



Çatalan Baraj Havzasında Yağış Eksikliğinin Çeşitli Hidrolojik Sistemler Üzerine Etkileri

The Effect Of Precipitation Deficits On Hydrological Systems In The Çatalan Dam Basin, Turkey

Gaye AKTÜRK¹, Osman YILDIZ²

¹Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 71451, KIRIKKALE

²Kırıkkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, 71451, KIRIKKALE

Başvuru/Received: 22/02/2018

Kabul/Accepted: 15/04/2018

Son Versiyon/Final Version: 29/06/2018

Öz

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 çalışmada, Seyhan havzasının alt havzası olan Çatalan Baraj havzasında 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 havzasına 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 havzadaki 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 havzada 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. 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, Çatalan Baraj Havzası

Abstract

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, the Çatalan Dam Basin, a subbasin of the Seyhan River Basin was 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 basin. 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. 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.

Key Words

Precipitation, Standardized Precipitation Index (SPI), River Flows, Soil Moisture, Reservoir Storage, Drought Analysis, Çatalan Dam Basin.

1. GİRİŞ

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 değişimler 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 (BMÇMS, 1997). 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. Fakat kuraklığın bu unsurlar üzerindeki etkisi zamanla artış göstermesine rağmen, kavram olarak kuraklık toplumsal yapıda henüz tam anlamıyla anlaşılammıştır (Deniz, 2009).

Kuraklık, bir bölge üzerinde su miktarında bir süre boyunca normal düzeye göre belli bir miktarı aşan eksiklik görülmesidir (Yevjevich et al., 1983). 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 (Beyazıt ve Önöz, 2008). Bilimsel teorik ve uygulamalı olarak yapılan çalışmalarda kuraklık kavramına çeşitli disiplinler tarafından farklı görüş açılarından bakılması sebebiyle, geçmişten günümüze kuraklık kavramının farklı çevreler tarafından kabul edilmiş tek bir tanımı bulunmamaktadır. Genel olarak, yeryüzünün herhangi bir yerinde ve belli bir zaman süresince yağışın normalin ya da ortalamasının altında gerçekleşmesi kuraklığın birçok tanımında esas alınmış ve yağış eksikliği, uzun süre devam etmesi ve olumsuz etkilere sahip olması ise ortak terimler haline gelmiştir. Bu şekilde kuraklık olaylarının birbirinden farklı alanlarda etkili olması kuraklık tanımlamalarını genişletmiştir (Şen, 2009).

Kuraklık, etki altına aldığı alanlara gösterdiği sosyo-ekonomik zararların göz önüne alınması sonucunda doğal afet olarak nitelendirilebilir (Maybank et al.,1995). 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 (Bryant, 1993). 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. Ayrıca ortaya çıkışına neden olabilecek parametrelerin çok fazla olması kuraklığın etki alanlarını da genişletmektedir. Bu sebeple kuraklık, etki alanına göre birçok alanı yakından ilgilendirmektedir (Kömüşçü vd., 2003). Literatürde tanımlanan birçok çeşidi olmasına rağmen kuraklık, genellikle dört ana tipe ayrılmaktadır: Yağışların uzun yıllar ortalamasına göre eksiklik göstermesi ile ortaya çıkan durum için *Meteorolojik Kuraklık*, su kaynaklarının (yağışlar, yeraltı ve yüzey suları) beklenen normal seviyelerin ve ortalamaların altında kalması ile ortaya çıkan durum için *Hidrolojik Kuraklık*, bitki için gerekli olan zemin neminin yeterli değerinin altında olmasına bağlı olarak ortaya çıkan durum için *Tarımsal Kuraklık* ve kuraklığın bir taraftan tarıma ve canlılara, diğer taraftan da su kaynaklarına ve dolayısıyla bu kaynaklardan faydalanması gereken endüstriler üzerindeki etkisi sonucunda ortaya çıkan durum için *Sosyoekonomik Kuraklık* tarif edilmiştir (Wilhite and Glantz, 1987; Kadıoğlu, 2008).

Türkiye yarı kurak iklim özelliklerine sahip olduğundan dolayı kuraklık olayları sıkça yaşanmaktadır. 1960'lı yıllarda Afrika'nın Sahel bölgesinde ve alt-tropik kuşak yağışlarında başlayan ani azalmalar 1970'li yıllarla birlikte Doğu Akdeniz Havzası'nda ve Türkiye'de de (özellikle kış aylarında) etkili olmaya başlamıştır. Ayrıca Türkiye'de yaz kuraklıkları, egemen fiziki coğrafya koşulları nedeniyle, alansal ve zamansal olarak değişkenlik göstermekle beraber, alt-tropikal Akdeniz ikliminin doğal bir özelliği olarak, ülkenin Karadeniz yağış bölgesi, kuzey Marmara ve Kuzeydoğu Anadolu bölümleri dışında kalan yerlerinde çok sık oluşmaktadır. Özellikle 1970'lerin başından itibaren Türkiye'de kuraklık olaylarının alansal yayılımı, sıklık ve şiddetinde artışlar gözlenmiştir (Türkeş, 1996, 1998, 1999, 2003; Türkeş vd. 2000; Türkeş ve Tatlı, 2008; Türkeş ve Erlat, 2003, 2005). 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 yayımlı olanları 1932, 1955-1956, 1971-1974, 1977, 1983-1984, 1989-1991, 1996, 1999-2001, 2007-2008 ve 2013-2014 yıllarında meydana gelmiştir (Türkeş, 1996, 2012, 2014; Komuscu, 2001; Yılmaz, 2015-2018).

Türkiye'de 1940'lı yılların başlarından itibaren kuraklık üzerine yapılan çalışmalar artarak devam etmektedir. Çeşitli yöntemler kullanılarak gerçekleştirilen bu çalışmaların bir kısmı tüm Türkiye'yi, diğer bir kısmı ise belli bir coğrafi bölgeyi ya da alanı kapsamaktadır (Tanoğlu, 1943; Erinc, 1949; Erinc, 1950; Tümertekin ve Cöntürk, 1956; Tümertekin, 1956; Erinc, 1957; Erinc, 1965; Çelenk, 1973; Nişancı, 1976; Nişancı, 1977; Aydeniz, 1988; Türkeş, 1990; Altıparmak, 1999; Erkuş, 2001; Sırdaş, 2002; Sırdaş ve Şen, 2003; Özgürel vd. 2003; Topçuoğlu vd. 2004; Pamuk vd. 2004; Yeğnidemir, 2005; Yaltay, 2006; Keskin vd. 2007; Yıldız 2007a; Yıldız 2007b; Yıldız vd. 2007; Yıldız, 2008; Türkeş ve Tatlı, 2008; Hıms, 2008; Yürekli ve Anlı, 2008; Deniz, 2009; Yıldız, 2009; Oğuztürk, 2010; Keskin ve Sorman, 2010; Oğuztürk ve Yıldız, 2011; Oğuztürk ve Yıldız, 2013; Hıms, 2013; Yıldız, 2014a; Yıldız, 2014b; Oğuztürk ve Yıldız, 2014; Bulut, 2015; Oğuztürk ve Yıldız, 2015; Oğuztürk et al. 2015; Bulut ve Yılmaz, 2016; Oğuztürk ve Yıldız, 2016; Oğuztürk, 2017).

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, Çatalan Baraj havzasındaki yağış eksiklerinden kaynaklanan kuraklıkların nehir akımları, baraj hazne hacimleri ile zemin nemi sistemleri üzerindeki etkisi ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Çatalan Barajı’na ait su toplama havzasında incelenen su kaynaklarının farklı zaman ölçeklerindeki yağış eksikliğine karşı verdiği tepkinin belirlenmesi amacıyla mevcut havzada meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri yapılmıştır. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen bölgesel ortalama Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) serilerinden yararlanılarak meteorolojik kuraklık analizi sonucunda havzaya 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 havzasındaki 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’ye verdiği tepkiler mevsimsel olarak incelenmiştir. Ayrıca nehir akımları ile zemin nemi 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 ve uydu kaynaklı aylık ortalama zemin nemi gözlem değerleri kullanılmıştır (Yılmaz, 2015-2018; Bulut, 2015). Verileri ile ilgili bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan yağış, akım, hacim ve zemin nemi verileri

Havza	Yağış Verisi Aralığı (Yıl)	Akım Verisi Aralığı (Yıl)	Hacim Verisi Aralığı (Yıl)	Zemin Nemi Verisi Aralığı (Yıl)
Çatalan Baraj Havzası	1963-2013	1997-2013	1997-2002	2003-2011

2. STANDARTLAŞTIRILMIŞ YAĞIŞ İNDİSİ (SYİ) METODU

Yağış, alansal ve zamansal büyük değişimler 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 (Sırdaş, 2002).

Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ), 1993 yılında McKee ve arkadaşları tarafından kuraklığı tanımlamak ve izlemek amacıyla geliştirilmiştir. 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. SYİ metodu için çoklu zaman ölçümlerinde farklı zaman dilimlerindeki yağış azalmasını belirlemek için tasarlanmıştır da denilebilir. Bu yöntemde ihtiyaç duyulan tek meteorolojik değişken yağış olduğundan uygulaması oldukça kolaydır. Diğer bir önemli avantajı ise farklı zaman ölçekleri için kuraklığı ölçmede gösterdiği esnekliktir. Standart yağış serisini hesaplamada yalnızca yağış serisinin aritmetik ortalaması ve standart sapmasına ihtiyaç duyulur. Herhangi bir X_1, X_2, \dots, X_n yağış zaman serisi için standart yağış serisi, x_i , aşağıdaki eşiklik kullanılarak hesaplanır.

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}}{S_x} \quad (1)$$

Burada \bar{X} serinin ortalamasını ve S_x ise serinin standart sapmasını gösterir.

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 dönemleri göstermesi ve ayrıca standartlaştırılmış dizinin boyutunun olmamasıdır (Tosunoğlu, 2014). Fakat, bu ilişki yağış serisinin normal dağılımı göstermesi durumunda kullanılmaktadır. Ters koşullarda seri uygun bir dağılıma uydurularak bu dağılımdan gözlemlere karşılık gelen olasılıkların standart normal dağılımdaki karşılığı olan z-değerleri (SYİ) belirlenmektedir.

Yağış eksikliğinin farklı su kaynaklarına etkisi dikkate alınarak genel olarak indislerdeki değişimlerin gözleneceği 1, 3, 6, 9, 12, 24 ve 48 aylık gibi farklı zaman dilimleri belirlenir. Bu zaman dilimleri yağıştaki eksikliğin kullanılabilir su kaynaklarına olan

etkisinin ne kadar sürede hissedilebileceği gibi sübjektif bir mantığa göre seçilmiştir. Örneğin, herhangi bir ayda yağışta meydana gelen azalma toprak nemine nispeten kısa sürede (1-3 ay) etki edebilirken, yeraltı sularının ve nehirlerin bundan etkilenmesi daha uzun süreli bir zaman dilimi içinde olur (3-6 ay) (Pamuk vd. 2004).

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 değerlendirilmesinde 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 (Özgürel vd. 2003; Mckee et al., 1995). Bu şekilde, yağış serilerini normalleştirerek SYİ değerlerine dönüşümü tamamlandıktan sonra kuraklık sınıflandırması yapılarak değerlendirme yapılabilir. McKee vd. (1993) tarafından SYİ aralıkları için dört ayrı kuraklık sınıflandırması yapılmıştır. Yapılan kuraklık sınıflandırılması Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. SYİ Kuraklık Sınıflandırılması

SYİ	Kuraklık Kategorisi
(0.00) – (-0.99)	Normal
(-1.0) – (-1.49)	Orta Derece Kurak
(-1.5) – (-1.99)	Çok Kurak
-2 ≥	Aşırı Kurak

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.

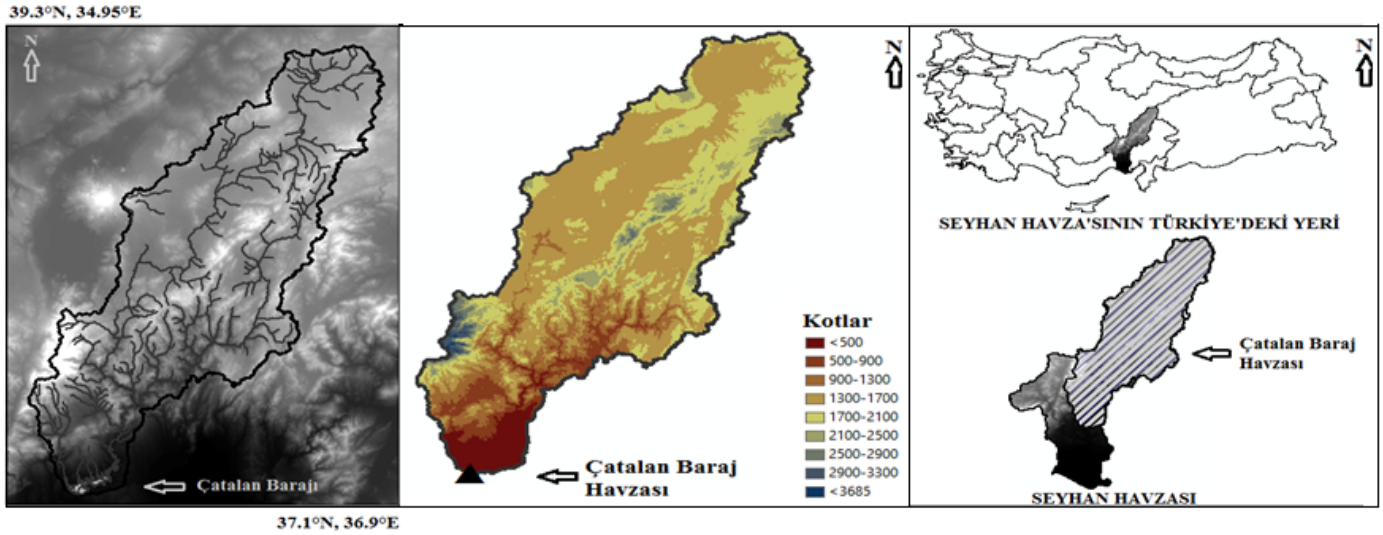
SYİ metodunun kullanılmasındaki amaç ise; bu yöntem ile 1 aylıktan 48 aya kadar farklı zaman dilimlerinde inceleme yapılarak yağış eksikliğinin farklı su kaynakları üzerine yaptığı etkilerin görülmesini sağlayan ve hem alansal hem de zamansal normalleştirmelerde başarılı bir yöntem olduğundan dolayı tercih edilmiştir (Sırdaş, 2002; Sırdaş ve Şen, 2003; Özgürel vd. 2003; Yeğnidemir, 2005; Keskin vd. 2007; Yıldız 2007a; Yıldız 2007b; Yıldız vd. 2007; Yıldız 2008; Türkeş ve Tatlı, 2008; Hıms, 2008; Yürekli ve Anlı, 2008; Deniz, 2009; Yıldız, 2009; Oğuztürk, 2010; Keskin ve Sorman, 2010; Oğuztürk ve Yıldız, 2011; Oğuztürk ve Yıldız, 2013; Hıms, 2013; Yıldız, 2014a; Yıldız, 2014b, Oğuztürk ve Yıldız, 2014, Oğuztürk ve Yıldız, 2015, Oğuztürk ve Yıldız, 2016, Oğuztürk, 2017). 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.

3. UYGULAMA

3.1. Çatalan Baraj Havzasında Meteorolojik Kuraklık Analizi

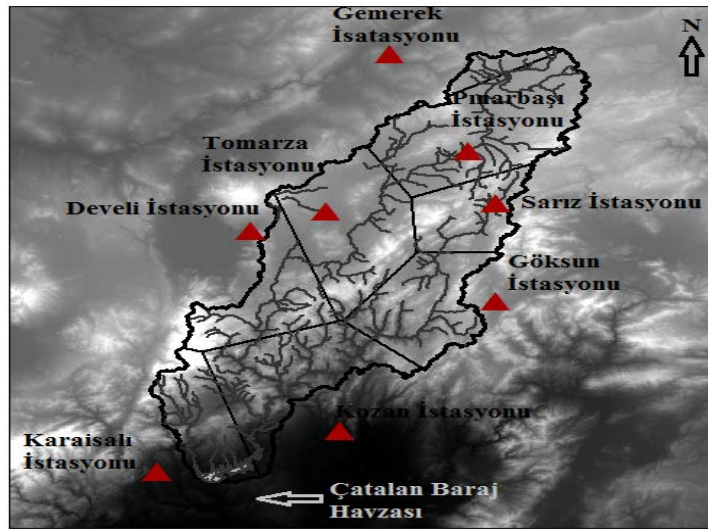
Seyhan havzasının bir alt havzası olan Çatalan Baraj havzası, yaklaşık olarak 15303 km² su toplama alanına sahiptir (Şekil 1). Havzanın kuzey bölümü İç Anadolu, güney bölümü ise Akdeniz Bölgesi içinde yer almaktadır. Kıyıya daha yakın bölgeler hariç dağlık, engebeli ve eğimi fazla olan bir arazi yapısına sahip olan havzada, güneye yakın bölgelerde eğimi az Çukurova tabanı ve geride Orta Toros dağ sistemi uzanmaktadır (Altın, 2012). Havzada yükselti farklılıkları 110-3685 m aralığında değişmekte ve membadan mansaba doğru gidildikçe yükselti artmaktadır. Havzanın kuzey bölümü Orta Doğu Anadolu iklim bölgesinde, güney bölümü ise Doğu Akdeniz iklim bölgesinde yer almaktadır (Altınbilek vd, 1995). Bu durumun da havza iklimine ve yağış rejimine etkisi büyüktür. 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. Kıyıda 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 kadar 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 (Kuzucu, 2016). Havzada yıllık sıcaklık ortalaması ise 11.1 °C olup, en sıcak aylar temmuz ve ağustos iken, en soğuk aylar ocak ve şubatır. 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, Akdeniz kıyısına daha yakın olmasından dolayı daha fazla yağış almaktadır. Havzada yıllık ortalama yağış 539 mm civarında olup, bu miktar da ülke yıllık ortalama yağış miktarının altında bir değere tekabül etmektedir. Havzada en fazla yağış kış mevsiminde aralık ayında ve ilkbahar mevsiminde nisan ayında, en az yağış ise yaz mevsiminde temmuz ve ağustos aylarında görülmektedir. Ayrıca Çatalan Baraj havzası, Türkiye'nin en verimli tarımsal alanlarının

bir bölümünü kapsamaktadır (Kuzucu, 2016). Seyhan Nehri üzerinde 1997 yılında sulama, içme suyu, taşkın kontrolü ve enerji amaçlı olarak hizmete alınan Çatalan Barajı, normal su kotunda 82 km² göl alanına, 2126 hm³ göl hacmine sahiptir (Anonim, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü). Baraja gelen aylık ortalama akım miktarı ise yaklaşık olarak 126.61 m³/s, maksimum gelen aylık ortalama akım miktarı 491.90 m³/s ve minimum gelen aylık ortalama akım miktarı 3.00 m³/s'dir.



