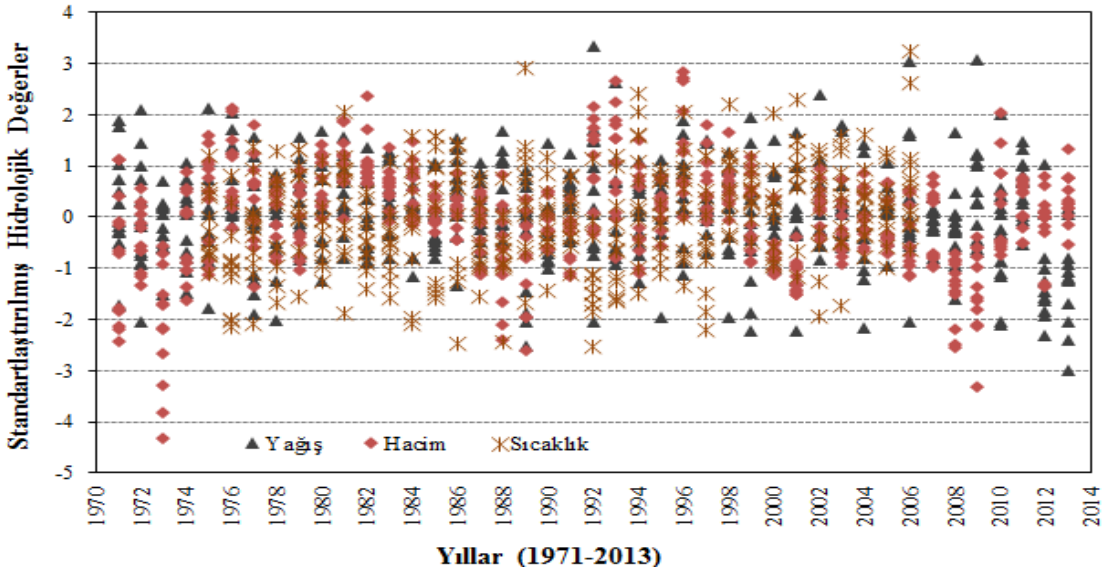
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.359 ve 4.360'de görüldüğü gibi ay bazında 1971-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden

kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.363.** Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.364.** Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.6.1.4. Sürgü Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

#### 4.6.1.4.1. Sürgü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmada iki farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Söz konusu gözlem istasyon verileri için havza

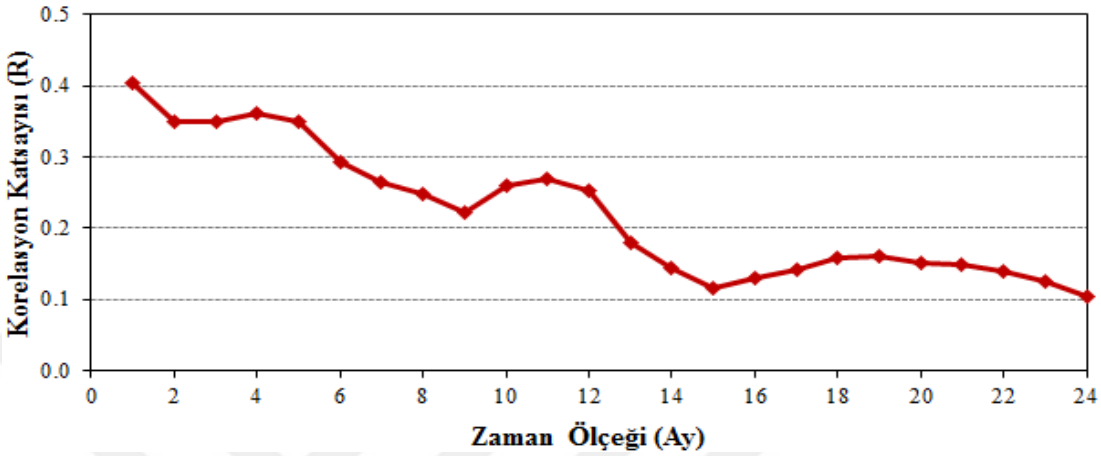
merkezine en yakın kalibre edilmiş zemin nemi verileri kullanılmıştır Seçilen gözlem istasyonlarının havza merkezine olan uzaklıkları bazı istasyonlar için 70 km mesafeyi bulabilmektedir. Daha sonra farklı şekilde elde edilen aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.1.4.1.1. Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.361'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-5 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.40 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları

belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca Sürgü Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.

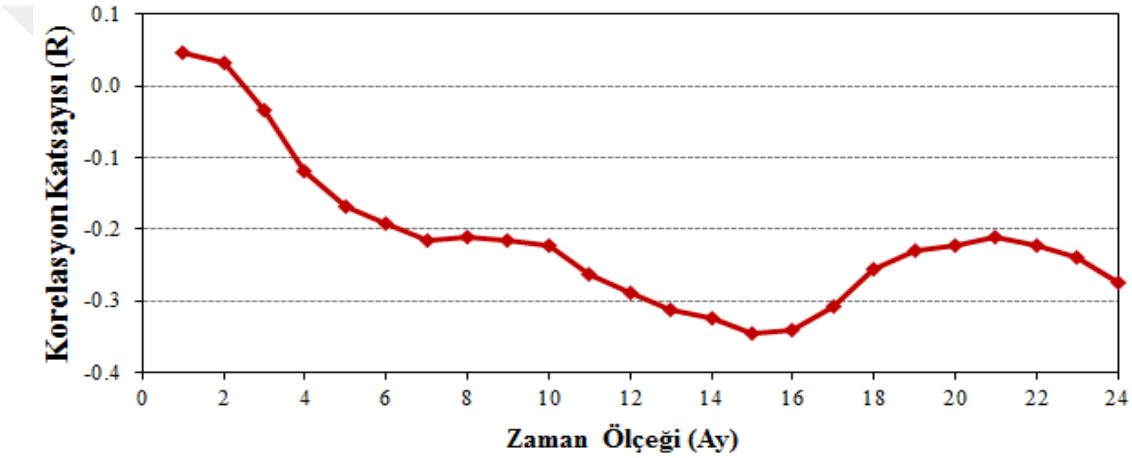



**Şekil 4.365.** Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.6.1.4.1.2. Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Havza merkezine en yakın istasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen 2008-2013 yılları arasındaki kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.362'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Yapılan

çalışmada, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.05 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Sürgü Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek daha da zayıfladığı görülmüştür.

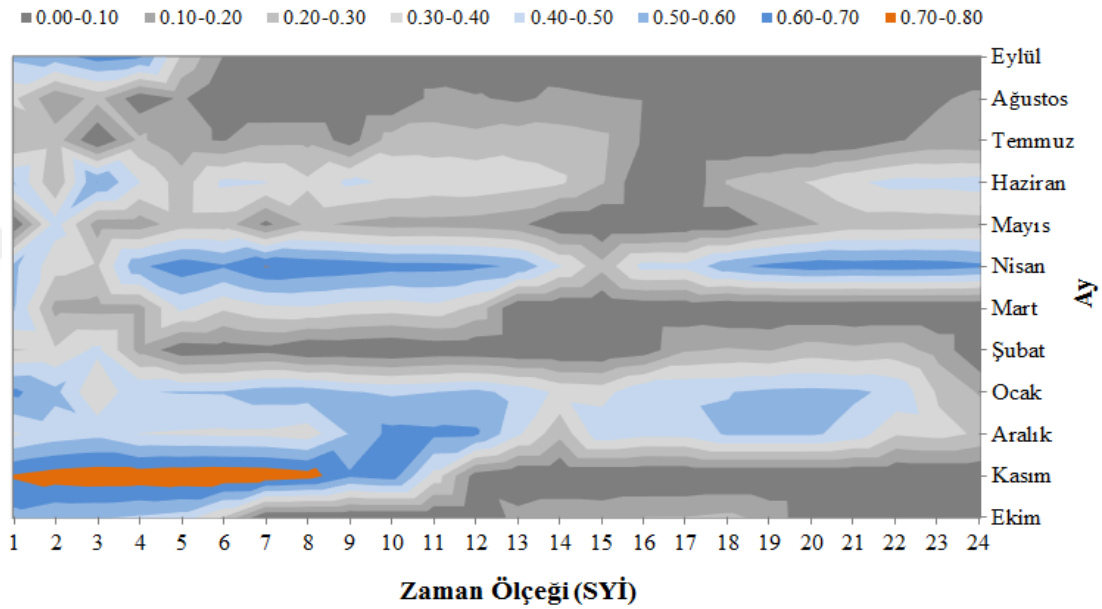



**Şekil 4.366.** Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.6.1.4.1.3. Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.363'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin

standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.367.** Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

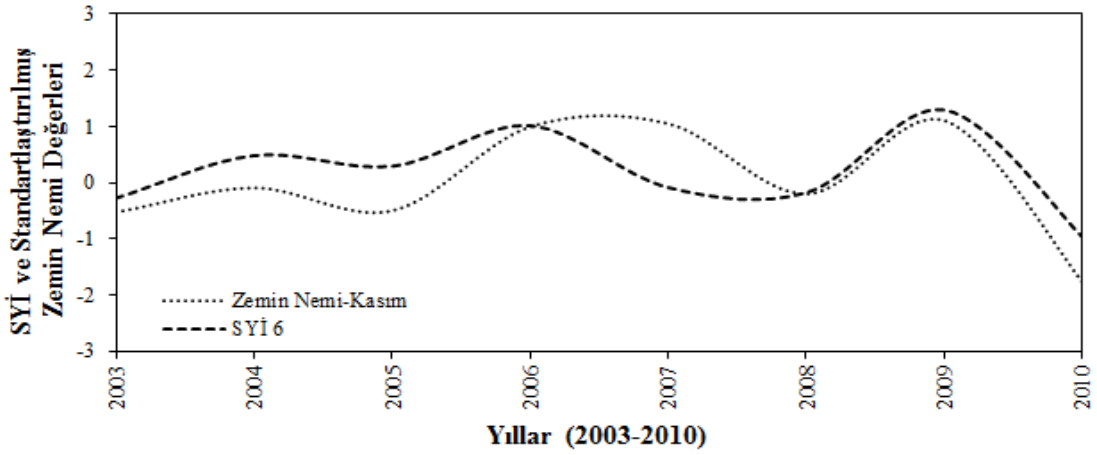
Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış, fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece nisan ve kasım ayı için 5-6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunarak R=0.40 değerini (temmuz ve ağustos ayları hariç) aşmıştır. Şekil 4.363'den görüldüğü gibi, incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($0.65 \leq R < 0.80$) sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım) ve ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) görülmektedir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde eylül ayında 3 aylık zaman

ölçeğinde (R=0.65), kasım ayında 6 aylık zaman ölçeğinde (R=0.79) ve ilkbahar mevsiminde nisan ayında 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.66) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) korelasyon değerlerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine (R≤0.32) temmuz ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ve ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcında yüksek olan korelasyon değerleri, ocak ayında yükselmeye (R≤0.62) devam etmiştir. Fakat şubat ayında korelasyon değerleri düşerek, kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri (R≤0.43) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlara aralıkta 3 aylık, ocakta 1 aylık ve şubatta ise 3 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Ayrıca, aralık ve ocak aylarında uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.45) görülmesi dikkat çekmiştir. İlkbahar mevsiminde korelasyon değerleri mart ayından itibaren yükselmeye başlamış (R≤0.51) ve nisan ayında yükselmeye devam etmiştir. Nisan ayı, en yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.66) bulunduğu aylardan biri olmasına rağmen mayıs ayında korelasyon değerlerinde (R≤0.44) düşüş görülmüştür. Bu mevsimde, sadece mayıs ayında korelasyon değerleri R=0.50 değerinin altında kalmıştır. Maksimum korelasyonlar mart ayında 1 aylık, nisan ayında 5 aylık ve mayıs ayında 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yine nisan ayında özellikle uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.30) görülmesi dikkat çeken bir durumdur. Yaz mevsiminde haziran ayında yükselen korelasyon değerlerinin maksimumu R=0.60 değerini aşmış, fakat temmuz ve ağustos aylarında korelasyon değerlerinde (R≤0.32) düşme görülmüştür. Haziran ayında 3 aylık ve ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerleri elde edilmiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri (R≤0.25) temmuz ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde korelasyon değerleri eylül ayından itibaren yükselmeye başlamış (R≤0.65), ekim ve kasım aylarında da yüksek korelasyon değerleri (R≥0.56) elde edilmiştir. Maksimum korelasyonlar eylül ayında 3 aylık ve ekim ayında 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Kasım ayında ise 6 aylık zaman ölçeğinde tüm ayların en yüksek korelasyon değerine (R=0.79) ulaşılmıştır. Ayrıca diğer mevsimlere göre en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde görülmüştür.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde, en yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.60), sonbahar mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.79), kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.62) ve ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.66) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.60 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde en yüksek korelasyon değerleri elde edilirken, yaz mevsiminin korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada kasım, aralık ve nisan aylarında uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin görülmesi dikkat çekmiştir.

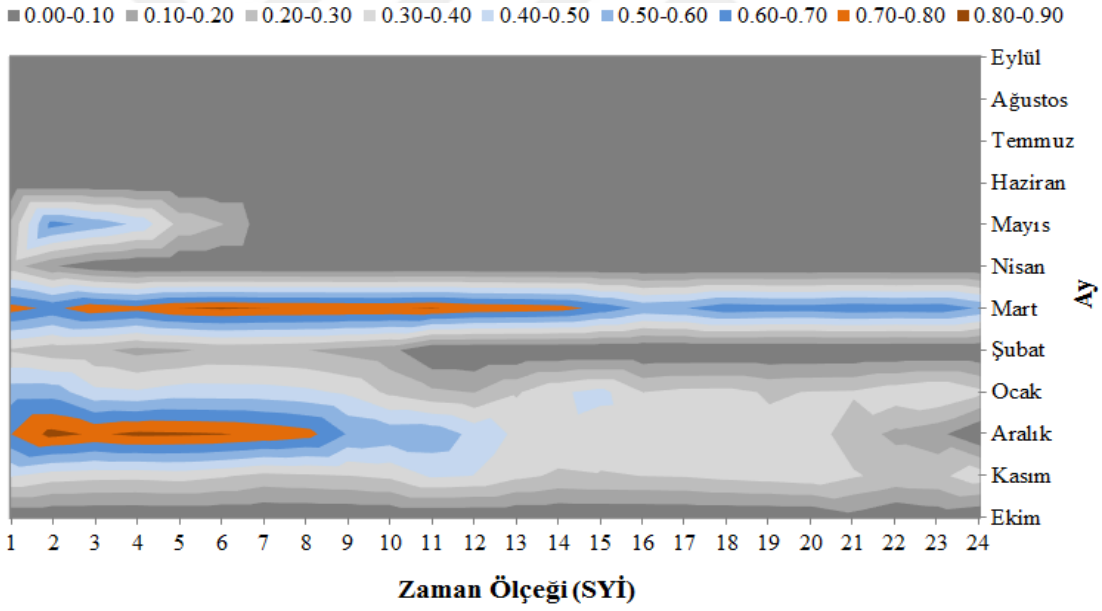
Şekil 4.364'de 6 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile kasım ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2003, 2008 ve 2010 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde kasım ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde haziran ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.368.** Sürgü Baraj Havzasında 6 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

#### 4.6.1.4.1.4. Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

İstasyonlardan yapılan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.365'de istasyon ölçümlerinden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.369.** Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış, fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki

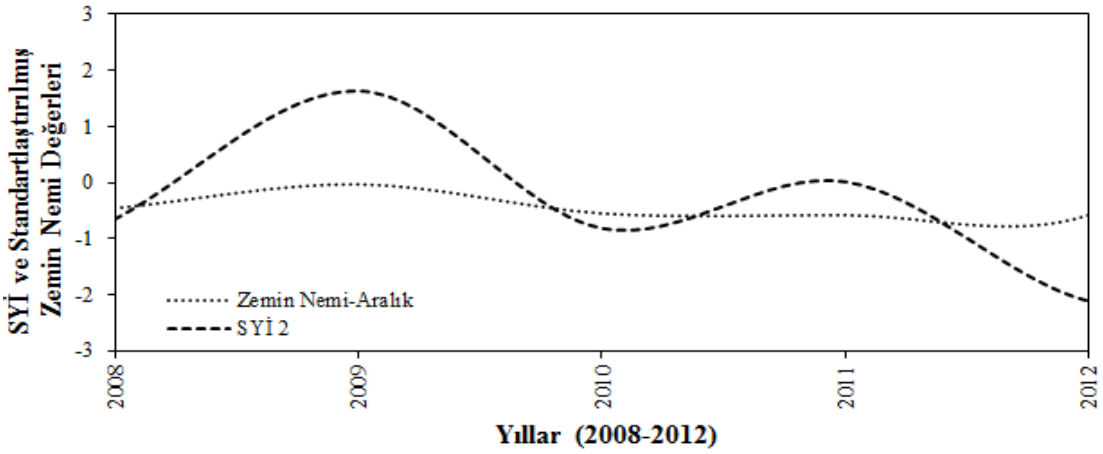
elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri (sadece mart ayı için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir) 1-2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Şekil 4.365'den görüldüğü gibi, incelenen zaman periyodunda en yüksek maksimum korelasyon değerleri ($0.81 \leq R < 0.84$) kış mevsiminde (aralık) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. En yüksek korelasyon değerlerine kış mevsiminde aralık ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.83$) ve ilkbahar mevsiminde mart ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.81$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle yaz mevsiminde ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu aylarda, incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değer aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon değerlerine ($R \geq -0.71$) yaz mevsiminde haziran ve temmuz aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde, ağustos ayında 2 aylık zaman ölçeğinde, sonbahar mevsiminde ise eylül ve ekim aylarında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında tüm ayların en yüksek korelasyon değerlerine ($R \leq 0.83$) ulaşılmasına rağmen, ocak ayından itibaren korelasyon değerleri ($R \leq 0.56$) düşüşe geçmiş ve şubat ayında ise kış mevsiminin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.24$) görülmüştür. Bu mevsimde, tüm aylarda maksimum korelasyonların 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmesi dikkat çekmiştir. İlkbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri ciddi bir yükseliş göstermiştir. Mart ayı, en yüksek korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.81$) bulunduğu aylardan biri olmasına rağmen nisan ayından itibaren korelasyon değerleri düşüşe geçmiş ve bu ayda mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.25$) görülmüştür. Nisan ayında, 4 aydan uzun zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Mayıs ayında korelasyon değerlerinde tekrar yükseliş ($R \leq 0.64$) görülmüştür. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar martta 6 aylık, nisada 1 aylık ve mayısta ise 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Ayrıca, kış ve ilkbahar mevsimlerinde elde edilen korelasyon değerleri diğer mevsimlere göre daha yüksektir. Yaz mevsiminde korelasyon değerleri ciddi bir düşüş göstermiş ve tüm aylarda değerlendirilen zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri haziran ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=-0.71$) elde edilmiştir. Temmuz ve ağustos aylarında, haziran

ayına göre korelasyon değerleri (R≤-0.46) nispeten yükseliş göstermiş ve maksimum korelasyonlara 1 ve 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Sonbahar mevsiminde ise eylül ve ekim aylarında korelasyon değerlerinde yaz mevsimine göre değişme olmamış ve düşük korelasyonlar (R≤-0.57) bulunmuştur. Bu aylarda değerlendirilen zaman ölçeklerinde negatif korelasyonlar elde edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, diğer mevsimlere kıyasla en düşük korelasyon değerleri yaz mevsiminde ve sonbahar mevsimlerinde görülmektedir. Fakat kasım ayı ile beraber korelasyon değerlerinde ciddi bir yükselme (R≤0.34) olmuş ve sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değerlerine (R≤0.41) ulaşılmıştır. Kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde, en yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=-0.46), sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.41), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.83) ve ilkbahar mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.81) ulaşılmıştır. Sonuç olarak, kış ve ilkbahar mevsimlerinde en yüksek korelasyon değerleri elde edilirken, yaz ve sonbahar mevsimlerinin (eylül ve ekim) korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere kıyasla çok daha düşük olduğu ve tüm zaman ölçeklerinde negatif değerler elde edildiği tespit edilmiştir.

Şekil 4.366'da 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile aralık ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2010 ve 2012 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.370.** Sürgü Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemler mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olup, istasyonlardan yapılan ölçümlerin ise zamansal çözünürlüklerinin iyi olmasına karşın mekânsal çözünürlükleri daha düşük olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada ise, her iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, iki farklı yöntemle elde edilen aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Fakat, uydu ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır. Genel olarak bu bölümde yapılan analizleri özetlemek gerekirse, küçük ölçekli bir havza olan Sürgü Baraj havzasında her iki farklı yöntemle elde edilmiş aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Çalışmada, istasyon ölçümleri kaynaklı ve uydu kaynaklı zemin nemi verilerinden elde edilen korelasyonların düşük çıkmasının nedeninin, verilerin değerlendirilen zaman aralıklarının kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. İki farklı şekilde elde edilen aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile

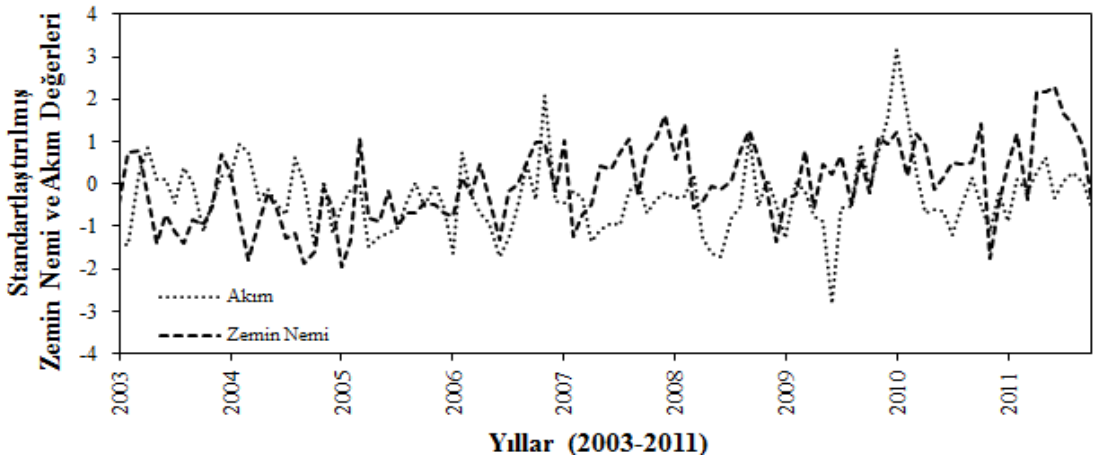
yapılan karşılaştırmada 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, her iki çalışmada da kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.79) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminde temmuz ayında (R=25) ulaşılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım) ve ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) ve en düşük korelasyon değerleri yaz mevsiminde bulunmuştur. İstasyon kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada ise en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.83) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde yaz mevsiminde haziran ayında (R=-0.71) ulaşılmıştır. Yine çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsiminde (aralık) ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve en düşük korelasyon değerleri ise yaz mevsiminde ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) bulunmuştur. Her iki farklı şekilde elde edilmiş zemin nemi veri serileri için yapılan mevsimsel karşılaştırmalarda, yaz mevsiminde en düşük korelasyon değerlerinin bulunması ve incelenen zaman ölçeğinde elde edilen en yüksek korelasyon değerlerinin R=0.75 değerini aşması dikkat çekmiştir. 6 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile kasım ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin ve 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile kasım ayına ait standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2003, 2008, 2010 ve 2012 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.6.1.5. Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmanın ilk bölümünde, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde ise, havza merkezine en yakın istasyonlardan direk ölçümlerden elde edilen kalibre edilmiş 2008-2013 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım verileri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde bulundurarak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.6.1.5.1. Sürgü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

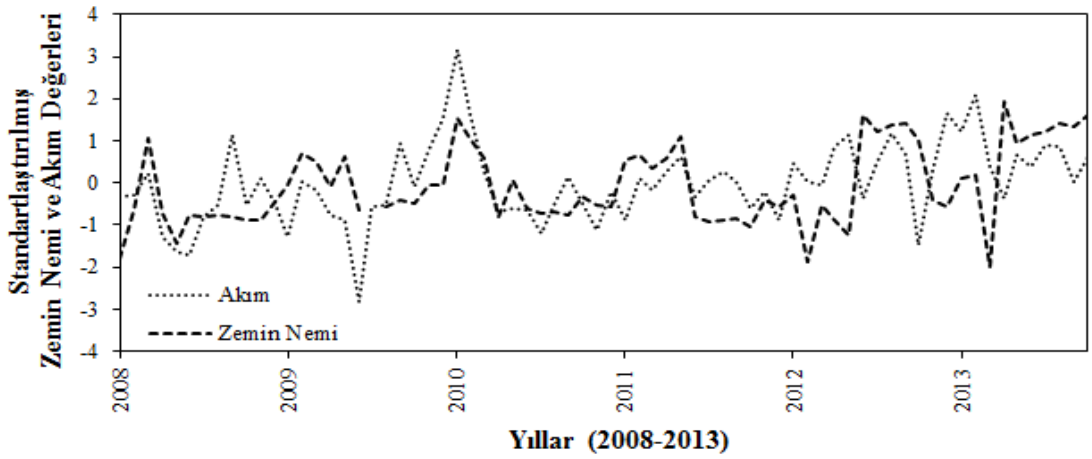
Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.26 elde edilmiştir. Şekil 4.367'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2003, 2004, 2005, 2006, 2008 ve 2010 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.371.** Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.6.1.5.2. Sürgü Baraj Havzasında İstasyon Ölçümlerinden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada 2008-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve gözlem istasyonlarından yapılan direk ölçümler sonucu kalibre edilmiş aylık zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.32 bulunmuştur. Şekil 4.368'de nehir akımlarında ve zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılında ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.



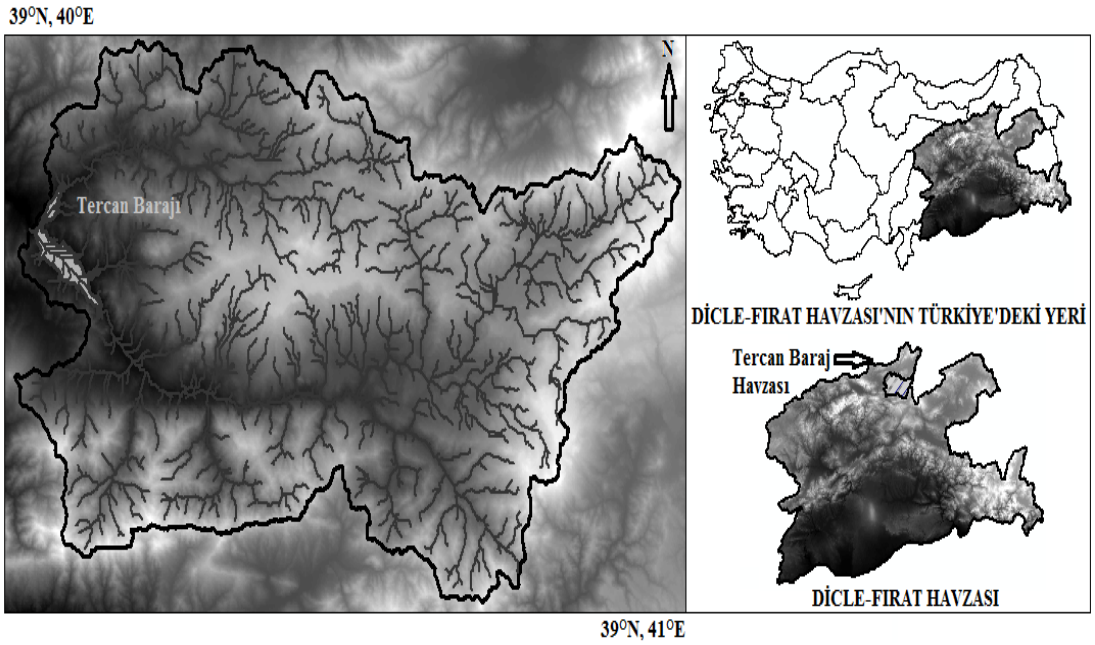

**Şekil 4.372.** Sürgü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış İstasyon Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Daha öncede bahsedildiği gibi farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman aralıkları farklı olduğu için iki çalışmayı birbirleriyle karşılaştırmak doğru değildir. Fakat, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırmasında ülkede ve havzada meydana gelen 2008 yılındaki kuraklıktan hem nehir akımı hem de zemin nemi etkilendiğinin sonucuna varılmıştır.

### 4.6.2. Tercan Baraj Havzası

#### 4.6.2.1. Tercan Baraj Havzası Özellikleri

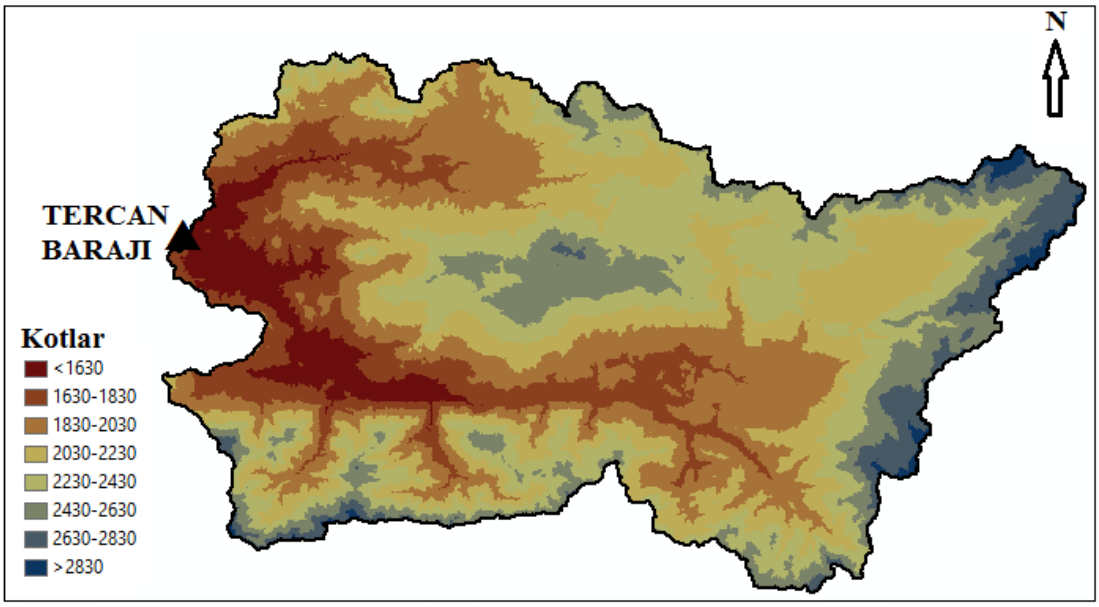
Çalışma alanı olarak seçilen Tercan Baraj havzası, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat Bölümünde Bayburt ilinin güneydoğusunda, Erzincan ilinin doğusunda ve Erzurum ilinin güney batısında 40°23'-41°16' doğu boylamları, 39°54'-39°25' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Erzurum iline bağlı Çat ilçesinin tamamını, Aşkale ilçesinin bir bölümünü ve Erzincan iline bağlı Tercan ilçesinin yaklaşık yarısını içine almaktadır. Dicle-Fırat havzasının bir alt havzası olan Tercan Baraj havzası, yaklaşık olarak 2189 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.369).




**Şekil 4.373.** Tercan Baraj Havzasının Konumu

Düzgün bir arazi yapısına sahip olmayan Tercan Baraj havzası, tektonik kökenli olup 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Yüzey şekilleri bakımından yüksek dağlar, yüksek platolardan ve kayalıklardan oluşmaktadır. Havzadaki dağlar volkanik yapıdadır. Ayrıca, havzanın etrafı tepelerle çevrili olup, yüksek platolar geniş alanlara

yayılmaktadır. Havzanın kuzeydoğusunda Dumanlıdağ ve Palandöken Dağları, güneydoğusunda ise Karagöl Dağları yer almaktadır. Havzada çayır ve mera arazisi çoğunlukta olup, yüksek yerlerde sarıçam, meşe, ardıç ve titrek kavak türlerinden oluşan orman bitki örtüsü görülmektedir. Akarsu boylarında ise kayak, söğüt, ılgın ve yabani iğde gibi ağaçlar bulunmaktadır. Tuzla Çayı dağları derin biçimde yararak havzanın ortasından akmaktadır [143]. Yeraltı suyunu besleyen yamaç suları ve yan derelerin getirdikleri suların doğal boşaltım kanalı durumunda olan Tuzla Çayının yatak derinliği ve hidrolojik eğimi düşüktür. Özellikle ilkbahar ve kış mevsimlerinde meydana gelen yağışlar ve kar erimeleri sonucunda, yüzeysel akışa geçen su yeterince drene edilememekte ve bu da yeraltı su seviyesinin yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu sebeple, havzada eğimin düşük olduğu bölgelerde kurak mevsimlerde bile su yüzeyden ancak 0.5-1 m kadar alçalmakta, yağışlar ve kar erimeleri sonrasında ise su yüzeye kadar çıkabilmektedir. Yüksek yeraltı su seviyesine sahip olan havza ve çevresinde yüzeysel drenaj yetersizliği sorun olmakta ve bu sebeple taşkınlar meydana gelmektedir [144-145]. Şekil 4.370'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 1434-3072 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 1630-1830 m arası rakımda olup, yükseltinin en düşük olduğu bölgedir. Havza, yüksek ve engebeli düzensiz bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzanın batısı arazi yüksekliğinin en az görüldüğü bölge olup, havzanın doğu ve güneydoğu bölgelerinde ise yükselti çok fazladır. Havzanın etrafının dağlarla çevrili olmasının yanı sıra iç kesimlerde de dağlık alanlar bulunmaktadır.

