

İklim Projeksiyonları Kapsamında Samsun İlinde Standart Yağış İndeksi Metodu İle Kuraklık Analizi**Drought Analysis With Standardized Precipitation Index Method In Samsun Province Within The Scope Of Climate Projections**Selçuk Erdem KURTOĞLU^{1*}, Aslı ÜLKE KESKİN²^{1*} Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kurupelit, Samsun, Türkiye^{2*} Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kurupelit, Samsun, Türkiye**ÖZET**

Ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz Havzası, küresel iklim değişikliğine karşı yerkürenin en hassas bölgelerinden birisidir. İklim değişikliğine bağlı olarak azalan yağışlı dönemler sonucunda Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak ve kurak bir iklim yapısına sahip olacağı çalışmalarla ortaya konulmaktadır. Bu çalışmada 1971-2022 yılları arasındaki gözlem yağış verilerine dayanarak oluşturulan iklim projeksiyonları kapsamında şehrin kuraklık analizleri yapılmıştır. Halihazırda bulunan iklim projeksiyonu model ve senaryolarında, öncelikle model ile gözlem verileri arasındaki ilişkileri kıyaslanıp trendler incelendiğinde, gözlenen verinin trendine en yakın iklim modelinin HADGEM2-ES olduğu belirlenmiştir. Belirlenen bu model eşliğinde şehrin, 2080 yılına kadar olan tahmini yağış değerleri çalışmada kullanılmıştır. Buna bağlı olarak belirlenen model ve senaryoların yağış değerleri Standartlaştırılmış Yağış İndeksi yöntemi kullanılarak kuraklık analizleri, bölgenin kuraklık şiddetleri ve bölgeye etkisi ortaya konulmuştur. Standartlaştırılmış yağış indeksinde hem gözlem yağış verilerinin hem de iklim projeksiyonu kapsamındaki yağış değerlerinin, 1 aylık, 3 aylık, 6 aylık ve 12 aylık standartlaştırılmış yağış indeksi grafikleri ortaya konularak kuraklık kategorilerindeki değişimler tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak bölgede normal kurak dönemlerin azaldığı, orta şiddetli kuraklık ve çok yağışlı dönemlerin arttığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: "Kuraklık", "Samsun İli", "İklim Projeksiyonu", "Standart Yağış İndeksi"**ABSTRACT**

The Mediterranean Basin, where our country is situated, stands out as one of the regions most susceptible to global climate change. Research indicates that Turkey is expected to experience hotter and drier conditions in the coming years due to reduced rainfall caused by climate change. This study conducted drought analyses for the city based on climate projections derived from observed precipitation data spanning from 1971 to 2022. By comparing model and observation data as well as analyzing trends in existing climate projection models and scenarios, it was found that the climate model HADGEM2-ES closely aligned with the trend of observed data. Using this model, projected precipitation values for the city until 2080 were employed in the study. Consequently, the precipitation values from the determined models and scenarios were evaluated using the Standardised Precipitation Index method, revealing the severity of drought in the region and its impact. The one-month, three-month, six-month, and twelve-month Standardised Precipitation Index graphs for both observed precipitation data and climate projection precipitation values were utilized to identify changes in drought categories. As a result, it was observed that normal dry periods decreased, while moderate drought and heavy rainfall periods increased in the region.

Keywords: "Drought", "Samsun Province", "Climate Projection", "Standard Precipitation Index".