Şekil 1. Çatalan Baraj Havzası

Bu 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. İstasyona ait aylık yağış verilerinin eksik verileri aritmetik ortalama metodu kullanılarak çevredeki diğer yakın istasyonların verilerinden yararlanılarak tamamlanmaya çalışılmıştır. İstasyonların buldukları iklim bölgelerinin ve yüksekliklerinin farklı olması, istasyonların arasındaki korelasyon değerini etkilemektedir. Çalışmada istasyonların verileri arasındaki korelasyon değerlerinin yüksek çıktığı görülmüştür. Daha sonra verileri değerlendirilen 8 adet meteoroloji istasyonuna ait 1963-2013 yılları arası aylık yağış verileri kullanılarak Thiessen poligonları yöntemi ile havzanın bölgesel ortalama yağış değerleri hesaplanmıştır. Şekil 2'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 Tablo 3'de görülmektedir.

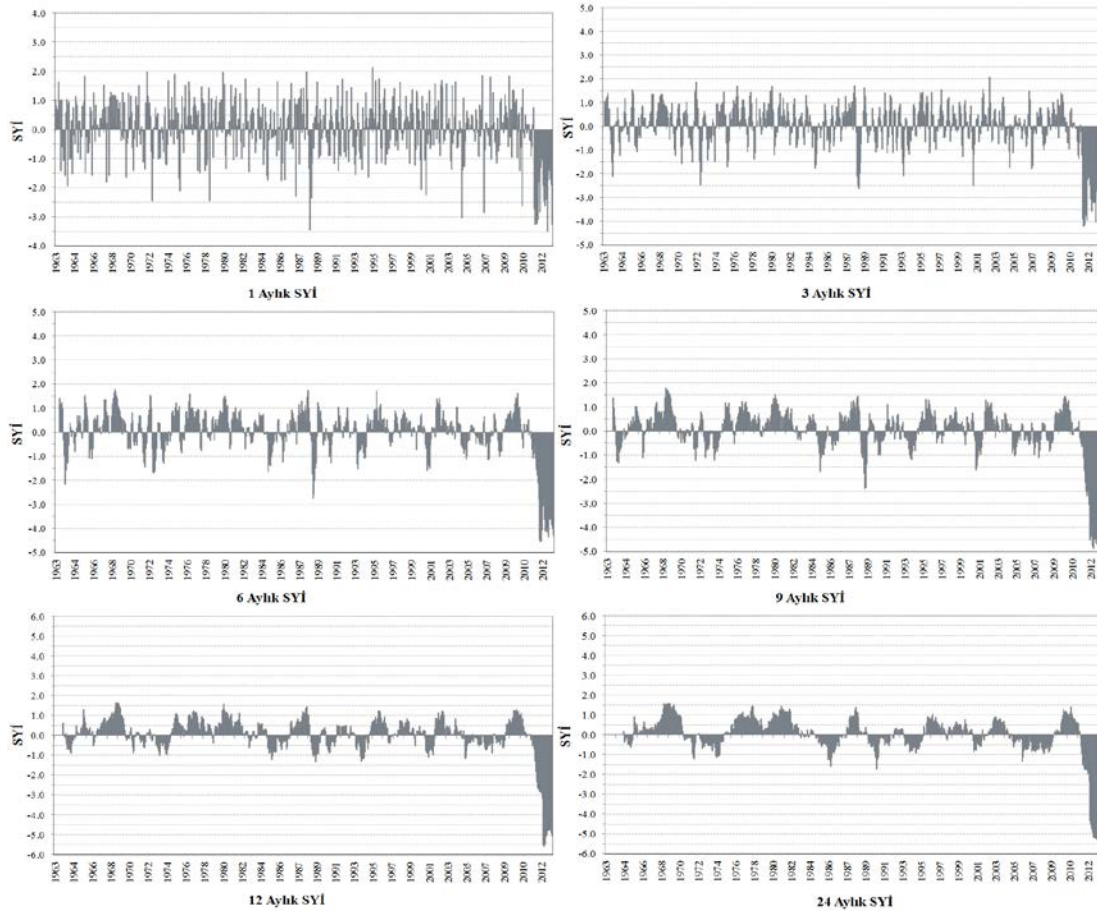


Şekil 2. Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Seçilen İstasyonların Yerleri ve Temsil Ettiği Alanlar

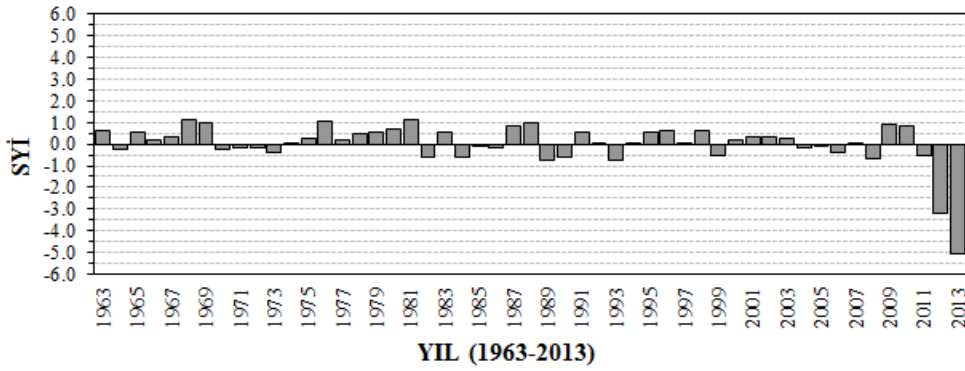
Tablo 3. Çatalan Baraj Havzası Çalışmasında Kullanılan Bölgesel Ortalama ve İstasyon Yağış Verileri Arasındaki Pearson Korelasyon Değerleri

	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

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 3’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.

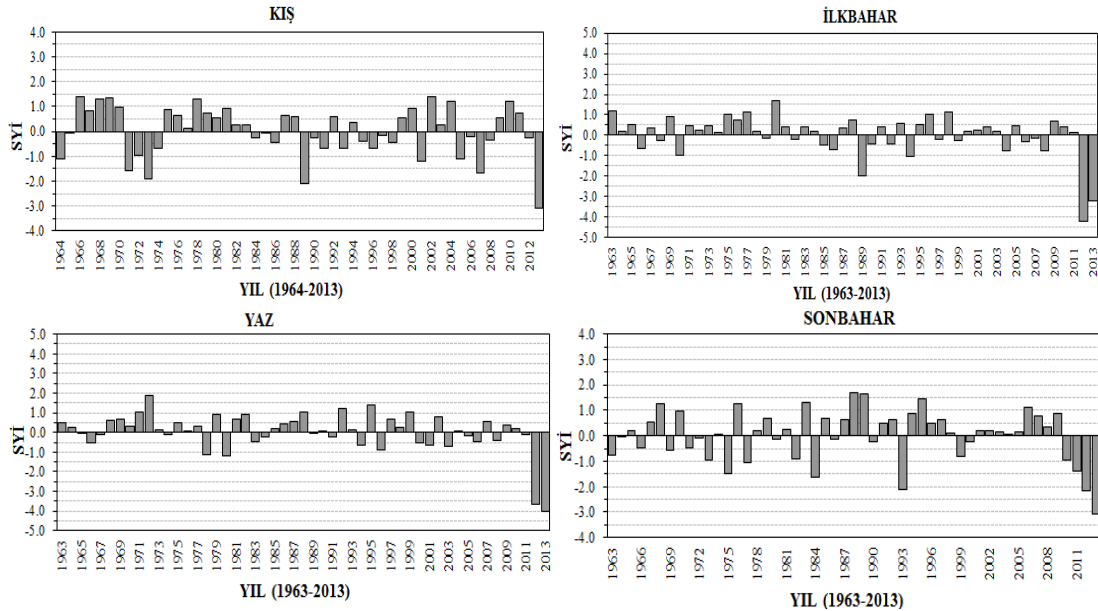
**Şekil 3. Çatalan Baraj Havzasında Farklı Zaman Ölçekleri İçin Hesaplanan SYİ Zaman Serileri**

Bölgesel ortalama 12 aylık SYİ serisi incelendiğinde, 1963-2013 yılları arasındaki değerlendirme sonucunda, Şekil 4’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 2 yıl olup, 1970-1973 yılları arası görülen maksimum kuraklık süresi 4 yıldır. Ortalama kuraklık şiddeti -0.30 (normale yakın kurak) ve 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. Çatalan Baraj Havzası 12 Aylık SYİ Zaman Serisi

Bölgesel ortalamanın 3 aylık SYİ serisi yardımıyla mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelenmiştir. Şekil 5'de yağış eksikliğinin mevsimlere göre değişim gösterdiği görülmektedir. Mevsimsel incelemeler sonucunda 51 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiş 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. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kuraklık 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. Ayrıca, 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.