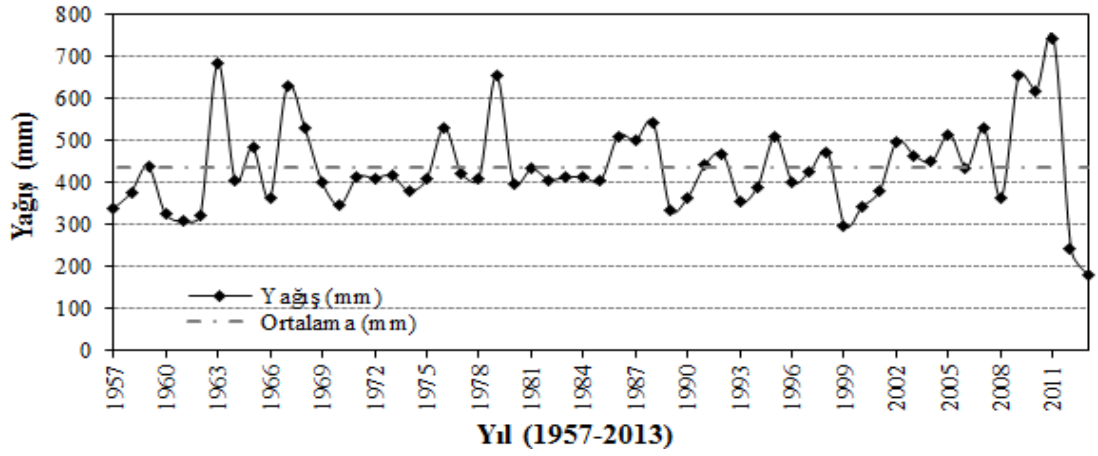



**Şekil 4.374.** Tercan Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 1434-3072 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak havzanın batıda büyük bir bölümü Yukarı Fırat-Murat iklim bölgesinde, doğuda küçük bir bölümü ise Erzurum-Kars Vadisi iklim bölgesinde kalmaktadır [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi nispeten büyüktür. Havzada genel olarak, sert karasal iklim hakimdir. Buna bağlı olarak, kışlar çok soğuk ve karlı, baharlar yağışlı ve yazlar ise çok sıcak ve kurak geçmektedir [143].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1957-2013 yılları arasında ölçüm yapan Erzurum, Solhan ve Tercan meteoroloji istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzada güneyden kuzeye doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Havzanın kuzey bölgesine göre güney bölgesinde yükselti nispeten daha azdır. Bu sebepten dolayı havzanın güneyi kuzeyine göre daha fazla yağış almaktadır. Örneğin; yıllık ortalama yağış Solhan'da 662 mm iken, Erzurum'da 430 mm'ye düşmüştür. Havzada, 1950 yılından 2009 yılına

kadar toplam yıllık yağış miktarları ortalamaya yakın değerler göstermiştir. Bu da havzada görülen Karasal iklimin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Fakat, 2009-2013 yılları arasında havzada toplam yıllık yağış miktarı çok fazla değişmiş ve maksimum ve minimum yağışlar bu dönemde görülmüştür. Havzada minimum toplam yıllık yağış miktarı 2013 yılında 179 mm iken, maksimum toplam yıllık yağış miktarı 2011 yılında 740 mm olarak bulunmuştur. Havza bütününe bakıldığında, yıllık ortalama yağış 435 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.371'den görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları uzun dönemler halinde görülmüştür. Bununla beraber, ortalamadan daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları ise kısa dönemler halinde görülmüş olup, en uzun yağış sıklığı 2002-2007 yılları arasında bulunmuştur. Ayrıca, ortalama yağışın altında kalan yağışların daha fazla olmasının yanı sıra, yakın geçmişe kadar kısa dönemler halinde ortalama yağışın üzerinde yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.375.** Tercan Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.69'da, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış ilkbahar mevsiminde nisan ve mayıs aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde ağustos ayında ve sonbahar mevsiminde eylül ayında görülmektedir. İlkbahar mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin sonbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.72.** Tercan Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 27.6 | 30.1 | 42.8 | 62.7 | 69.0 | 39.5 | 19.4 | 12.3 | 17.4 | 48.1 | 37.9 | 28.5 | ***435.19*** |

Havzada, kuzeyden güneye doğru gidildikçe sıcaklık artmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 7.3 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ise ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 21 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık -8~-6 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmektedir.

Kaynaklarını Palandöken Dağlarından alan Tuzla Çayı, öncelikle doğu- batı yönünde uzanır ve daha sonra ise yön değiştirerek güneydoğu-kuzeybatı yönünde dar vadiler içerisinden akarak devam eder. Tuzla Çayı Tercan Barajından sonra tekrar yön değiştirerek Kötür Köprüsü yakınlarında Fırat Nehrinin ana kollarından biri olan Karasu Irmağına karışır [144]. Tuzla Çayı üzerinde 1987 yılında sulama ve enerji amaçlı olarak hizmete alınan Tercan Barajı, normal su kotunda 23.40 $km^2$ göl alanına, 200 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 20.55 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 152.08 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama

yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonlarının direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.70'de verilmiştir.

**Çizelge 4.73.** Tercan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Tercan Baraj Havzası** | 1957-2013 | 1996-2013 | 1996-2013 | 2002-2011 | - |

### 4.6.2.2. Tercan Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

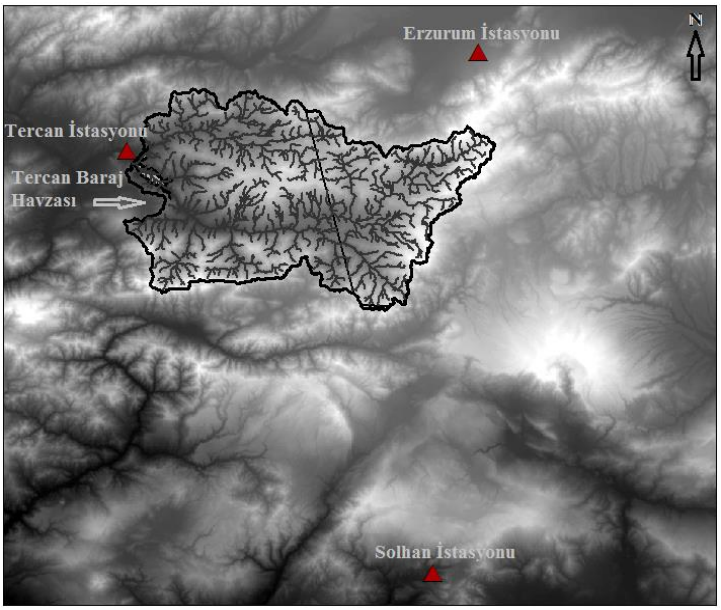
#### 4.6.2.2.1. Tercan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 3 adet meteoroloji istasyonu (Erzurum, Solhan ve Tercan) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyona ait özellikler Çizelge 4.71'de verilmiştir [94]. İstasyonlara ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.74.** Tercan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Erzurum | 39.95 | 41.19 | 1758 | 430 |
| **2** | Solhan | 38.96 | 41.05 | 1366 | 662 |
| **3** | Tercan | 39.78 | 40.39 | 1429 | 437 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 3 meteoroloji istasyonuna ait 1957-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.372'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.72'de görülmektedir.



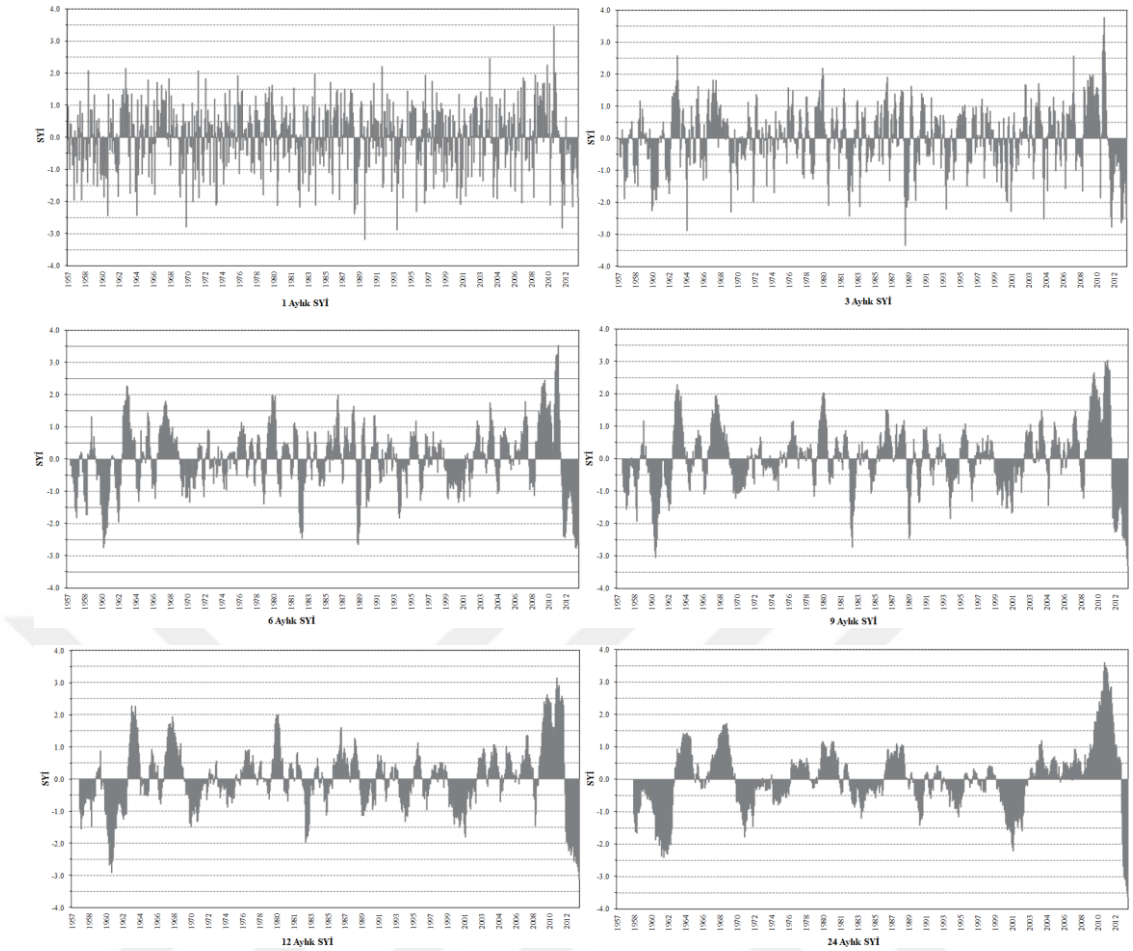

**Şekil 4.376.** Tercan Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

**Çizelge 4.75.** Tercan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Erzurum | 0.87 |
| **2** | Solhan | 0.69 |
| **3** | Tercan | 0.96 |

#### 4.6.2.2.2. Tercan Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

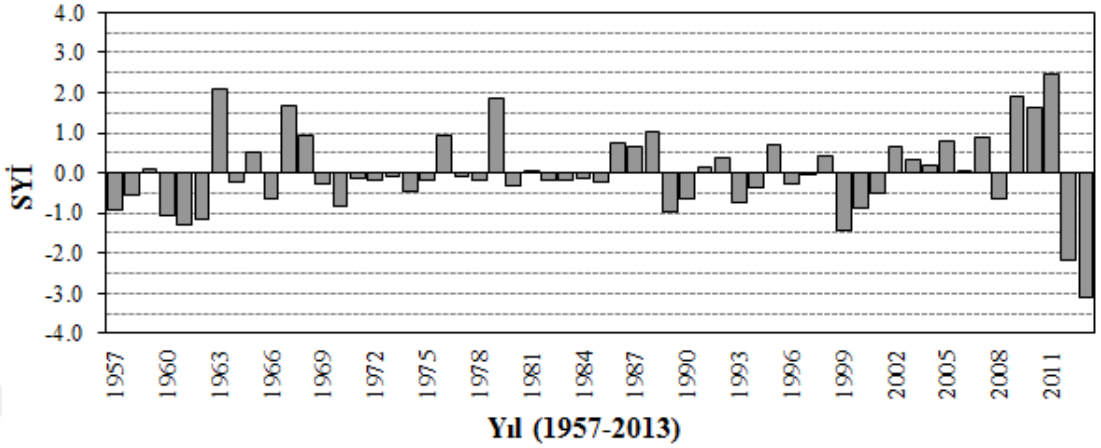
Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.373'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 9 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 13 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.377.** Tercan Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1957-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.374'de görüldüğü gibi toplamda 57 yılda 33 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 2 aşırı kurak, 4 orta derecede kurak ve 27 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.36 yıl olup, 1969-1975 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 7 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.37 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -3.12 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1957-1958, 1960-1962, 1969-1975, 1977-1978, 1982-1985, 1989-1990, 1993-1994, 1996-1997, 1999-2001 ve 2012-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı

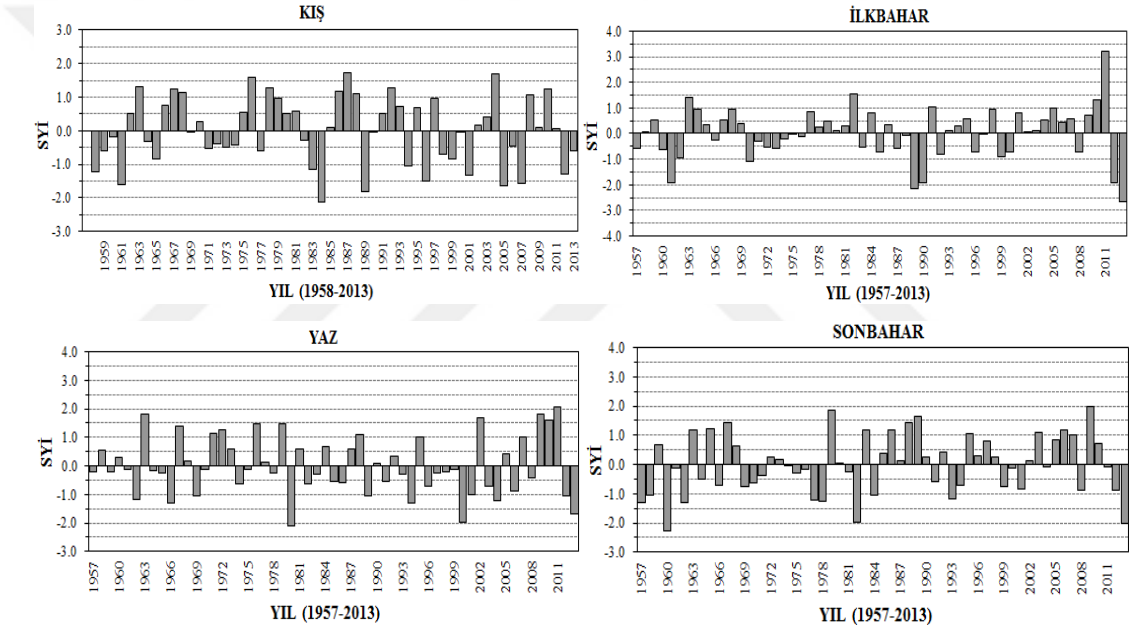
olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.378.** Tercan Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.375'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 28 yıl, ilkbahar mevsiminde 26 yıl, yaz mevsiminde 33 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 29 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde 2 yıl (diğer mevsimler için 1 yıl) boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla kış mevsiminde, orta derecede kuraklık en fazla yaz mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla yaz mevsiminde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, ilkbahar mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (-0.41~-0.42) elde edilmiştir. Ortalama kuraklık süresi bakımından ise birbirinden farklı değerler elde edilmiştir. Kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.33 yıl) en fazla, yaz mevsiminde (1.83 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 ile 7

yıl arasında değişmekte olup, sadece en uzun süre ilkbahar mevsiminde 1970-1976 yılları arası 7 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da, 57 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, aşırı kuraklıkların en fazla ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde görülmesi ile beraber özellikle yaz mevsiminin ortalama kuraklık süresi bakımından diğer mevsimlere göre daha az olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.379.** Tercan Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılışlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1957-2013 yılları arasındaki ülke

genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Tercan Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1950'li yılların ortalarından 1960'lı yılların başlarına kadar kurak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar normale yakın ve orta derecede kuraklıklardır. 1963 yılından 1968 yılına kadar yağışların artması ile beraber havzada sulak dönemler görülmüştür. Bu dönemde, sadece 1964 ve 1966 yıllarında normale yakın kuraklığa rastlanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1969-1975 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar tamamen normale yakın kuraklık olup, özellikle 1971-1974 yıllarında ülkede yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1970'li yılların ortasından 1980'li yılların ortasına kadar ise kurak ve sulak dönemler beraber görülmüş ve uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Bu dönemde 1977, 1978 ve 1980 yıllarında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Özellikle 1977 yılında ülke genelinde yaşanan kuraklıktan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1982-1985 yıllarında nispeten sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada normale yakın kurak bir dönem yaşanmış ve 1983-1984 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1986-1988 yıllarında ise yağışların artması ile beraber havzada sulak dönemler yaşanmıştır. 1990'lı yıllara gelindiğinde ise kurak ve sulak dönemler beraber görülmüş ve uzun süreli yaşanan kurak bir döneme rastlanılmamıştır. Ayrıca bu dönemde görülen kuraklıklar normale yakın kuraklık olup, 1989-1991 yıllarında ülke genelinde yaşanan kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. Sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada 1999-2001 yıllarında normale yakın ve orta derecede kuraklıklar görülmüş ve ayrıca bu dönemde ülke için de kurak bir dönem olmuştur. 2002-2011 yılları arasında ise yağışların artması ile beraber havzada tamamen sulak dönemler yaşanmıştır. Bu dönemde, sadece 2008 yılında normale yakın kuraklık görülmüştür. Ayrıca, havzanın özellikle 2007 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan hiç etkilenmeyip, sadece 2008 yılındaki kuraklıktan normale yakın kuraklık yaşayarak etkilendiği dikkat çekmiştir. Son dönemlerde havzada uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamış, özellikle ortalama sıcaklıklarda artma eğiliminin olmasından ve

yağış eksikliğinden dolayı son dönemlerde kuraklık büyüklüğünde çok fazla artış gözlemlenmiştir. Özellikle 2012 ve 2013 yıllarında kuraklık büyüklüklerinde de çok fazla artış olmuştur. Bu yıllarda, havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık yaşanmıştır. 2013 yılında görülen aşırı kuraklık özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla yaz mevsiminde görülmesinin yanı sıra, yaz mevsimi hariç diğer tüm mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada, özellikle 1957, 1961, 1974, 1999, 2000, 2012 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Tercan Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı kurak ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmış olup, genel olarak normale yakın kuraklıklar hakimiyetini sürdürmüştür. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada 2012 yılına kadar ağırlıklı olarak hafif ve orta derecede kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Özellikle 2000'li yıllarda havzada sulak dönemler hakimiyetini sürdürmüştür. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta ise, uzun süreli sulak dönemlerin ardından 2012 ve 2013 yıllarında havzada hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu aşırı kuraklığın yaşandığı tespit edilmiştir. Bu sebeple, son yıllarda havzada kuraklık derecelerinin artmasıyla ilgili bir eğilimin olduğu kanaatine varılmıştır.

#### 4.6.2.3. Tercan Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.6.2.3.1. Tercan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

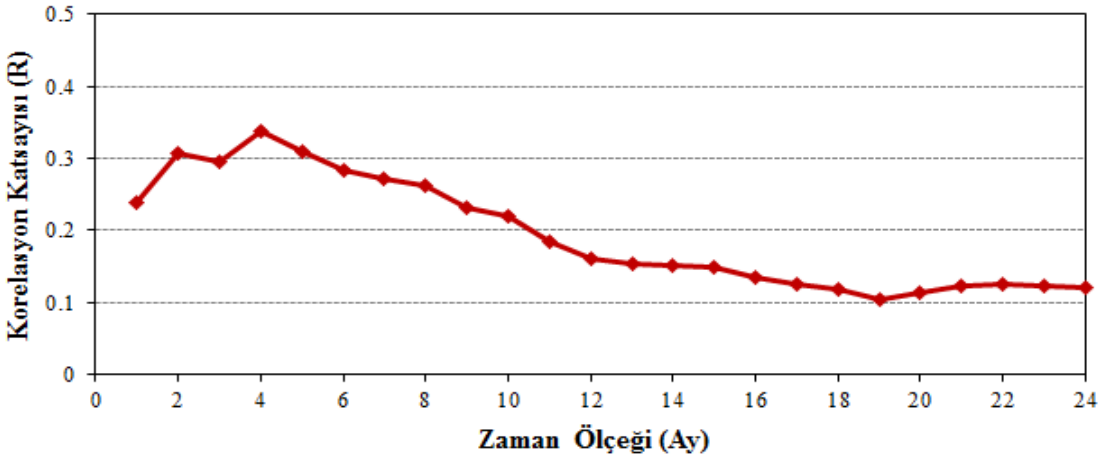
Tercan Baraj havzasında 1996-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 20.55 $m^3/s$ iken, maksimum akım 152.08 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan

değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 2.16 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama akım verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.2.3.1.1. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

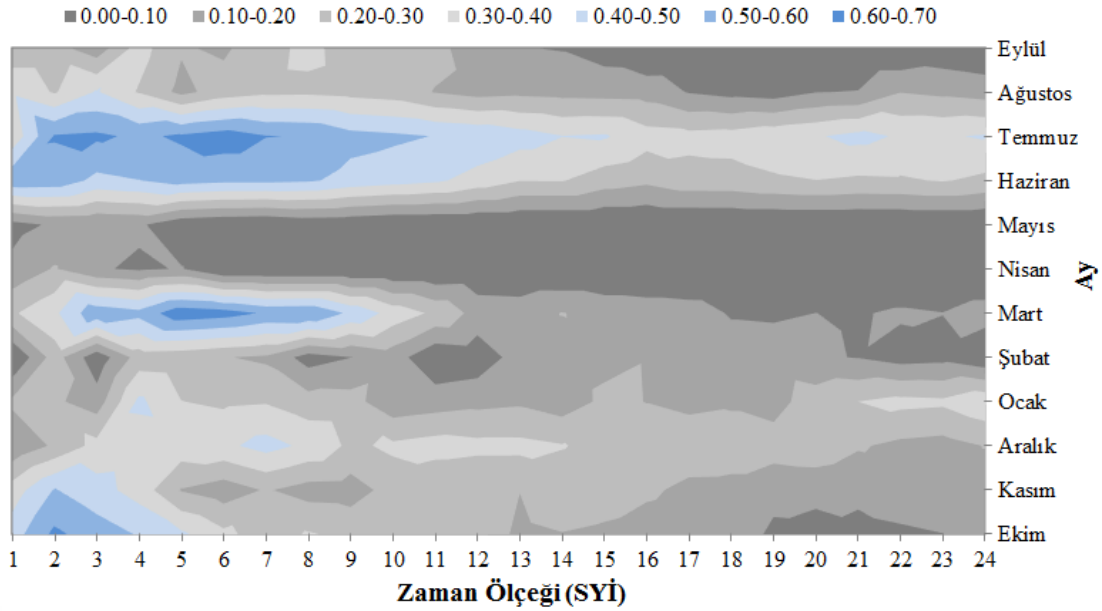
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.376'da gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (2-5 aylık) nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.34) 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade, söz konusu nispeten büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 3 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Tercan Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında nispeten kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.380.** Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.6.2.3.1.2. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.377'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.381.** Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

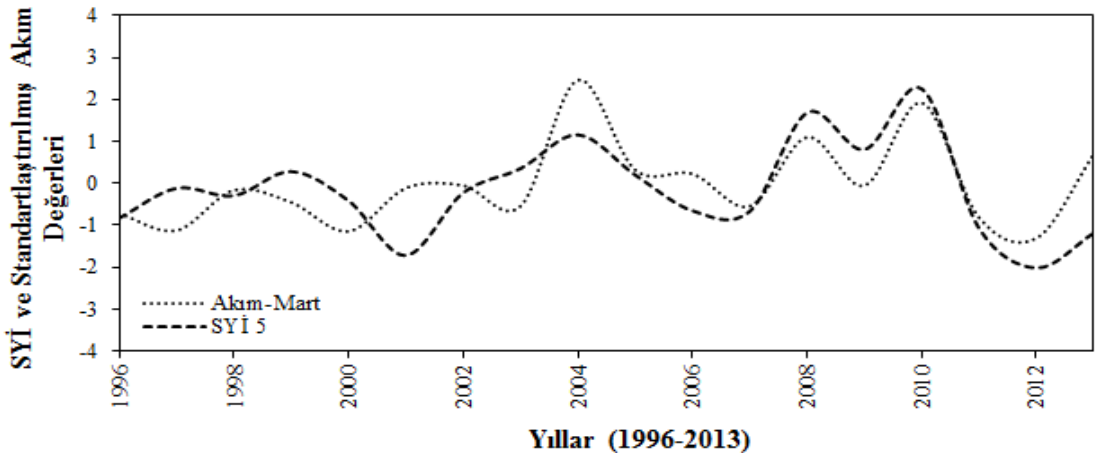
Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.60$) sonbahar mevsimi ortasında (ekim), ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine; sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında ($R=0.62$), ilkbahar mevsiminde ise 5 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ($R=0.67$) ve yaz mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.65$) ulaşılmıştır. Kış mevsiminde maksimum korelasyon değerleri aralık ayından ocak ayına kadar yükseliş göstermiş ($0.38 \leq R \leq 0.42$) ve ocak ayında 4 aylık zaman ölçeğinde kış mevsiminin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.42$) ulaşmıştır. Şubat ayında ise korelasyon değerleri düşüş göstermiş ($R \leq 0.25$) ve mevsimin en düşük korelasyon değerleri bu ayda elde edilmiştir. Bu mevsimde, maksimum korelasyonlara aralık ayında 6 aylık, ocak ayında 4 aylık ve şubat ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ise korelasyon değerleri ciddi bir yükseliş göstererek, mart ayında 5 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.67$) ulaşmıştır. Korelasyon değerleri nisan ve mayıs aylarında tekrar düşüş göstermiş ($R \leq 0.21$) ve mayıs ayında 4 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük

maksimum korelasyon değeri ($R<0.12$) elde edilmiştir. Yaz mevsiminde ise korelasyon değerleri tekrar yükselmeye başlamıştır. Maksimum korelasyon değerleri haziran ayından temmuz ayına kadar yükselmeye devam etmiş ($0.58\leq R<0.65$) ve temmuz ayında yaz mevsiminin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.65$) ulaşmıştır. Ağustos ayında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş göstermiştir. Fakat maksimum korelasyon değeri $R=0.40$ değerini aşmıştır. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 1 aylık, temmuz ayında 6 aylık, ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsiminde ise, maksimum korelasyon değerleri eylül ayında düşmeye devam etmiştir. Bu ayda 4 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R<0.10$) elde edilmiştir. Maksimum korelasyon değerleri, ekim ve kasım aylarında yükselişe ($0.51\leq R\leq 0.62$) geçerek $R=0.50$ değerini aşmıştır. Bu mevsimde ise maksimum korelasyonlara eylül ayında 4 aylık, ekim ve kasım aylarında ise 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri ($R\leq 0.60$) ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, ilkbahar mevsiminde mart ayında 8 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.59$), yaz mevsiminde haziran ayında 7 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.52$) ve temmuz ayında 7 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.60$) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine ($R\leq 0.60$) ilkbahar ve yaz mevsimlerinde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, kış mevsimi sonu (şubat) ve ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük ($R<0.20$) olduğu tespit edilmiştir. Kış mevsiminde şubat ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde nisan ayında maksimum korelasyona 12 aylık zaman ölçeğinde ve mayıs ayında maksimum korelasyona 8 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle ilkbahar mevsiminde nisan ve mayıs aylarında maksimum korelasyon değeri 8 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye ($R<0.10$) inmiştir. Yaz mevsimi sonundan (ağustos) kış mevsimi başlangıcına (ocak) kadar ki dönemde ise maksimum korelasyonlar ($0.24\leq R\leq 0.44$) nispeten yüksek olup, 7-10 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-10 aylık zaman ölçeklerinde (sadece nisan ayı için 12 aylık zaman ölçeği geçerlidir) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 6 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.65), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.62), kış mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.44) ve ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.67) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, sadece kış mevsimi için en yüksek korelasyon değeri 7 aylık uzun zaman ölçeğinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-7 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde kış mevsimi sonu (şubat) ve ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs) korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.25$) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, kış mevsimi hariç her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.60 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, ilkbahar mevsiminde mart ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.67) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu ($R \leq 0.12$) ayın da ilkbahar mevsiminde mayıs ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.378'de ise 5 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği mart ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1996, 2000, 2007, 2011 ve 2012 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde mart ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde kasım ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.382.** Tercan Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Mart Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

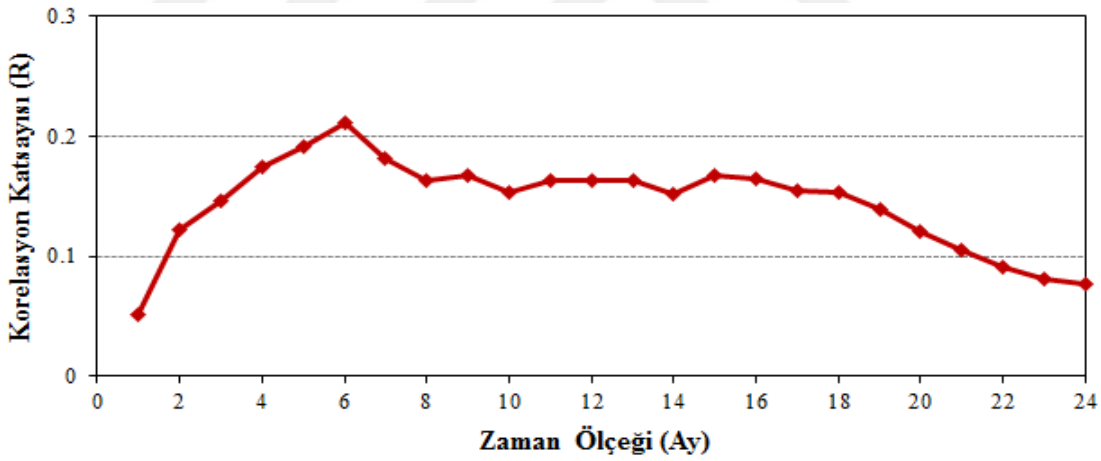
### 4.6.2.3.2. Tercan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Tercan Baraj havzasında 1996-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Tercan barajı normal su kotunda 178 $hm^3$ göl hacmine ve 8.85 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.21 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.2.3.2.1. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

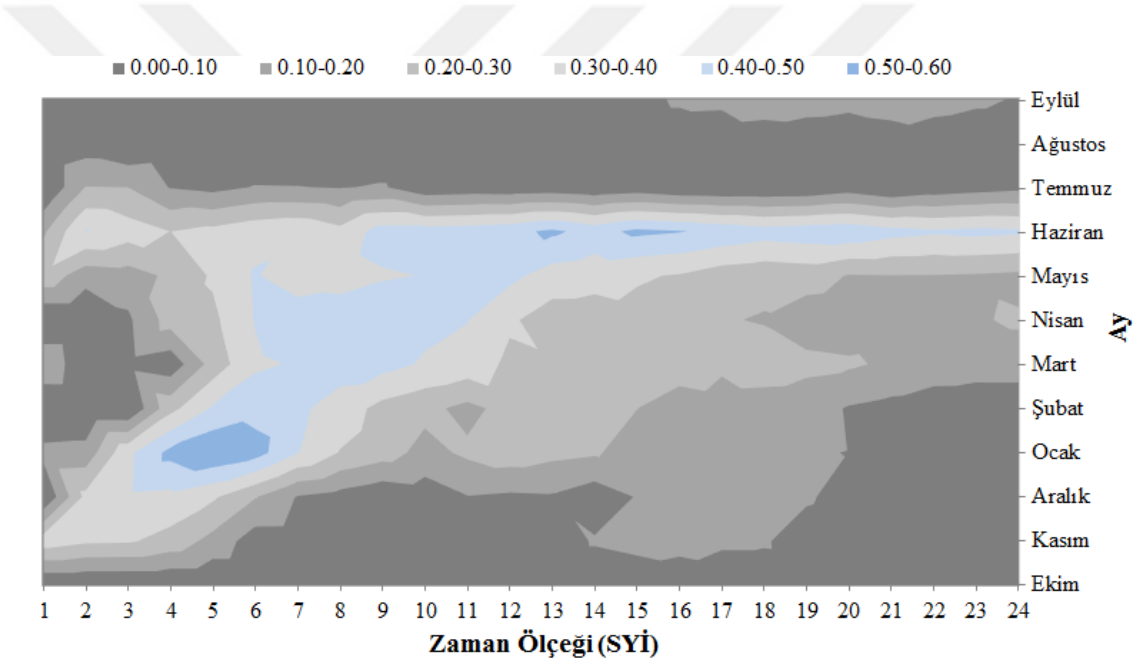
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.379'da gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (5-7 aylık) anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.21) 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nispeten büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 5 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Tercan Baraj havzasında 1-6 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 6 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.383.** Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.6.2.3.2.2. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.380'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.384.** Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

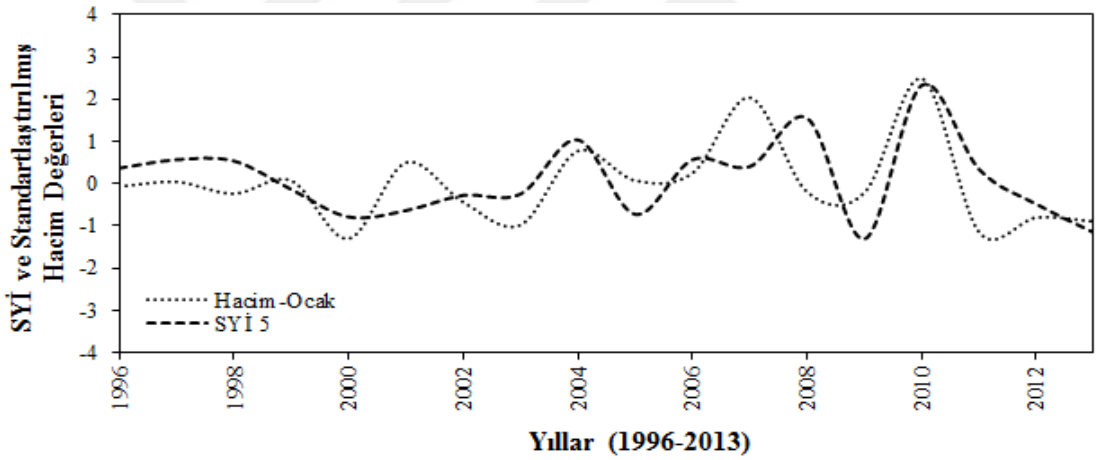
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.59$) yaz mevsimi başlangıcında (haziran) ve kış mevsimi ortasında (ocak) bulunmuştur. Yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerine 13 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.52$) ve kış mevsiminde maksimum korelasyon değerine 5 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında

(R=0.59) ulaşılmıştır. Şekil 4.380'den görüldüğü gibi özellikle haziran ayında 12 aydan uzun zaman ölçeklerinde (R≤0.52) yüksek korelasyonlar elde edilmiş, fakat bunun yanı sıra tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ise kış mevsiminde ocak ayında 5 aylık kısa zaman ölçeğinde (R=0.59) ulaşılmıştır. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin çok düşük (R≤0.20) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine temmuz ayında 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.20), ağustos ayında 21 aylık zaman ölçeğinde (R=0.10), eylül ayında 18 aylık zaman ölçeğinde (R=0.17) ve ekim ayında 15 aylık zaman ölçeğinde (R=0.10) ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsimi sonunda (kasım) 2 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde (aralık ve şubat) 3 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde, ilkbahar mevsiminde 8, 9 ve 11 aylık zaman ölçeklerinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.35 değerini aşmış olup, bulunan maksimum korelasyon değerlerinin (0.35≤R≤0.47) birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 1-18 aylık zaman ölçeğinde bulunarak (sadece ağustos ayı için 21 aylık zaman ölçeği geçerlidir), maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 13 aylık zaman ölçeğinde (R=0.52) haziran ayında, sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.35) kasım ayında, kış mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.59) ocak ayında ve ilkbahar mevsiminde 9 aylık zaman ölçeğinde (R=0.47) nisan ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.35 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri ağustos ve ekim aylarında ise 15 ve 21 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye (R<0.10) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri kış mevsiminde (ocak) ve yaz mevsiminde (haziran), en düşük korelasyon değerleri ise yaz mevsiminde (ağustos) ve sonbahar mevsiminde (ekim) elde edilmiştir. Çalışmada, özellikle yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu dikkat çekmiştir. Bunun yanı sıra, korelasyon değerleri nispeten daha yüksek olan diğer aylarda ise maksimum korelasyon değerlerine 1-13 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Ayrıca, anlamlı maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsimi sonu (kasım) ve kış mevsiminde kısa zaman ölçeklerinde ulaşılırken, ilkbahar mevsimi

ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmaktadır. Buradan yola çıkarak havzada, 13 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.381'de 5 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ocak ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (2000, 2003, 2009, 2012 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde eylül ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.385.** Tercan Baraj Havzasında 5 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

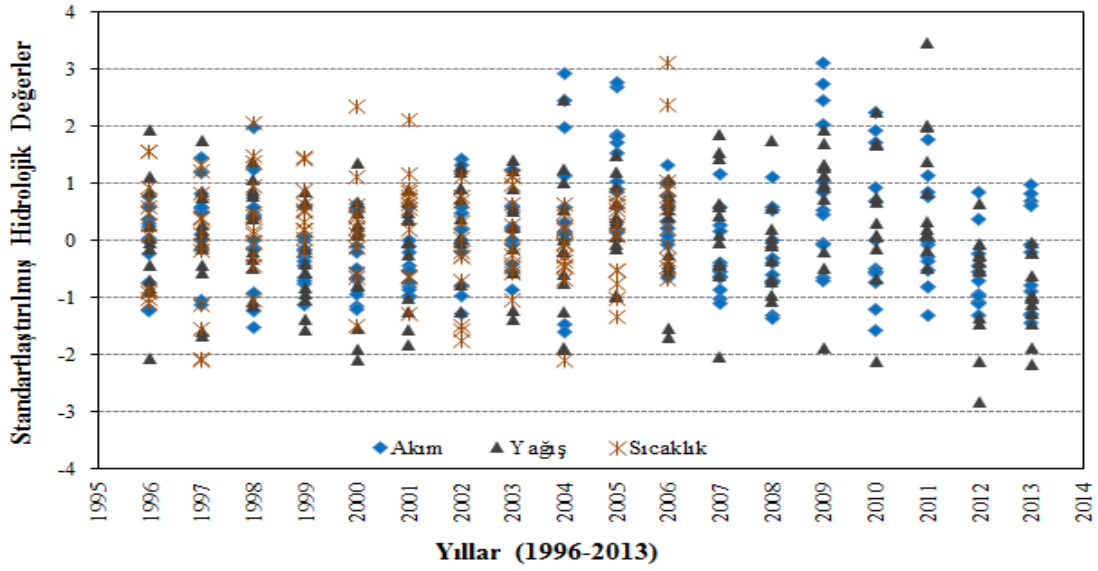
Tercan Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman

ölçekli (2-5 aylık) SYİ arasında nispeten kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.34) 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.67) ve en düşük maksimum korelasyon değerine yine ilkbahar mevsiminde 4 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.12) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile kısa ve uzun zaman ölçekli (5-7 aylık) SYİ anlamlı bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.21) 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.59) ve en düşük maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 21 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.10) ve sonbahar mevsiminde 15 aylık zaman ölçeğinde ekim ayında (R=0.10) ulaşılmıştır.