1. GİRİŞ

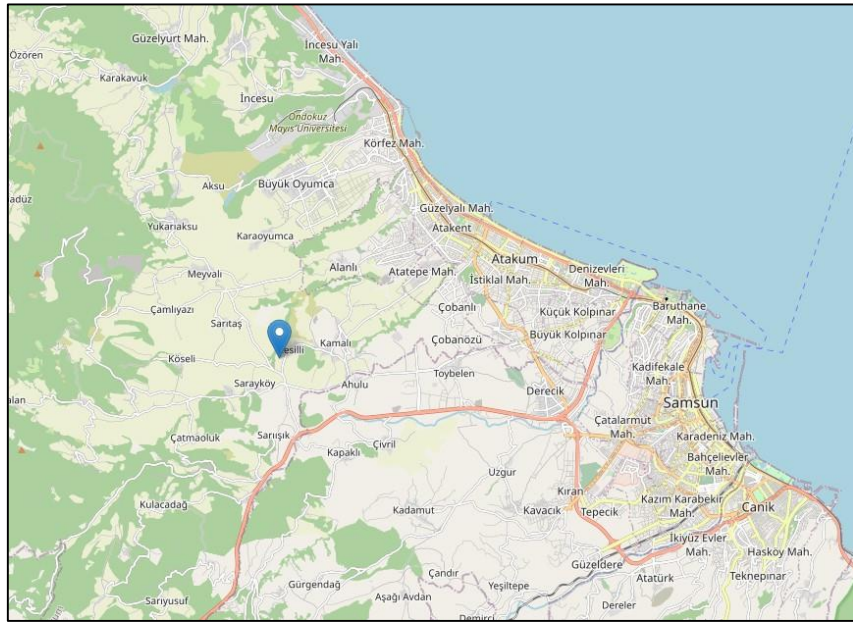
Ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz Havzası, küresel iklim değişikliğine karşı yerkürenin en hassas bölgelerinden birisidir. İklim değişikliği; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde (BMİDÇS) "Uzun süre boyunca iklimde gözlenen doğal değişimler ile doğrudan ya da dolaylı olarak insan faaliyetlerinin neticesinde ortaya çıkan ve küresel atmosferin kompozisyonunu bozan değişiklik" olarak tanımlanmaktadır. (Tuğaç, 2022). Bu yüzden iklim değişikliği etkisi sıcaklıklardaki artıştan ibaret olmadığı bilinmektedir. Söz konusu iklim değişikliğine bağlı olarak kuraklık, seller, şiddetli kasırgalar gibi aşırı hava olaylarının sıklığı ve etkisinde artış, okyanus ve deniz suyu seviyelerinde yükselme, okyanusların asit oranlarında artış, buzulların erimesi gibi etkenler sonucunda bitkiler, hayvanlar ve ekosistemlerin yanı sıra insan toplulukları da ciddi risk altındadır. Akdeniz Havzasında gerçekleşecek 2°C'lik bir sıcaklık artışı, beklenmeyen hava olayları, sıcak hava dalgaları, orman yangınlarının sayısında ve etkisinde artış, kuraklık ve dolayısıyla biyolojik çeşitlilik kaybı, turizm gelirlerinde azalma, tarımsal verim kaybı ve en önemlisi kuraklık olarak etkilerini hissettirecektir. Kuraklığı etkileyen bağımlı değişkenler sıcaklık, yağış ve toprak özellikleri sayılabilir (Jenkins ve Warren 2015). Ayrıca Kuraklık, çoklu klimatolojik ve hidrolojik parametrelerle karakterize edilen, hem doğal ortamda hem de insan yaşamında önemli zararlara neden olan ve tekrar eden küresel bir olgudur (Mishra ve Desai, 2005; Adisa vd., 2020). Kuraklık önce yağışların azalmasıyla birlikte meteorolojik kuraklık olarak başlamaktadır. Devamında su kayıpları hidrolojik kuraklığı getirmekte bu da tarımsal kuraklığa sebep olmaktadır (Yetmen, 2013). Kuraklığın meydana gelmesinde hem doğal hem de insan etkisi olarak iki ayrı etmen mevcuttur. Doğal sebepler; iklim şartları, erozyon ve fiziki coğrafya etkenleri olarak sıralayabiliriz. İnsan etkilerinde ise, kaynakların bilinçsiz kullanımı, küresel sıcaklık artışı, orman yangınları, çevre kirliliği ve tarım arazilerinin yanlış kullanımı olarak nitelendirilebilir (Özfidaner, 2020).