Şekil 5. Çatalan Baraj Havzasında Kış, İlkbahar, Yaz ve Sonbahar Mevsimlerinde Yaşanan Sulak ve Kurak Dönemler

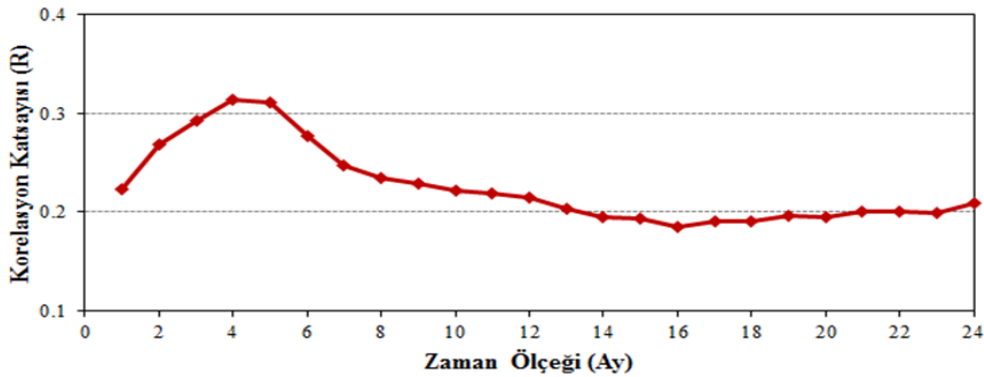
3.2. Çatalan Baraj Havzasında Hidrolojik Kuraklık Analizi

Havzada hidrolojik kuraklık takibi için en uygun SYİ zaman ölçeğini tespit etmek amacıyla standartlaştırılmış aylık ortalama akımlar ve hazne hacimleri ile aylık SYİ değerleri karşılaştırılmıştır. Çalışmada 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.

Çatalan Baraj havzasında 1997-2013 yılları arasındaki aylık ortalama akım verileri ile 1997-2002 yılları arasındaki aylık ortalama hazne hacim değerleri kullanılmıştır. Çatalan Barajına ait elimizde aylık ortalama hazne hacim verileri 2013 yılına kadar olmasına rağmen, çalışma sırasında aylık ortalama hazne hacim verilerininin 2002 yılına kadarki bölümü kullanılmıştır. Bunun sebebi ise, 2002 yılına kadar içme ve kullanma suyu ihtiyacı yeraltı suyundan temin edilen Adana ilinin su ihtiyacının Çatalan Baraj gölünden karşılanması için üç aşamalı olarak planlanan Çatalan İçme Suyu Projesi'nin uygulamaya geçirilmesi ve 2002 yılı ekim ayında birinci aşamasının tamamlanmış olmasından kaynaklanmaktadır (Anonim, Çatalan İçme Suyu Projesi). 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. Daha sona zaman aralığı belirlenen aylık ortalama akım ve hazne hacim verileri standartlaştırılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

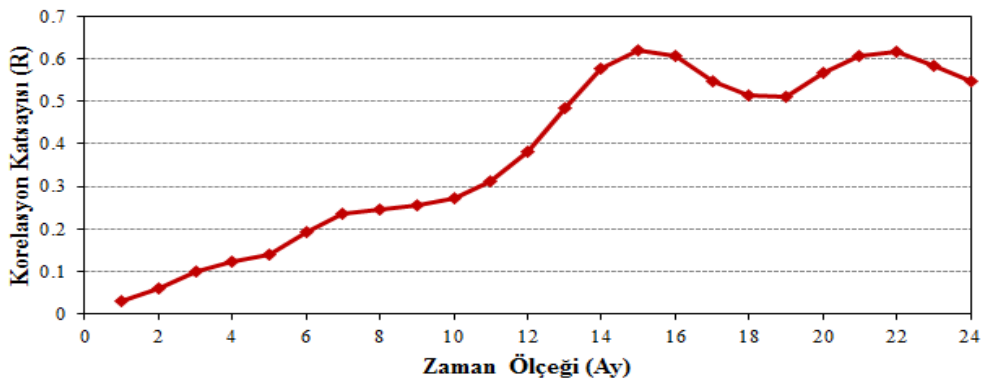
3.2.1. Standartlaştırılmış Akım ve Hazne Hacim Değerlerinin Sürekli Veriler Olarak Ele Alınarak Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri ile Karşılaştırılması

Standartlaştırılmış akım değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 6'da 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 6. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

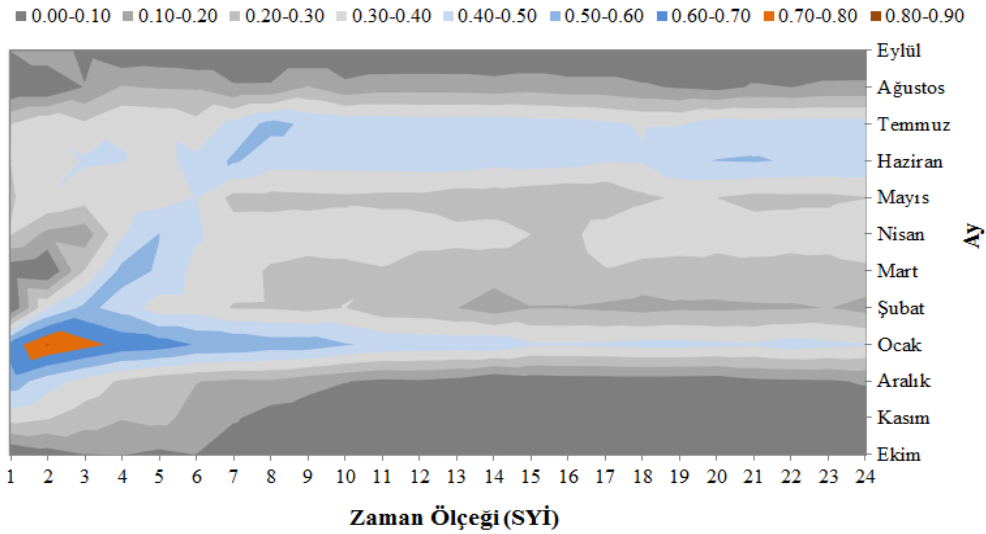
Standartlaştırılmış hazne hacim değerleri ile farklı zaman ölçeklerinde SYİ değerleri arasında elde edilen korelasyonlar analiz edilmiş ve korelasyon değerlerinin değişimi (korelogram) Şekil 7'de gösterilmiştir. Buna göre hacim ve SYİ arasında uzun zaman ölçeklerinde (14-16 aylık) yüksek korelasyon olduğu 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 7. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

3.2.2. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Akım ve Hazne Hacim Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerlerinin Aylık Karşılaştırılması

Çalışmanın bu aşamasında, nehir akımlarındaki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmış ve çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Şekil 8’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’ye verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