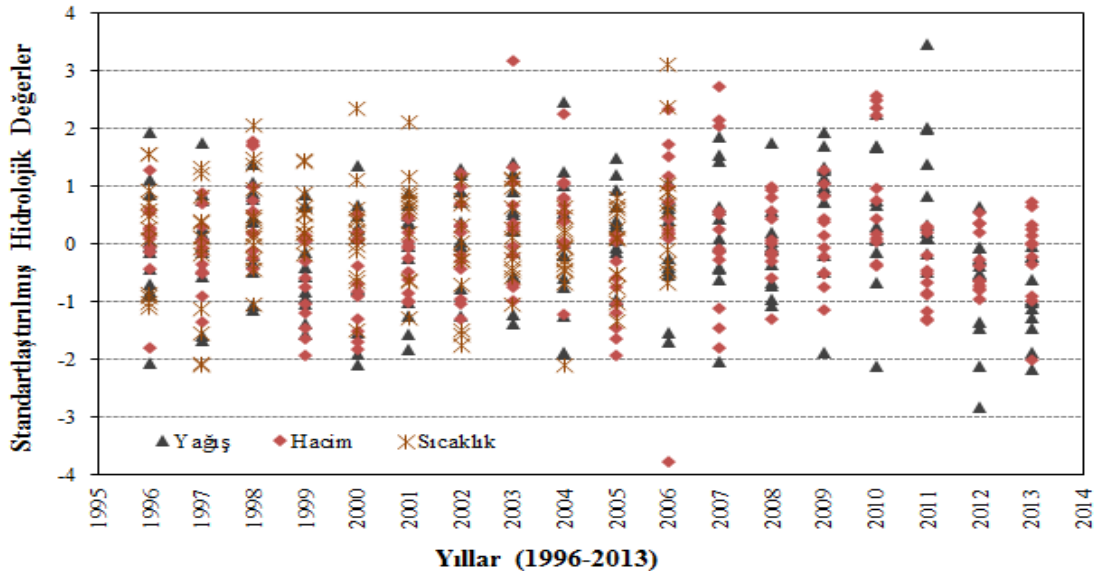
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.382 ve 4.383'de görüldüğü gibi ay bazında 1996-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve

hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.386.** Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.387.** Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.6.2.4. Tercan Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

#### 4.6.2.4.1. Tercan Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

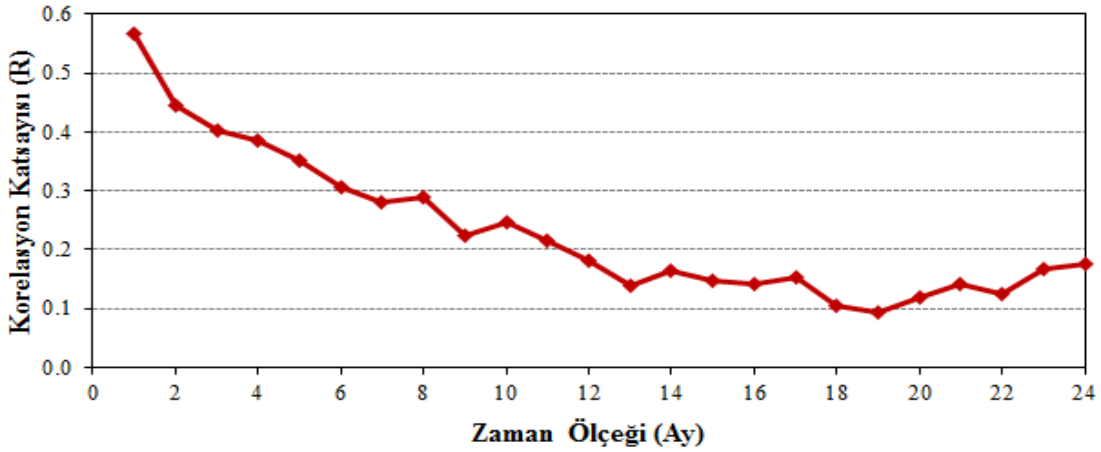
Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmanın bu bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Daha sonra uydu kaynaklı aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ

değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.2.4.1.1. Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

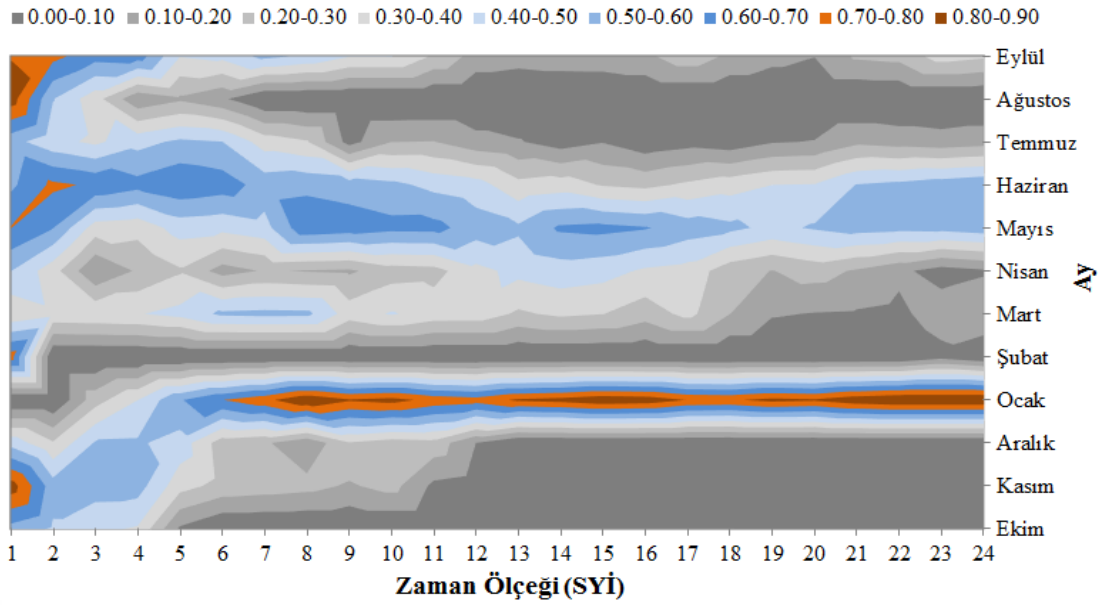
AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.384'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) korelasyonların daha yüksek olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.57 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, nispeten büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Tercan Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek daha da zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.388.** Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.6.2.4.1.2. Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.385'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.389.** Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak R=0.50 değerini aşmıştır. Şekil 4.385'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri (≤R≤0.86) yaz mevsimi sonunda (ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsimi sonunda ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.86), sonbahar mevsimi başlangıcında eylül ayında 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.79) ve sonbahar mevsimi sonunda kasım ayında 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.85) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsimi ortasında (ekim), kış mevsimi başlangıcında (aralık), ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) korelasyon değerlerinin nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine (R≤0.56) sonbahar mevsiminde ekim ayında 1 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde aralık ayında 3 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde mart ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ve nisan ayında 1 aylık

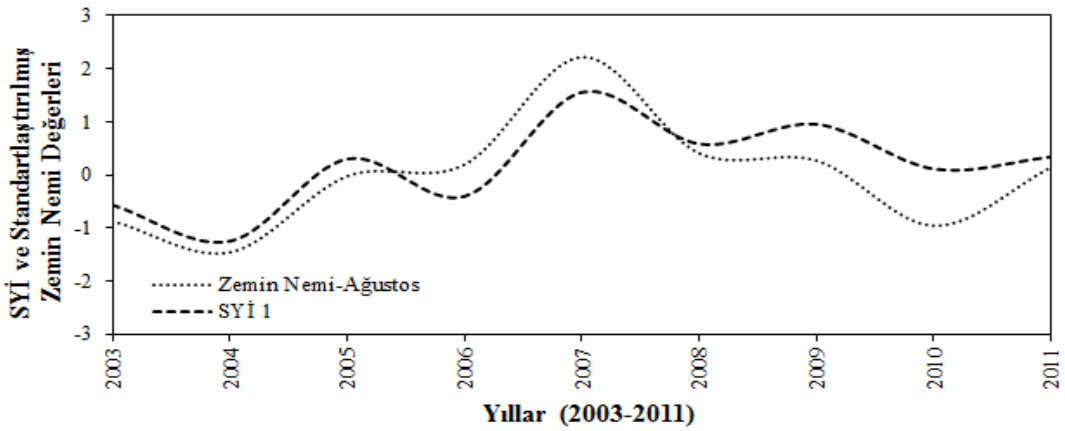
zaman ölçeğinde, yaz mevsiminde ise temmuz ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsiminde aralık ayından itibaren maksimum korelasyon değeri yükselişe geçmiştir. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine ($0.70 \leq R \leq 0.75$) 3, 6 ve 1 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsiminde mart ayında nispeten yüksek olan korelasyon değerleri, nisan ayında düşüşe geçmiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük maksimum korelasyon değeri nisan ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.50$) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri mayıs ayında yükselişe geçmiş ve 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek korelasyon değeri ($R=0.70$) elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında yükselmeye devam eden korelasyon değerleri ($R \leq 0.72$), temmuz ayında düşüş ($R \leq 0.54$) göstermiştir. Ağustos ayında ise maksimum korelasyon değeri yükselerek, tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.86$) ulaşılmıştır. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ayında 2 aylık, temmuz ve ağustos aylarında ise 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise eylül ayı en yüksek korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.79$) bulunduğu aylardan biri olmasına rağmen, ekim ayında korelasyon değerlerinde düşüş ($R \leq 0.56$) gözlemlenmiştir. Kasım ayında ise korelasyon değerleri tekrar yükselerek, mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri ($R=0.85$) elde edilmiştir. Bu mevsimde, maksimum korelasyonlar tüm aylarda 1 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-3 aylık zaman ölçeğinde bulunarak (sadece ocak ve mart ayları için 6 aylık zaman ölçeği geçerlidir), maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ($R=0.86$) 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında, sonbahar mevsiminde ($R=0.85$) 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde ($R=0.75$) 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde ($R=0.70$) 1 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.70$ değerini aşmıştır. Sonuç olarak, yaz mevsiminde ağustos ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri ($R=0.86$) ve ilkbahar mevsiminde ise nisan ayında en düşük maksimum korelasyon değeri ($R=0.50$) elde edilmiştir. Genel olarak; yaz ve sonbahar mevsimlerinin korelasyon değerleri daha yüksek, kış ve ilkbahar

mevsimlerinin korelasyon değerleri daha düşüktür. Ayrıca, çalışmada ocak ayında özellikle 6 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin ($0.70 \leq R < 0.90$) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.386'da 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ağustos ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2003 ve 2004 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ağustos ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.390.** Tercan Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemlerin mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada, sadece uydu kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, uydu kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan analizleri özetlemek gerekirse, nispeten büyük bir havza olan Tercan Baraj

havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Yani, zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada, 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmış ve kısa zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerleri elde edilmiştir. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine yaz mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.86) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ilkbahar mevsiminde nisan ayında (R=0.50) ulaşılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre, korelasyon değerleri yaz ve sonbahar mevsimlerinde daha yüksek, kış ve ilkbahar mevsimlerinde ise daha düşüktür. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.70 değerini aşması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile ağustos ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2003 ve 2004 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

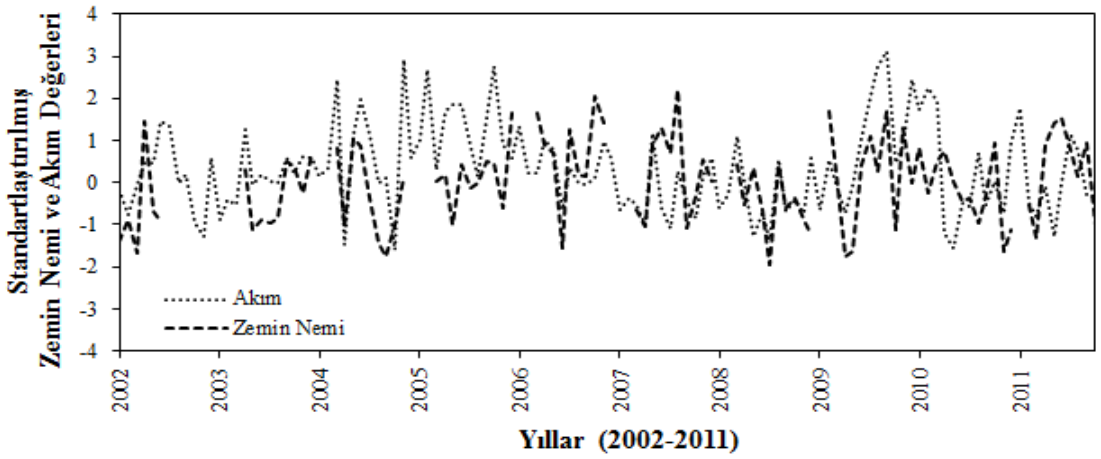
#### 4.6.2.5. Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011

yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde tutularak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

#### 4.6.2.5.1. Tercan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.33 elde edilmiştir. Şekil 4.387'de nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2007, 2008 ve 2010 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmekte olup, standartlaştırılmış aylık akım ve zemin nemi verileri zaman serisi şeklinde karşılaştırıldığında kurak ve yağışlı dönemlerdeki genel uyumluluğu göze çarpmaktadır. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.

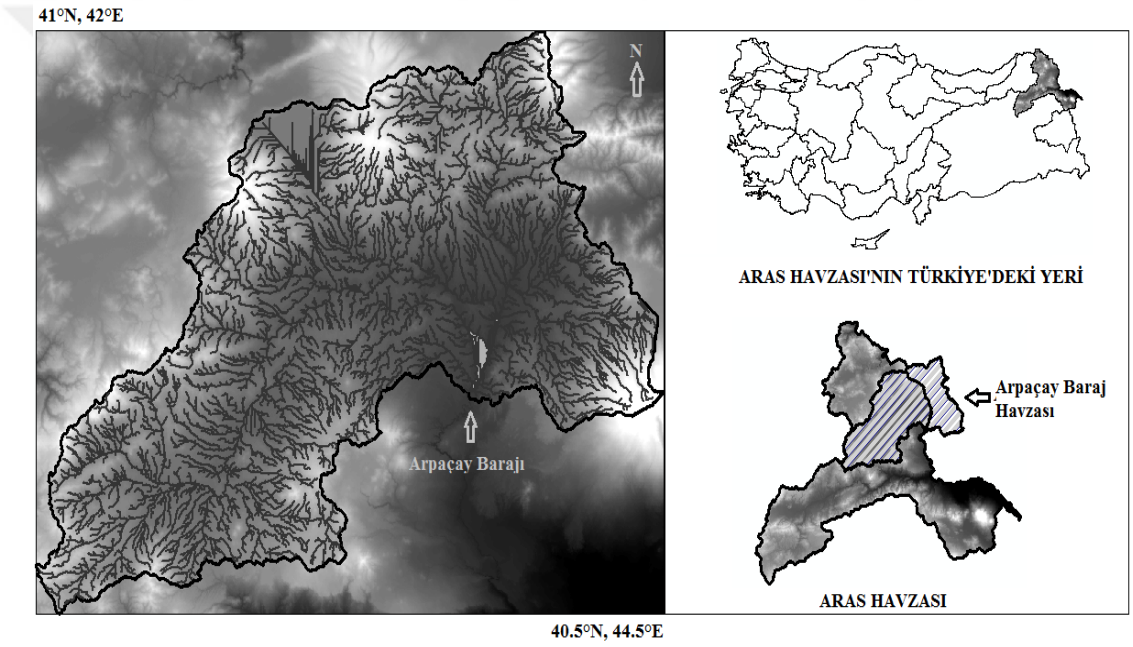



**Şekil 4.391.** Tercan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.6.3. Arpaçay Baraj Havzası

#### 4.6.3.1. Arpaçay Baraj Havzası Özellikleri

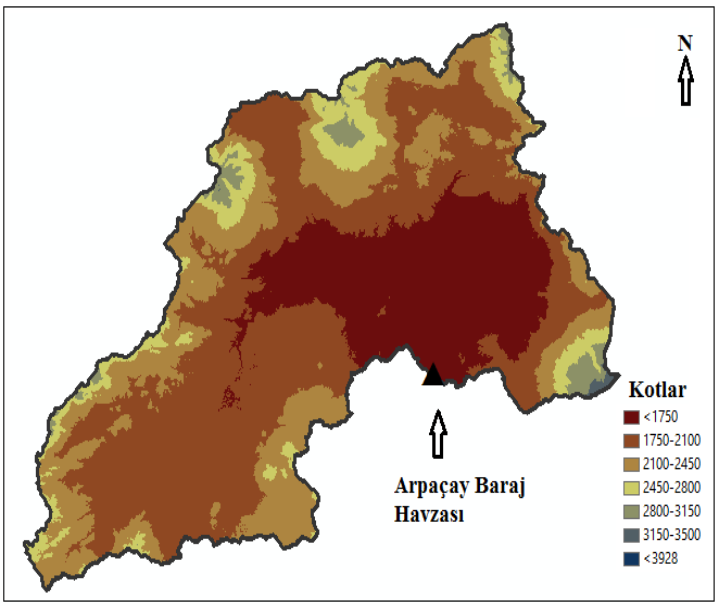
Çalışma alanı olarak seçilen Arpaçay Baraj havzası, Kars ili sınırları içerisinde 42°33'-44°6' doğu boylamları, 41°17'-40°7' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Ardahan ilinin küçük bir bölümünü, Kars ilinin büyük bir bölümünü içine almaktadır. Aras havzasının bir alt havzası olan Arpaçay Baraj havzası, yaklaşık olarak 8063 $km^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.388).




**Şekil 4.392.** Arpaçay Baraj Havzasının Konumu

Arpaçay Baraj havzası, Doğu Anadolu Bölgesinin kuzeydoğu kesimlerinde yer almaktadır. Büyük bir plato özelliği gösteren havza coğrafyasında genel olarak bitki örtüsü bozkır görünümündedir. Yalnız Sarıkamış ilçesinde çam ormanları bulunmaktadır. Şekil 4.389'dan görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 1412-3928 m aralığında değişmektedir. Ana akarsu yatağı güzergahı ortalama yaklaşık 1412-2100 m arası rakımda olup, yükseltinin en

düşük olduğu bölgedir. Havza, dağlık ve düzlüklerin beraber görüldüğü bir arazi yapısına sahiptir. Ayrıca, havzada yükselti farklılıkları kısa mesafede değişmektedir. Havzada doğudan batıya doğru gidildikçe yükselti azalmaktadır. Özellikle havza çevresi ile kuzey ve güneydoğu bölgelerinde yükselti fazla olup, batı ve kuzeybatı bölgelerinde ise yükselti azalmaktadır.

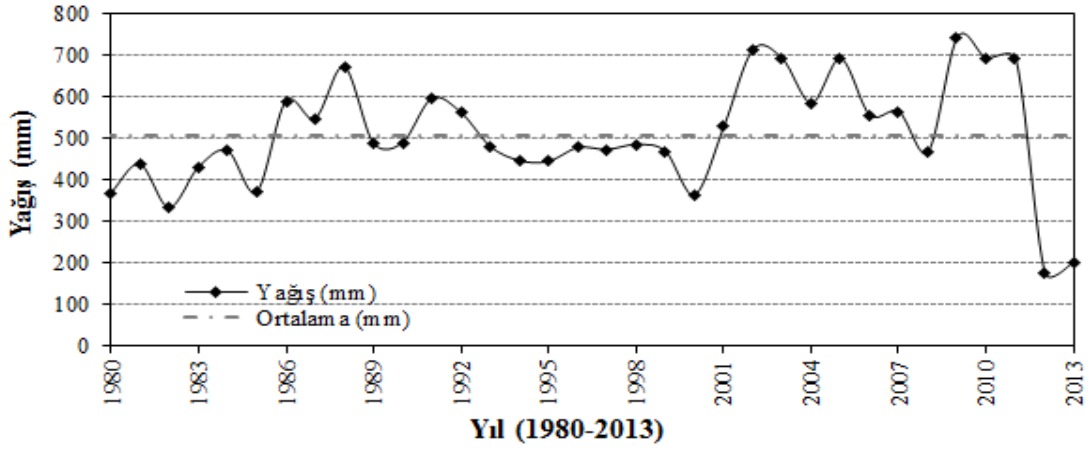



**Şekil 4.393.** Arpaçay Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 1412-3928 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Konum olarak, havza Erzurum Kars iklim bölgesinde yer almaktadır. [92]. Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. Akdeniz ikliminin etkisinde kalan havzanın, doğusunda ise karasal iklim etkileri hissedilmektedir. Havzada genellikle yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir Ayrıca, havzada Akdeniz yağış rejimi görülmektedir.

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1980-2013 yılları arasında ölçüm yapan Sarıkamış, Kars ve Arpaçay meteoroloji

istasyonlarına ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havzada yükselti farkının etkisiyle yağış ve sıcaklık parametrelerinde farklılaşmalar görülmüştür. Özellikle, havzada batıdan doğuya doğru gidildikçe yıllık ortalama yağış değerleri birbirinden farklılık göstermektedir. Örneğin; yıllık ortalama yağış Sarıkamış'ta 600 mm iken, Arpaçay'da 490 mm'ye düşmüştür. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2012 yılında 174 mm iken, maksimum yağış 2009 yılında 743 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada Doğu Anadolu Bölgesi karasal ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 508 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.390'dan görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük miktardaki yağış sıklıkları uzun ve kısa dönemler halinde görülmüştür. Ayrıca, ortalama yağışın üzerinde kalan yağışların daha fazla olmasının yanı sıra, kısa dönemler halinde ortalama yağışın çok üzerinde de yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.394.** Arpaçay Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.73'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış ilkbahar mevsiminde mayıs ve yaz mevsiminde haziran aylarında, en az yağış ise kış mevsiminde ocak ve şubat aylarında görülmektedir. İlkbahar mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin yaz mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.76.** Arpaçay Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 23.3 | 21.7 | 31.8 | 57.9 | 80.8 | 71.5 | 55.4 | 44.0 | 22.9 | 46.2 | 29.0 | 23.4 | ***507.96*** |

Havzada, yükseltinin artmasına bağlı olarak sıcaklıkta azalmaktadır. DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 5 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 17-18 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık -8~-10 ºC civarına düşmektedir. Görüldüğü gibi kış aylarında ortalama sıcaklık 0ºC'nin altına düşmektedir.

Çıldır Gölünden doğan Arpaçay Nehri üzerinde 1983 yılında sulama ve taşkın kontrolü amaçlı olarak hizmete alınan Arpaçay Barajı, normal su kotunda 42 $km^2$ göl alanına, 525 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 29.42 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 128.16 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 3.00 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.74'de verilmiştir.

**Çizelge 4.77.** Arpaçay Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| Havza | Yağış Verisi Aralığı (Yıl) | Akım Verisi Aralığı (Yıl) | Hacim Verisi Aralığı (Yıl) | Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Uydu Kaynaklı Gözlemler | İstasyon Ölçümleri |
| **Arpaçay Baraj Havzası** | 1980-2013 | 1980-2013 | 1990-2013 | 2002-2011 | - |

### 4.6.3.2. Arpaçay Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

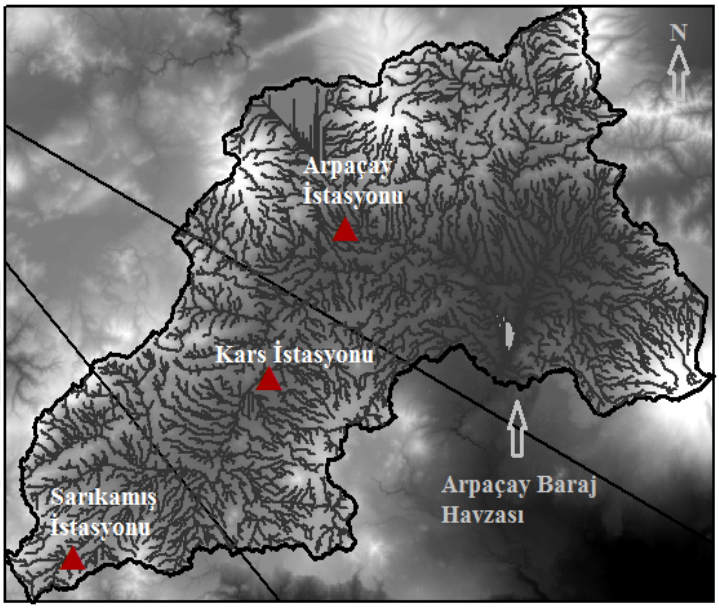
#### 4.6.3.2.1. Arpaçay Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza çevresinde yer alan en yakın 3 adet meteoroloji istasyonu (Sarıkamış, Kars ve Arpaçay) seçilmiş ve bu istasyonlara ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyonlara ait özellikler Çizelge 4.75'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların bulundukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. İstasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.78.** Arpaçay Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | Sarıkamış | 40.33 | 42.59 | 2102 | 600 |
| **2** | Kars | 40.60 | 43.11 | 1777 | 503 |
| **3** | Arpaçay | 40.84 | 43.32 | 1688 | 490 |

Daha sonra verileri değerlendirilen 5 meteoroloji istasyonuna ait 1980-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.391'de seçilen meteoroloji istasyonlarının yeri ve temsil ettiği alanlar gösterilmiştir. Bu yöntemle hesaplanan bölgesel ortalama yağış değerleri ile her bir istasyona ait yağış verileri arasındaki korelasyon katsayıları belirlenmiştir. Veriler arasındaki ilişkiden elde edilen Pearson korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu Çizelge 4.76'da görülmektedir.



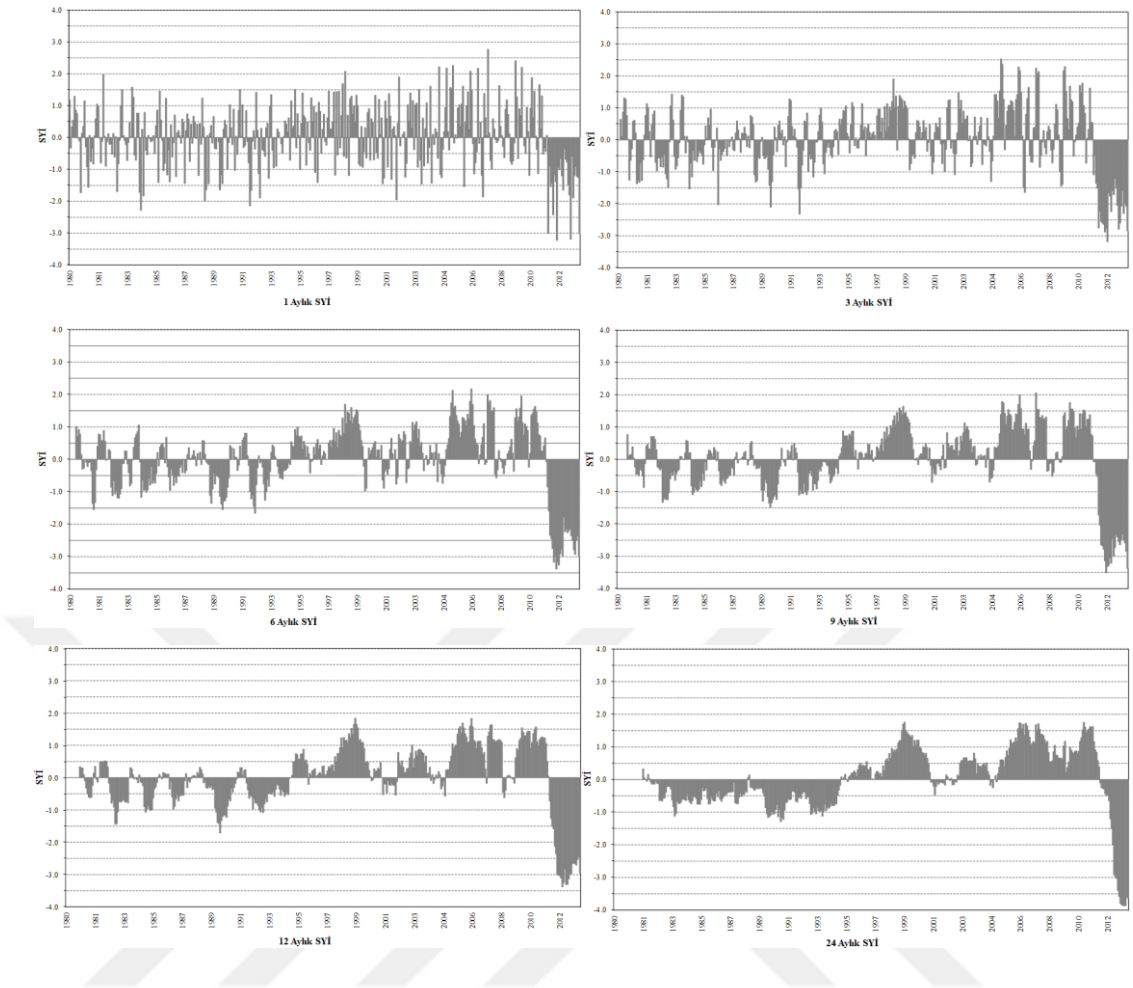

**Şekil 4.395.** Arpaçay Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

**Çizelge 4.79.** Arpaçay Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

| | Meteoroloji İstasyonu | R (Pearson) |
|---|---|---|
| **1** | Sarıkamış | 0.76 |
| **2** | Kars | 0.82 |
| **3** | Arpaçay | 0.97 |

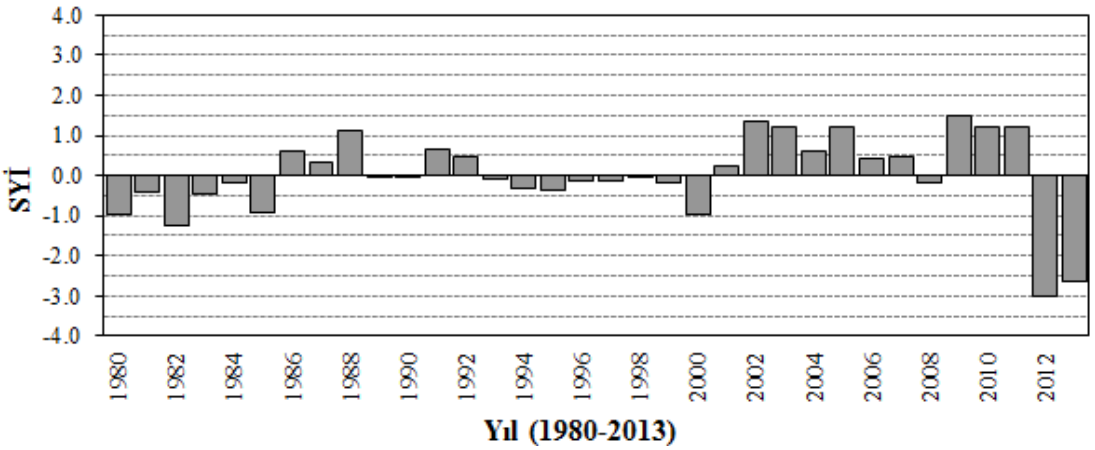
#### 4.6.3.2.2. Arpaçay Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.392'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 3 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 11 ay ve 24 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 12 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.396.** Arpaçay Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

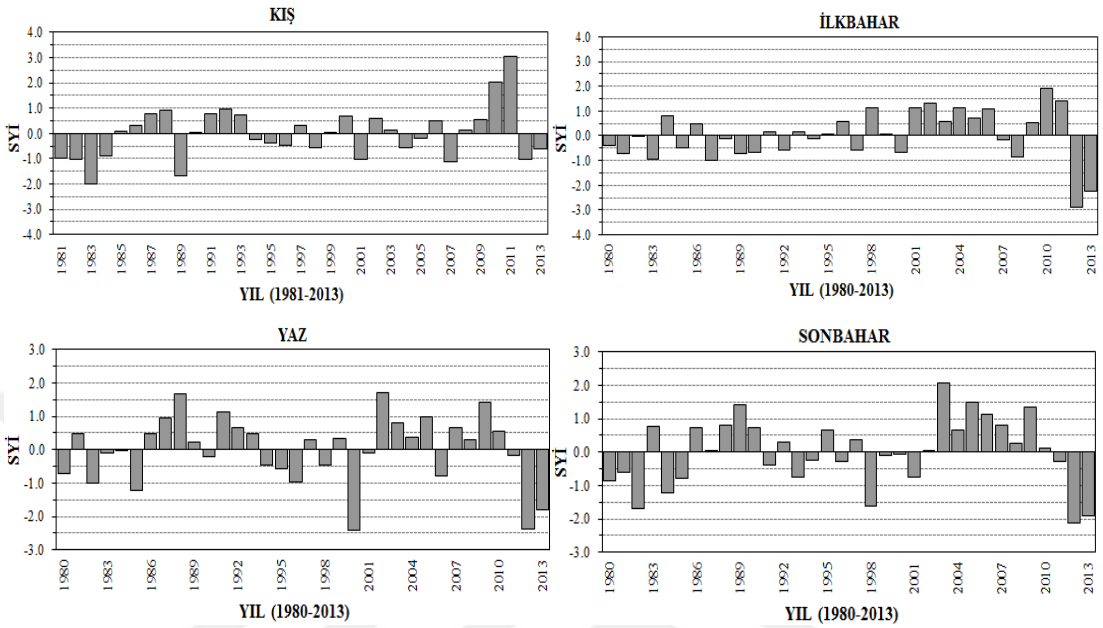
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1980-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.393'de görüldüğü gibi toplamda 34 yılda 19 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 2 aşırı kurak, 1 orta derecede kurak ve 16 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 3.80 yıl olup, 1980-1985 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 6 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.36 (normale yakın kurak) olup, 2012 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -3.01 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1980-1985, 1989-1990, 1993-2000 ve 2012-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.397.** Arpaçay Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.394'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları tüm mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 15 yıl, ilkbahar mevsiminde 17 yıl, yaz mevsiminde 16 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 16 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık ilkbahar ve yaz mevsimlerinde 2 yıl boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla sonbahar mevsiminde, orta derecede kuraklık en fazla kış mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla ilkbahar mevsiminde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, tüm mevsimlerde birbirlerine yakın değerler (-0.39~-0.40) elde edilmiştir. Havzada ortalama kuraklık süresi bakımından ise her mevsimde farklı değerler (1.88~2.29 yıl) görülmüştür. Sonbahar mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.29 yıl) en fazla, kış mevsiminde (1.88 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise, bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden olmaktadır. Mevsimsel

incelemeler sonucunda da 34 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir.