Farklı iklim model ve senaryoları ile oluşturulan iklim parametrelerine göre 21. Yüzyıl sonunda sıcaklıklarda hissedilir artışların olacağı tahmin edilmektedir (IPCC, 2001, 2007, 2013, 2019; SYGM, 2016). 2011 yılında yayımlanan İklim Değişikliği Ulusal Eylem Planı'nda (2011-2023), Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklığın gelecek yıllarda 2,5°-4°C artacağı, artışın Ege ve Doğu Anadolu Bölgeleri'nde 4°C'yi, iç bölgelerinde ise 5°C'yi bulacağı öngörülmüşken, Türkiye'nin yakın gelecekte daha sıcak ve kurak bir iklim yapısına sahip olacağı ortaya konulmuştur. İklim Değişikliği Eylem Planı, Türkiye'nin özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme, bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi olumsuz etkilerden önemli ölçüde etkileneneğini öngörmektedir (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İklim Değişikliği Dairesi, 2012). Ülkemizde kuraklık ve gelecekteki kuraklığa bağlı etkiler hususlarında yapılan bazı çalışmalarda; ülkemizin gelecekte iklim değişikliğinden olumsuz etkilenen ülkeler arasında yer aldığı, sıcaklık artışından dolayı da çölleşmenin görüleceği belirtilmektedir (Üstün, 2008). Dünyada küresel ısınmanın, yağışların azalmasına ve kuraklığın artmasına neden olacağı ve akarsu havzalarındaki yıllık akımlarda oluşabilecek azalma sonucu kentlerde su gereksiniminin artacağı tespit edilmiştir (Karaman ve Gökalp, 2010). İklim projeksiyonları kapsamında ise; 2070-2100 yılları arası tahminine göre 3 °C - 7 °C arasında sıcaklık artışlarının olacağı, ülkemizin yağış klimatolojisi ise -0,8 mm/gün ile 1,2 mm/gün arasında değişiklik göstereceği ön görülmektedir (Turp vd., 2014). Ayrıca bir başka çalışmaya göre ise yüzyılın ikinci yarısında kurak dönemlerin hakim olacağı öngörülmektedir (Yürük, 2017). Aynı bağlamda Türkiye İçin iklim projeksiyonları projesi devlet eli ile RCP4.5 ve RCP8.5 ölçek küçültme yöntemi ile modellenmiştir. Buna göre ülkemizde yıllık ortalama sıcaklık artışının; 2016-2040 yılları arasında 1°C-2°C; 2041-2070 yılları arasında 1.5°C-4°C; 2071-2099 yılları arasında 1.5°C - 5°C sıcaklık yükselmesi beklenmektedir (Demircan vd., 2017). Ülkemizde 21.yüzyılın yarısına doğru bazı kurak bölgelerde %10-%30 arasında su varlıklarının azalacağını, ülkemizin güney bölgelerinde kuraklık şiddetinin, süresinin ve etkilerinin artacağını, kuzey kısımlarında ise taşkınların artacağını belirtilmektedir (Sırdaş ve Şen, 2022). Bir başka çalışmaya göre de Anadolu'nun %25' inin kurak ve yarı kurak iklimde olduğunu ve iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekte kuraklıktan en fazla etkilenen alanlarda Türkiye ve Doğu Akdeniz olduğunu öngörülmektedir. Ayrıca Türkiye ölçeğinde kuraklığın ülkemizin tüm alanında geçmişten günümüze salınımlar halinde yaşandığını, iklim senaryolarında da kuraklığının etkisinin kuvvetleneceği belirtilmektedir (Öztürk, 2022). Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bazı çalışmalarda ise iklim değişikliğinin tüm yerleşim yerlerini etkileyeceği, 2050 yılı itibari ile dünyada ülkelerin yarısının kuraklık yaşayacağı buna bağlı olarak da su stresinin yaşanacağı (Tuğaç, 2022), yakın zamanda kuraklıklarda artış görüleceği ve yağışlarda artış/azalışların olacağı sonucu varılmaktadır (Nacar, 2022). Ülkemizdeki bazı havzalar özelinde yapılan çalışmalarda ise; İç Anadolu, Akdeniz ve Ege bölgeleri kesişim alanında bulunan Akarçay Havzasının iklim senaryoları ile ortalama yağışlarında ciddi azalmalar olacağı sonucu ortaya konulmakta olup yağışların azalmasına karşın da sıcaklık ortalamalarının yükseleceği belirtilmektedir (Dabanlı, 2017). Ayrıca Gediz Havza'sında yer alan Acısu, Selendi, Murat, Medar, Gördes, Ahmetli, Demirci ve Deliiniş alt havzalarının da 2015-2100 yılları arasındaki projeksiyonlarda 2035 yılında kadar havzalarda uzun ve kesintisiz sulak dönemlerin olacağı ve 2050 yılından sonra kuraklıkların 2080 yılına kadar artacağı, 2080 den sonra şiddetli kuraklıkların yaşanacağı tahmin edilmektedir (Çetin, 2023).