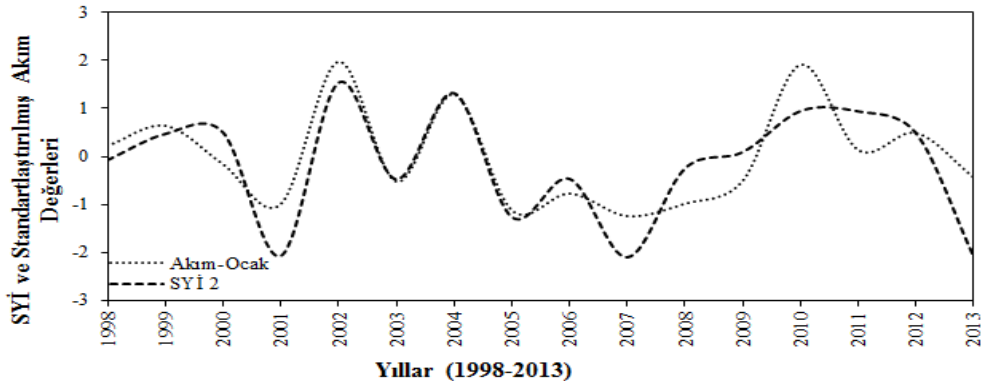
Şekil 8. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Akım Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada 6 aya kadar olan kısa zaman ölçekleri (1-6 aylık) için en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.80$) 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 ($R \leq 0.56$), ocak ayında yükselmeye devam etmiştir. Ocak ayında 2 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en yüksek korelasyon değerine ($R=0.80$) ulaşılmıştır. Şubat ayında ise korelasyon değerleri ($R \leq 0.52$) nispeten düşüş göstermiştir. Kış mevsiminde maksimum korelasyonlar aralık ayında 1 aylık, ocak ayında 2 aylık ve şubat ayında 3 aylık zaman ölçeklerinde bulunmuştur. İlkbahar mevsimi başlangıcında mart ve nisan aylarında korelasyon değerleri ($R \leq 0.53$) 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 mevsiminde maksimum korelasyonlar mart ayında 4 aylık, nisan ayında 5 aylık ve mayıs ayında 6 aylık zaman ölçeklerinde elde edilmiştir. Bu mevsimde maksimum korelasyon değerleri azalırken, bulunduğu zaman ölçeğinde basamak şeklinde bir artma olduğu dikkat çekmiştir. Yaz mevsiminde, haziran ayında korelasyon değerleri ($R \leq 0.42$) mayıs ayında elde edilen korelasyon değerlerine yakın çıkmıştır. Temmuz ayında korelasyon değerleri düşmeye başlamış ($R \leq 0.39$) ve ağustos ayında düşüş devam ederek, bu ayda mevsimin en düşük korelasyon değerleri ($R \leq 0.21$) elde edilmiştir. Yaz mevsiminde maksimum korelasyonlar haziran ayında 6 aylık, temmuz ve ağustos aylarında 4 aylık zaman ölçeğinde bulunmuştur. Sonbahar mevsiminde ise eylül ve ekim aylarında korelasyon değerleri düşmeye devam etmiş ($R \leq 0.17$) ve ekim ayında da 4 aylık zaman ölçeğinde tüm mevsimlerin en düşük maksimum korelasyon değeri ($R \leq 0.10$) 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 ($R \geq 0.52$) 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. 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 ($0.21 \leq R \leq 0.35$) $R=0.20$ 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

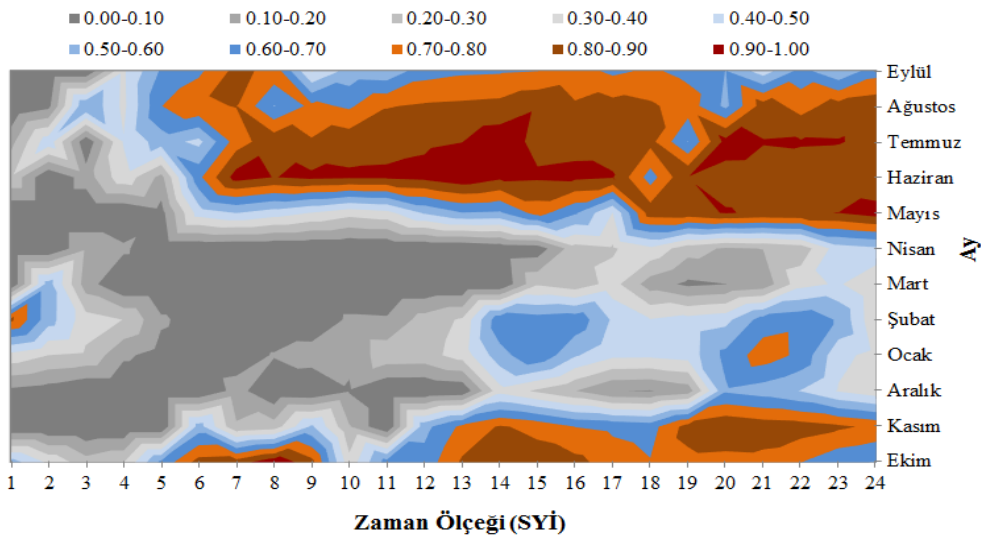
ölçeklerinde bulunmuştur. Çalışmada, her mevsim için bulunan en yüksek korelasyon değerleri $R=0.30$ değerini aşmıştır. İncelenen zaman ölçeğinde (1-12 aylık) tüm mevsimler için maksimum korelasyon değerleri 1-9 aylık uzun ve kısa zaman ölçeklerinde elde edilmiş olup, bu zaman ölçeklerinde sonbahar mevsiminde (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 ($R\leq 0.10$) ayın da sonbahar mevsiminde ekim ayı olduğu tespit edilmiştir.

Şekil 9'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 değişimler üzerinde aralık ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



Şekil 9. Çatalan Baraj Havzasında 2 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Ocak Ayının Standartlaştırılmış Akım Değerleri

Çalışmanın bu aşamasında ise, hazne hacimlerindeki mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla karşılaştırmalar yapılmış ve çeşitli mevsimsel farkların ortaya çıktığı gözlenmiştir. Şekil 10'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'ye verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



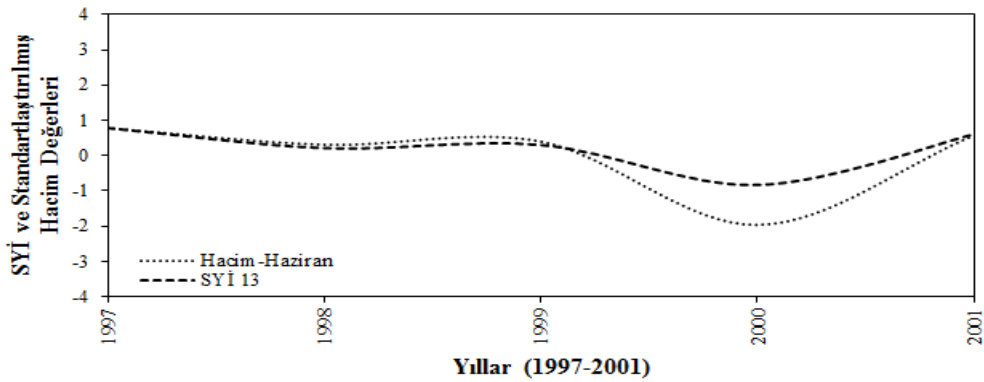
Şekil 10. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Aylık Hazne Hacim Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

Çalışmada en yüksek korelasyon değerleri ($R\leq 0.98$) 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 ($R \leq 0.59$) 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 ($0.75 \leq R \leq 0.89$) 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 11'de 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 değişimler üzerinde haziran ayından itibaren meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.



Şekil 11. Çatalan Baraj Havzasında 13 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Haziran Ayının Standartlaştırılmış Hacim Değerleri

3.3. Çatalan Baraj Havzasında Tarımsal Kuraklık Analizi

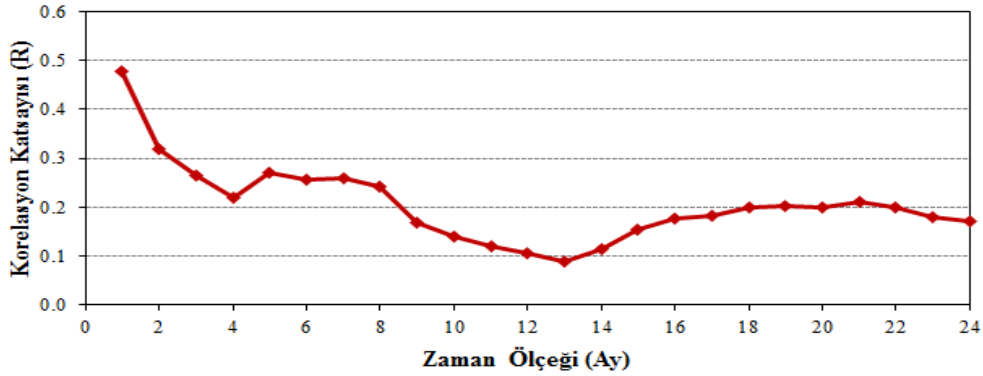
Çalışmanın bu bölümünde, tarımsal kuraklığı takip etmek amacıyla kuraklık çalışmaları için önemli bir parametre olan zemin nemi verileri ile çalışılmıştır. Bilindiği gibi zemin nemi ölçümleri üç farklı metot kullanılarak yapılmaktadır. Bu metotlar, uydu gözlemleri (uzaktan algılama), hidrolojik modeller ve istasyonlardan yapılan direk ölçümlerdir (Bulut ve Yılmaz, 2016). Çalışmada, 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 2003-2011 yılları arasındaki aylık ortalama zemin nemi verileri ve farklı zaman ölçeklerindeki SYİ değerleri ile çalışılmıştır (Yılmaz, 2015-2018; Bulut, 2015). 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.