**Şekil 4.398.** Arpaçay Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1980-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Arpaçay Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1980'li yılların başlarında sulak dönemler yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1982-1986 yıllarında ortalama sıcaklıkların artmasıyla beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar normale yakın kuraklıklar olup, özellikle 1983-1984 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli

kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1987-1988 yıllarına gelindiğinde yağışların artmasıyla beraber havzada sulak bir döneme geçiş olmuştur. 1980'li yılların sonu 1990'lı yılların başlangıcında tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada beş yıl boyunca normale yakın kuraklıklar yaşanmıştır. Sadece 1989 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Bu dönemde, 1989-1991 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın etkilendiği görülmüştür.1994 yılından 2000 yılına kadar yaşanan uzun kurak dönemlerin ardından yağışların artmasıyla beraber havzada tamamen sulak bir döneme geçiş olmuştur. 2000 yılında havzada normale yakın kuraklık yaşanarak 2004 yılına kadar sulak dönemler devam etmiştir. Ülke genelinde 1996 ve 1999-2001 yıllarında şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen, havza yaşanan şiddetli kuraklıklardan sadece 2000 yılında etkilenmiştir. 2004 yılında havzada tekrar normale yakın kuraklık yaşanmış, fakat ardı sıra gelen uzun süreli kurak dönemler olmamıştır. 2005 yılından 2011 yılına kadar tekrar sulak dönemler devam etmiştir. Bu dönemde, sadece 2008 yılında normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Ayrıca, havzanın özellikle 2007 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıktan hiç etkilenmeyip, sadece 2008 yılındaki kuraklıktan normale yakın kuraklık yaşayarak etkilendiği dikkat çekmiştir. 2011-2013 yılları arasında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk kez aşırı kuraklıklara rastlanmıştır. Bu dönemde uzun süreli sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamış olup, özellikle ortalama sıcaklıklarda artma eğilimi olması ve yağışların ortalamanın altında kalması sonucu son dönemlerde kuraklık büyüklüklerinde çok fazla artış gözlemlenmiştir. Sadece 2011 yılında havzada normale yakın kuraklık görülmüş, fakat 2012 ve 2013 yıllarında kuraklık büyüklüklerinde de çok fazla artış olmuştur. 2013 yılında görülen aşırı kuraklık özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla sonbahar mevsiminde görülmesinin yanı sıra bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Havzada özellikle 2012 ve 2013 yıllarında her mevsimde farklı büyüklüklerde kuraklıklar yaşanmıştır. 2012 yılında her mevsimde aşırı kuraklık görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Arpaçay Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak çok kuraklıklara hiç rastlanmamış olup, aşırı ve orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada, sulak dönemlerin hakim olduğu görülmüştür. Ayrıca, uzun süreli kuraklıklara sadece 1995 yılına kadar rastlanılmıştır. Çalışmada ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada 2012 yılına kadar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklıkların yaşanması dikkat çeken bir durumdur. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta ise son yıllarda özellikle 2012-2013 yıllarında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler sonucu havzada aşırı kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüklerin artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlenmiştir.

#### 4.6.3.3. Arpaçay Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.6.3.3.1. Arpaçay Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

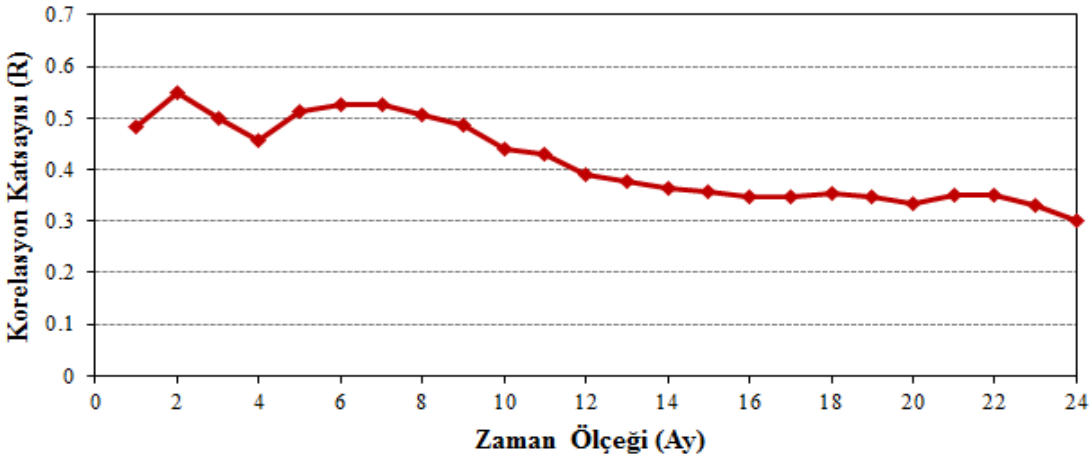
Arpaçay Baraj havzasında 1990-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 29.42 $m^3/s$ iken maksimum akım 128.16 $m^3/s$ ve minimum akım ise 3.00 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 1.83 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Arpaçay barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen nehir akımının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerleri yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri

karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.3.3.1.1. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

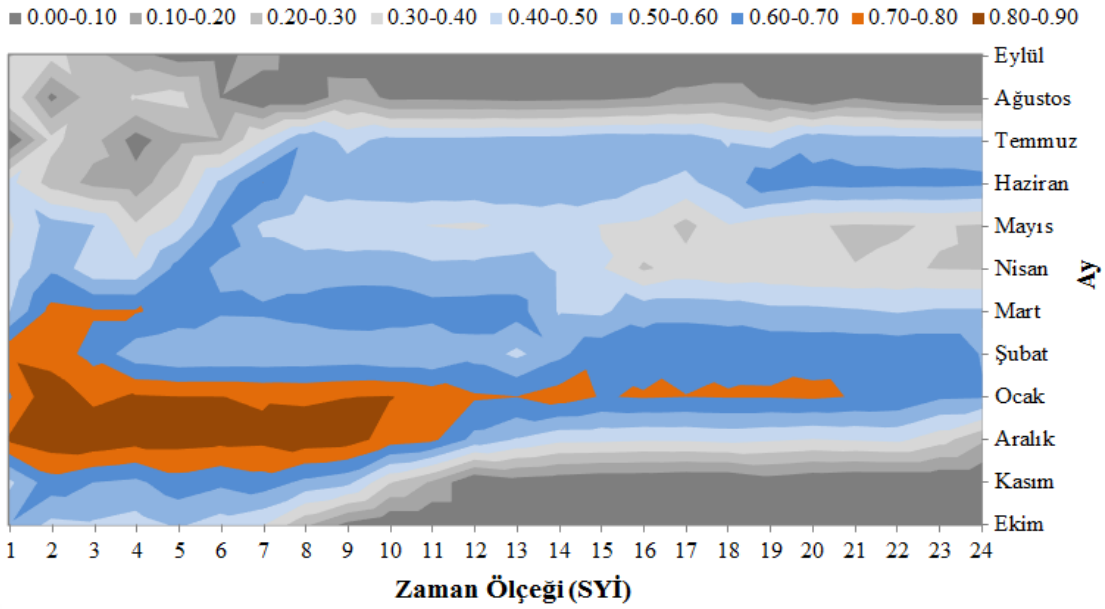
Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.395'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.55) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz konusu büyük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Arpaçay Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.399.** Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.6.3.3.1.2. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.396'da standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.400.** Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

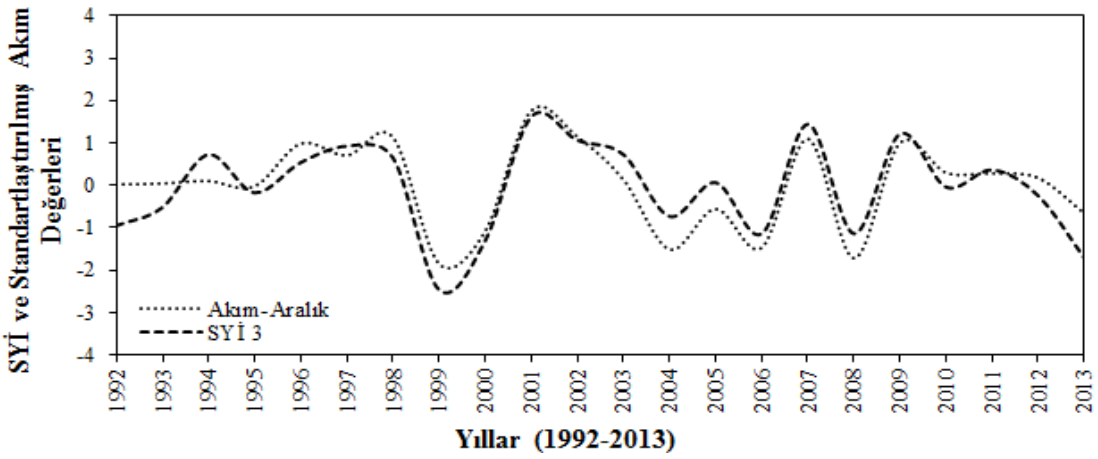
Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.73$) kış mevsiminde ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.88$), 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında ($R=0.87$), 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ($R=0.78$) ve ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ($R=0.73$) ulaşılmıştır. Kış mevsimi en yüksek korelasyon değerlerinin bulunduğu mevsimdir. İncelenen zaman ölçeğinde, kış mevsimi başlangıcında aralık ayında 3 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.88$) ulaşmıştır. Ocak ayında ise yine yüksek korelasyon değerleri elde edilmiş olup, maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.87$) ulaşılmıştır. Şubat ayında ise korelasyon değerleri nispeten düşüş göstermiş ($R \leq 0.78$) ve mevsimin en düşük korelasyon değerleri bu ayda elde edilmiştir. Şubat ayında maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsimi başlangıcında mart ayında korelasyon değerleri ($R \leq 0.73$) yine yüksektir. Korelasyon değerleri nisan ve mayıs aylarında ise kış mevsimine göre nispeten düşüş göstermiş, fakat maksimum korelasyonlar $R=0.60$ değerini aşmıştır. Bu aylarda elde

edilen maksimum korelasyon değerleri (R≤0.64) birbiriyle aynı çıkmıştır. İlkbahar mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 2 aylık, nisan ayında 5 aylık ve mayıs ayında 6 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ayında korelasyon değerleri düşmeye başlamış ve temmuz ayında düşüş devam etmiştir. Temmuz ayında 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri (R≤0.33) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri, temmuz ayına göre ağustos ayında ise nispeten (R≤0.40) yükselmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 6 aylık, temmuz ayında 2 aylık ve ağustos ayında 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsimi başlangıcında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ve eylül ayında da 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değerlerinden biri (R≤0.34) elde edilmiştir. Ekim ayında korelasyon değerleri tekrar yükselmeye (R<0.60) başlamış ve 1 aylık zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmıştır. Kasım ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değeri (R=0.66) elde edilmiştir.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (R≥0.70) kış mevsiminde (aralık ve ocak) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.86), 10 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.81) ve yaz mevsiminde 7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.70) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine de (R≤0.86) kış mevsiminde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, yaz mevsimi sonu (ağustos) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük (R<0.20) olduğu tespit edilmiştir. Yaz mevsiminde ağustos ayında maksimum korelasyona 9 aylık zaman ölçeğinde ve sonbahar mevsiminde eylül ayında maksimum korelasyona 7 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsiminde (eylül) maksimum korelasyon değeri 7 aylık zaman ölçeklerinde en düşük seviyeye (R≤0.16) inmiştir. Diğer aylarda da maksimum korelasyonlar (0.40≤R≤0.66) R=0.40 değerini aşmış ve 7, 8, 9, 10 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde, her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-6 aylık, uzun zaman ölçeklerinde ise 7-10 aylık (sadece şubat ayı için 12 aylık zaman ölçeği geçerlidir) zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde7 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında (R=0.70), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.66), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.88) ve ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında (R=0.73) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde kısa zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-8 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz mevsimi sonu (ağustos) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) korelasyon değerlerinin ($R \leq 0.40$) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.70 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde aralık ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.88) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla daha düşük olduğu ($R \leq 0.34$) ayın da sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.397'de ise 3 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği aralık ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1999, 2000, 2004, 2006, 2008 ve 2013 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde aralık ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.401.** Arpaçay Baraj Havzasında 3 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Aralık Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

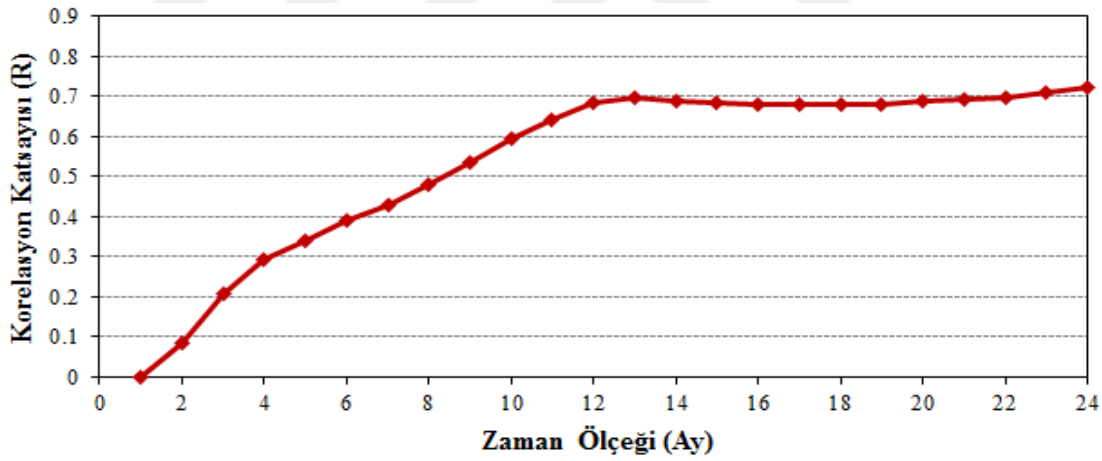
### 4.6.3.3.2. Arpaçay Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Arpaçay Baraj havzasında 1992-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Arpaçay barajı normal su kotunda 525 $hm^3$ göl hacmine ve 42 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.2 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.3.3.2.1. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

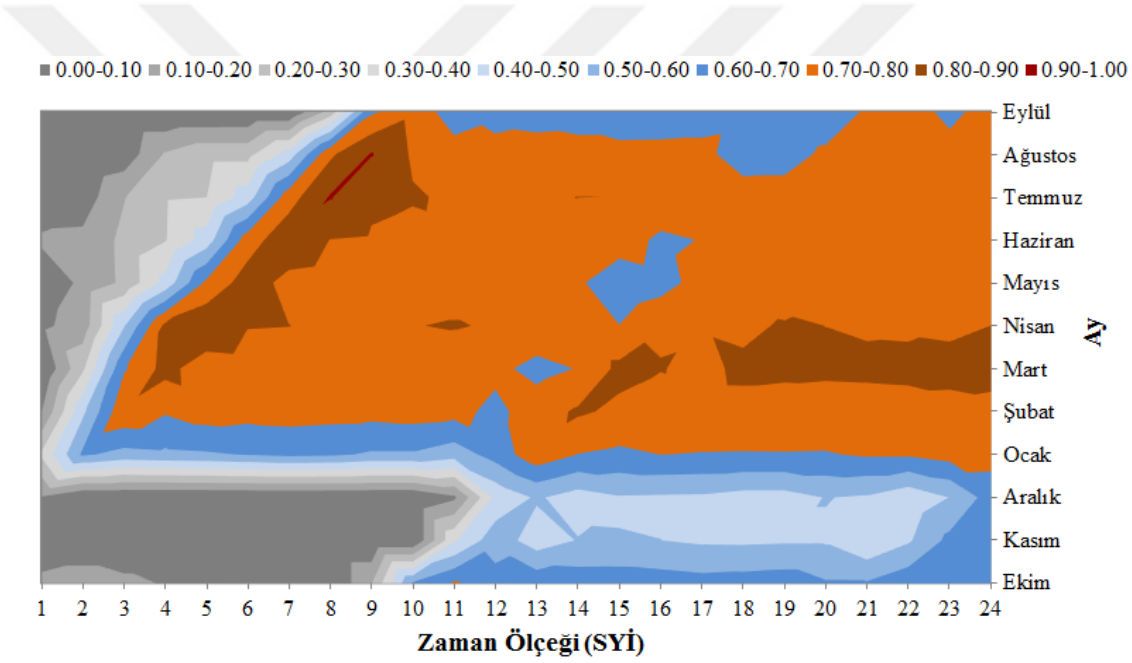
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.398'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (12-14 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.70) 13 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 12 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Arpaçay Baraj havzasında 1-14 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 14 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.402.** Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.6.3.3.2.2. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.399'da standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.403.** Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

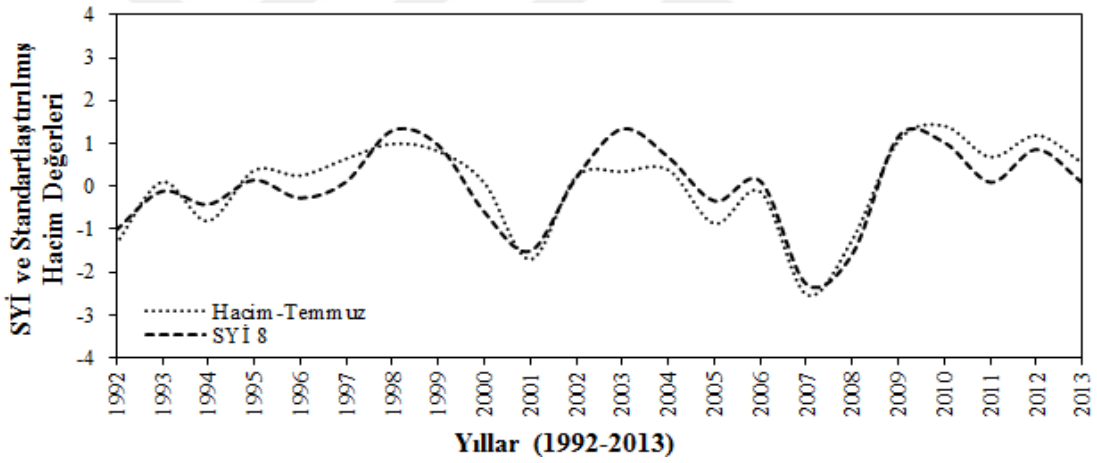
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.91$) yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos) bulunmuştur. Yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerlerine 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.91$) ve 9 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında ($R=0.91$) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde

temmuz ayında 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.91) elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsimi sonunda kasım ayında ve kış mevsimi başlangıcında aralık ayında korelasyon değerlerinin diğer aylara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin düşük ($R \leq 0.65$) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine kasım ayında 23 aylık zaman ölçeğinde (R=0.63) ve aralık ayında 24 aylık zaman ölçeğinde (R=0.65) ulaşılmıştır. Ayrıca, kış mevsimi sonunda (şubat) 14 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde 4, 5 ve 6 aylık zaman ölçeklerinde ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) 7 aylık zaman ölçeğinde, elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.80 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.81 \leq R \leq 0.88$) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) 10 ve 11 aylık zaman ölçeklerinde ve kış mevsimi ortasında (ocak) 13 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri ise R=0.70 değerini aşmış olup, bulunan maksimum değerlerinin ($0.71 \leq R \leq 0.77$) birbirine çok yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 4-14 aylık zaman ölçeğinde (sadece kasım ayı için 23 aylık ve aralık ayı için 24 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.91) temmuz ayında, sonbahar mevsiminde 10 aylık zaman ölçeğinde (R=0.77) eylül ayında, kış mevsiminde 14 aylık zaman ölçeğinde (R=0.81) şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.88) nisan ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, R=0.75 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri sonbahar mevsiminde kasım ayında ise 23 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R=0.63) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos), en düşük korelasyon değeri ise sonbahar mevsiminde (kasım) elde edilmiştir. Ayrıca, özellikle sonbahar mevsimde ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) 1-8 aylık kısa zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri ($R<0.25$) çok düşüktür. Fakat, maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. Özellikle ilkbahar mevsiminde kısa zaman ölçeklerinde (4-6 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması ile beraber, sonbahar ve kış mevsimlerinde kasım ve aralık aylarında ise uzun zaman ölçeklerinde (23 ve 24 aylık) maksimum korelasyon değerine ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca, ilkbahar mevsiminde mart ve

nisan aylarında 14 aydan uzun zaman ölçeklerinde korelasyon değerlerinin yüksek olduğu da dikkat çeken diğer bir noktadır. Buradan yola çıkarak havzada, 3 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.400'de 8 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile temmuz ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1992, 1994, 2001, 2005, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde temmuz ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.404.** Arpaçay Baraj Havzasında 8 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Temmuz Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

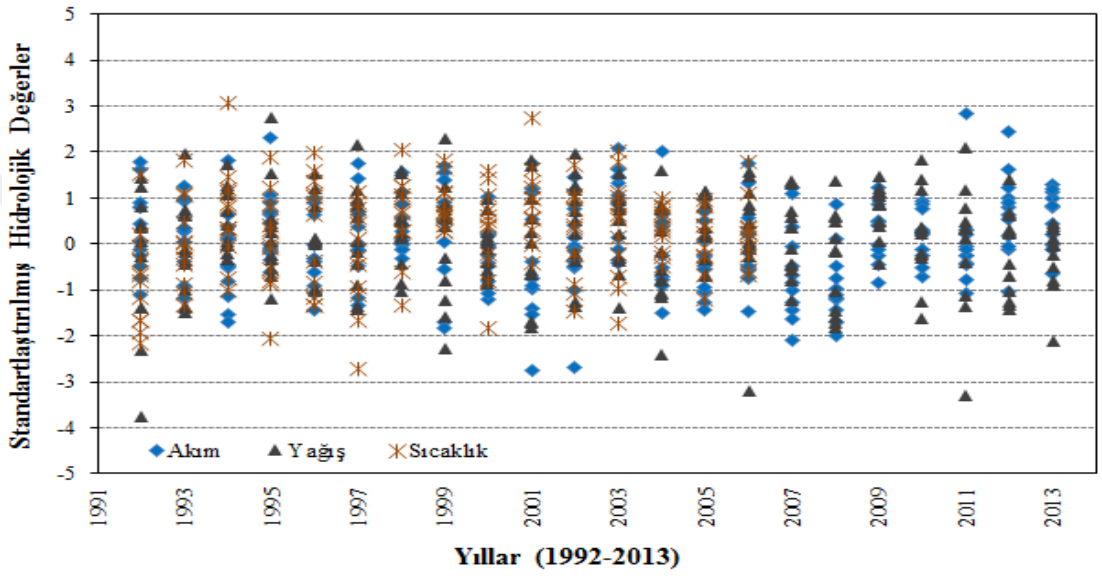
Arpaçay Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman

ölçekli (1-3 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.55) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında (R=0.88) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.34) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (12-14 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.70) 13 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.91) ve 9 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.91) ulaşılırken, en düşük maksimum korelasyon değerine ise sonbahar mevsiminde 23 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.63) ulaşılmıştır.

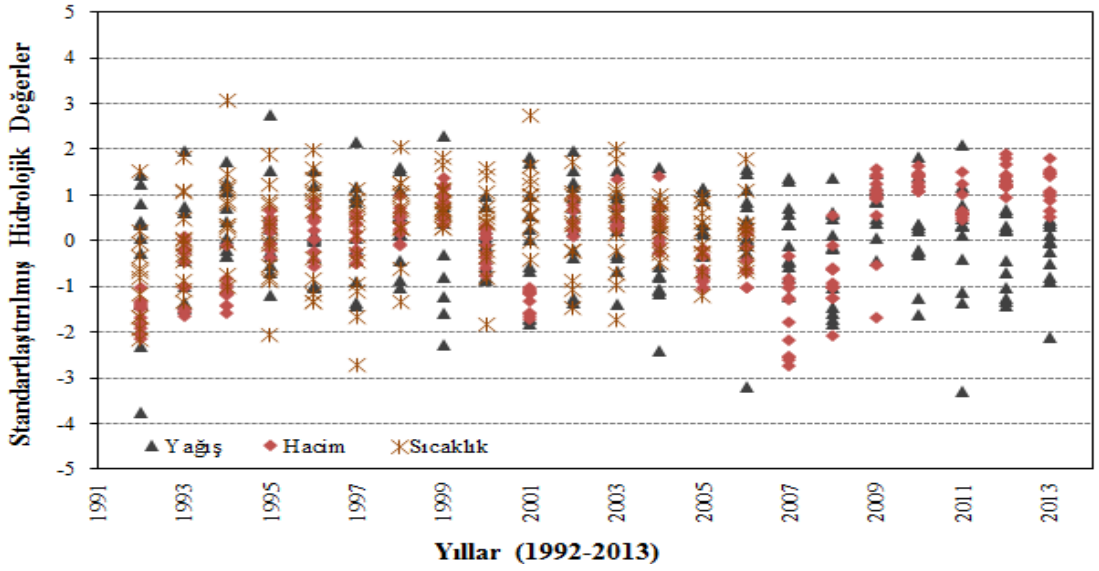
Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.401 ve 4.402'de görüldüğü gibi ay bazında 1990-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile nehir akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana

gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem nehir akımları hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.405.** Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.406.** Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.6.3.4. Arpaçay Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

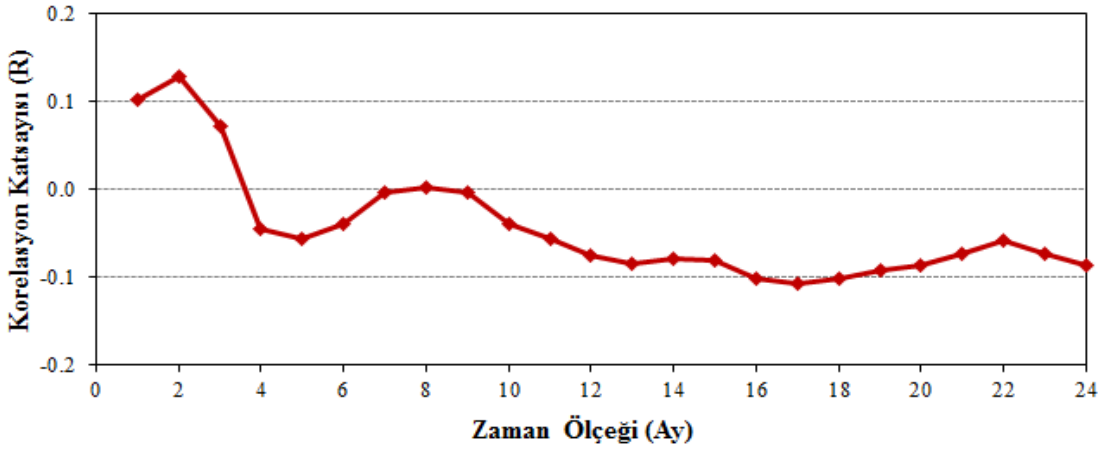
#### 4.6.3.4.1. Arpaçay Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmanın bu bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Daha sonra uydu kaynaklı aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.6.3.4.1.1. Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

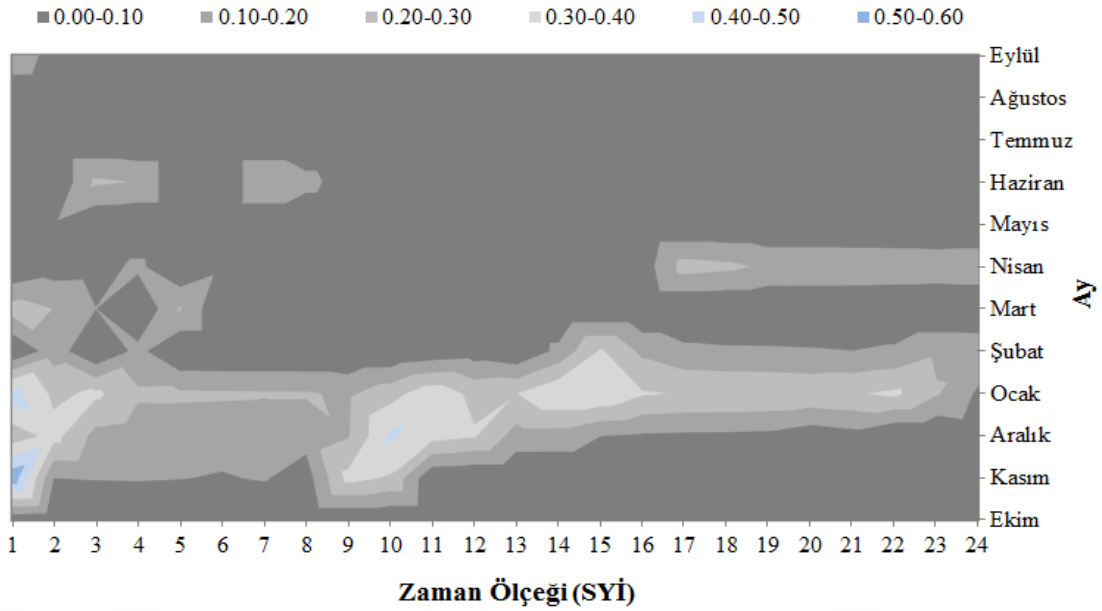
AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.403'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 2 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.13 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, büyük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Arpaçay Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.407.** Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.6.3.4.1.2. Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.404'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.408.** Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

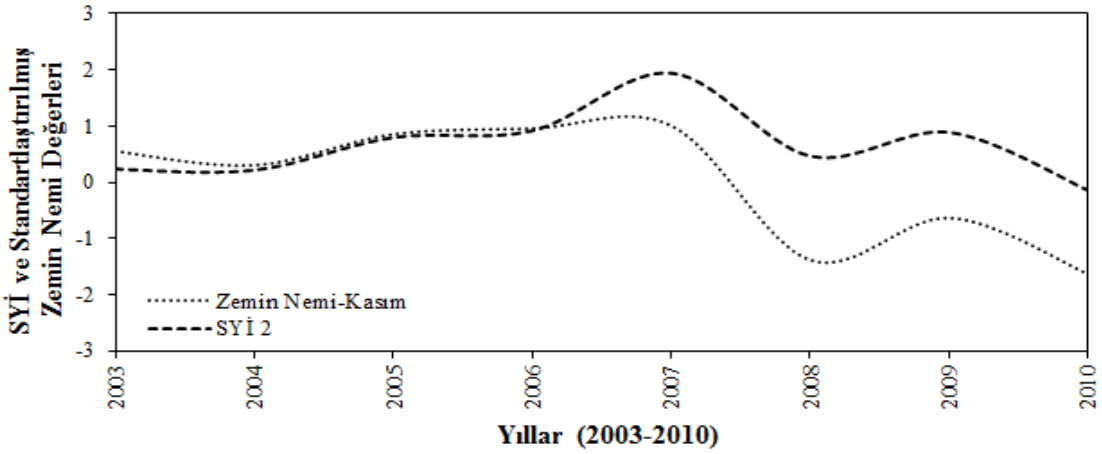
Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunmuştur. Şekil 4.404'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.41$) sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsimi sonunda (şubat) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) görülmüştür. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde kasım ayında 2 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.57$), kış mevsiminde şubat ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.42$) ve yaz mevsiminde temmuz ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ($R=0.41$) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim), kış mevsimi ortasında (ocak) ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Maksimum korelasyon değerlerine ($R<0.20$) sonbahar mevsiminde eylül ayında 3 aylık zaman ölçeğinde ve ekim ayında 5 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsiminde ocak ayında 1 aylık zaman ölçeğinde ve yaz mevsiminde haziran ayında 4 aylık zaman

ölçeğinde ulaşılmıştır. Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsimi başlangıcı aralık ayında nispeten yüksek korelasyon değerleri (R≤0.24) elde edilmiş ve bu ayda maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerlerinde ocak ayında düşüş gözlemlenmiş ve maksimum korelasyon değeri 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.19) elde edilmiştir. Korelasyon değerleri şubat ayında ise yükselişe geçmiş (R≤0.42) ve 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. İlkbahar mevsiminde mart ayında düşmeye devam eden korelasyon değerleri (R≤0.31), nisan ayında nispeten yükselme (R≤0.38) göstermiştir. Mayıs ayında ise, mevsimin en düşük korelasyon değerleri (R<0.24) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar mart ayında 1 aylık, nisan ayında 2 aylık ve mayıs ayında ise 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde haziran ayında düşmeye devam eden korelasyon değerleri (R≤0.16), temmuz ayında yükselişe geçmiş (R≤0.41) ve 1 aylık zaman ölçeğinde mevsimin en yüksek maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. Korelasyon değerleri, ağustos ayında tekrar düşüşe (R≤0.24) geçmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlar haziran ayında 4 aylık ve ağustos ayında 3 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ise, eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri düşmeye (R≤0.16) devam etmiştir. Diğer mevsimlere göre en düşük maksimum korelasyon değeri ekim ayında 5 aylık zaman ölçeğinde (R=0.04) elde edilmiştir. Kasım ayında ise maksimum korelasyon değeri ciddi bir şekilde yükselerek, tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.57) ulaşılmıştır.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde (sadece ekim ayı için 5 aylık zaman ölçeği geçerlidir) bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.41) 1 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.57) 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde (R=0.42) 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde (R=0.38) 2 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.35 değerini aşmış ve tüm mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerleri 1 ve 2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sonuç olarak, sonbahar mevsiminde kasım ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.57) ve sonbahar mevsiminde ise ekim ayında en düşük maksimum korelasyon değeri

(R=0.04) elde edilmiştir. Ayrıca, çalışmada ocak ve şubat aylarında özellikle 14 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon değerlerinin (R<0.33) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.405'de 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile kasım ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2010 kuraklığı) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde kasım ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde ekim ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.409.** Arpaçay Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemlerin mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada, sadece uydu kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın bu bölümünde, uydu kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak

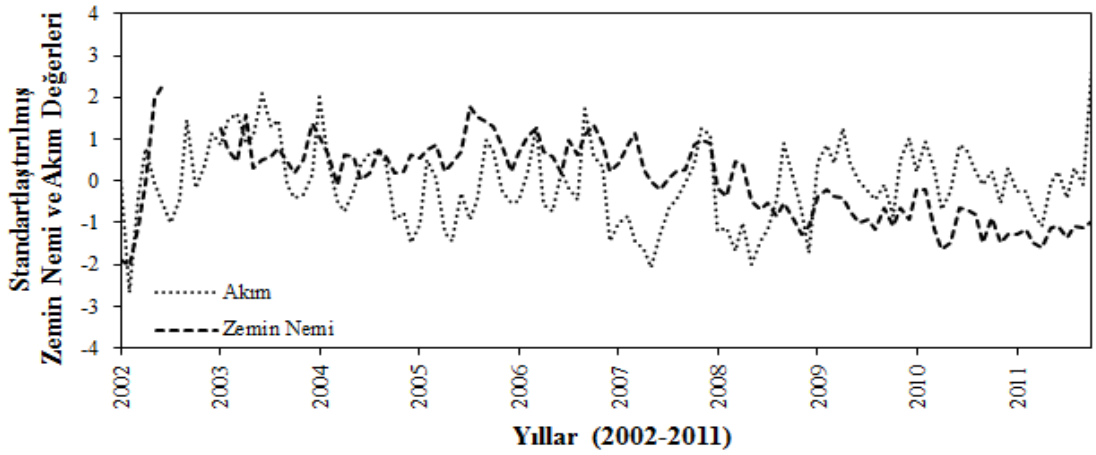
yapılan analizleri özetlemek gerekirse, nispeten büyük bir havza olan Arpaçay Baraj havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Yani, zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada, 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmış ve kısa zaman ölçeklerinde nispeten anlamlı korelasyon değerleri elde edilmiştir. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.57) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde ekim ayında (R=0.04) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, korelasyon değerleri sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsimi sonunda (şubat) ve yaz mevsimi ortasında (temmuz) diğer mevsimlere daha yüksek yüksektir. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.35 değerini aşması ve yaz mevsimi hariç diğer mevsimlerde en yüksek maksimum korelasyon değerlerine 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılması dikkat çekmiştir. 2 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile kasım ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2010 yılındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan aşırı kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.6.3.5. Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2002-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde tutularak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.6.3.5.1. Arpaçay Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.18 elde edilmiştir. Şekil 4.406'da nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2008, 2009, 2010 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2008 yılındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.