Bu çalışmada da mevcut gözlem değerlerine dayanarak oluşturulan iklim projeksiyonlarına bağlı olarak Samsun ilinde 2080 yılına kadar olan periyotta Standart Yağış İndeksi (SYİ) yöntemi ile kuraklık analizleri yapılarak bölgenin kuraklık şiddetleri belirlenecek, bölgeye etkisi ortaya konulmuş olacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

Türkiye coğrafyasında Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde yer alan Samsun ili, çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Dağları kıyıya paralel uzanır. Başlıca dağları Canik Dağları, Akdağ ve Kocadağ'dır. Samsun, Kızılırmak ve Yeşilirmak akarsularının oluşturduğu deltada kurulan 9.579 km²'lik alanda kurulu bir sahil kentidir. Coğrafi olarak 40°50'-41°51' kuzey enlemleri, 37°08' ve 34°25' doğu boylamları arasında konumlanmaktadır. İlin doğusunda Ordu, batısında Sinop, güneyinde Tokat, Amasya, Çorum ve kuzeyinde Karadeniz yer almaktadır. Samsun ili için toplanan veriler aşağıda Şekil.2.1.'de gösterilen gözlem bölgesinden alınmıştır (Tarım ve Orman Bölge Müdürlüğü Çalışma Raporu, 2019).



Şekil 2.1. Samsun İli, 17030 No'lu Meteoroloji Gözlem İstasyonu, 41.3051 (°K), 36.1870 (°D), 3547 Grid No'lu Ölçüm Bölgesi

2.1. İklim Projeksiyon Modelleri

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İklim ve Zirai Meteoroloji Dairesi Başkanlığı'nın Samsun'a ait il merkezindeki 1971-2022 yılları arasındaki gözlem yağış değerlerine bağlı olarak HADGEM2-ES, MPI-ESM-MR, GFDL-ESM2M iklim modelleri kullanarak RCP4.5 ve RCP8.5 iklim senaryoları ile 2022-2080 yılları arasındaki yağış değerlerini tahmin etmiştir. Söz konusu iklim modelleri; Birleşik Krallık Meteoroloji Ofisinin Hadley Merkezinin Küresel İklim Modeli (HADGEM2-ES), Almanya Max Plank Enstitüsü'nün modeli (MPI-ESM-MR), Amerika Ulusal Okyanus ve Atmosfer İdaresi (NOAA)'ne bağlı Jeofizik Akışkanlar Dinamiği Laboratuvarı (GFDL-Geophysical Fluid Dynamics Laboratory) tarafından geliştirilen GFDL-ESM2M küresel dolaşım modelleridir. Dünya üzerinde bir çok gelişmiş ülkenin farklı kurum ve kuruluşları tarafından gelecekte iklim değişikliğine karşı önlemler almak ve etkilerini ortaya koymak amacıyla farklı iklim projeksiyon modelleri (ABD-CCSM3 modeli, Almanya- ECHAM5/MPI-OM modeli, China- FGOALS modeli, ABD-GFDL, NASA-GISS modeli, Rusya-INM modeli, Fransa- IPSL modeli, Japonya- MRI modeli vs.) geliştirilmiştir (Wang, 2005).