3.3.1. 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 12'de gösterilmiştir. Bilindiği üzere, 1-3 aylık toplam yağışta meydana gelebilecek eksilme zemin nem düzeyine hemen etki

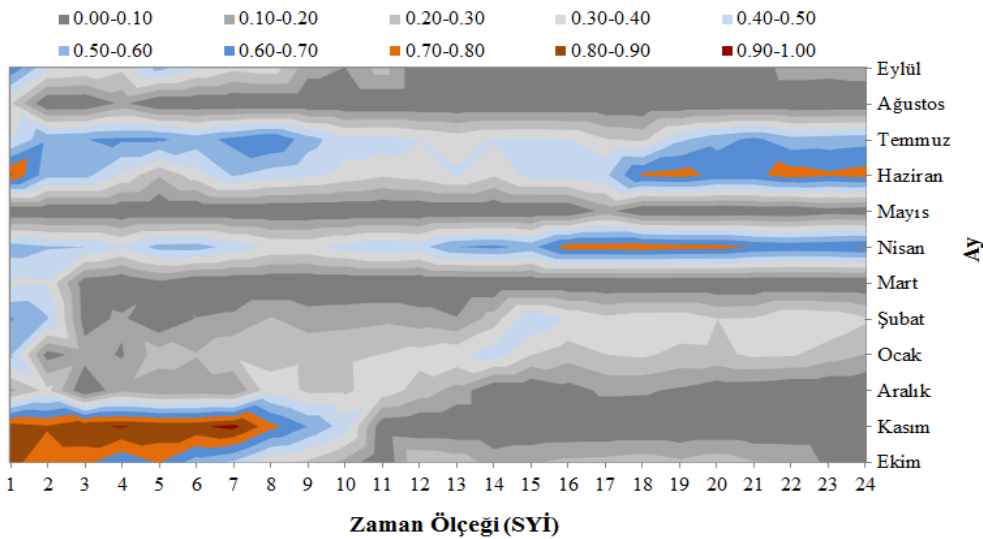
etmektedir, yani zemin nemi 1-3 ay bazındaki kuraklıktan daha çok etkilenmektedir. Bu sebeple, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerindeki korelasyonlar incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, zemin nemi ve SYİ arasında kısa zaman ölçeklerinde (1-2 aylık) yüksek korelasyonların olduğu görülmektedir. 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 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 12. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri ile Farklı Zaman Ölçeklerindeki SYİ Değerleri Arasında Korelasyon

3.3.2. 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 13’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’ye verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıklar vardır.



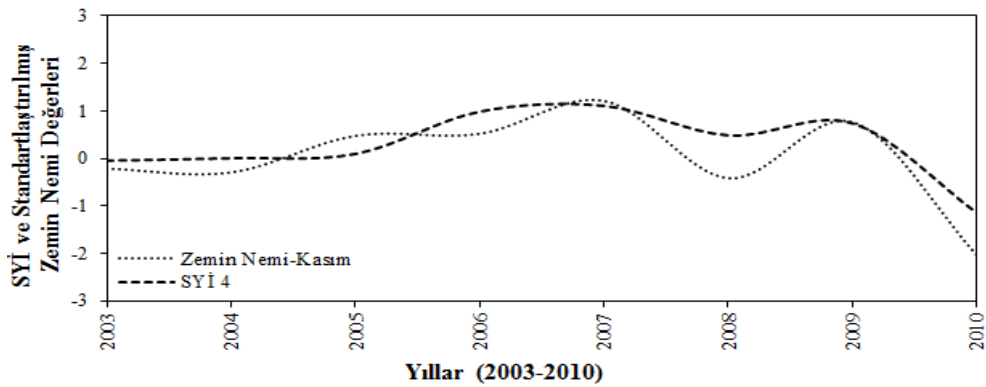
Şekil 13. Çatalan Baraj Havzasında Uydu Kaynaklı Gözlemlerden Elde Edilen Standartlaştırılmış Aylık Zemin Nemi Değerleri ve Farklı Zaman Ölçeklerindeki Aylık SYİ Değerleri Arasında Korelasyon Katsayıları

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 13’den görüldüğü gibi incelenen zaman periyodunda en yüksek korelasyon değerleri ($R \leq 0.91$) sonbahar mevsiminde (Ekim ve Kasım) ve yaz mevsimi başlangıcında (Haziran) elde edilmiştir. 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),

İlkbahar 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 ($R < 0.10$) 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 14'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 değişimler üzerinde ağustos ayında meydana gelen yağış toplamları daha açıklayıcı bir etkiye sahiptir.

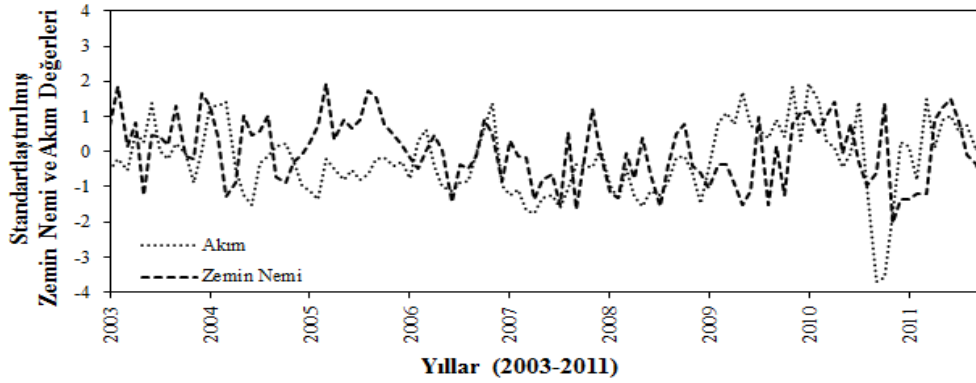


Şekil 14. Çatalan Baraj Havzasında 4 Aylık Zaman Ölçeğinde SYİ ile Kasım Ayının Standartlaştırılmış Zemin Nemi Değerleri

3.4. 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 (Yılmaz, 2015-2018; Bulut, 2015). 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 (Türkeş, 2014).

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 15’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 15. Çatalan Baraj Havzasında Standartlaştırılmış Uydu Kaynaklı Zemin Nemi ve Standartlaştırılmış Akım Değerlerinin Karşılaştırılması

4. SONUÇ

Yağışlarda meydana gelen eksikliklerin analiz edilmesi sonucu elde edilen bulgular ile uzun bir süreçte gerçekleşen kuraklık afetinin su kaynaklarına etkisine yönelik çalışmalarda bilimsel destek sağlanabilmektedir. Su kaynakları yönetimi çalışmalarında, özellikle iklim değişikliğine bağlı yağış eksikliğinden kaynaklanan kuraklıkların farklı bölgelerdeki hidrolojik sistemler üzerindeki etkilerini irdelemek gerekmektedir. Bu sebeple, su kaynaklarının yağış eksikliklerine karşı tepkilerinin belirlenmesi dünyada, ülkemizde ve nehir havzalarında kuraklık olaylarının kolay bir şekilde tanımlanması ve izlenmesi için önemlidir. Bu çalışmada, Çatalan Baraj havzasındaki yağış eksiklerinden kaynaklanan kuraklıkların nehir akımları, baraj hazne hacimleri ile zemin nemi sistemleri üzerindeki etkisi ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Çatalan Barajı’na ait su toplama havzasında incelenen su kaynaklarının farklı zaman ölçeklerindeki yağış eksikliğine karşı verdiği tepkilerin belirlenmesi amacıyla farklı zaman ölçeklerinde elde edilen bölgesel ortalama SYİ serileri kullanılarak mevcut havzada meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklık analizleri yapılmış ve bununla birlikte nehir akımları ile zemin nemi arasındaki ilişki araştırılmıştır.