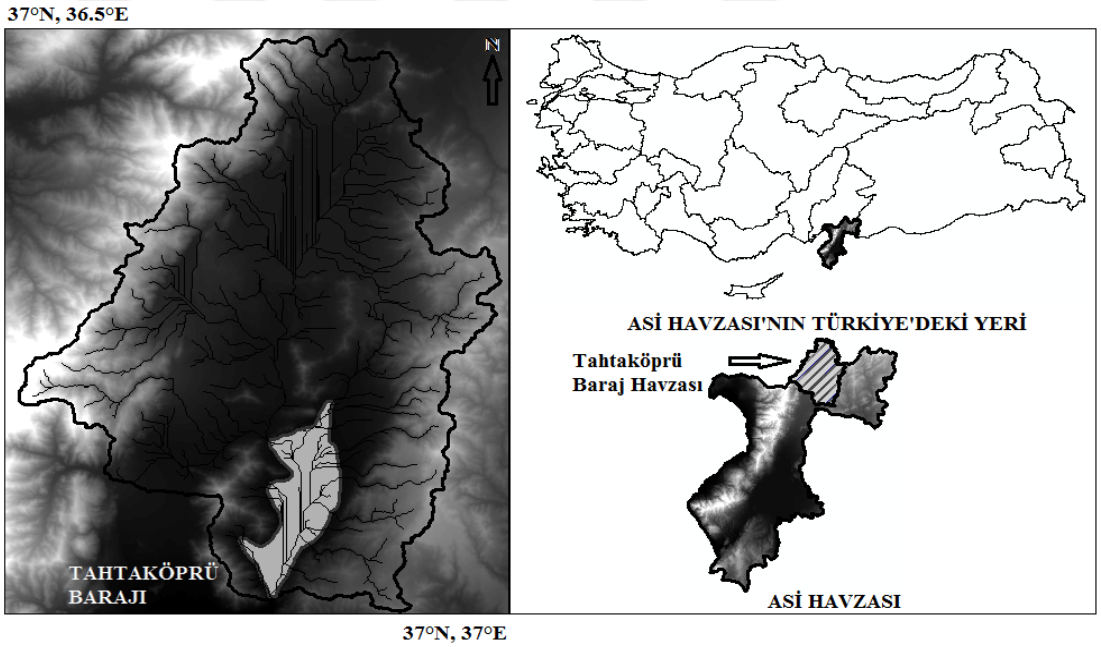

**Şekil 4.410.** Arpaçay Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

## 4.7. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Yer Alan Baraj Havzaları

### 4.7.1. Tahtaköprü Baraj Havzası

#### 4.7.1.1. Tahtaköprü Baraj Havzası Özellikleri

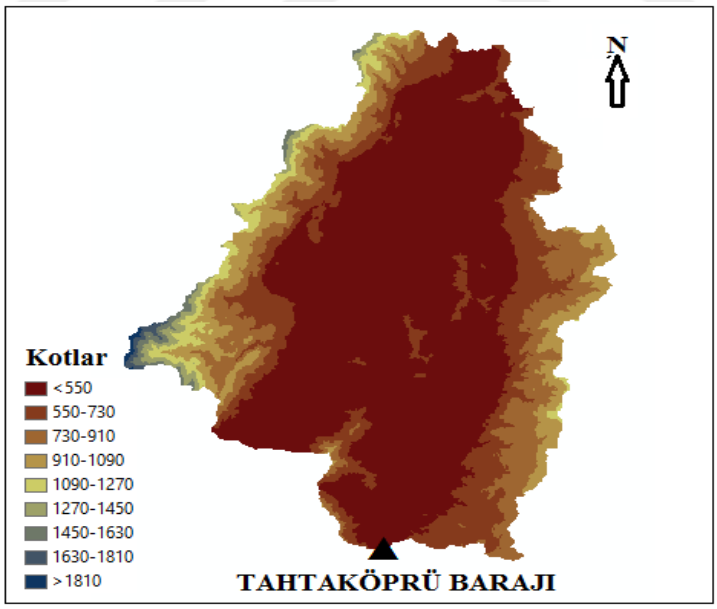
Çalışma alanı olarak seçilen Tahtaköprü Baraj havzası, Gaziantep ilinin batısında 36°29'-36°52' doğu boylamları, 37°14'-36°50' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Havza, Gaziantep iline bağlı İslahiye ilçesinin tamamını ve Nurdağı ilçesinin bir bölümünü içine almaktadır. Asi havzasının bir alt havzası olan Tahtaköprü Baraj havzası yaklaşık olarak 800 km$^2$ su toplama alanına sahiptir (Şekil 4.407).




**Şekil 4.411.** Tahtaköprü Baraj Havzasının Konumu

Tahtaköprü Baraj havzasında yüzey şekilleri bakımından, çok fazla çeşitlilik gözlenmektedir. Havzanın batı ve doğusu engebeli, orta alanları ise düzlüktür. Havzanın batı sınırını Toros dağ sistemine bağlı kuzey-güney doğrultusunda uzanan Amanos Dağları belirlerken, güneydoğusunda ise Kurt Dağları uzanmaktadır. İslahiye

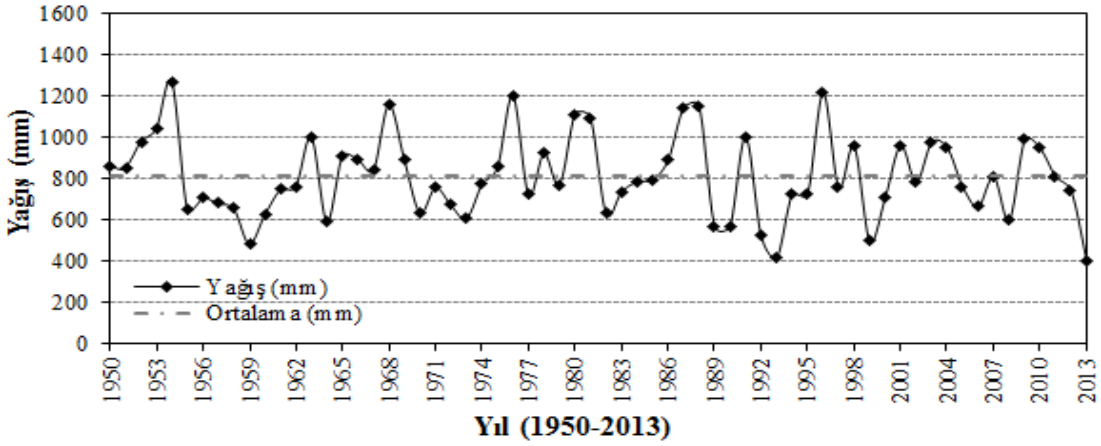
Ovası ise bu dağların arasında güneybatı-kuzeydoğu doğrultusunda bir oluk şeklinde uzanmaktadır. Bu ova tektonik kökenli olup, Kahramanmaraş-Hatay çöküntü alanında bulunmaktadır. Hatay-Kahramanmaraş fay hattı (kırık hattı) üzerinde bulunan havza, 1. derecede deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır. Bitki örtüsü bakımından alçak yerlerde maki, yüksek yerlerde ise çam gibi iğne yapraklı ağaçlar görülmektedir. Ovalık bölgelerde step formasyonuna rastlanmaktadır. Bunula birlikte, yaz mevsiminde görülen yağışlar ile birlikte havzada fındık, ıhlamur gibi nemcil ağaçlara da rastlanılmaktadır [146]. Şekil 4.408'den görüldüğü gibi havza topografyasına bakıldığında, havzada yükselti farklılıkları 390-2056 m aralığında değişmektedir. Ayrıca, havzanın batısı ve doğu bölgelerinde yükselti fazla olup, içlere doğru gidildikçe yükselti belirgin bir şekilde azalmaktadır. Havzada yükselti farklılıkları fazladır. Havzanın etrafı yüksek ve engebeli olup, iç bölgeleri düz ve engebesiz bir topografyaya sahiptir. Yeraltı suyuna, havzanın orta kısımlarında graben sahası durumundaki bölgelerde rastlanılmaktadır. Ayrıca, havzada halk basit kuyular ve pompajlar yoluyla yeraltı suyundan faydalanmaktadır [147].




**Şekil 4.412.** Tahtaköprü Baraj Havzası Kot Dağılımı

Topografya özellikleri, iklim özelliklerini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Bu sebeple havzada yükselti farklılıklarının 390-2056 m aralığında değişmesine paralel olarak iklimsel parametrelerde değişmeler gözlenmektedir. Havza konum olarak, Doğu Akdeniz ikliminden Güneydoğu Anadolu iklimine geçiş bölgesinde yer almaktadır [92]. Havzada ılıman Doğu Akdeniz ikliminden karasal Güneydoğu Anadolu iklimine geçiş iklimi görülmesine rağmen, bozulmuş Akdeniz iklimi hakimiyetini sürdürmektedir. Buna bağlı olarak yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Ayrıca, havzanın batısında yere alan orman ve makilerle kaplı yüksek sıradağlar, Akdeniz ikliminin nemli havasının havzaya sokulmasına engel olmaktadır. Havzada Akdeniz yağış rejimi görülmektedir [147].

Çalışma sahasının iklimsel özelliklerini ortaya koyabilmek için, DMİ'den elde edilen 1950-2013 yılları arasında ölçüm yapan İslahiye meteoroloji istasyonuna ait meteorolojik veriler kullanılmıştır. Havzada toplam yıllık yağış miktarları da yıldan yıla büyük farklılık göstermekte olup, minimum yağış 2013 yılında 404 mm iken, maksimum yağış 1954 yılında 1267 mm olarak bulunmuştur. Bu da havzada genel olarak Doğu Akdeniz ikliminden Güneydoğu Anadolu iklimine geçiş ikliminin baskın olmasından kaynaklanmaktadır. Havza bütününe bakıldığında yıllık ortalama yağış 811 mm civarındadır. Bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının üzerinde bir değere tekabül etmektedir. Şekil 4.409'dan görüldüğü gibi havzada ortalamadan daha düşük ve daha yüksek miktardaki yağış sıklıkları uzun dönemler halinde görülmüş ve yakın geçmişe yaklaştıkça ise kısa dönemler halinde devam etmiştir. Ayrıca, ortalama yağışın altında kalan yağışların nispeten fazla olmasının yanı sıra, kısa dönemler halinde ortalama yağışın üzerinde yağış meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.413.** Tahtaköprü Baraj Havzası Yıllık Yağış Serisi

Çizelge 4.77'de, uzun yıllara ait yağış verilerine göre havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Kış mevsiminden sonra en yağışlı mevsimin ilkbahar mevsimi olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.80.** Tahtaköprü Baraj Havzasına Ait Aylık Ortalama Yağış Değerleri (mm)

| *OCAK* | *ŞUBAT* | *MART* | *NİSAN* | *MAYIS* | *HAZİRAN* | *TEMMUZ* | *AĞUSTOS* | *EYLÜL* | *EKİM* | *KASIM* | *ARALIK* | *Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm)* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 143.2 | 131.4 | 111.4 | 75.3 | 38.0 | 11.3 | 2.8 | 3.4 | 7.9 | 47.1 | 89.7 | 149.0 | ***810.50*** |

DMİ'den elde edilen aylık ortalama sıcaklık verilerine göre, havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 16.8 ºC'dir. En sıcak aylar temmuz ve ağustos, en soğuk aylar ocak ve şubat olup, havza içinde yaşanan en yüksek değer ile en düşük değer arasındaki fark 10 ºC'nin üzerindedir. Temmuz ve ağustos aylarında sıcaklık yaklaşık 28 ºC olmakla beraber, ocak ve şubat aylarında sıcaklık 5-6 ºC civarına düşmektedir.

Nurdağı ilçesi yakınlarında doğan Karasu Deresi üzerinde 1975 yılında sulama amaçlı olarak hizmete alınan Tahtaköprü Barajı, normal su kotunda 23.40 $km^2$ göl alanına, 200 $hm^3$ göl hacmine sahiptir [93]. Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 5.29 $m^3/s$, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 65.25 $m^3/s$ ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 0 $m^3/s$'dir.

Çalışma kapsamında, ilk olarak farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri ile meteorolojik kuraklık analizi yapılarak, daha sonra ise havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisi incelenerek hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. İkinci olarak ise yine farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki zemin nemi üzerinde kuraklık etkisi incelenerek, tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmanın yanı sıra, nehir akımlarıyla zemin nemi verileri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'nden elde edilen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri, uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri kullanılmıştır [28-29]. Çalışmada kullanılan veriler ile ilgili bilgiler Çizelge 4.78'de verilmiştir.

**Çizelge 4.81.** Tahtaköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Veri Aralıkları

| **Havza** | **Yağış Verisi Aralığı (Yıl)** | **Akım Verisi Aralığı (Yıl)** | **Hacim Verisi Aralığı (Yıl)** | **Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl)** | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Uydu Kaynaklı Gözlemler** | **İstasyon Ölçümleri** |
| **Tahtaköprü Baraj Havzası** | 1950-2013 | 1976-2013 | 1976-2013 | 2003-2011 | - |

#### 4.7.1.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

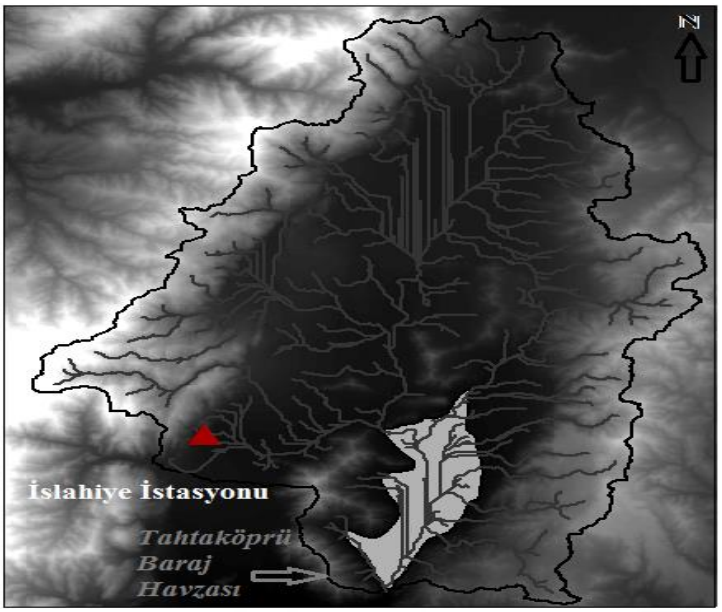
##### 4.7.1.2.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerinin Bulunması

Çalışmada, havza içerisinde yer alan 1 adet meteoroloji istasyonu (İslahiye) seçilmiş ve bu istasyona ait aylık yağış verileri ile çalışılmıştır. İstasyona ait özellikler Çizelge 4.75'de verilmiştir [94]. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır.

**Çizelge 4.82.** Tahtaköprü Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Meteoroloji İstasyonlarına Ait Özellikler

| No | İstasyon Adı | Enlem (°K) | Boylam (°D) | Yükseklik (m) | Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği (mm) |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | İslahiye | 36.99 | 36.59 | 470 | 811 |

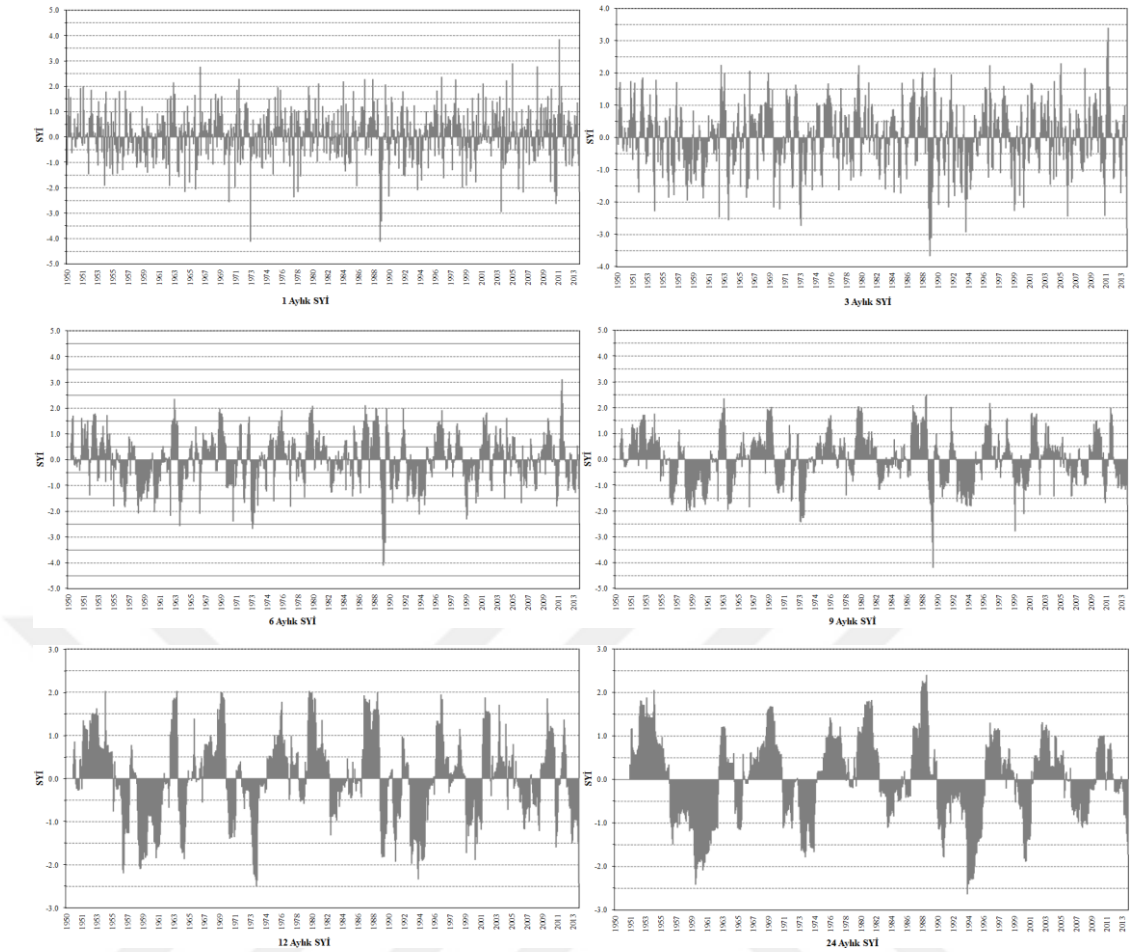
Daha sonra verileri değerlendirilen İslahiye meteoroloji istasyonuna ait 1950-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 4.410'da seçilen meteoroloji istasyonunun yeri ve temsil ettiği alan gösterilmiştir.




**Şekil 4.414.** Tahtaköprü Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

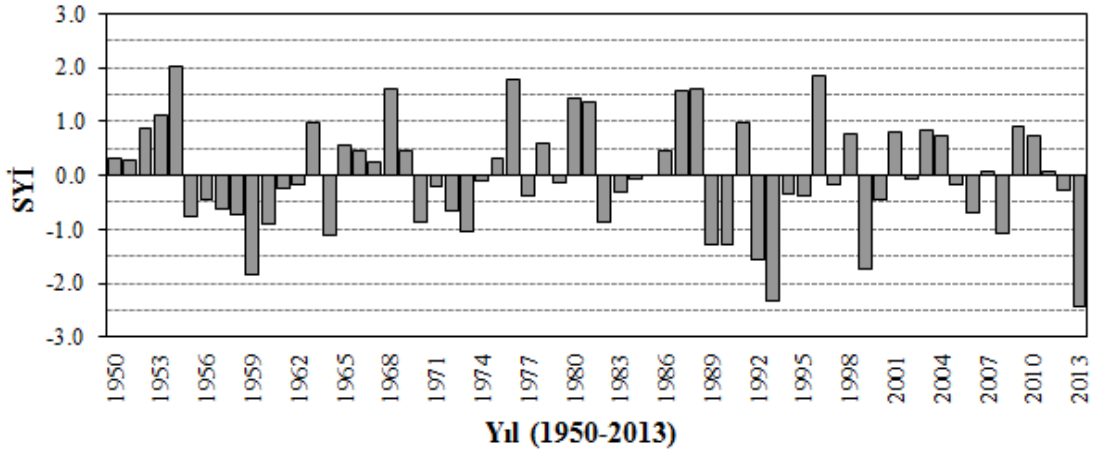
### 4.7.1.2.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Bölgesel Ortalama Yağış Verilerine SYİ Metodu Uygulanarak Elde Edilen Sonuçların Değerlendirilmesi

Bölgesel ortalama yağış verileri kullanılarak 1 aydan 24 aya kadar zaman ölçekleri için SYİ zaman serileri elde edilmiştir. 1, 3, 6, 9, 12 ve 24 aylık zaman ölçekleri için hesaplanan bölgesel ortalama SYİ zaman serileri bulunmuş ve Şekil 4.411'de gösterilmiştir. Bu şekilde, farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemleri, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. Kısa zaman ölçeklerinde kurak (SYİ<0) dönemlerin frekansı çok fazladır, oysa zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin frekansı azalmaktadır. Yani kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır. Örneğin, ortalama kuraklık süresi 3 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 4 ay, 12 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 11 ay ve 16 aylık zaman ölçeğinde yaklaşık 18 ay olarak bulunmuştur.




**Şekil 4.415.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri

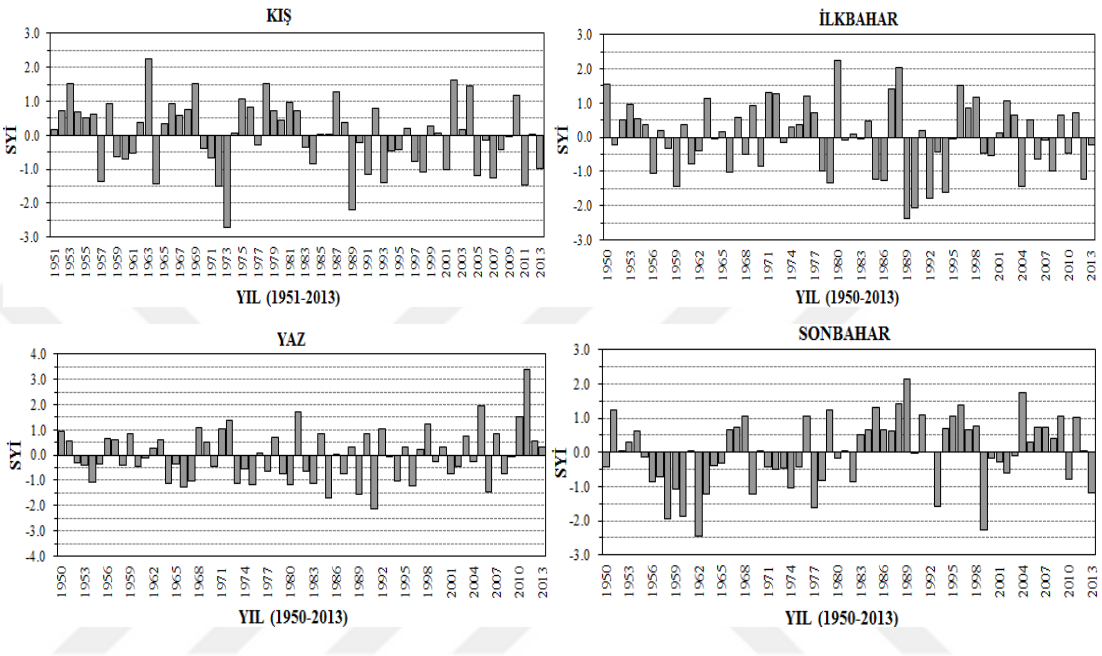
Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1950-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4.412'de görüldüğü gibi toplamda 64 yılda 35 yıl kuraklık yaşanmış olup, yaşanan bu kuraklıkların büyüklüklerine göre dağılımı 2 aşırı kurak, 3 çok kurak, 5 orta derecede kurak ve 25 normale yakın kurak biçimindedir. Yaşanan kuraklıkların ortalama süresi 2.5 yıl olup, 1955-1962 yılları arası görülen maksimum kuralık süresi 8 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.40 (normale yakın kurak) olup, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise -2.43 (aşırı kurak) olarak hesaplanmıştır. Kuraklıklar yıl bazında incelendiğinde 1955-1962, 1970-1974, 1982-1984, 1989-1990, 1992-1995, 1999-2000, 2005-2006 ve 2012-2013 dönemlerinde uzun süreli kuraklıklar görülmüştür. Yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmektedir.




**Şekil 4.416.** Tahtaköprü Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 4.413'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Yapılan incelemede her mevsimde kuraklık görülmekte olup, kuraklık olayları toplamları kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermektedir. Toplamda kış mevsiminde 28 yıl, ilkbahar mevsiminde 32 yıl, yaz mevsiminde 34 yıl ve sonbahar mevsiminde ise 31 yıl kuraklık yaşanmıştır. Havzada aşırı kuraklık her mevsimde 2 yıl (sadece yaz mevsimi için 1 yıl) boyunca görülmüştür. Çok kuraklık en fazla sonbahar mevsiminde, orta derecede kuraklık en fazla yaz mevsiminde ve normale yakın kuraklık ise en fazla sonbahar ve yaz mevsimlerinde görülmüştür. Ayrıca her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, birbirlerine yakın değerler (-0.41~-0.42) elde edilmiştir. Ortalama kuraklık süresi bakımından ise birbirinden farklı değerler elde edilmiştir. Sonbahar mevsiminde ortalama kuraklık süresi (2.38 yıl) en fazla, ilkbahar mevsiminde (1.60 yıl) ise en azdır. Mevsimler maksimum kuraklık süresi bakımından incelendiğinde ise bütün mevsimlerde maksimum kuraklık süresi 4 ile 6 yıl arasında değişmekte olup, sadece en uzun süre sonbahar mevsiminde 1955-1960 yılları arası 6 yıl olarak bulunmuştur. Havzanın coğrafi konumu ve yükselti farklılıklarının fazla olması sebebiyle farklı iklim özelliklerinin görülmesinden kaynaklanan mevsimlerdeki farklı yağış rejimleri, her mevsimdeki kuraklık olaylarında farklılıkların gözlemlenmesine neden

olmaktadır. Mevsimsel incelemeler sonucunda da 64 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiştir. Ayrıca, özellikle kış ve sonbahar mevsimlerinin ortalama kuraklık süresi bakımından yaz mevsimine göre daha fazla olması dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.417.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

Türkiye'nin birçok bölgesinde yağışın uzun süreli ortalamaların altında kalması yeni meteorolojik kuraklık olaylarının yaşanmasına ve devamında da tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklıkların meydana gelmesine neden olmuştur. Türkiye genelinde kuraklık olaylarının en şiddetli ve geniş yayılımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir [24-27]. Bu sebeple 1980-2013 yılları arasındaki ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan Tahtaköprü Baraj havzasının etkilenme durumu incelenmiştir.

Havzada 1950'li yılların başlangıcından ortasına kadar sulak dönemler yaşanmıştır. Sulak dönemlerin ardından 1955-1964 yıllarında sıcaklıkların artması ve yağışların

uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada uzun süreli kurak bir dönem yaşanmıştır. Bu dönemde görülen kuraklıklar ağırlıklı olarak normale yakın kuraklık olup, sadece 1959 yılında çok kuraklık ve 1964 yılında orta derecede kuraklık yaşanmıştır. Özellikle 1955-1956 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1960'lı yılların ortasından 1970'li yılların başına kadar yağışların artmasıyla beraber havzada tamamen sulak bir döneme geçiş olmuştur. Bu dönemde ülke genelinde de şiddetli kuraklıklara rastlanmamıştır. 1970'li yılların başlangıcında, tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada beş yıl boyunca orta derecede ve normale yakın kuraklıklar yaşanmıştır. Bu dönemde, 1971-1974 yıllarında ülke genelinde yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzanın etkilendiği görülmüştür. 1975 yılından 1981 yılına kadar havzada ardı sıra gelen uzun süreli kurak dönemler olmamıştır. Sadece 1977 ve 1979 yıllarında havzada normale yakın kuraklık yaşanmış olup, özellikle 1977 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1982-1984 yılları arasında ise havzada normale yakın kuraklık yaşanmıştır. Özellikle 1983-1984 yıllarında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıklardan havzanın da etkilendiği görülmüştür. 1986-1988 yıllarında ise yağışların artması ile beraber havzada sulak dönemler yaşanmıştır. 1980'li yılların sonu 1990'lı yılların ortasına kadar ise tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada 7 yıl boyunca farklı büyüklükte kuraklıklar meydana gelmiştir. 1993 yılında havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklığa rastlanmıştır. 1989-1990 yıllarında havzada orta derece kuraklık görülmüş olup, bu da ülkede yaşanan kuraklıklardan havzanın da etkilendiğinin bir göstergesi olmuştur. 1996-2000 yılları arasında ise sulak ve normale yakın kurak yıllar beraber görülmüş olup, ardı sıra gelen uzun süreli kurak dönemler olmamıştır. Özellikle 1996, 1999 ve 2000 yıllarında ülkede yaşanan şiddetli kuraklıklardan havzada etkilenmiştir. 2000'li yılların başından ortalarına kadar yağışların artmasıyla beraber havzada sulak bir döneme geçiş olmuştur. Bu dönemde 2001 yılında ülkede yaşanan kuraklıktan havza etkilenmemiştir. Tekrar sıcaklıkların artması ve yağışların uzun süreli ortalamanın altında kalması ile beraber havzada 2005-2008 yıllarında havzada orta derecede ve normale yakın kuraklıklar görülmüştür. Sadece 2007 yılı sulak bir yıl olmuştur. Bu dönemde, havzanın özellikle 2007 yılında ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıktan hiç etkilenmeyip, sadece 2008 yılındaki

kuraklıktan orta derecede kuraklık yaşayarak etkilendiği dikkat çekmiştir. 2009 yılından 2011 yılına kadar yağışların artması ile beraber havzada tamamen sulak bir döneme geçiş olmuştur. Bu dönem ülke için de sulak bir dönem olmuştur. 2012-2013 yıllarında sulak dönemlerden sonra kurak dönemler başlamıştır. Son dönemlerde ortalama sıcaklıklarda artma ve ortalama yağışlarda azalma eğiliminin olmasından dolayı, özellikle 2013 yılında kuraklık büyüklüklerinde artış gözlemlenmiştir. 2013 yılında görülen aşırı kuraklık, özellikle ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Ayrıca, havzada her mevsimde kuraklık olayları meydana gelmiş olup, kuraklık olayları toplamları en fazla yaz mevsiminde görülmesinin yanı sıra kış mevsimi hariç bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. 1964, 1974 ve 1993 yıllarında her mevsimde farklı büyüklükte kuraklıkların görülmesi de dikkat çeken bir durumdur.

Tahtaköprü Baraj havzasında yapılan meteorolojik kuraklık analizinin bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak aşırı kurak, çok kurak ve orta orta derecede kuraklıklara az sayıda rastlanılmıştır. Havzada, normale yakın kuraklığın hakim olduğu görülmüştür. Ayrıca, uzun dönemli kuraklıklara sadece 1996 yılına kadar rastlanılmıştır. Çalışmada, ülke genelinde geniş yayılımlı ve şiddetli kuraklıklar yaşanmasına rağmen havzada yaşanan kuraklıkların %71'inin olarak normale yakın kuraklık olması dikkat çeken bir durumdur. Bunun yanında dikkat çeken diğer bir nokta ise, kuraklıklar 2012'de normale yakın kuraklık olarak etkisini göstermiş ve 2013 yılında ise havzada aşırı kuraklığın yaşanması ile beraber, kuraklık derecelerinin artmasıyla ilgili bir eğilimin olduğu kanaatine varılmıştır.