2.1.1. İklim Projeksiyon Modeli Karşılaştırması

Kullanılan modellerin tahmin verileri arasından 2018-2022 yılları arasındaki tahmin değerleri kontrol verisi olarak belirlenmiş, gözlem verileri ile yakınlık ilişkisi incelenmiş, yapılan analizler sonucunda (Korelasyon Analizi, Ortalama Mutlak Hata Analizi, Gözlem-Projeksiyon Saçılım Diyagramı) gerçeğe en yakın iklim modelinin HADGEM2-ES olduğu belirlendi. HADGEM2-ES-RCP4.5 modeli 0,2930 korelasyon katsayısı , 1,37 ortalama mutlak hata değeri ile HADGEM2-ES-RCP8.5 modelinin diğer modellere kıyasla en uygun model olduğu tespit edilmiştir.

(GFDL modeli korelasyon katsayıları: 0,0736-0,2130, GFDL modeli MAE değerleri: 2,02-1,79, MPI modeli Korelasyon Katsayıları: 0,0430-0,0636 ve MPI MAE değerleri: 2,41-2,42)

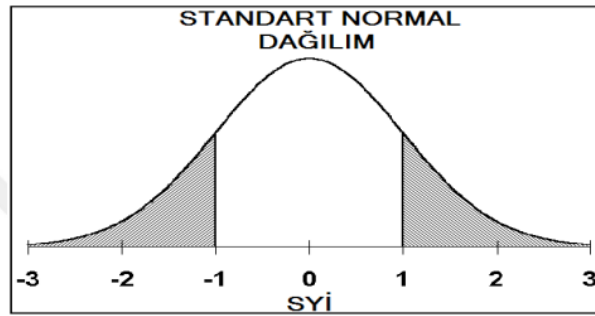
2.1.2. Standart Yağış İndeksi (SYİ)

SYİ, belirli bir zaman diliminde gözlemlenen toplam yağışın uzun vadede ortalamadan sapacağı standart sapmaların sayısı olarak tanımlanmıştır (McKee vd., 1993). Öztürk ve Ünlü 2022 yılında yaptıkları çalışmalarında; Türkiye’de 1943-2021 yılları arasında yapılan 73 yüksek lisans ve doktora tezi, 107 ulusal makale ve 90 adet uluslararası makale incelenmiştir. Çalışmalarda 63 farklı yöntem kullanılmasına rağmen %56’lık kısmında SYİ metodunun kullanıldığı belirlenmiştir (Öztürk ve Ünlü, 2022). Colorado İklim Merkezi, Batı Bölgesel İklim Merkezi ve Ulusal Kuraklık Azaltma Merkezi, ABD’deki kuraklığın analizi için de SYİ yöntemini kullanmaktadır (Edwards and McKee, 1997). Başkaca yapılan kuraklık analizleri çalışmalarında da SYİ yönteminin diğer yöntemlere göre (Normalin Yüzdesi İndisi, Modifiye Fournier İndisi, De Martonne-Gotmann İndisi, Thornthwaite Yöntemi İndisi, Erinç Kuraklık İndisi, Bagnauls-Gaussen İndisi, vs.) en uygun sonuçları verdiği tespit edilmiştir.