Çalışmanın birinci aşamasında, Çatalan Baraj havzasına ait 1963-2013 yılları arasındaki bölgesel ortalama aylık yağış verilerinden elde edilen SYİ değerleri kullanılarak yapılan meteorolojik kuraklık analizi sonuçları bütün olarak değerlendirilmiştir. 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. Bunun nedeni ise, havzada kıyıya yakın kesimlerde Akdeniz ikliminin görülmesi ile birlikte, içerilere doğru gidildikçe Akdeniz ikliminden karasal iklime geçiş ikliminin hakim olmasından kaynaklanmaktadır. Havzada genel olarak, 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 edilmiş ve en uzun yağış sıklığı 1975-1981 yılları arasında yaşanmıştır. Havzada 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 olduğu ve yağış eksikliğine bağlı olarak havzada farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının meydana geldiği gözlemlenmiştir. Havza için ortalama kuraklık şiddeti normale yakın kurak, 2013 yılında görülen maksimum kuraklık değeri ise aşırı kurak olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, havzada yağış eksikliğine bağlı olarak çok ve orta derecede kuraklıklara hiç rastlanmamış olup, aşırı kuraklıklara ise az sayıda rastlanılmış ve havzada genellikle, normale yakın kurak ve sulak dönemlerin hakim olduğu görülmüştür. Özellikle, uzun süreli sulak dönemlerden sonra 2011-2013 yılları arasında kurak dönemler başlamış, ortalama sıcaklıklarda artma eğiliminin olmasından ve yağış eksikliğinden dolayı son dönemlerde kuraklık büyüklüklerinde çok fazla artış gözlemlenmiştir. Bu dönemde sadece 2011 yılında havzada normale yakın kuraklık görülmüş, fakat 2012 ve 2013 yıllarında kuraklık büyüklüklerinde de çok fazla artış olmuş ve havzada göz önüne alınan süre içerisinde ilk defa aşırı kuraklık yaşanmıştır. Özellikle 2013 yılında görülen aşırı kuraklık ülke genelinde görülen şiddetli kuraklıkların bir yansıması sonucudur. Mevsimlere ait sulak ve kurak durumlar incelendiğinde ise, 51 yılda hemen her mevsim farklı büyüklüklerde kuraklık olaylarının yaşandığı tespit edilmiş ve kuraklık olayları toplamları kış mevsimi hariç diğer mevsimlerde birbirine yakın değerler göstermiştir. Mevsimlere ait ortalama kuraklık şiddetleri normale yakın kurak olup, tüm mevsimler için birbirinden farklı değerler elde edilmiştir. Havzada, kış mevsiminde ortalama kuraklık süresi en fazla, ilkbahar mevsiminde ise en az olmakla beraber, maksimum kuraklık süresinin bütün mevsimlerde 3 ile 4 yıl arasında değişmekte olduğu gözlemlenmiştir. Havzada aşırı kuraklıklar en fazla sonbahar mevsiminde görülmüş ve kış mevsiminin ortalama kuraklık süresi ise diğer mevsimlere göre daha yüksek 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. Sonuç olarak, son yıllarda özellikle 2012-2013 yıllarında hem yıl bazında hem de mevsimsel bazda incelemeler doğrultusunda uzun süreli normale yakın kurak ve sulak dönemlerden sonra havzada aşırı kuraklıkların yaşandığı ve kuraklık büyüklüklerin artmasıyla ilgili bir eğilimin mevcut olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında, 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. Öncelikle, standartlaştırılmış nehir akımı ve hazne hacmi değerleri sürekli veriler olarak ele alınarak farklı zaman ölçeğindeki SYİ değerleri ile karşılaştırılma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırılma 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 görülmüş olup, maksimum korelasyon ($R=0.31$) 4 aylık zaman ölçeğinde elde edilmiştir. Standartlaştırılmış hazne hacimleri ile uzun zaman ölçekli (14-16 aylık) SYİ arasında ise kuvvetli bir ilişki olduğu saptanmış ve bu zaman ölçeklerinde elde edilen korelasyon değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmüş olup, maksimum korelasyon değerine ($R=0.62$) 15 aylık zaman ölçeğinde ulaşılmıştır. Mevsimsel değişimlerin incelenmesi amacıyla aylık olarak yapılan karşılaştırmalarda ise nehir akımlarının ve hazne hacimlerinin farklı zaman ölçeklerindeki SYİ'ye verdiği tepkide önemli mevsimsel farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir. Nehir akımları için 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. Hazne hacimleri için ise, en yüksek maksimum korelasyon değerlerine yaz mevsiminde 13 aylık zaman ölçeğinde haziran ayında ($R=0.98$) ve sonbahar mevsiminde 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.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise, 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. 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. 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. 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 ($R<0.10$) 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. Ayrıca, standartlaştırılmış aylık ortalama akım ve uydu kaynaklı zemin nemi gözlemlerinden elde edilen standartlaştırılmış aylık zemin nemi verileri arasında nispeten düşük korelasyon olduğu ve yapılan çalışmada özellikle 2007 ve 2008 yıllarındaki ülkede meydana gelen kuraklıktan hem zemin neminin hem de nehir akımlarının etkilendiği gözlemlenmiştir.

Hidrolojik kuraklık takibi için yapılan teorik çalışmalarda akım için 2-4 aylık ve hacim için 9-14 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir (McKee et al, 1993; Komuscu, 1999). 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 (Szalai et al., 2000; Vicente-Serrano and Lopez-Moreno, 2005; Yıldız, 2007a). Ayrıca, daha önce literatürde tarımsal kuraklık takibi için yapılan çalışmalarda, zemin nemi için 1-3 aylık SYİ zaman ölçeği tespit edilmiştir. Bu çalışmada da görüldüğü gibi hidrolojik kuraklık ve tarımsal kuraklık takibinde kullanılmak amacıyla elde edilen SYİ zaman ölçekleri hem teorik hem de literatür çalışmalarında belirtilen sınırlar içerisinde. Ancak unutmamak gerekir ki bu değerler havza özelliklerine (topografik, jeolojik, iklim, şekil, büyüklük vs.) bağlı olarak değişebilmektedir. Bunu daha iyi anlayabilmek için farklı özellikte ve bölgelerdeki havzalarda yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır.

Referanslar

Altın, T. B., Seyhan Havzasında 1970-2009 Yılları Arasında Yağış ve Hava Sıcaklığı Değerlerindeki Değişimler ve Eğilimler. Türk Coğrafya Dergisi. 58: 21-34, 2012.

Altınbilek, D., Kutoğlu, Y., Akyürek, Z., 1995. Rainfall Climatology of Turkey. METU Civil Eng. Dept., Ankara, Turkey, EU AVICENNE Project No: AVI 80/ACROSS.

Altıparmak, İ., 1999. Büyük Menderes Havzasında Kuraklık Sorunu Üzerine Bir İnceleme. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir.

Anonim, 1997. Birleşmiş Milletler Çölleşme ile Mücadele Sözleşmesi (BMÇMS). Çevre Bakanlığı Yayınları, Ankara.

Anonim, DSİ Barajlar Uygulaması. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. <http://barajlar.dsi.gov.tr/> (Erişim tarihi: 18.11.2017)

Anonim, Çatalan İçme Suyu Projesi. Adana Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü.

<http://www.adana-aski.gov.tr/web/catalan.aspx> (Erişim tarihi: 20.11.2016)

Aydeniz, A., 1988. Aydeniz Metodu ile Türkiye'nin Kuraklık Değerlendirilmesi. DMİ Ziraî Meteoroloji ve İklim Rasatları Dairesi Başkanlığı, Ankara.

Beyazıt, M., Önöz, B., 2008. Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi. 212-215. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Bryant, E. A., 1993. Natural Hazards. Cambridge University Press, Cambridge.

Bulut, B., 2015. 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.

Bulut, B., Yılmaz, T., 2016. Türkiye’de 2007-2013 Yılı Kuraklıkların NOAA Hidrolojik Modeli ile İncelenmesi. İMO Teknik Dergi, 2016 7619-7634, Yazı 463.

Çelenk, Ş., 1973. Türkiye’nin Kuraklık Etüdü. DMİ, Ankara.

Deniz, D., 2009. Türkiye’deki Kuraklığın Standart Yağış İndeksi (SPI) ile İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.

Erinç, S., 1949. The Climates of Turkey According to Thomthwaitc's Classifications. Annals of the Associations of Amer. Geographers, 38(I): 26-46.

Erinç, S., 1950. Climatic Types and the Variation of Moisture Regions in Turkey. The Geographical Review, XL(2): 224-235.

Erinç, S., 1957. Tatbiki Klimatoloji ve Türkiye İklimi, İ.T.Ü. Hidrojeoloji Enstitüsü.

Erinç, S., 1965. Yağış Müessiriyeti Üzerine Bir Deneme ve Yeni Bir İndis. İstanbul Üniversitesi. Coğrafya Enstitüsü Yayınları, No.41, İstanbul.

Erkuş, M. K., 2001. İstanbul Yıllık Yağışlarının Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Hıms, M.A., 2008. Standart Yağış İndeksi ile Konya’nın Geçmişten Günümüze Kuraklık Değerlendirilmesi. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, Eylül, Konya, 238-245.

Hıms, M.A., 2013. Bütünleşik Kuraklık İndeksi ile Aksarayda Hidrometeorolojik Kuraklık Analizi, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. (Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University), 28(4), 711-721.

Kadioğlu, M., 2008. Kuraklık Kırımı Risk Yönetimi. Ed: Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri. JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, s. 277-300, Ankara.

Keskin, M. E., Terzi Ö., Taylan E. D. ve Yılmaz A. G., 2007. Isparta Bölgesi Meteorolojik Kuraklık Analizi. I. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, Nisan 2007, İTÜ-İstanbul, s. 350-359.

Keskin, F., Sorman, A.U., 2010. Assessment of the Dry and Wet Period Severity with Hydrometeorological Index. International Journal of Water Resources and Environmental Engineering, Article Number: F3374031586, Vol. 2147483647(2), March.

Komuscu, A.Ü., 1999. Using the SPI to Analyze Spatial and Temporal Patterns of Drought in Turkey. Drought Network News, 11: 7-13.

Komuscu, A.Ü., 2001. An Analysis of Recent Drought Conditions in Turkey in Relation to Circulation Patterns. Drought Network News. 13(2-3): 5-6.

Kömüşçü, A.Ü., Erkan, A., Turgu, E., 2002. Normalleştirilmiş Yağış İndeksi Metodu ile Türkiye’de Kuraklık Oluşumunun Coğrafik Analizi. DMİ Genel Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Dairesi Başkanlığı Yayını, Ankara.

Kuzucu, A., 2016. Seyhan Havzası’nda Kuraklığın Zamansal ve Alansal Değişiminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.