#### 4.7.1.3. Tahtaköprü Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

##### 4.7.1.3.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Tahtaköprü Baraj havzasında 1976-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır. Baraj gölüne gelen aylık ortalama akım 5.29 $m^3/s$ iken maksimum akım 65.25 $m^3/s$ ve minimum akım ise 0 $m^3/s$'dir. SPSS programı kullanarak akım

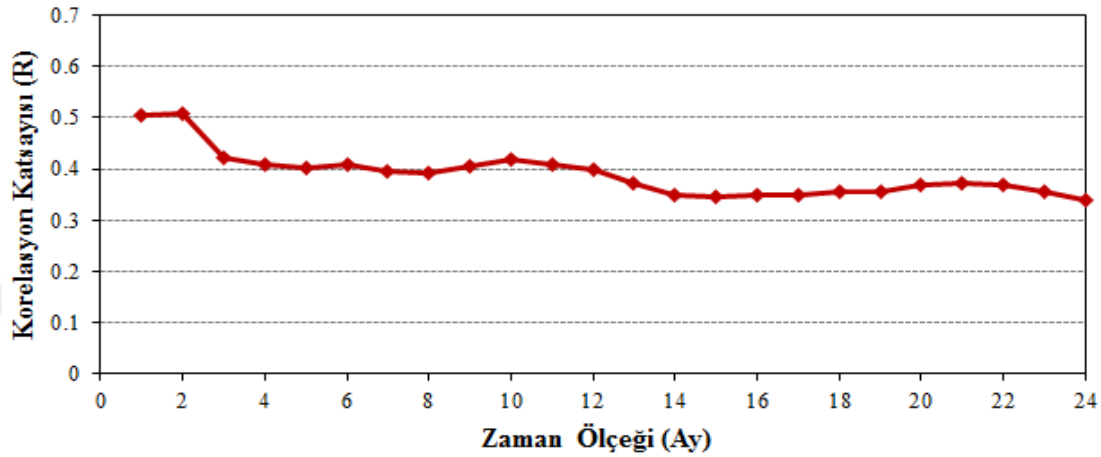
verilerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık akım verilerinin 3.04 çarpıklık katsayısı ile çarpık dağıldığı görülmüştür. Hatay-Kahramanmaraş fay hattı (kırık hattı) üzerinde bulunan havza, 1. derecede deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır [146]. Bu sebeple, daha önce bahsedildiği gibi tektonik hareketler havza topografyasının oluşumunda etkili olmuştur. Özellikle havzanın orta kısımlarında graben sahası durumundaki bölgelerde yeraltı suyuna rastlanılmaktadır [147]. Tahtaköprü barajı için elde edilen bulgulara göre, özellikle yağış eksikliğinin görüldüğü aylarda baraja gelen ortalama nehir akımlarının yüksek değerlere sahip olması dikkat çekmiştir. Nehir akımı değerlerinin yağış değerleri ile karşılaştırılması incelendiğinde ise, taban akımının etkisinin olduğu görülmüştür. Taban akımı çıkarılmış aylık ortalama akım verilerinin aylık ortalama yağış verileri ile daha uyumluğu olduğu saptanmıştır. Aylık ortalama akım verilerinden taban akımı etkisi çıkartılarak veriler standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış akım değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.7.1.3.1.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.414'de gösterilmiştir. Buna göre akım ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.51) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nehir akımları için çok geniş periyodların göz önüne alınmasından ziyade söz

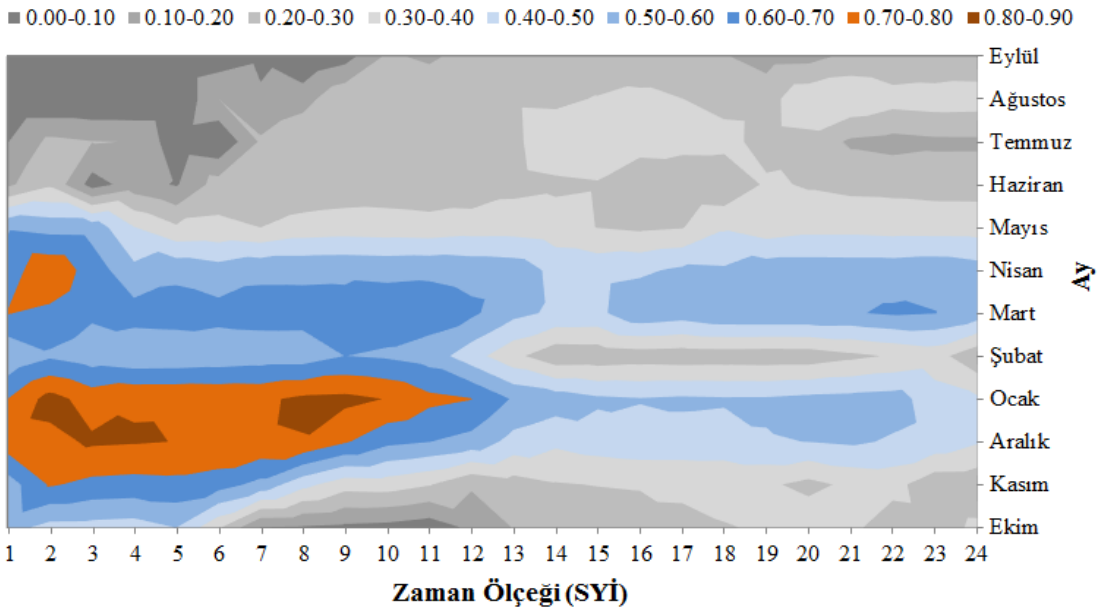
konusu nispeten küçük ölçekli havzada herhangi bir aydaki nehir akımı üzerinde bu ve geçmiş 1 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Tahtaköprü Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.418.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasındaki Korelasyon

#### 4.7.1.3.1.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Öncelikle nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.415'de standartlaştırılmış aylık akım değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.419.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \geq 0.70$) sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsiminde (aralık ve ocak) ve ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine; sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında ($R=0.71$), kış mevsiminde 3 aylık zaman ölçeğinde aralık ayında ($R=0.81$) ve 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında ($R=0.84$), ilkbahar mevsiminde ise 1 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ($R=0.70$) ve 2 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında ($R=0.78$) ulaşılmıştır. Kış mevsiminde maksimum korelasyon değerleri aralık ayından ocak ayına kadar yükseliş göstermiş ($0.81 \leq R < 0.84$) ve ocak ayında 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.84$) ulaşmıştır. Sadece şubat ayında korelasyon değerleri düşüş göstermiş, fakat korelasyon değerleri $R=0.50$ değerini aşmıştır. Bu mevsimde, maksimum korelasyonlara aralık ayında 3 aylık, ocak ve şubat aylarında 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsiminde ise korelasyon değerleri tekrar yükselmeye başlamıştır. Maksimum korelasyon değerleri mart ayından nisan ayına kadar yükselmeye devam etmiş ($0.70 \leq R < 0.78$) ve nisan ayında ilkbahar mevsiminin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.78$) ulaşmıştır. Korelasyon

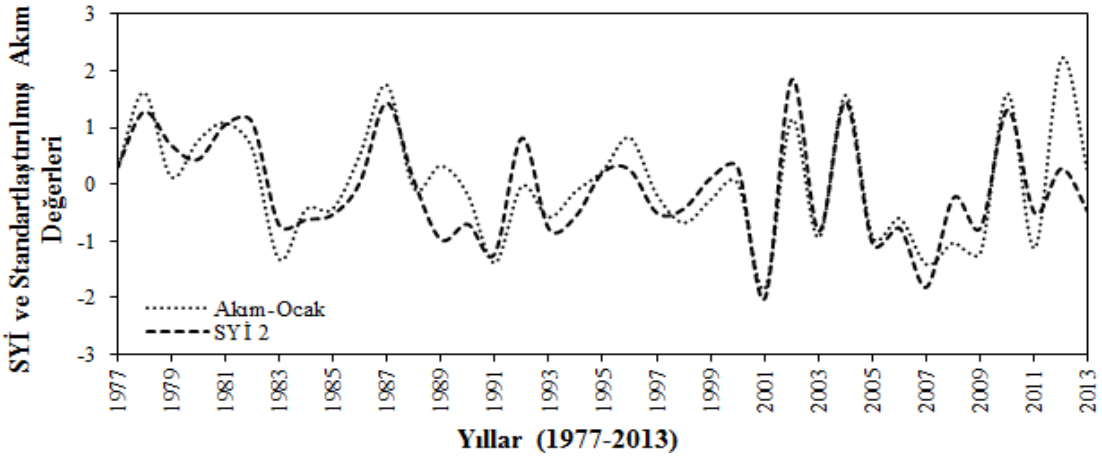
değerleri mayıs ayında düşüş göstermiş, fakat R=0.50 değerini aşmıştır. İlkbahar mevsimde maksimum korelasyonlara mart ayında 1 aylık, nisan ayında 2 aylık ve mayıs ayında ise 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Korelasyon değerleri yaz mevsiminde haziran ayından ağustos ayına kadar düşmeye (R<0.30) devam etmiştir. Ayrıca, diğer mevsimlere göre daha düşük korelasyon değerlerine yaz mevsiminde ulaşılmıştır. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ve temmuz aylarında 2 aylık, ağustos ayında 6 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsimi başlangıcında da (eylül) maksimum korelasyon değeri düşmeye devam etmiştir. Eylül ayında 6 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük (R<0.10) maksimum korelasyon değeri elde edilmiştir. Maksimum korelasyon değerleri ekim ayından itibaren yükselişe (R≤0.54) geçerek R=0.50 değerini aşmış ve kasım ayında ise mevsimin en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.71) elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyonlara eylül ayında 6 aylık, ekim ayında 1 aylık ve kasım ayında ise 2 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

6 aydan uzun (7-12 aylık) zaman ölçeklerinde ise en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.83) kış mevsiminde (aralık ve ocak) görülmektedir. Maksimum korelasyon değerlerine, kış mevsiminde aralık ayında 8 aylık zaman ölçeğinde (R=0.80) ve ocak ayında 9 aylık zaman ölçeğinde (R=0.83) ulaşılmıştır. Görüldüğü gibi, uzun zaman ölçeklerinde de en yüksek korelasyon değerlerine (R≥0.80) kış mevsiminde rastlanmıştır. İncelenen zaman ölçeklerinde, ilkbahar mevsimi sonundan (mayıs) sonbahar mevsimi ortasına (ekim) kadar elde edilen korelasyon değerlerinin diğer mevsimlere göre daha düşük (R<0.36) olduğu tespit edilmiştir. İlkbahar mevsimi sonunda (mayıs) maksimum korelasyona 12 aylık zaman ölçeğinde, yaz mevsiminde 10-12 aylık zaman ölçeklerinde ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) 12 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Özellikle sonbahar mevsimi ortasında (ekim) maksimum korelasyon değeri 12 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R<0.10) inmiştir. Maksimum korelasyon değerleri, sonbahar mevsimi sonundan (kasım) itibaren yükselişe geçmiş (0.57≤R≤0.83) ve ilkbahar mevsimi sonuna kadar 7-12 aylık zaman ölçeklerinde yüksek korelasyonlar görülmüştür.

Uzun ve kısa zaman ölçekleri bütün olarak değerlendirildiğinde her aya ait maksimum korelasyonlar kısa zaman ölçeklerinde 1-3 aylık (sadece eylül ve ağustos ayları için 6

aylık zaman ölçeği geçerlidir), uzun zaman ölçeklerinde 7-12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. En yüksek korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 8 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında (R=0.29), sonbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında (R=0.71), kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.84) ve ilkbahar mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde nisan ayında (R=0.78) ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi sadece yaz mevsimi için en yüksek korelasyon değeri 8 aylık uzun zaman ölçeğinde bulunmuştur. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) kış, ilkbahar, yaz başlangıcı (haziran) ve sonbahar mevsimleri için maksimum korelasyon değerleri 1-3 aylık kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde yaz aylarında ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) korelasyon değerlerinin (R<0.23) diğer aylara göre çok düşük olduğu görülmüştür. Çalışmada, yaz aylarında (temmuz ve ağustos) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) ise maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde (8-12 aylık) ulaşılması dikkat çekmiştir. Ayrıca, yaz mevsimi hariç her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.70 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde ocak ayında en yüksek korelasyon değeri (R=0.84) elde edilmiş ve korelasyon değerlerinin diğer aylara kıyasla çok daha düşük olduğu (R≤0.24) ayın da sonbahar mevsiminde eylül ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 4.416'da ise 2 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile en yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği ocak ayının standartlaştırılmış akım değerleri birlikte gösterilmiştir. Bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle nehir akımlarında meydana gelen önemli değişimler (1983, 1991, 2001, 2003, 2005, 2007, 2009 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ocak ayında nehir akımlarında meydana gelen değişmeler üzerinde aralık ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.420.** Tahtaköprü Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

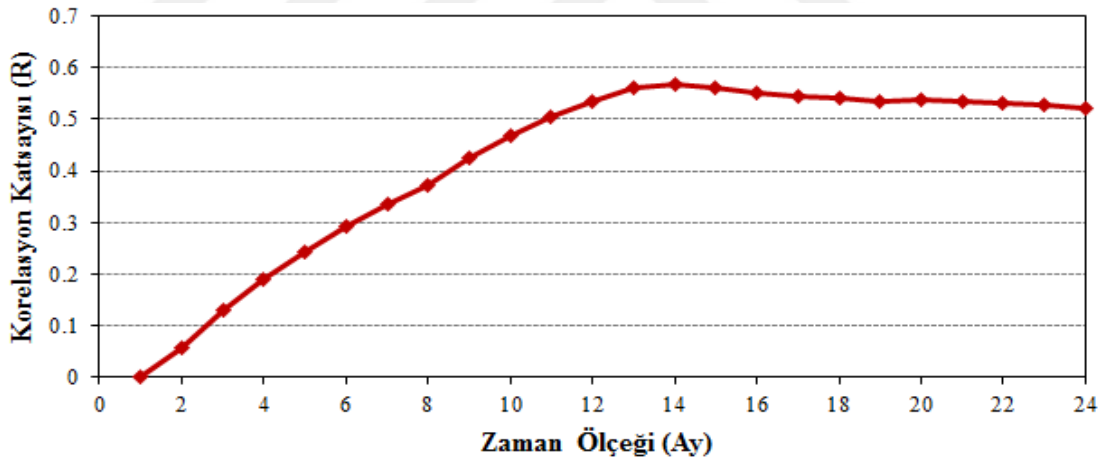
### 4.7.1.3.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Tahtaköprü Baraj havzasında 1976-2013 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Tahtaköprü barajı normal su kotunda 200 $hm^3$ göl hacmine ve 23.40 $km^2$ göl alanına sahiptir [93]. SPSS programı kullanarak hazne hacim değerlerinin normal dağılıma uygun olup olmadığı kontrol edilmiştir. Yapılan değerlendirmelerde aylık hazne hacim değerlerinin 0.28 çarpıklık katsayısı ile normal dağılıma yakın dağıldığı görülmüştür. Aylık ortalama hazne hacim verileri standartlaştırılmıştır.

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama hazne hacim değerleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış hacim değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.7.1.3.2.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerlerini Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

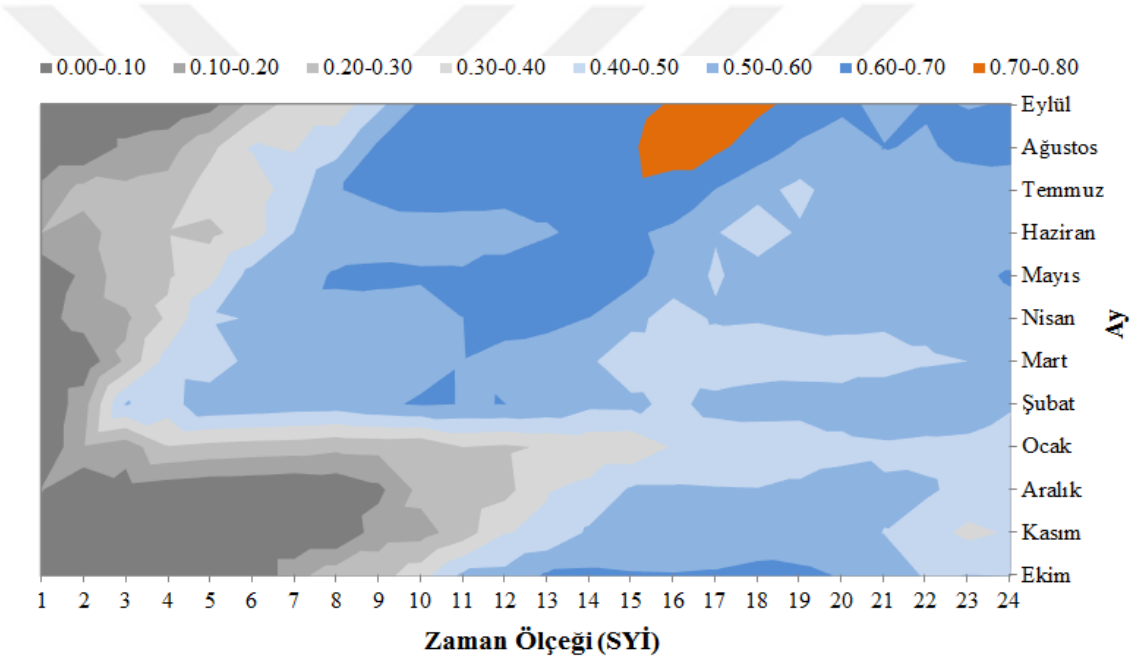
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.417'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (13-15 aylık) yüksek korelasyon olduğu görülmektedir. Burada maksimum korelasyon (R=0.57) 14 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Bu demektir ki, nispeten küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki hazne hacmi üzerinde bu ve geçmiş 13 aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Tahtaköprü Baraj havzasında 1-15 zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve 15 aydan uzun zaman ölçeklerinde ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür.




**Şekil 4.421.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.7.1.3.2.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmada hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.418'de standartlaştırılmış aylık hacim değerleri ve farklı zaman ölçeklerindeki aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada hacim değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.422.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

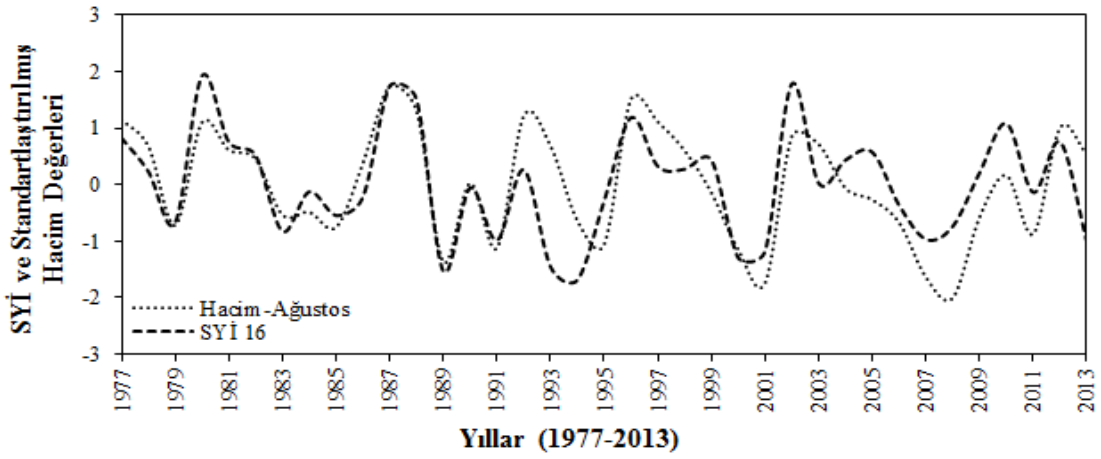
Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.72$) yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos), sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) ve ilkbahar mevsimi sonunda (mayıs) bulunmuştur. Yaz mevsiminde maksimum korelasyon değerine 15 aylık zaman ölçeğinde temmuz ayında ($R=0.69$) ve 16 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında

(R=0.72), sonbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerine 17 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.72) ve ilkbahar mevsiminde maksimum korelasyon değerine 13 aylık zaman ölçeğinde mayıs ayında (R=0.67) ulaşılmıştır. Şekil 4.399'dan görüldüğü gibi ağustos ve eylül aylarında 12 aydan uzun zaman ölçeklerinde (R≤0.72) yüksek korelasyonlar elde edilmiş ve en yüksek korelasyon değerine yaz mevsiminde ağustos ayında 16 aylık zaman ölçeğinde (R=0.72) ulaşılmıştır. Ayrıca, ağustos ve eylül aylarında 15-18 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon değerleri birbirine çok yakın değerlere sahiptir. En yüksek korelasyon değerlerinin elde edildiği zaman ölçeklerinde, özellikle ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart), sonbahar mevsimi sonunda (kasım) ve kış mevsiminde (aralık ve ocak) korelasyon değerlerinin nispeten düşük olduğu belirlenmiştir. Korelasyon değerlerinin nispeten düşük (R≤0.60) olduğu bu aylarda, maksimum korelasyon değerlerine kasım ayında 19 aylık zaman ölçeğinde (R=0.54), aralık ayında 20 aylık zaman ölçeğinde (R=0.54), ocak ayında 21 aylık zaman ölçeğinde (R=0.48) ve mart ayında 11 aylık zaman ölçeğinde (R=0.60) ulaşılmıştır. Ayrıca, sonbahar mevsimi ortasında (ekim) 18 aylık zaman ölçeğinde, kış mevsimi sonunda (şubat) 10 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsimi ortasında (nisan) 12 aylık zaman ölçeğinde ve yaz mevsimi başlangıcında (haziran) 14 aylık zaman ölçeğinde elde edilen maksimum korelasyon değerleri R=0.60 değerini aşmış olup, bulunan maksimum korelasyon değerlerinin (0.61≤R≤0.64) birbirine yakın olduğu görülmüştür.

Genel olarak bütün mevsimlere bakıldığında en yüksek korelasyon değerleri 10-21 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 16 aylık zaman ölçeğinde (R=0.72) ağustos ayında, sonbahar mevsiminde 17 aylık zaman ölçeğinde (R=0.72) eylül ayında, kış mevsiminde 20 aylık zaman ölçeğinde (R=0.54) aralık ayında, ilkbahar mevsiminde 13 aylık zaman ölçeğinde (R=0.67) mayıs ayında ulaşılmaktadır. Her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.50 değerini aşmıştır. Maksimum korelasyon değeri ocak ayında ise 21 aylık zaman ölçeğinde en düşük seviyeye (R≤0.48) inmektedir. Sonuç olarak, en yüksek korelasyon değerleri yaz mevsiminde (ağustos) ve sonbahar mevsiminde (eylül), en düşük korelasyon değeri ise kış mevsiminde (ocak) elde edilmiştir.

Çalışmada, özellikle sonbahar mevsimi ve kış mevsimi başlangıcında (aralık) 1-5 aylık zaman ölçeklerinde korelasyon (R<0.10) çok düşüktür. Fakat maksimum korelasyon değerlerine uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır. İlkbahar mevsiminde (mart ve nisan) ve kış mevsimi sonunda (şubat) diğer mevsimlere göre daha kısa zaman ölçeklerinde (10-12 aylık) maksimum korelasyona ulaşılması dikkat çeken diğer bir durumdur. Buradan yola çıkarak havzada, 5 aylık zaman ölçeğinden daha kısa zaman ölçeklerinin hazne hacimlerinde kuraklığı izlemede kullanılışlı olmadığı sonucuna varılmıştır.

Şekil 4.419'da 16 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile ağustos ayının standartlaştırılmış hacim değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle hazne hacminde meydana gelen önemli değişimler (1979, 1983, 1985, 1989, 1991, 1994, 2000, 2001, 2007 ve 2008 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde ağustos ayında hazne hacimde meydana gelen değişmeler üzerinde mayıs ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.

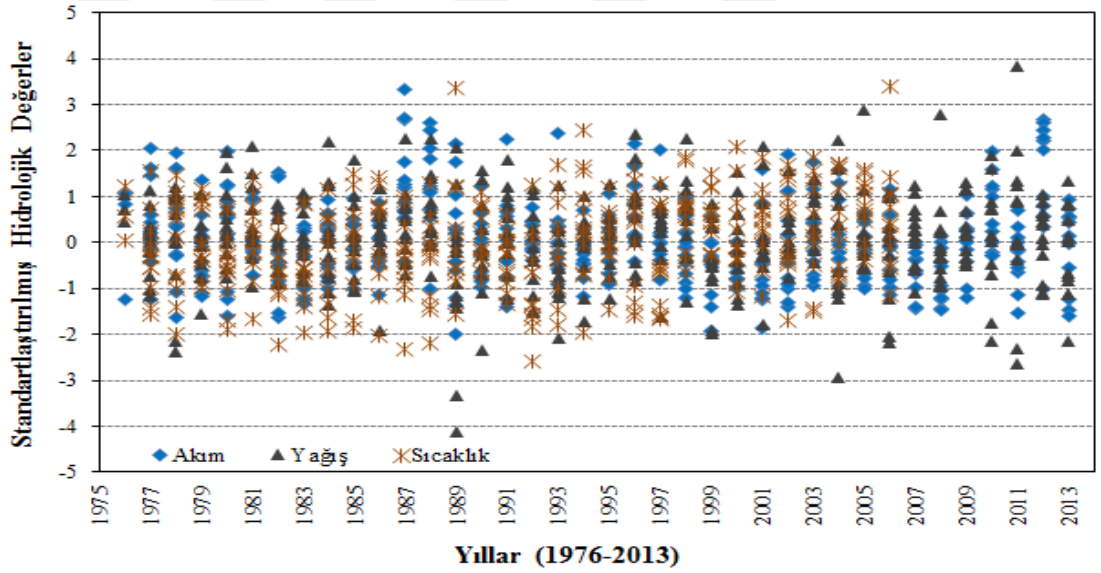



**Şekil 4.423.** Tahtaköprü Baraj Havzasında 16 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ağustos Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

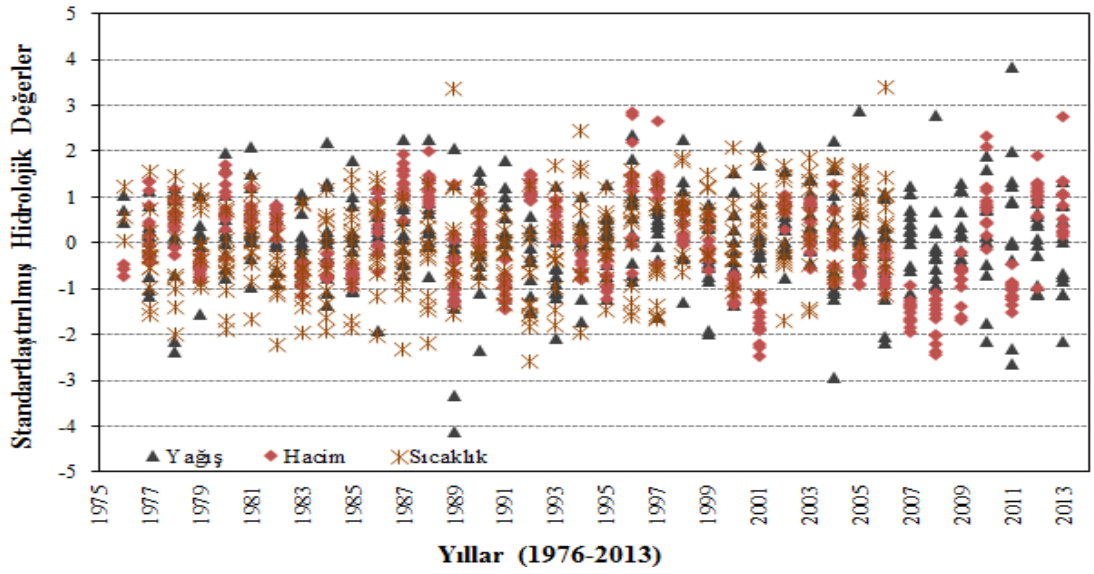
Tahtaköprü Baraj havzasında yapılan hidrolojik kuraklık analizi sonucunda farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SYİ serileri kullanılarak havzadaki nehir akımları ve hazne hacimleri üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Standartlaştırılmış nehir akımı değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış nehir akımı değerleri ile kısa zaman ölçekli (1-2 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve zaman ölçeği arttıkça bu ilişkinin giderek zayıfladığı görülmüştür. Karşılaştırmada maksimum korelasyon (R=0.51) 2 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine kış mevsiminde 2 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.84) ve en düşük maksimum korelasyon değerine sonbahar mevsiminde 12 aylık zaman ölçeğinde eylül ayında (R=0.24) ulaşılmıştır. Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucunda ise, standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (13-15 aylık) SYİ arasında kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerine (R=0.57) 14 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise, hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 16 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında (R=0.72) ve en düşük maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 21 aylık zaman ölçeğinde ocak ayında (R=0.48) ulaşılmıştır.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-12 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir [86,95]. Literatürde farklı havza veya bölgeler üzerinde yapılan benzer çalışmalarda akım için kısa süreli 1-3 aylık ve hacim için uzun süreli 7-10 aylık SYİ zaman ölçekleri elde edilmiştir [96,51,54]. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisindedir.

Hidrolojik kuraklık çalışmasına ek olarak, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıklar ve hava sıcaklığının hem akım hem de hazne hacim değerleri üzerinde görülen etkileri incelenmiştir. Şekil 4.420 ve 4.421'de görüldüğü gibi ay bazında 1976-2013 yılları arasındaki standartlaştırılmış yağış ve sıcaklık değerleri ile akım ve hazne hacim değerleri ay bazında birlikte karşılaştırılmıştır. Burada, havzada meydana gelen yağış eksikliği veya sıcaklık artışının hem akım hem de hazne hacminin üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada, havzada yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklüklere sahip kuraklıklar ve sıcaklık artışı hem hazne hacimleri üzerinde hem de nehir akımları üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Ayrıca, bazı aylar yağışlı olup kuraklık görülmemiştir. Bu sebeple, bu aylarda sıcaklık artışı ile beraber buharlaşma etkisinin olduğu düşünülmektedir.




**Şekil 4.424.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Akım ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması




**Şekil 4.425.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Yağış, Hacim ve Sıcaklık Değerlerinin Karşılaştırılması

### 4.7.1.4. Tahtaköprü Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

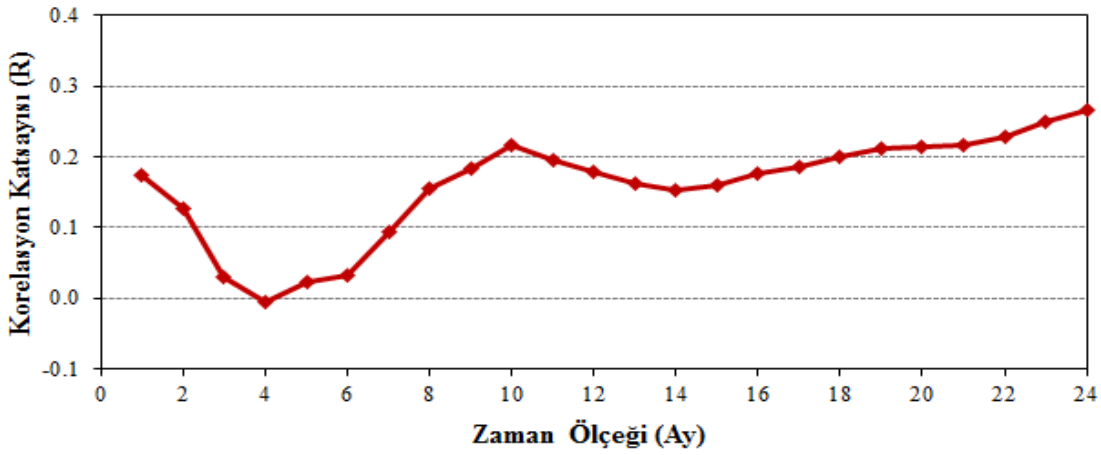
#### 4.7.1.4.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Aylık Ortalama Zemin Nemi Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir [64]. Çalışmanın bu bölümünde AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Daha sonra uydu kaynaklı aylık zemin nemi değerleri standartlaştırılmıştır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Havzada tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ilk önce sürekli veriler olarak ele alınmış ve farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir.

#### 4.7.1.4.1.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

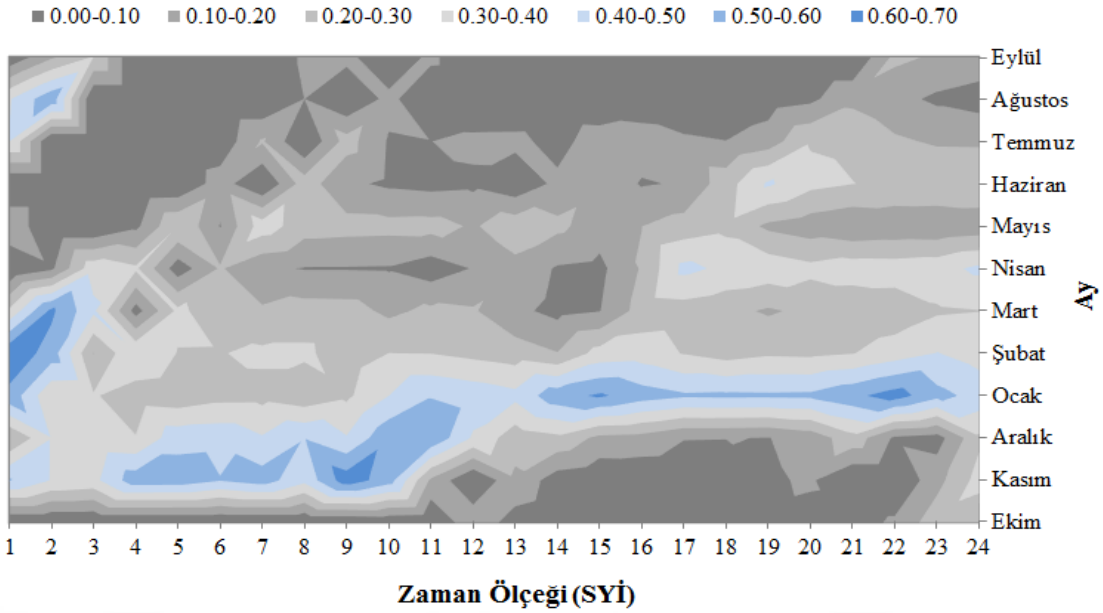
AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verilerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 4.422'de gösterilmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-3 aylık) daha anlamlı korelasyonların olduğu görülmektedir. İncelenen zaman ölçeklerindeki korelasyonlar kıyaslandığında en iyi sonuç 1 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Maksimum korelasyon 1 aylık zaman ölçeğinde R=0.17 olarak elde edilmiştir. Bu demektir ki, nispeten küçük ölçekli söz konusu havzada herhangi bir aydaki zemin nemi üzerinde bu aydaki yağış toplamları belirleyici rol oynamaktadır. Ayrıca, Tahtaköprü Baraj havzasında kısa zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış zemin nemi arasında nispeten anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmüştür.




**Şekil 4.426.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

#### 4.7.1.4.1.2. Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verilerinin Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Aylık Karşılaştırılması

Uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilmiş zemin nemi verilerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık karşılaştırmalar yapılmıştır. Şekil 4.423'de uydu kaynaklı gözlemlerden elde edilen aylık ortalama zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri ve farklı zaman ölçeklerinde aylık SYİ değerleri arasında korelasyon değerleri gösterilmektedir. Burada zemin nemi değerlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.