Çalışmamızda söz konusu modele ait senaryo verileri ile Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SYİ) yöntemi kullanılarak söz konusu bölgenin kuraklık analizi yapılmıştır. Bu yöntem ile birden fazla zaman ölçeği için uygulanabilmekte olup 1, 2 ve 3 aylık kısa süreli veriler ile analiz yapılabilmekte, farklı atmosferlerde farklı bölgeler arasındaki kıyasa da olanak sağlayabilmektedir. SYİ, ilgilenilen zaman ölçeğinde toplanan yağışların frekans dağılımına, bir olasılık yoğunluk fonksiyonu uydurularak Denklem (2.1.)’deki şekilde hesaplanır.

$$SYI_{ij} = \frac{X_{ij} - \mu_j}{\sigma_j} \quad \text{Denklem 2.1}$$

Burada, X_{ij} herhangi bir ölçüm merkezinde j . ayda gözlenen yağış verisini, μ_j , j . aydaki yağış serisinin beklenen değerini ve σ_j standart sapmayı ifade etmektedir (McKee vd., 1993). SYİ standartlaştırılmış değerlerine ilişkin dağılım eğrisi Şekil 2.2.’de verilmiştir.



Şekil 2.2. Ortalaması 0 ve varyansı 1 olan SYİ değerlerini ifade eden standart normal dağılım eğrisi

Yağış değerleri 1 yıldan daha kısa zaman diliminde normal dağılıma uymadığı için SYİ’lerin normal dağılıma dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem için en uygun olan dağılım, gamma dağılımıdır (Thom, 1958). Gamma dağılımına ilişkin olasılık yoğunluk fonksiyonu Denklem 2.2.’deki şekilde hesaplanır.

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta} \quad \text{Denklem 2.2}$$

Burada $x (> 0)$ yağış miktarını, $\alpha (> 0)$ şekil parametresini, $\beta (> 0)$ ölçek parametresini ve $\Gamma(\alpha)$ gamma fonksiyonunu ifade etmektedir. Herhangi bir aydaki yağış değerinin toplam olasılık yoğunluk fonksiyonu denklem (2.3.)’de verilmiştir (Mishra ve Desai, 2005). Bu metot ile standartlaştırılan yağış verilerinin, negatif ve pozitif değerlere göre kuraklık/nemlilik sınıflandırması Tablo 2.3.’de verilmiştir (McKee vd., 1993).