- Maybank, J., Bonsai, B., Jones, K., Lawford, R., O'brien, E. G., Ripley, E. A., Wheaton, E., 1995. Drought as a Natural Disaster. *Atmosphere-Ocean*, 33(2), 195-222.
- Mckee, T.B., Doesken, N.J., Kleist, J., 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. 8th Conference on Applied Climatology, 17-22 January, pp.179-184, Anaheim, CA.
- 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.
- Nişancı, A., 1976. Türkiye'de Kurak (ya da nemli) Alanların Dağılışı. Atatürk Üniversitesi. Edebiyat Fak. Araştırma Dergisi, 7: 235-246.
- Nişancı, A., 1977. Türkiye'de Kuraklık Sorunu (Kurak Aylar Sayısına Göre Belirli İklim Bölgeleri ve Doğal Bitki Örtüsü ile Bağlılığı Üzerine Bir Araştırma). Atatürk Üniversitesi., Ed. Fak., Coğrafya Böl. (Basılmamış Doçentlik Tezi), Erzurum.
- Oğuztürk, G., 2010. Kızılırmak Havzası'nda SYİ ile Kuraklık Analizi ve YSA yöntemi ile Kuraklık Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Oğuztürk, G., Yıldız, O., 2011. Kızılırmak Havzası'nda Kuraklık Analizi. 5. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 12-16 Eylül, İstanbul.
- Oğuztürk, G., Yıldız, O., 2013. Sivas'ta Yapay Sinir Ağları (YSA) Yaklaşımıyla Aylık SYİ Tahmini ve Stokastik Modelleme. 7. Ulusal Hidroloji Kongresi, 186-201, Süleyman Demirel Üniversitesi, 26-27 Eylül, Isparta.
- Oguzturk G., Yıldız O., 2014. 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.
- Oguzturk G., Yıldız O., Duvar, A., 2015. 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.
- Oguzturk G., Yıldız O., 2015. Hydrologic Drought Investigation in the Kemer Dam Basin 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.
- Oguzturk G., Yıldız O., 2016. 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.
- Oğuztürk, G., 2017. Türkiye'de Farklı Özelliklere Sahip Havzalarda Yağış Eksikliğinin Çeşitli Hidrolojik Sistemler Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Özgürel, M., Pamuk, G., Topçuoğlu, K., 2003. Ege Bölgesi Koşullarında Farklı İki Kuraklık İndisinin Karşılaştırılması. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 40 (1): 95-102.
- Pamuk, G., Özgürel, M., Topçuoğlu, K., 2004. Standart Yağış İndisi (SPI) ile Ege Bölgesinde Kuraklık Analizi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 41(1): 99-106.
- Sırdaş, S., 2002. Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Sırdaş, S., 2003. Şen Z., Meteorolojik Kuraklık Modellemesi ve Türkiye Uygulaması. *İTÜ Dergisi*, 2 (2): 95-103.
- Szalai, S., Szinell, C. S., and Zoboki, J., 2000. Drought Monitoring in Hungary, in: *Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management*, World Meteorological Organization, Lisboa, pp. 182-199.
- Şen, Z., 2009. Kuraklık Afet ve Modern Hesaplama Yöntemleri. 3. Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- Tanoğlu, A., 1943. Türkiye'nin Kuraklık İndisleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 1: 36-41.
- Topçuoğlu, K., Özgürel, M., Pamuk G., 2004. Meteorolojik Türkiye İçin Yeni Bir Kuraklık İndisi Denemesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 41(3):145-153.

- Tosunoğlu, F., 2014. Türkiye'deki Meteorolojik ve Hidrolojik Kuraklıkların Atmosferik Salınımlarla Olan İlişkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Tümertekin, E., 1956. Türkiye'de Kurak mevsimler. T.C.D. Sayı 15-16: 193-197, İstanbul.
- Tümertekin, E. ve Cöntürk, H., 1956. İstatistik Metotları ile Türkiye'de Kuraklığın İncelenmesi. İ.Ü. Coğr. Enst. Derg. Cilt. 4, sayı7: 107-123, İstanbul.
- Türkeş, M., 1990. Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar. Doktora Tezi. İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Türkeş, M., 1996. Spatial and Temporal Analysis of Annual Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 16, 1057-1076.
- Türkeş, M. 1998. Influence of Geopotential Heights, Cyclone Frequency and Southern Oscillation on Rainfall Variations in Turkey. *International Journal of Climatology* 18, 649-680.
- Türkeş, M. 1999. Vulnerability of Turkey to Desertification with Respect to Precipitation and Aridity Conditions. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences* 23, 363-380.
- Türkeş, M., Sümer, U. M. ve Çetiner, G. 2000. 'Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri', Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Seminer Notları (13 Nisan 2000, İstanbul Sanayi Odası), 7-24, ÇKÖK Gn. Md., Ankara.
- Türkeş, M., 2003. Spatial and Temporal Variations in Precipitation and Aridity Index Series of Turkey. In *Mediterranean Climate – Variability and Trends*. Hans-Jürgen Bolle, (Ed.), Regional Climate Studies. Springer Verlag, Heidelberg, 181-213.
- Türkeş, M., Erlat, E., 2003. Precipitation Changes and Variability in Turkey Linked to the North Atlantic Oscillation During the Period 1930-2000. *International Journal of Climatology* 23: 1771-1796.
- Türkeş, M., Erlat, E., 2005. Climatological Responses of Winter Precipitation in Turkey to Variability of the North Atlantic Oscillation During the Period 1930-2001. *Theoretical and Applied Climatology* 81: 45-69.
- Türkeş, M., Tath, H., 2008. Aşırı Kurak ve Nemli Koşulların Belirlenmesi İçin Yeni Bir Standartlaştırılmış Yağış İndisi (Yeni-SPI): Türkiye'ye Uygulanması. IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, Mart, İstanbul, 528-538.
- Türkeş, M., 2012. Türkiye'de Gözlenen ve Öngörülen İklim Değişikliği, Kuraklık ve Çölleşme. Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi. 4(2): 1-32.
- Türkeş, M., 2014. Türkiye'deki 2013-2014 Kuraklığının ve Klimatolojik/Meteorolojik Nedenlerinin Çözümlemesi, Konya Toprak Su Dergisi, 2: 20-34.
- Vicente-Serrano, S.M., Lopez-Moreno, J.I., 2005. Hydrological Response to Different Time Scales of Climatological Drought: An Evaluation of the Standardized Precipitation Index in a Mountainous Mediterranean Basin. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9: 523-533.
- Wilhite, D. A., Glantz, M. H., 1987. Understanding the Drought Phenomenon: The Role of Definitions, *Water International*, 10(3): 111-120.
- Yaltay, N., 2006. Bitlis İli Ahlat İlçesi Kuraklık Risk Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van.
- Yeğnidemir, M. K., 2005. İç Anadolu Bölgesinin Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) Metodu ile Kuraklık Analizi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale.
- Yevjevich, V., Da Cunha, L. and Vlachos, E., 1983. *Coping with Droughts*. Water Resources Publications, Littleton, Colorado, USA.
- Yıldız, O., 2007a. Yukarı Kızılırmak Havzası'nda SYİ Metodu ile Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi. 5. Ulusal Hidroloji Kongresi, Eylül 2007, ODTÜ-Ankara, 143-151.
- Yıldız, O. 2007b. Investigating Frequency and Spatial Characteristics of Droughts in the Central Anatolian Region, Turkey. *International Congress River Basin Management*, Vol. 2, 22-24 March, Antalya, Turkey, 235-243.
- Yıldız, O., Kılınç M.Y., Yeğnidemir M.K., Akgüngör A.P., 2007. "Hirfanlı Baraj Havzasında Kuraklık Frekans ve Alansal Özelliklerinin İncelenmesi." III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu, 10-14 Eylül, Gümüşhanev-İzmir, 221-228.

Yıldız, O., 2008. Standart Yağış İndisi (SYİ) ile Kırıkkale İlinde Kuraklık Analizi. 21. Yüzyılın Başında II. Kırıkkale Sempozyumu, Kırıkkale Kent Konseyi Yayınları, 13-14 Mart, Kırıkkale, 464-469.

Yıldız, O., 2009. Assessing Temporal and Spatial Characteristics of Droughts in the Hirfanli Dam Basin, Turkey. Scientific Research and Essays, 4(4): 249-255.

Yıldız, O., 2014a. Variability of the Precipitation and Its Connections with Dry Years in the Central Anatolia, Turkey. Journal of Scientific Research and Reports, 16-31 July, 3(14), 1828-1842

Yıldız, O., 2014b. Spatiotemporal Analysis of Historical Droughts in the Central Anatolia, Turkey, Gazi University Journal of Science (GU J Sci), Vol. 27, No. 4, 1177-1184.

Yürekli, K., Anlı, S., 2008. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Karaman İli Kuraklığının Analizi. 5. Dünya Su Forumu Türkiye Bölgesel Su Toplantıları-Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, Eylül, Konya, 246-251.

Yılmaz, T., 2015-2018. İstasyonlarda Ölçülen Toprak Nemi Değerlerinin Hidrolojik Model ve Uydu Verileri Yardımıyla Değerlendirilmesi. TÜBİTAK 3501, Rapor No: 114Y676.