**Şekil 4.427.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada, zemin nemi verileri kısa zaman ölçeklerinde tepki verdiği için 1-24 aylık zaman ölçekleri kullanılarak analiz yapılmış fakat 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerindeki elde edilen korelasyonlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen zaman ölçeğinde her aya ait maksimum korelasyon değerleri 1-6 aylık zaman ölçeğinde bulunarak R=0.30 değerini (ekim ve haziran ayları hariç) aşmıştır. Şekil 4.423'den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri (R≤0.68) sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsiminde (ocak ve şubat), ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) ve yaz mevsimi sonunda (ağustos) görülmektedir. En yüksek maksimum korelasyon değerlerine sonbahar mevsiminde kasım ayında 4 aylık zaman ölçeğinde (R=0.56), kış mevsiminde ocak ayında (R=0.57) ve şubat ayında (R=0.68) 1 aylık zaman ölçeğinde, ilkbahar mevsiminde mart ayında 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.62) ve yaz mevsiminde ise ağustos ayında 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.57) ulaşılmıştır. Bu zaman ölçeklerinde, özellikle sonbahar mevsimi ortasında (ekim) ve yaz mevsiminde başlangıcında (haziran) korelasyon değerlerinin çok düşük olduğu belirlenmiştir. Özellikle ekim ayında, incelenen zaman ölçeklerindeki bütün korelasyon değerlerinin negatif değerler aldığı görülmüştür. Maksimum korelasyon

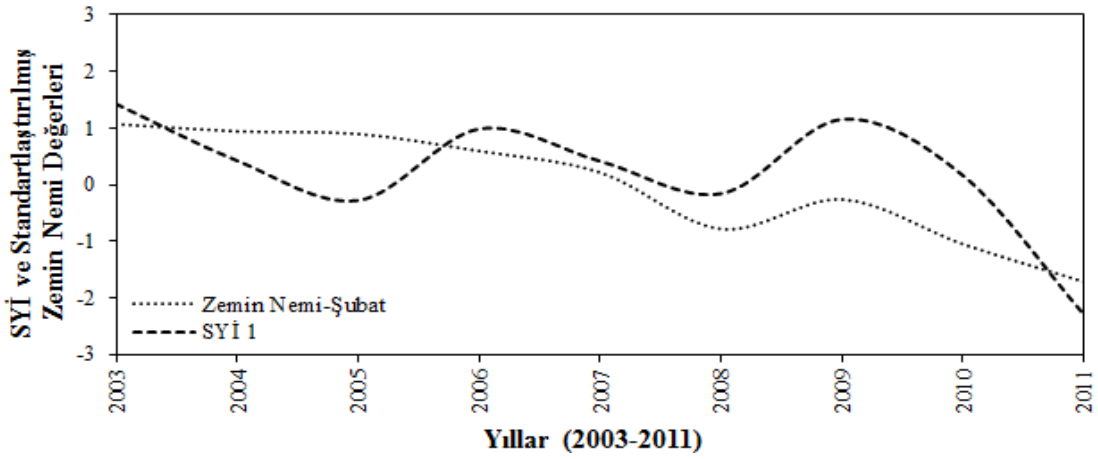
değerlerine (R≤0.15) sonbahar mevsiminde ekim ayında 3 aylık zaman ölçeğinde, yaz mevsiminde ise haziran ayında 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

Mevsimsel olarak bakıldığında, kış mevsiminde aralık ve ocak aylarında korelasyon değerleri yüksektir. Bu aylarda maksimum korelasyon değerlerine 6 ve 1 aylık zaman ölçeklerinde ulaşılmış olup, birbirine yakın değerler (0.47≤R≤0.57) elde edilmiştir. Şubat ayında ise korelasyon değerleri yükselmeye devam ederek, tüm ayların en yüksek maksimum korelasyon değerine 1 aylık zaman ölçeğinde (R=0.68) ulaşılmıştır. İlkbahar mevsiminde mart ayı en yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.62) bulunduğu aylardan biri olmasına rağmen, korelasyon değerleri nisan ve mayıs aylarında düşüşe (R≤0.30) geçmiştir. Maksimum korelasyonlar mart ayında 2 aylık, nisan ayında 3 aylık ve mayıs ayında 5 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Yaz mevsiminde ise haziran ayında diğer yaz aylarına göre daha düşük korelasyonlar (R≤0.15) görülmüş olup, maksimum korelasyon değerine 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Temmuz ayında ise korelasyon değerlerinde düşüş olmuş, fakat maksimum korelasyon değeri yükselmiştir. Bu ayda maksimum korelasyon değerine (R≤0.40) 1 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Ağustos ayında ise korelasyon değerleri yükselmeye devam ederek, yaz mevsiminin en yüksek maksimum korelasyon değerine 2 aylık zaman ölçeğinde (R=0.57) ulaşılmıştır. Sonbahar mevsiminde ise, eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri (R≤0.30) düşüş göstermiş ve maksimum korelasyon değerlerine 3 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Ayrıca, diğer mevsimlere göre en düşük korelasyon değerleri ekim ayında bulunmuş ve maksimum korelasyon değeri 3 aylık zaman ölçeğinde (R=-0.17) elde edilmiştir. Kasım ayında ise korelasyon değerlerinde ciddi bir yükseliş (R≤0.56) olmuş ve maksimum korelasyon değerine 4 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

İncelenen 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinde her mevsim için en yüksek korelasyon değerleri 1-4 aylık zaman ölçeğinde bulunarak, maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde (R=0.57) 2 aylık zaman ölçeğinde ağustos ayında, sonbahar mevsiminde (R=0.56) 4 aylık zaman ölçeğinde kasım ayında, kış mevsiminde (R=0.68) 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında ve ilkbahar mevsiminde (R=0.62) 2 aylık zaman ölçeğinde mart ayında ulaşılmaktadır. Görüldüğü gibi, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri R=0.50 değerini aşmıştır. Sonuç olarak, kış mevsiminde

şubat ayında en yüksek maksimum korelasyon değeri (R=0.68) ve sonbahar mevsiminde ise ekim ayında en düşük maksimum korelasyon değeri (R=-017) elde edilmiştir. Genel olarak; kış mevsiminde ve sonbahar mevsimi sonunda (kasım) korelasyon değerleri diğer mevsimlere göre yüksek, yaz mevsiminde ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) korelasyon değerleri daha düşüktür. Ayrıca, çalışmada ocak ayında özellikle 12 aylık zaman ölçeğinden daha uzun zaman ölçeklerinde yüksek korelasyon değerlerinin (R≤0.65) görülmesi dikkat çeken bir durumdur.

Şekil 4.424'de 1 aylık zaman ölçeğinde SYİ ile şubat ayının standartlaştırılmış zemin nemi değerleri birlikte gösterilmiştir. Burada, bu zaman ölçeğinde SYİ yardımıyla havzada daha önce kuraklık sebebiyle zemin neminde meydana gelen önemli değişimler (2008 ve 2011 kuraklıkları) kolayca ayırt edilebilmektedir. Buradan anlaşılan şudur ki, havzadaki kuraklık takibinde şubat ayında zemin neminde meydana gelen değişmeler üzerinde bu ayda meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.




**Şekil 4.428.** Tahtaköprü Baraj Havzasında 1 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Şubat Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

Uydu kaynaklı gözlemlerin mekânsal olarak geniş alan kapsayabilmekte fakat zamansal olarak daha seyrek olarak sağlanabilmekte olduğu bilinmektedir [64]. Bu çalışmada, sadece uydu kaynaklı aylık zemin nemi verileri kullanılmıştır. Çalışmanın

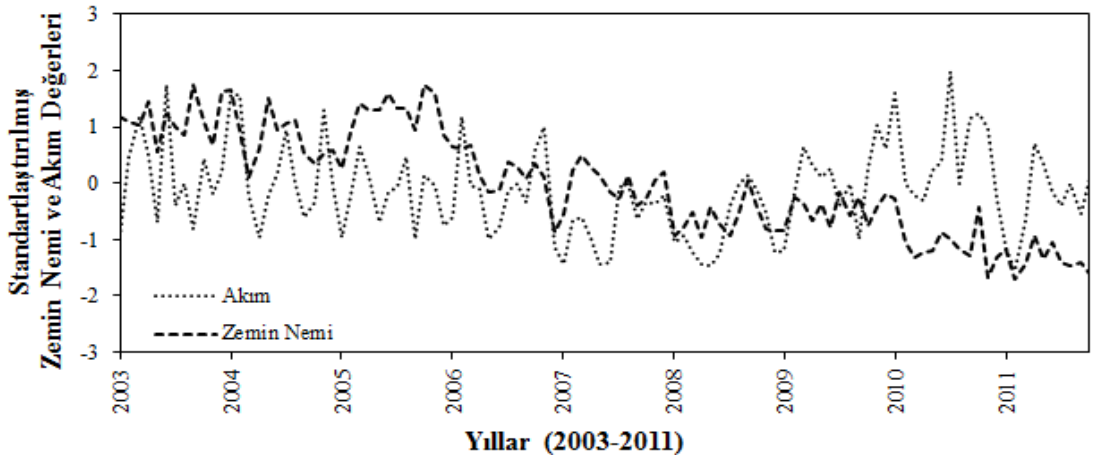
bu bölümünde, uydu kaynaklı aylık zemin nemi verilerinin standartlaştırılmış değerleri sürekli ve ay bazında ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılması sonucu bulunan korelasyonlar değerlendirilmiştir. Genel olarak yapılan analizleri özetlemek gerekirse, nispeten küçük bir havza olan Tahtaköprü Baraj havzasında aylık zemin nemi değerlerinin yağış verileri ile uyumu araştırılmıştır. Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin yağış ile karşılaştırılması sonucu önemli sonuçlar elde edilmiştir. Bilindiği gibi 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme, zemin nem düzeyine hemen etki etmektedir. Yani, zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi veri serisinin sürekli veri olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile yapılan karşılaştırmada, 1 aylık kısa zaman ölçeğinde maksimum korelasyon değerine ulaşılmış ve kısa zaman ölçeklerinde nispeten anlamlı korelasyon değerleri elde edilmiştir. Daha önce literatürde kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Görüldüğü gibi, çalışmada kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeği teorik çalışmalarda belirtilen sınırlar içerisindedir. Mevsimsel karşılaştırmalarda ise, incelenen kısa zaman ölçeklerinde uydu kaynaklı zemin nemi verileri ile yapılan çalışmada en yüksek maksimum korelasyon değerine kış mevsiminde 1 aylık zaman ölçeğinde şubat ayında (R=0.68) ve en düşük maksimum korelasyon değerine 3 aylık zaman ölçeğinde sonbahar mevsiminde ekim ayında (R=-0.17) ulaşılmıştır. Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre, korelasyon değerleri sonbahar mevsimi sonunda (kasım), kış mevsiminde ve ilkbahar mevsimi başlangıcında (mart) yüksek olup, yaz mevsiminde ve sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) düşüktür. Ayrıca, her mevsim için elde edilen en yüksek maksimum korelasyon değerlerinin R=0.50 değerini aşması dikkat çekmiştir. 1 aylık zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile şubat ayına ait standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin karşılaştırılması sonucunda; havzada yaşanan 2008 ve 2011 yıllarındaki yağış eksikliğinden kaynaklanan farklı büyüklükteki kuraklıkların zemin nemi üzerinde etkisinin olduğu görülmüştür.

#### 4.7.1.5. Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

Havza ile ilgili çalışmanın bu bölümünde standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada, daha önce de bahsedildiği gibi AMSR-E uydusundan mikrodalga bandında gerçekleştirilen gözlemlerin kullanıldığı LPRM algoritması ile elde edilen 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve aylık ortalama akım değerleri ile çalışılmıştır [28-29]. Verilerin standartlaştırılmasıyla elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak nehir akımları ve zemin nemi arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Bunun yanında ülkemizde yapılan araştırmalara göre, 2000 yılından sonra yaşanan en şiddetli ve geniş alanlara yayılmış olan kuraklıkların 2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana geldiği göz önünde tutularak çalışmada zemin nemi ve nehir akımlarının ülkede yaşanan kuraklıktan etkilenme durumu değerlendirilmiştir [27].

##### 4.7.1.5.1. Tahtaköprü Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Verilerinin Karşılaştırılması

Yapılan çalışmada, 2003-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu karşılaştırmada standartlaştırılmış akım ve zemin nemi verileri arasındaki korelasyon katsayısı R=0.18 elde edilmiştir. Şekil 4.406'da nehir akımlarında ve zemin neminde aynı zamanda meydana gelen önemli değişimler (2007, 2008, 2009 ve 2011 yıllarında yaşanan önemli kuraklıklar) kolayca ayırt edilebilmektedir. Özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.




**Şekil 4.429.** Tahtaköprü Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

# 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde su kıtlığı daha da belirgin ve yaygın bir problem haline gelmiştir. Su kıtlığı beraberinde sosyal ve ekonomik açıdan birçok probleme neden olmakta ve son zamanlarda hemen her ülkede su kalitesi hızla bozulmaktadır. Ortaya çıkan sorunlar zaman içerisinde hem kapsam olarak hem de boyut olarak çeşitlenmekte ve küresel boyutlarda önemli problemler teşkil etmektedir. Bu sorunlar günümüzde su kaynaklarının geliştirilmesi, kontrolü ve yönetiminde yeni yaklaşımlara ihtiyaç olduğunu ortaya çıkarmış ve uluslararası gündemde ilk sıralara taşınmıştır. Türkiye akarsu havzalarında da günümüzde karşılaşılan sorunlar zamanla daha da karmaşık hale gelerek, su kaynakları yönetimini zorlaşmıştır. Bu sebeple, ülkemizdeki su kaynaklarının geliştirilmesi ve yönetimi üzerine çalışmaların devam ettirilerek havza bazında su kaynakları yönetimi için gerekli yaklaşımlarda bulunulmalı ve öneriler getirilmelidir.

Türkiye'de su kaynakları planlaması ve yönetimi 25 temel hidrolojik su havzası üzerinden yapılmakta olup, alt havzalarda ise genelde sınırlı projeler kapsamında çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'deki farklı hidrolojik, jeomorfolojik, topografik, coğrafik ve iklimsel özelliklere sahip olan toplamda 21 adet baraj su toplama havzası seçilmiş (Arpaçay Barajı, Berdan Barajı, Çatalan Barajı, Çaygören Barajı, Demirköprü Barajı, Hasanlar Barajı, Hirfanlı Barajı, Hancağız Barajı, Karaidemir Barajı, Kartalkaya Barajı, Kemer Barajı, Kılıçkaya Barajı, Ömerli Barajı, Oymapınar Barajı, Porsuk Barajı, Selevir Barajı, Sevişler Barajı, Sürgü Barajı, Tahtaköprü Barajı, Tercan Barajı, Yapraklı Barajı) ve bu havzalardaki yağış eksiklerinden kaynaklanan kuraklıkların nehir akımları, baraj hazne hacimleri ve zemin nemi sistemleri üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu sebeple, seçilen barajlara ait su toplama havzalarındaki incelenen su kaynaklarının farklı zaman ölçeklerindeki yağış eksikliğine karşı verdiği tepkinin belirlenmesi amacıyla mevcut havzalarda meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri yapılmıştır.

Bu amaç için çalışma üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın birinci aşamasında; SYİ metodu kullanılarak seçilen havzalara ait bölgesel ortalama aylık yağış

verilerinden elde edilen SYİ değerlerinden yararlanılarak meteorolojik kuraklık analizi sonucunda havzalara ait farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemler, bu dönemlerin sıklığı ve kuraklık özellikleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur. İkinci aşamada; yağış eksikliğinin farklı su kaynakları üzerine yaptığı etkilerin görülebilmesi için seçilen baraj havzalarındaki nehir akımları, baraj hazne hacimleri ve zemin nemi üzerindeki kuraklık etkisi incelenmiştir. Hidrolojik ve tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeği tespit edilmiş ve değerlendirilen su kaynaklarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkiler mevsimsel olarak incelenmiştir. Üçüncü aşamada ise; nehir akımları ile zemin nemi arasındaki ilişki araştırılmıştır

Çalışmada, DMİ'den elde edilen mevcut aylık ortalama yağış verileri, DSİ'den elde edilen aylık ortalama akım, hazne hacim verileri ve baraj göllerine ait aylık kot seviyeleri ile uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve havza merkezine en yakın gözlem istasyonların direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır [28-29].

Çalışmada seçilen baraj su toplama havzaları yapılan analizler sırasında yedi coğrafi bölgeye göre sınıflandırılarak anlatılmıştır. Fakat sonuç bölümünde tüm su toplama havzalarının hidrolojik, jeomorfolojik, topografik, coğrafik ve iklimsel özellikleri bütün olarak göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmıştır. Meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri sonuçları ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

### 5.1. Meteorolojik Kuraklık Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Seçilen baraj havzalarına ait bölgesel ortalama aylık yağış verilerinden elde edilen SYİ değerleri kullanılarak yapılan meteorolojik kuraklık analizi sonuçlarının bütün olarak değerlendirilmesi sonucunda;

- ✓ Havzalarda toplam yıllık yağış miktarları yıldan yıla farklılık göstermektedir. Bu esasında Türkiye'de görülen yağış rejiminin düzensiz olmasından kaynaklanmaktadır. Havzalara ait bölgesel ortalama yağış verilerinin incelenmesi sonucunda, yıllık ortalama yağış miktarı en yüksek olan havza Batı Akdeniz ve

Batı Akdeniz ikliminden Orta Anadolu iklimine geçiş iklim bölgelerinde yer alan Oymapınar Baraj havzası (896 mm), yıllık ortalama yağış miktarı en düşük olan havza ise Orta Anadolu ve Orta Doğu Anadolu iklim bölgelerinde yer alan Hirfanlı Baraj havzasıdır (417 mm).

- ✓ Genel olarak baraj havzalarında en çok yağış sonbahar mevsimi sonu ve kış mevsimi başlangıcında (kasım-aralık ayları), en az yağış ise yaz mevsiminde (temmuz-ağustos ayları) görülmektedir. Sadece Yukarı Fırat-Murat ve Orta Doğu Anadolu bölgelerinde bir kısmı yer alan Tercan Barajı, Kılıçkaya Barajı, Çatalan Barajı ve Hirfanlı Baraj su toplama havzalarında en çok yağış ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs ayları) ve kış mevsiminde (aralık ayı), en az yağış ise yaz mevsiminde (temmuz ve ağustos ayları) ve sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül ayı) görülmektedir.

- ✓ Havzalarda meydana gelen farklı periyotlardaki kurak ve sulak dönemler ve bu dönemlerin kuraklık özellikleri incelendiğinde, kısa dönemlerden uzun dönemlere gidildikçe kuraklık sıklığı azalmakta, kuraklık genliklerinde ve sürelerinde artış olmaktadır.

- ✓ Yağış eksikliğine bağlı olarak her havzada farklı şiddetlerde kuraklık olaylarının meydana geldiği görülmüştür. Fakat baraj havzalarında normale yakın kuraklık ağırlıklı olarak gözlemlenmektedir.

- ✓ Havzalarda meydana gelen kuraklık yıl bazında değerlendirildiğinde, ortalama kuraklık şiddeti -0.36 ~ -0.41 arasında değişmekte olup (sadece Çatalan Barajı için kuralık şiddeti -0.30 bulunmuştur), birbirine yakın değerler göstermektedir. Havzalardaki ortalama kuraklık süresi ise birbirinden farklıdır. Havzalara ait değerlendirilen yıl aralığında toplam kuraklık süresi incelenen periyodun %40-60'ı arasında değişmektedir. Yıl bazındaki toplam kuraklık süresi en fazla Tercan ve Sevişler baraj havzalarında görülürken, en az Selevir Baraj havzasında görülmüştür. Tercan Baraj havzasında toplamda 57 yılda 33 yıl (~%58) kuraklık yaşanırken, Sevişler Baraj havzasında toplamda 64 yılda 37 yıl (~%58) kuraklık yaşanmıştır. Selevir Baraj havzasında ise toplamda 50 yılda 19 yıl (~%38) kuraklık

yaşanmıştır. Özellikle Sevişler baraj havzasının yıllık ortalama yağış miktarının (632 mm) Türkiye uzun yıllar yağış ortalamasına yakın bir değere tekabül etmesine rağmen, yıl bazında yaşanan kuraklık süresinin diğer havzalara göre daha fazla olması dikkat çekmiştir. Burada sadece yağışta meydana gelen eksilmenin yanı sıra ortalama sıcaklıklarda meydana gelen artış ile beraber buharlaşma etkisinin kuraklık üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

- ✓ Yine havzalarda meydana gelen kuraklık yıl bazında değerlendirildiğinde, 2013 yılında seçilen baraj havzalarında şiddetli kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiş ve Türkiye genelinde meydana gelen 2013 yılında yaşanan kuraklıktan baraj havzalarının şiddetli olarak etkilendiği görülmüştür. Özellikle tüm havzalarda (Hasanlar, Kartalkaya, Sevişler ve Kemer Baraj havzaları hariç) maksimum kuraklık değeri 2013 yılında aşırı kuraklık olarak bulunmuştur. Buda ülkemizde yaşanan 2013 yılı kuraklığının geçmişte yaşanan şiddetli kuraklıklardan daha şiddetli ve daha fazla alanda etkili olduğunun göstergesidir.

- ✓ Mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelendiğinde; her mevsimde farklı şiddetlerde kuraklıklar meydana geldiği görülmüştür. Genel olarak kuraklık olayları toplamları bütün mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Marmara bölgesinin güneyi, Batı Karadeniz, Doğu ve Batı Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yer alan havzalar hariç, diğer tüm bölgelerde bulunan havzalarda özellikle 2013 yılında her mevsimde şiddetli kuraklıklar yaşanmıştır.

## 5.1. Hidrolojik Kuraklık Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

### 5.1.1. Aylık Ortalama Akım Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Seçilen baraj havzalarında değerlendirilen yıllar arasındaki akım verileri ve yağış verileri kullanılarak hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada ilk olarak standartlaştırılmış akım değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. 21 adet baraj havzasının değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlara göre;

- ✓ Akım ve SYİ arasında ağırlıklı olarak kısa zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmekte ve maksimum korelasyon değerlerinin 0.31~0.61 arasında değişmekte olduğu görülmüştür.

- ✓ Maksimum korelasyon katsayıları 1-7 aylık kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiştir.

- ✓ 1-7 aylık zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış akım arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı tespit edilmiştir.

- ✓ İncelenen havzalarda yaklaşık 1000 $km^2$'den küçük alana sahip olan toplamda 6 adet baraj su toplama havzalarında (Karaidemir, Yapraklı, Ömerli, Hasanlar, Selevir ve Tahtaköprü Barajları) maksimum korelasyon değerine 1-2 aylık SYİ zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

- ✓ İncelenen havzalarda 1000-5000 $km^2$ arasında alana sahip olan toplamda 5 adet baraj su toplama havzalarında (Kartalkaya, Oymapınar, Tercan, Kemer ve Porsuk Barajları) maksimum korelasyon değerine 2-5 aylık SYİ zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

- ✓ İncelenen havzalarda 5000 $km^{2'}$den büyük alana sahip olan toplamda 5 adet baraj su toplama havzalarında ise (Demirköprü, Arpaçay, Kılıçkaya, Çatalan ve Arpaçay Barajları) maksimum korelasyon değerine 4-6 aylık SYİ zaman ölçeğinde ulaşılmıştır.

- ✓ İncelenen baraj havzalarının sonuçlarından elde edilen bulgulara göre; havza büyüklüğü arttıkça SYİ zaman ölçeğinde de artma olduğu gözlemlenmiştir. Çünkü havza büyüklüğü arttıkça yağışın akışa geçme süresi uzamaktadır. Kuraklık

takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçeklerinin havza özelliklerinden biri olan havza büyüklüğüne bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

- ✓ Havzalar şekilsel bakımdan değerlendirildiğinde; uzun ince ve yuvarlak şekle sahip olan havzalar olarak iki gruba ayrılmıştır. Özellikle uzun ince bir şekle sahip olan baraj havzalarında maksimum korelasyon değerine 4-7 aylık SYİ zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Yani, uzun ve ince şekle sahip olan havzalarda en uygun SYİ zaman ölçeği nispeten daha uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri havza özelliklerinden biri olan havza şekline bağlı olarak değiştiği görülmüştür.

Çalışmanın ikinci kısmında, standartlaştırılmış akım değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir. 21 adet baraj havzasının değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlara göre;

- ✓ Mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda; çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Çalışmada nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani nehir akımlarının farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.

- ✓ 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinin değerlendirilmesinden bulunan sonuçlara göre, en yüksek korelasyon değerlerinin 0.62~0.88 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Ayrıca, en yüksek korelasyon değerlerine ağırlıklı olarak kış aylarında rastlanılmış olup, sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım aylarında) ve ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan aylarında) ve yaz mevsiminde (haziran ayında) yüksek korelasyonlar görülmüştür.

- ✓ 7-12 aylık zaman ölçeğinin değerlendirilmesinden bulunan sonuçlara göre, en yüksek korelasyon değerleri genel olarak 7-10 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiş ve bulunan değerlerin 0.53~0.86 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Ayrıca, en yüksek korelasyon değerlerine ağırlıklı olarak kış aylarında rastlanılmış

olup, sonbahar mevsiminde (ekim ve kasım aylarında), ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs aylarında) ve yaz mevsiminde (temmuz ayında) yüksek korelasyonlar görülmüştür.

- ✓ 1-12 aylık zaman ölçeğinin değerlendirilmesinden bulunan sonuçlara göre, en düşük korelasyon değerlerine ağırlıklı olarak sonbahar mevsimi başlangıcında (eylül) rastlanılmış olup, yaz mevsiminde de düşük korelasyonlar görülmüştür. Burada özellikle en düşük yağış değerlerine yaz ve sonbahar aylarında rastlandığı dikkate alındığında bulunan bu değerlerin incelenen havzaların yağış rejimini yansıttığı ve dolayısıyla akım üzerindeki etkisini gösterdiği söylenebilir.

Sonuç olarak, seçilen baraj havzalarının, büyüklük, şekil ve iklim gibi farklı karakteristik özelliklerinin SYİ zaman ölçeğinde değişmelere neden olduğu görülmüştür. Ayrıca, Türkiye'deki baraj havzaları için SYİ değerleri kullanılarak yapılan bu çalışmada nehir akımları üzerinde kuraklık etkisinin izlenmesi için 7 aydan uzun zaman ölçeklerinin kullanışlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Farklı özelliklere sahip baraj havzalarında aylık ortalama nehir akım verileri kullanılarak yapılan çalışmada, hidrolojik kuraklık takibi amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri literatürdeki teorik çalışmalarla paralellik göstermektedir [51,54,86,95-96].

### 5.1.2. Aylık Ortalama Hazne Hacim Verileri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Karşılaştırılması

Seçilen baraj havzalarında değerlendirilen yıllar arasındaki hazne hacim verileri kullanılarak hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık hazne hacim değerleri ve aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmada ilk olarak standartlaştırılmış hazne hacim değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. 21 adet baraj havzasının değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlara göre;

- ✓ Hacim ve SYİ arasında ağırlıklı olarak uzun zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmekte ve maksimum korelasyon değerlerinin 0.21~0.70 arasında değişmekte olduğu görülmüştür.

- ✓ Maksimum korelasyon katsayıları genel olarak 9-15 aylık uzun zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Sadece Hasanlar, Kılıçkaya ve Tercan Baraj havzalarında maksimum korelasyon katsayıları 4-6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiş ve bunun sebebinin ise havzaların bir bölümünde Karadeniz iklim tipinin görülmesinden ve özellikle en yağışlı aylarının nisan ve mayıs olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu üç barajın ortak bir diğer noktası ise enerji amaçlı yapılmış olması SYİ zaman ölçeğini etkilediği düşünülmektedir. Çalışmada özellikle sulama amaçlı yapılan barajlarda SYİ zaman ölçeğine zaman ölçeğine ağırlıklı olarak 10-15 aylık uzun zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır.

- ✓ 4-15 aylık zaman ölçekli SYİ ve standartlaştırılmış hazne hacim arasında kuvvetli bir ilişkinin olduğu ve zaman ölçeği arttıkça ilişkinin giderek zayıfladığı tespit edilmiştir.

Çalışmanın bu kısmında, standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir. 21 adet baraj havzasının değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlara göre;

- ✓ Mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Çalışmada hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani hazne hacminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.

- ✓ 1-24 aylık uzun zaman ölçeklerinin değerlendirilmesinden bulunan sonuçlara göre, en yüksek korelasyon değerlerinin 0.46~0.98 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Ayrıca, en yüksek korelasyon değerlerine ağırlıklı olarak yaz aylarında (temmuz ve ağustos ayları) rastlanılmış olup, kış mevsimi ortası (ocak),

sonbahar mevsiminde (eylül ve ekim) ve ilkbahar mevsiminde de (mart ve nisan) yüksek korelasyonlar değerleri elde edilmiştir.

- ✓ 1-24 aylık zaman ölçeğinin değerlendirilmesinden bulunan sonuçlara göre, en düşük korelasyon değerlerine ağırlıklı olarak sonbahar mevsiminde (kasım ayı) ve kış mevsiminde (aralık ayı) rastlanılmış olup, ilkbahar mevsiminde (mart ve nisan ayları), sonbahar mevsiminde (ekim ayı), yaz mevsiminde (haziran ve temmuz) ve kış mevsiminde de (ocak ayı) düşük korelasyonlar görülmüştür. Burada özellikle sulama amaçlı yapılan barajlar havzalarında mevsimsel farklılıkların görülmesi, havzaların sulama mevsimlerinin birbirinden farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

Sonuç olarak, baraj hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ verdikleri tepkileri baraj haznelerinin karakteristik özellikleri olan kapasite ve doluluk oranı ile yapılış amaçları (sulama, taşkın kontrolü, içme suyu, sanayi ve içme suyu temini vd.) gibi özelliklerden etkilenmekte olduğu bulunmuştur. Ayrıca, Türkiye'deki baraj havzaları için SYİ değerleri kullanılarak yapılan bu çalışmada hazne hacimleri üzerinde kuraklık etkisinin izlenmesi için 15 aydan uzun zaman ölçeklerinin kullanışlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Farklı özelliklere sahip baraj havzalarında aylık ortalama hazne hacim verileri kullanılarak yapılan çalışmada, hidrolojik kuraklık takibi amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri literatürdeki teorik çalışmalarla paralellik göstermektedir [51,54,86,95-96].

### 5.2. Tarımsal Kuraklık Analizi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Seçilen baraj havzalarında; tarımsal kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi, aylık SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın bu aşamasında iki farklı yöntemle elde edilmiş zemin nemi değerleri ile çalışılmıştır. Çalışmada, 2002-2011 yılları arasındaki uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve 2008-2013 yılları arasındaki havza merkezine en yakın gözlem istasyonlarının direk ölçümlerinden elde edilen kalibre edilmiş aylık ortalama zemin nemi değerleri kullanılmıştır. Fakat, uydu

ve istasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin değerlendirilen zaman periyodları farklı olduğu için bu iki veri seti birbirleri ile kıyaslama yapılmamıştır.

Çalışmada ilk önce standartlaştırılmış zemin nemi değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri ile karşılaştırılmıştır. 21 adet baraj havzasının değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlara göre;

- ✓ Standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi değerlerinin sürekli veriler olarak ele alınması sonucunda maksimum korelasyon katsayılarına 1-2 aylık kısa zaman ölçeklerinde ulaşılmıştır.

- ✓ Sevişler, Hasanlar, Kartalkaya, Oymapınar, Kemer ve Tahtaköprü Baraj havzaları için yapılan uydu kaynaklı zemin nemi ve SYİ karşılaştırmasında anlamlı sonuçlar bulunamamıştır. Burada maksimum korelasyon değerleri 0.20'den daha küçük olarak elde edilmiştir. Fakat diğer uydu kaynaklı veriye sahip tüm baraj havzalarında ise uydu kaynaklı zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerleri 0.23~0.63 arasında değişmektedir.

- ✓ Standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi değerlerinin sürekli veriler olarak ele alınması sonucunda; genellikle maksimum korelasyon katsayılarına 1-2 aylık kısa zaman ölçeklerinde ulaşılmış olup, sadece Sevişler Baraj havzası için 6 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Ayrıca her baraj havzası için istasyon kaynaklı veriler bulunmamaktadır. Çünkü mevcut istasyonlar ağırlıklı olarak Türkiye'nin batısında yer almaktadır. Seçilen baraj havzalarından 8'i istasyon kaynaklı verilere sahip değildir. Karaidemir, Sevişler, Hasanlar, Oymapınar, Sürgü, Kemer ve Demirköprü Baraj havzaları için yapılan istasyon kaynaklı zemin nemi ve SYİ karşılaştırmalarında anlamlı sonuçlar bulunamamıştır. Burada maksimum korelasyon değerleri 0.20'den daha küçük olarak elde edilmiştir. Fakat diğer tüm baraj havzalarında ise istasyon kaynaklı zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde nispeten yüksek korelasyon olduğu görülmüştür. Maksimum korelasyon değerleri 0.37~0.49 arasında değişmektedir.

Çalışmanın ikinci kısmında ise, standartlaştırılmış zemin nemi değerleri ay bazında ele alınarak aynı aya karşılık gelen farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılarak mevsimsel değişimler incelenmiştir. 21 adet baraj havzasının değerlendirilmesinden elde edilen sonuçlara göre;

- ✓ Her iki zemin nemi veri seti için mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla yapılan karşılaştırmalarda, çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Çalışmada, zemin neminin farklı zaman ölçeklerinde SYİ ile mevsimsel değişim gösterdiği göze çarpmaktadır. Yani zemin neminin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'e verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.

- ✓ Uydu kaynaklı zemin nemi verilerinin 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinin değerlendirilmesinden bulunan sonuçlara göre, en yüksek korelasyon değerleri genel olarak 1-2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiş ve en yüksek korelasyon değerlerinin 0.42~0.97 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Ayrıca, en yüksek korelasyon değerlerine ağırlıklı olarak sonbahar mevsiminde (eylül ve kasım ayları) rastlanılmış olup, kış mevsimi ortası (ocak ve şubat ayları) ve yaz mevsimi sonunda da (ağustos ayı) yüksek korelasyonlar değerleri elde edilmiştir.

- ✓ İstasyon kaynaklı zemin nemi verilerinin 1-6 aylık kısa zaman ölçeklerinin değerlendirilmesinden bulunan sonuçlara göre, en yüksek korelasyon değerleri genel olarak 1-2 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiş ve en yüksek korelasyon değerlerinin 0.45~0.98 arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Ayrıca, en yüksek korelasyon değerlerine ağırlıklı olarak kış mevsiminde rastlanılmış olup, ilkbahar mevsiminde (nisan ve mayıs ayları), yaz mevsiminde (haziran ve ağustos ayları) ve sonbahar mevsiminde de (kasım) yüksek korelasyonlar değerleri elde edilmiştir.

Sonuç olarak; yapılan çalışmada yeraltı suyu bakımından zengin olan havzalarda, zemin nemi verileri ile farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri arasında nispeten yüksek korelasyon değerleri bulunmuştur. Ayrıca, Türkiye'deki baraj havzaları için SYİ değerleri kullanılarak yapılan bu çalışmada zemin nemi üzerinde kuraklık

etkisinin izlenmesi için 2 aydan uzun zaman ölçeklerinin kullanışlı olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

### 5.3. Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Verileri ile Standartlaştırılmış Aylık Ortalama Akım Değerlerinin Karşılaştırılması Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çalışmanın bu bölümünde, standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri arasındaki ilişki incelenmiştir. 2002-2011 yılları arasındaki standartlaştırılmış uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri ve 2008-2013 yılları arasındaki havza merkezine en yakın gözlem istasyonlarında ölçülen kalibre edilmiş standartlaştırılmış aylık ortalama zemin nemi değerleri ile standartlaştırılmış aylık ortalama akım verileri kullanılmıştır.

- ✓ Karaidemir, Sevişler, Yapraklı, Çatalan, Kemer ve Tahtaköprü Baraj havzaları için yapılan standartlaştırılmış *uydu kaynaklı* zemin nemi ve standartlaştırılmış akım karşılaştırmasında anlamlı sonuçlar bulunamamıştır. Burada maksimum korelasyon değerleri 0.20'den küçük olarak elde edilmiştir. Fakat diğer uydu kaynaklı veriye sahip tüm baraj havzalarında ise standartlaştırılmış uydu kaynaklı zemin nemi ve akım arasında 0.20~0.47 aralığında değişen ve birbirine yakın olan nispeten yüksek korelasyonlar bulunmuştur.

- ✓ Sevişler, Yapraklı, Hasanlar Baraj, Selevir ve Demirköprü Baraj havzaları için yapılan standartlaştırılmış *istasyon kaynaklı* zemin nemi ve standartlaştırılmış akım karşılaştırmasında anlamlı sonuçlar bulunamamıştır. Burada maksimum korelasyon değerleri 0.20'den küçük olarak elde edilmiştir. Fakat diğer istasyon kaynaklı veriye sahip tüm baraj havzalarında ise standartlaştırılmış istasyon kaynaklı zemin nemi ve akım arasında 0.20~0.49 aralığında değişen nispeten yüksek korelasyonlar bulunmuştur.

- ✓ Ayrıca, çalışmada nehir akımları ile iki farklı yöntemle elde edilen zemin nemi verilerinin karşılaştırması sonucu yapılan değerlendirme özellikle 2008 yılındaki

Türkiye'de meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği dikkat çekmiştir.

Son olarak ise; Hirfanlı ve Çatalan Barajlarına ait aşağıda açıklanan özel durumlar tespit edilmiştir:

1. Hirfanlı Barajına ait elimizde aylık ortalama akım ve hacim verileri 2013 yılına kadar olmasına rağmen, çalışma sırasında 2003 yılına kadarki bölümü kullanılmıştır. Bunun sebebi ise Hirfanlı Barajı membasında bulunan 2005 yılında enerji üretimine geçen Yamula Barajında, 2003 yılı aralık ayında inşaat sırasında su tutmaya başlanılmıştır. Aylık ortalama akım ve hacim verileri incelendiğinde Yamula Barajında su tutulmaya başlanması ile birlikte, Hirfanlı Barajının 2003 yılından sonraki verilerinde baraj etkisinden dolayı düzensizlik gözlenmiştir.

2. Çatalan Barajına ait elimizde aylık ortalama hazne hacim verileri 2013 yılına kadar olmasına rağmen, çalışma sırasında 2002 yılına kadarki bölümü kullanılmıştır. Bunun sebebi ise, 2002 yılında Çatalan İçme Suyu Projesi'nin uygulamaya geçmesi ile birlikte Adana'nın su ihtiyacının Çatalan Baraj gölünden karşılanmasına karar verilmiştir. 1997-2002 yılları arasındaki hazne hacim verileri ile 1997-2013 yılları arasındaki hazne hacim verilerinden elde edilen standartlaştırılmış hacim ve SYİ karşılaştırması sonuçları arasında büyük farklılaşmalar görülmüştür.

3. Çalışmada, Güney Doğu Anadolu Bölgesinde yer alan Hancağız Barajına ait 1990-2013 yılları arasındaki nehir akım ve hazne hacim verilerinin çok fazla eksik olması nedeniyle, havzanın sadece meteorolojik kuraklık analizi yapılmış ve eksik verinin fazla miktarda olması nedeniyle hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri yapılamamıştır. Fakat, sonuçlar bölümünde seçilen barajlara ait yapılan değerlendirmede Hancağız Baraj havzasına ait meteorolojik kuraklık analizi sonuçları da göz önünde bulundurulmuştur.

Herhangi bir olayın daha iyi değerlendirilebilmesi veya verimli kılınabilmesi için, o olayın öncelikle bütününe bakılmalı, daha sonra ise bulunduğu hiyerarşik sistemin araştırılması gereklidir. Bu sebeple, Türkiye'de farklı karakteristik özelliklere sahip mevcut baraj havzaları için yapılan bu çalışmanın kuraklık tahmini, risk analizi ve yönetimi çalışmaları ve kuraklık etkilerinin azaltılması ile su kaynaklarının sürdürülebilirliği, yönetimi ve etkin kullanımı için önemli bilgiler sağlaması düşünülmektedir. Ayrıca, su kaynakları yönetimi çalışmalarının başarısı hidrolojik sistemi etkileyen süreçler arasındaki ilişkilerin doğru ve bir bütün olarak ortaya konmasına bağlı olduğundan çalışmanın doğal sınırlar ile kısıtlanarak havza ölçeğinde tanımlanması daha sağlıklı ve etkin bir su kaynakları yönetimine olanak sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR


[1] Keskin, M. E., Terzi Ö., Taylan E. D. ve Yılmaz A. G., Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Nisan 2007, İTÜ-İstanbul, s. 350-359, 2007.

[2] Aydın O., Ünaldı Ü.E., Duman N., Çiçek İ., Türkoğlu N., Türkiye'de Su Kıtlığının Mekânsal Ölçekte Değerlendirilmesi. Türk Coğrafya Dergisi, 68, 11-18, 2017.

[3] Akkaya, C., Su ve Toprak Kaynakları Yönetiminde Havza Yönetim Modelinin Önemi. TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri, 420-421-422 (4-5-6): 20-23, 2002.

[4] Aküzüm, T., Çakmak, B., Gökalp Z., Türkiye'de Su kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1): 67-74, 2010.

[5] Türkeş, M., Yıllık ve Mevsimlik Yağış Verilerindeki Eğilimler ve Dalgalanmalar. Türkiye Ulusal Jeodezi-Jeofizik Birliği (TUJJB) ve Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği Kongreleri Bildiri Kitabı, s. 694-706, Harita Genel Komutanlığı, Ankara, 1995.

[6] Türkeş, M., Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi: 1, s. 187-205, Ankara, 2001.

[7] Anonim, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2015 Yılı Faaliyet Raporu, DSİ, Ankara, 2015. http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2015-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2 (Erişim tarihi: 15.06.2017)

[8] Anonim, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2006 Yılı Faaliyet Raporu, DSİ, Ankara, 2006.
http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/ds%C4%B1-2006-faal%C4%B1yet-raporu.pdf?sfvrsn=2
(Erişim tarihi: 10.05.2017)

[9] Burak, S., Duranyıldız, İ., Yetiş, Ü., Ulusal Çevre Eylem Planı: Su Kaynaklarının Yönetimi. Odak Noktası Kuruluş: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, 1997.

[10] Dabanlı İ., Türkiye'de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2017.

[11] Şenik B., Türkiye'de Yer Üstü Su Kaynakları Yönetimi Sorununun Sürecinde Çözümlenmesi: Bakırçay Havzası Örneği. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2016.

[12] Türkeş M., Kuraklık, Çölleşme ve Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. Marmara Avrupa Araştırmaları Dergisi, 20(1): 7-56, 2012.

[13] Doğan S., Konya Kapalı Havzası Kuraklık Karakterizasyonunun Zamansal Konumsal Analizi. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi, Konya, 2013.

[14] Bryant, E. A., Natural Hazards. Cambridge University Press, Cambridge, 1993.

[15] Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A., Turgu, E., Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye'de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi. DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara, 2002.

[16] Anonim, Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (BMÇMS). Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara, 1997.

[17] Beyazıt, M., Önöz, B., Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi. 212-215. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2008.

[18] Topçuoğlu, K., Farklı Kulaklık İndislerinin Türkiye Vejetasyonu Özelinde İrdelenmesi ve Vejetasyon Dağılımını İfade Edecek İndisin Belirlenmesine Yönelik Bir Araştırma. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, 2005.

[19] Tosunoğlu, F., Türkiye'deki Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklıkların Atmosferik Salınımlarla Olan İlişkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2014.

[20] Türkeş, M., Küresel İklim Değişikliği Nedir? Temel Kavramlar, Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler. İklim Değişikliği ve Çevre, 1, 45-64, 2008.

[21] Türkeş, M., İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme, Yay. Haz; E.Karakaya, s. 21-57 Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimsel, Ekonomik ve Politik Analizi. Bağlam Yayınları No: 308, İstanbul, 2008.

[22] Şen, Z., İklim Değişikliği ve Su Kaynaklarına Etkisi. 22 Mart Dünya Su Günü İklim Değişikliğinin Su ve Enerji Kaynaklarımıza Etkisi Paneli, İstanbul, 2005.

[23] Sarış, F., Türkiye'de Yağış Yoğunluğunun Alansal ve Zamansal Değişimi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2006.

[24] Turkes, M., Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. International Journal of Climatology. 16: 1057-1076, 1996.

[25] Komuscu, A.Ü., An Analysis of Recent Drought Conditions in Turkey in Relation to Circulation Patterns. Drought Network News. 13(2-3): 5-6, 2001.

[26] Türkeş, M., Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevrebilimleri Dergisi. 4(2): 1-32, 2012.

[27] Türkeş, M., Türkiye'deki 2013-2014 Kuraklığının ve Klimatolojik/Meteorolojik Nedenlerinin Çözümlenmesi, Konya Toprak Su Dergisi, 2: 20-34, 2014.

[28] Yılmaz, T., İstasyonlarda Ölçülen Toprak Nemi Değerlerinin Hidrolojik Model ve Uydu Verileri Yardımıyla Değerlendirilmesi. TÜBİTAK 3501, Rapor No: 114Y676, 2015-2018.

[29] Bulut, B., Evaluation of The Consistency of Station-Based Soil Moisture Measurements with Hydrological Model and Remote Sensing Observations over Turkey. Yüksek Lisans Tezi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 2015.

[30] Sargın A.H., Güreşci N.G., Seyrek K., Arc Hydro ile Su Toplama Alanlarının Belirlenmesi. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2012), Ekim 2012, Zonguldak, s. 26-28, 2012.

[31] Güreşci N.G., Seyrek K., Sargın A.H., Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Hidroloji Uygulamaları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2012.

[32] Tümertekin, E., İktisadi Coğrafya Kurak Bölgelerde Ziraat. İstanbul Üniversitesi Yay. No: 713, İktisat Fak. Yay. No: 96, İstanbul, 1957.

[33] Tanoğlu, A., Türkiye'nin Kuraklık İndisleri. Türk Coğrafya Dergisi, 1: 36-41, 1943.

[34] Erinç, S., The Climates of Turkey According to Thomthwaitc's Classifications. Annals of the Associations of Amer. Geographers, 38(I): 26-46, 1949.

[35] Erinç, S., Climatic Types and the Variation of Moisture Regions in Turkey. The Geographical Review, XL(2): 224-235, 1950.

[36] Erinç, S., Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. İstanbul Üniversitesi. Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No.41, İstanbul, 1965.

[37] Koçman, A., Türkiye'de Yağış Yetersizliğine Bağlı Kuraklık Sorunu. Ege Coğrafya Dergisi, 7: 77-88, 1993.

[38] Çelenk, Ş., Türkiye'nin Kuraklık Etüdü. DMİ, Ankara, 1973.

[39] Nişancı, A., Türkiye'de Kurak (ya da nemli) Alanların Dağılışı. Atatürk Üniversitesi. Edebiyat Fak. Araştırma Dergisi, 7: 235-246, 1976.

[40] Nişancı, A., Türkiye'de Kuraklık Sorunu (Kurak Aylar Sayısına Göre Belirmiş İklim Bölgeleri ve Doğal Bitki Örtüsü ile Bağıntısı Üzerine Bir Araştırma). Atatürk Üniversitesi., Ed. Fak., Coğrafya Böl. (Basılmamış Doçentlik Tezi), Erzurum, 1977.

[41] Şen, Z., Run-Sums of Annual Flow Series. Jourrnal of Hydrology, 35: 311-324, 1977.

[42] Aydeniz, A., Aydeniz Metodu ile Türkiye'nin Kuraklık Değerlendirilmesi. DMİ Zirai Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1988.

[43] Türkeş, M., Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 1990.

[44] Altıparmak, İ., Büyük Menderes Havzasında Kuraklık Sorunu Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir, 1999.

[45] Erkuş, M. K., İstanbul Yıllık Yağışlarının Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2001.

[46] Sırdaş, S., Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2002.

[47] Sırdaş, S., Şen Z., Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. İTÜ Dergisi, 2 (2): 95-103, 2003.

[48] Özgürel, M., Pamuk, G., Topçuoğlu, K., Ege Bölgesi Koşullarında Farklı İki Kuraklık İndisinin Karşılaştırılması. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 40 (1): 95-102, 2003.

[49] Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu, K., Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 41(1): 99-106, 2004.

[50] Yeğnidemir, M. K., İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu ile Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2005.

[51] Vicente-Serrano, S.M., Lopez-Moreno, J.I., Hydrological Response to Different Time Scales of Climatological Drought: An Evaluation of the Standardized Precipitation İndex in a Mountainous Mediterranian Basin. Hydrology and Earth System Sciences, 9: 523-533, 2005.

[52] Yaltay, N., Bitlis İli Ahlat İlçesi Kuraklık Risk Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van, 2006.

[53] Keskin, M. E., Terzi Ö., Taylan E. D. ve Yılmaz A. G., Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Nisan 2007, İTÜ-İstanbul, s. 350-359, 2007.

[54] Yıldız, O., Yukarı Kızılırmak Havzası'nda SYİ Metodu ile Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi. 5. Ulusal Hidroloji Kongresi, Eylül 2007, ODTÜ-Ankara, s. 143-151, 2007.

[55] Yıldız, O., Kılınç M. Y., Yeğnidemir M. K., Akgüngör A. P., Hirfanlı Baraj Havzasında Kuraklık Frekans ve Alansal Özelliklerinin İncelenmesi. III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, Eylül 2007, Gümüldür-İzmir, 2007.

[56] Patel, N. R., Chopra, P., Dadhwala, V. K., Analyzing Spatial Patterns of Meteorological Drought Using Standardized Precipitation Index. Meteoroligical Applications, 14: 329-336, 2007.

[57] Ma'rufah, U., Hidayat, R., Prasasti, I., Analysis of Relationship Between Meteorological and Agricultural Drought Using Standardized Precipitation Index and Vegetation Health Index. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 54, 2008.

[58] Yıldız, O., Assessing Temporal and Spatial Characteristics of Droughts in the Hirfanli Dam Basin, Turkey. Scientific Research and Essays, 4(4): 249-255, 2009.

[59] Küçükyaman, D., Kovada Gölü'nün Hidrolojik ve Meteorolojik Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2010.

[60] Mishra, A. K. ve Singh V. P., A Review of Drought Concepts, Turkey. Journal of Hydrology, 1(2): 202-216, 2010.

[61] Karavitis, C. A., Alexandris S., Tsesmelis D. E., Athanasopoulos G., Application of the Standardized Precipitation Index (SPI) in Greece. Water, 3: 787-805, 2011.

[62] Hınıs, M. A., Bütünleşik Kuraklık İndeksi İle Aksaray'da Hidrometeorolojik Kuraklık Analizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 28(4): 711-721, 2013.

[63] Yıldız, O., Spatiotemporal Analysis of Historical Droughts in the Central Anatolia, Turkey. Gazi University Journal of Science, 27(4): 1177-1184, 2014.

[64] Bulut, B., Yılmaz, T., Türkiye'de 2007-2013 Yılı Kuraklıkların NOAH Hidrolojik Modeli ile İncelenmesi. İMO Teknik Dergi, 2016 7619-7634, Yazı 463, 2016.

[65] Deniz, D., Türkiye'deki Kuraklığın Standart Yağış İndeksi (SPI) ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 2009.

[66] Yevjevich, V., Da Cunha, L. and Vlachos, E., Coping with Droughts. Water Resources Publications, Littleton, Colorado, USA, 1983.

[67] Şen, Z., Kuraklık Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri. 3. Su Vakfı Yayınları, İstanbul 2009.

[68] Yevjevich V., An Objective Approach to Definition and Investigation of Continental Hydrologic Droughts. Hydrology Paper, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, 1967.

[69] Wilhite, D. A., Glantz, M. H., Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, Water International, 10(3): 111–120, 1987.

[70] Türkeş, M., Tatlı, H., Aşırı Kurak ve Nemli Koşulların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Yeni-SPI): Türkiye'ye Uygulanması. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, Mart 2008, s. 528-538, İstanbul, 2008.

[71] Kömüşçü A. Ü., Erkan A., Kuraklık ve Türkiye Açısından Genel Bir Değerlendirme. Çevre ve İnsan Dergisi, 4 (75): 38-41, 2008.

[72] Tatlı, H., Türkeş, M., Türkiye'deki 2006/2007 Kuraklığı ile Geniş Ölçekli Atmosferik Değişkenler Arasındaki Bağlantının Lojistik Regresyonla Belirlenmesi. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, Mart 2008, s. 516-527, İstanbul, 2008.

[73] Silay, A. E., Tomar A., Kuraklığın Etkileri ve Su Kaynakları Yatırımlarının İzmir Ölçeğinde İrdelenmesi. TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, Ocak 2009, İzmir, s. 299-313, 2009.

[74] Yemen H., Van Gölü Havzası'nın Kuraklık Analizi. 21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum Dergisi, 3 (5): 184-198, 2013.

[75] Anonim, WWF 2008 Türkiye Kuraklık Değerlendirme Raporu, 2008. http://www.wwf.org.tr/basin_bultenleri/raporlar/index.cfm (Erişim tarihi: 12.05.2017)

[76] Yıldız, O., Standart Yağış İndisi (SYİ) ile Kırıkkale İlinde Kuraklık Analizi. 21. Yüzyılın Başında II. Kırıkkale Sempozyumu, Mart-2008, Kırıkkale, 2008.

[77] Kadıoğlu, M., Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi. Ed: Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri. JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, s. 277-300, Ankara, 2008.

[78] Baykan, O., Büyük Menderes Havzası Kuraklık Eğilimleri. Jeotermal Uygulamalar Sempozyumu, PAÜ, Eylül 1994, s. 383-397, Denizli, 1994.

[79] Tüzün, M., S. Kodal, GAP'ta Tarımsal Kuraklık ve Alınabilecek Önlemler. Türkiye'de Kuraklık ve Su Kaynaklarımız (Panel), Su Vakfı Yayınları, İlim Araştırma Serisi: 002, s. 84-106, İstanbul, 2001.

[80] Harmancıoğlu, N. B., Gül, A., Fıstıkoğlu, O., Entegre Su Kaynakları Yönetimi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 419: 29-39, 2002.

[81] Çaldağ, B., Şaylan, L., Toros, H., Sırdaş, S., Bakanoğulları, F., Drought Analysis in Northwest Turkey. Role of Multipurpose Agriculture in Sustaining Global Environment, pp. 169-179, Udine, Italy, 2004.

[82] Bacanlı Güner Ü., Dikbaş F., Fırat, M., Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık Yöntemleri ile Kuraklık Tahmini. Pamukkale Üniversitesi, Proje No: 2008BSP012. 86 s., 2011.

[83] Şensoy S., Demircan M., Ulupınar Y., Balta İ., Türkiye İklimi. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
https://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/turkiye_iklimi.pdf
(Erişim tarihi: 14.05.2017)

[84] Türkeş, M., Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Precipitation and Aridity Conditions. Tr. J. of Engineering and Environmental Science, 23: 363-380, 1999.

[85] Ogollo L. J., Drought and Desertification (Report of the CCL Rapportuer on Drought and Desertification in Warm Climates to the Tenth Session of the Commission for Climatology Lisbon, 1989). WCAP, No:7, WMO/TD-No: 1-40, Geneva, 1989.

[86] Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, pp.179-184, Anaheim, CA, 1993.

[87] Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1995. Drought Monitoring with Multiple Time Scales. American Meteorological Society, Proceeding of The 9th Conference on Applied Climatology, January 15-20, pp.233-236, Boston, 1995.

[88] Thom, H.C.S., A Note on the Gamma Distribution. Monthly Weather Review, 86 (4): 117-122, 1958.

[89] Panofsky, H.A., Brier, G.W., Some Applications of Statistics to Meteorology. Pennslyvania State University Press, pp. 244, 1958.

[90] Anonim, Malkara İlçesi Genel Coğrafya ve Yeryüzü Şekilleri. T.C. Malkara Kaymakamlığı. http://www.malkara.gov.tr/cografi-yapisi-ve-iklimi
(Erişim tarihi: 20.08.2017)

[91] Anonim, Tekirdağ İli 2016 Yılı Çevre Durum Raporu. Tekirdağ Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü (ÇED ve Çevre İzinleri Şube Müdürlüğü ve Çevre Yönetimi ve Çevre Denetimi Şube Müdürlüğü) Tekirdağ, 2017. http://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/editordosya/TEKIRDAG%20IL%20CEVRE%20DURUM%20RAPORU%202016-NIHAI.pdf (Erişim tarihi: 10.07.2017)

[92] Altınbilek, D., Kutoğlu, Y., Akyürek, Z., Rainfall Climatology of Turkey. METU Civil Eng. Dept., Ankara, Turkey, EU AVICENNE Project No: AVI 80/ACROSS, 1995.

[93] Anonim, DSİ Barajlar Uygulaması. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. http://barajlar.dsi.gov.tr/ (Erişim tarihi: 18.11.2017)

[94] Anonim, İstasyon Bilgileri Veri Tabanı. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. https://www.mgm.gov.tr/kurumsal/istasyonlarimiz.aspx (Erişim tarihi: 19.08.2017)

[95] Komuscu, A.Ü., Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Drought Network News, 11: 7-13, 1999.

[96] Szalai, S., Szinell, C. S., and Zoboki, J., Drought Monitoring in Hungary, in: Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management, World Meteorological Organization, Lisboa, pp. 182-199, 2000.

[97] Anonim, Savaştepe İlçesi. Savaştepe Belediyesi. http://www.savastepe.bel.tr/ (Erişim tarihi: 8.04.2017)

[98] Anonim, Soma İlçesi. Soma Belediyesi. http://www.soma.bel.tr/ (Erişim tarihi: 9.04.2017)

[99] Pala, B.F., Ömerli Baraj Gölü'nün Su Kalitesi Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 1994.

[100] Tezer, A., Ömerli Havzası'nda Ekosistem Servislerine Dayalı Bütünleşik Havza Yönetim Planının Geliştirilmesi Projesi. İTÜ Mimarlık Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Rapor No: TR10/14/DFD/0039, 2015.

[101] Atay, S., Ömerli Havzası Önemli Bitki Alanı Etnobotanik Özellikleri, Ekosistem Servislerinin Mekansal Planlamaya Entegrasyonu Araştırma Projesi, Gelişme Ek Raporu 3. TÜBİTAK, Rapor No: 108K615, İstanbul, 2009.

[102] Gülşen, H., Beykoz – Kadıköy – Tuzla (İstanbul) Bölgesinin Hidrojeoloji İncelemesi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2007.

[103] İzmiroğulları, P., Ömerli Baraj Gölü'nde Mikrobiyolojik (E.Coli) ve Kimyasal (Alüminyum, Demir, Kurşun ve Kadminyum) Kirlilik Parametrelerinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, İstanbul, 2004.

[104] Taş, B., Şuhut Ovası ve Yakın Çevresinin Jeomorfolojisi. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 1999.

[105] Arslan F., Bigadiç ve Sındırgı İlçelerinde Yerleşmeler. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Ankara, 2013.

[106] Arslan, F., Ergül, M., Çaygören Barajı Sulama Havzası ve Çevresinde Tarımsal Faaliyetler. Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi. 2(1): 171-190, 2014.

[107] Pala, C., Erdoğdu, E., Doğası Tarihi ve Folkloruyla Simav. Akmat Matbaacılık, İzmir, 2007.

[108] Erer, S., Simav Depresyonu ve Çevresinin Jeomorfolojisi. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayını, İstanbul, 1977.

[109] Avcı, M., Türkiye'nin Flora Bölgeleri ve Anadolu Diagonaline Coğrafi Bir Yaklaşım. Türk Coğrafya Dergisi. 28: 225–248, 1993.

[110] Kara, H., Akçay Havzası'nın Jeomorfolojisi. Doktora Tezi. Marmara Üniversitesi. İstanbul, 2001.

[111] Darkot, B., Erinç, S., Güneybatı Anadolu'da Coğrafi Müşahedeler. İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 3(5-6): 185, 1954.

[112] Dönmez, Y., Kütahya Ovasının ve Çevresinin Fiziki Coğrafyası. İstanbul Üniversitesi Yayınları, s. 105, İstanbul, 1972.

[113] Özel, A., Yukarı Porsuk Çayı Havzasındaki Nüfusun Eğitim Durumu. Marmara Coğrafya Dergisi, İstanbul, 5: 101-115, 2002.

[114] Avcı, F., Kütahya İlinin Turizm Coğrafyası. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 2012.

[115] Anonim, Kütahya İli Coğrafi Yapı. Kütahya İli Valiliği. http://www.kutahya.gov.tr/cografi-yapi (Erişim tarihi: 29.05.2017)

[116] Anonim, Kütahya, Manisa ve Uşak İllerinin Coğrafyası. Coğrafya Dünyası. http://www.cografya.gen.tr/ (Erişim tarihi: 22.09.2017)

[117] Efe, R., Yukarı Gediz Havzasında İklimin Doğal Bitki Örtüsü Dağılışına Etkisi. Türk Coğrafya Dergisi, 3: 79-99, İstanbul, 1998.

[118] Özdemir, H., Y., Hasanlar Baraj Havzasında Arazi Kullanımındaki Zamansal Değişimlerin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Düzce Üniversitesi, Düzce, 2015.

[119] Özyuvacı, N, Meteoroloji ve Klimatoloji. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, No:4196, İstanbul, 1999.

[120] Erinç, S., Kuzey Anadolu Kenar Dağlarının Ordu-Giresun Kesiminde Landşaft Şeritleri. TCD, Yıl: 3, Sayı: IX-X, s. 135, İstanbul, 1945.

[121] Lahn, E., Yeşilırmak Kelkit Amenajman Projesi Sahasının Tektonik ve Sismik Durumu. TCD, Yıl: XII, Sayı: 13-14, s. 46, Ankara, 1955.

[122] Yürüdür, E., Orta Kelkit Yöresinde İdarî Yapılanmadan Kaynaklanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(1): 83-97, 2002.

[123] Güven, M., Yukarı Kelkit Havzası'nda İklim-Doğal Bitki Örtüsü İlişkilerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum, 1994.

[124] Anonim, Altınyayla İlçesi Coğrafi Durumu. Altınyayla Kaymakamlığı. http://www.burduraltinyayla.gov.tr/cografi-durumu (Erişim tarihi: 28.03.2017)

[125] Anonim, Çameli İlçesi Coğrafi Durumu. Çameli Belediyesi. http://www.cameli.bel.tr/tr/page/cameli-hakkinda-konumu (Erişim tarihi: 29.03.2017)

[126] Anonim, Dalaman Çayı. T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. http://yigm.kulturturizm.gov.tr/TR,10069/dalaman-cayi.html (Erişim tarihi: 29.03.2017)

[127] Gündoğan R., Yüksel A., Akay A. E., Bozali N., Doğan O., Arazi Kullanım Planlamasının Erozyon Kontrol Çalışmalarındaki Önemi: Kartalkya Baraj Havzası Örneği. Baraj Havzalarında Ormancılık I. Ulusal Sempozyumu, Nisan 2008, Kahramanmaraş, s. 344, 2008.

[128] Biricik, A. S., Gölbaşı Depresyonu. Türk Coğrafya Dergisi, 29: 53-81, 1994.

[129] Dinç, A., Tarsus Çayı Havzası'nın Coğrafi Etüdü. Doktora Tezi. Selçuk Üniversitesi. Konya, 2009.

[130] Atalay, İ., Sedir (Cedrus Libani, A. Rich) Ormanlarının Yayılış Gösterdiği Alanlar ve Yakın Çevresinin Genel Ekolojik Özellikleri ile Sedir Tohum Transfer Rejiyonlaması, Tarım, Orman ve Köy işleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Genel No: 663, Seri No: 61, s 160-167, Ankara, 1987.

[131] Yıldırım, E., Ortaçeşme V., Manavgat Nehri Havzası'ndaki Peyzaj Değişiminin Peyzajların Korunması, Planlanması ve Yönetimine Yönelik Değerlendirilmesi. Mediterranean Agricultural Sciences, 29(2): 65-72, 2016.

[132] Doğan, U., Manavgat Nehri Havzasının Jeomorfolojik Evrimi. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22(2): 51-65, 2002.

[133] Günay, G., Karst Water Resources. IAHS Publ. 161: 333-341, Ankara, 1986.

[134] Altın, T. B., Seyhan Havzasında 1970-2009 Yılları Arasında Yağış ve Hava Sıcaklığı Değerlerindeki Değişimler ve Eğilimler. Türk Coğrafya Dergisi. 58: 21-34, 2012.

[135] Kuzucu, A., Seyhan Havzası'nda Kuraklığın Zamansal ve Alansal Değişiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, 2016.

[136] Anonim, Çatalan İçme Suyu Projesi. Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü. http://www.adana-aski.gov.tr/web/catalan.aspx
(Erişim tarihi: 20.11.2017)

[137] Sadık, M., Koç, H., Yukarı Kızılırmak Havzası'nın İklimi. Türk Coğrafya Dergisi, 58: 1-20, İstanbul, 2012.

[138] Yılmaz, C., Kızılırmak Deltasında Meydana Gelen Erozyonun Coğrafi Analizi, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2005, İstanbul, s. 227-234, 2005.

[139] Çevlik, H., Elibol M. İ., Yamula Baraj Gölü Limnolojisi. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 2009. http://www.dsi.gov.tr/docs/yayinlarimiz/yamula-baraj-golu-limnolojisi.pdf (Erişim tarihi: 26.11.2017)

[140] Sever, R., Sürgü Kasabası'nda (Doğanşehir-Malatya) Kültür Balıkçılığı ve Rekreasyonel Etkinlikler. Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 16(2): 43-62, 2006.

[141] Erkul, H., Sarıgül, E. C., Sürdürülebilir Su Yönetimi Açısından Sürgü Alt Havzası'nın İrdelenmesi. TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, Mart 2008, (1): 137-146, Ankara, 2008.

[142] Demirtaş, M., Doğanşehir Ovası ve Yakın Çevresinde Doğal Ortam ile İnsan Arasındaki İlişkiler. Yüksek Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi, Elazığ, 2007.

[143] Anonim, Erzurum İlçeleri. Coğrafya Dünyası. http://www.cografya.gen.tr/tr/erzurum/ilceler.html (Erişim tarihi: 28.11.2017)

[144] Yazıcı, H., Tercan Ovası ve Çevresinin Coğrafî Etüdü. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, 1991.

[145] Anonim, Erzincan Projesi Tercan Ovası Sulaması Planlama Drenaj Raporu. DSİ VIII. Bölge Müdürlüğü, Erzurum, Proje No: 2103, 1985.

[146]Anonim, İslahiye İlçesinin Coğrafi Yapısı. İslahiye Belediyesi. http://www.islahiye.bel.tr/icerik.asp?sayfa=ilceninDurumu (Erişim tarihi: 20.10.2017)

[147] Şimşek, M., İslahiye'de (Gaziantep) Tarımsal Yapı ve Arazi Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 2009.

# ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gaye (OĞUZTÜRK) AKTÜRK
Doğum Tarihi : 26.11.1984
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu : (Kurum ve Yıl)

İlkokul : Maltepe İlköğretim Okulu 1995
Ortaokul : Gazi Anadolu Lisesi 1999
Lise : Gazi Anadolu Lisesi 2002
Lisans : Kırıkkale Üniversitesi/ İnşaat Mühendisliği 2007
Kırıkkale Üniversitesi/ İşletme (Çift Anadal) 2007
Yüksek Lisans : Kırıkkale Üniversitesi/ İnşaat Mühendisliği 2010

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl/Yıllar:

Ce-Yapı Mühendislik Ltd. Şti. 2007-2009
Kırıkkale Üniversitesi Araştırma Görevlisi 2009-Halen

Yayınları (Diğer Dergilerde Yayınlanan Makaleler):

Oguzturk G., Yıldız O., Assessing Hydrological Responses to Droughts in the Hirfanli Dam Basin, Turkey, International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, ISSN: 2394-2827, Volume-3, Issue-5, Oct-2016 DOI Number - IJAMCE-IRAJ-DOI-5889, Page 116-123, 2016.

Oguzturk G., Yıldız O., Duvan, A., A Drought Analysis Of Sivas Using The Standardized Precipitation Index (SPI) Method and Drought Estimation with the Artificial Neural Networks, International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, ISSN: 2394-2827, Volume-2, Issue-5, Oct-2015 DOI Number - IJAMCE-IRAJ-DOI-3125, Page 24-30, 2015.

Oguzturk G., Yıldız O., Hydrologic Drought Investigation in the Kemer Dam Basın Using the SPI Method, International Journal of Advances in Mechanical and Civil Engineering, ISSN: 2394-2827, Volume-2, Issue-5, Oct-2015 DOI Number IJAMCE-IRAJ-DOI-3127, Page 35-40, 2015

Oguzturk G., Yıldız O., Drought Analysis for Different Time Periods in the City of Kırıkkale (Turkey), International Journal of Engineering Research and Development, Volume-6, No. 2, Page 1-7, 2014.

Ulusal ve Uluslararası Kongreler:

Oguzturk G., Yıldız O., Assessing Hydrological Responses to Droughts in the Hirfanli Dam Basin, Turkey, Proceedings of Academic World, International Conference, pp. 14-21, Singapore, 2 August 2016.

Oguzturk G., Yıldız O., Hydrologic Drought Investigation in the Kemer Dam Basin Using the SPI Method, 5-10, Proceedings of TheIRES International Conference on Engineering and Natural Science, 2 August 2015, Barcelona, Spain, 2015.

Oguzturk G., Yıldız O., Duvan, A., A Drought Analysis of Sivas Using the Standardized Precipitation Index (SPI) Method and Drought Estimation with the Artificial Neural Networks, 105-111, Proceedings of TheIRES International Conference on Engineering and Natural Science, 2 August 2015, Barcelona, Spain, 2015.

Oğuztürk, G., Yıldız, O., Farklı İklimsel ve Coğrafi Özelliklere Sahip Baraj Havzalarında SYİ Metodu İle Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi, VIII. Ulusal Hidroloji Kongresi, 183-201, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 8-10 Ekim 2015.

Oğuztürk, G., Yıldız, O., Sivas'ta Yapay Sinir Ağları (YSA) Yaklaşımıyla Aylık SYİ Tahmini ve Stokastik Modelleme, 7. Ulusal Hidroloji Kongresi, 186-201, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 26-27 Eylül, 2013.

Oğuztürk, G., Yıldız, O., Kızılırmak Havzası'nda Kuraklık Analizi, 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 12-16 Eylül 2011, İstanbul.

Araştırma Alanları : Hidroloji, Kuraklık Analizi, Yapay Sinir Ağları.