Tablo 2.3. SYİ Değerleri ve Kuraklık/Nemlilik Sınıflandırması

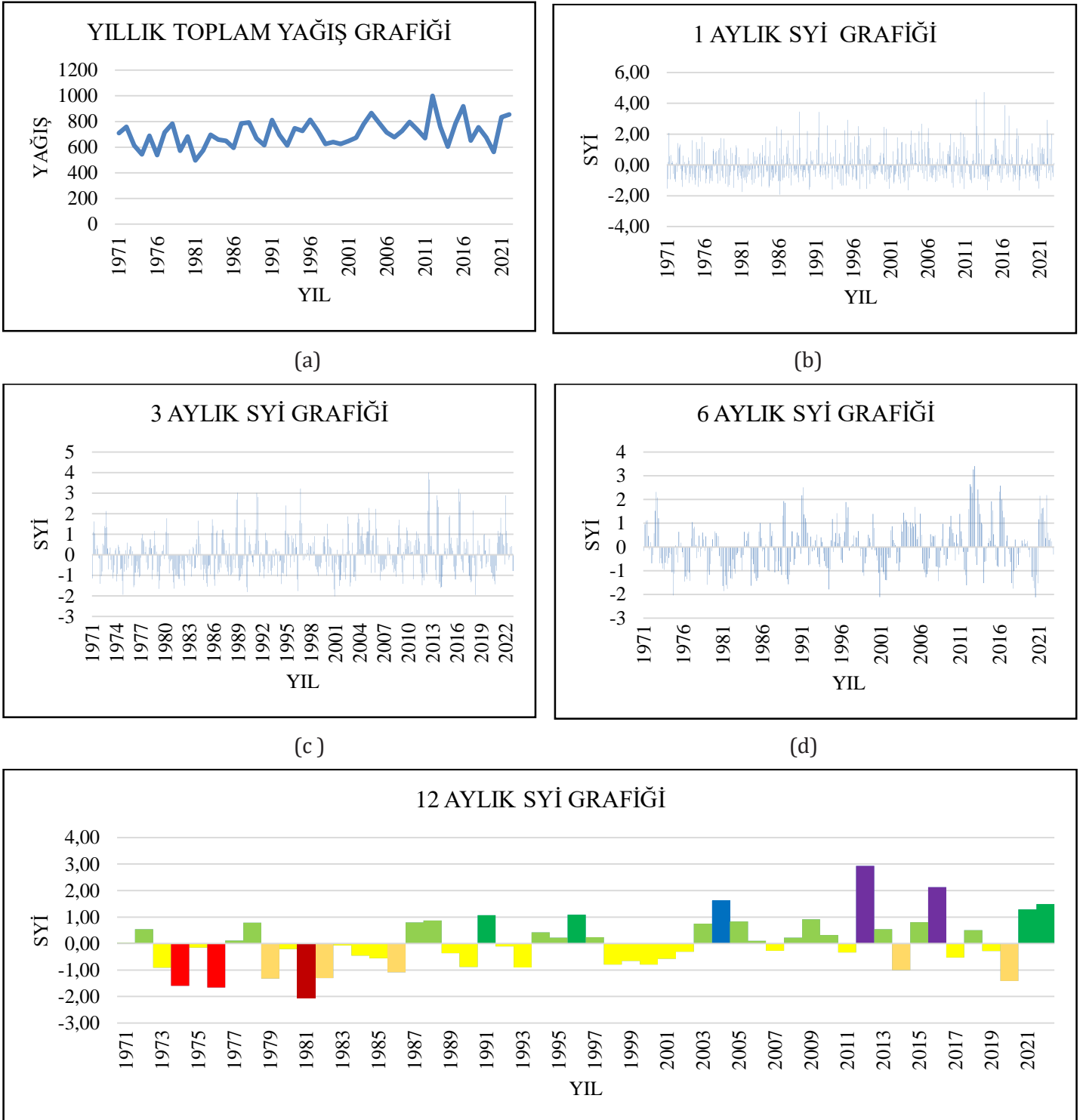
SYİ Değerleri (%)	SYİ	RENK
≥ 2	Çok şiddetli yağışlı	
1.50 ~ 1.99	Çok yağışlı	
1.00 ~ 1.49	Orta şiddetli yağışlı	
0.99 ~ 0	Normal	
0 ~ -0.99	Normale yakın kuraklık	
-1.00 ~ -1.49	Orta şiddetli kuraklık	
-1.50 ~ -1.99	Şiddetli kuraklık	
≤ -2	Çok şiddetli kuraklık	

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Samsun ilinde yağış gözlemlerinden hareketle oluşturulan iklim projeksiyonu senaryolarındaki tahmin değerleri, Standartlaştırılmış Yağış İndisi Yöntemi ile "SYİ Değerleri ve Kuraklık/Nemlilik Sınıflandırması" tablosundaki kategori değerlerine indirgenerek yerine konmuş ve sınıflandırılmıştır. Çalışmamızda yer alan sınıflandırma hem 1971-2022 yılları arası halihazır dönemi hem de 2023-2080 yılları arası gelecek dönemi kapsamaktadır. Sınıflandırılan kuraklık değerleri 1, 3, 6 ve 12 Aylık SYİ dönemlerine göre ayrı ayrı analiz edilmiş, zamansal eğrileri ortaya konmuş, her kategorinin sayısal tekerrürü hazırlanmıştır. Bu bölümde de gelecek senaryolarına bağlı analiz edilen bu değerlerin il bazında kuraklık ve yağış şiddetlerindeki mevcut durumdan farkları ortaya konmuştur.

3.1. Samsun İli, 1971-2022 Gözlem Yağış Değerleri ve 2023-2080 Yılları Arası HADGEM2-ES Modeli Yağış Tahmin Değerleri İle Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Analizleri

Samsun ili, gözlem yağış değerleri ile 1971-2022 yılları arası yağış analizi Şekil.3.1.'de gösterilmiştir.



(e)

Şekil 3.1. Samsun İli 1971-2022 Yılları Arası Yağış Miktarı, 1 Aylık, 3 Aylık, 6 Aylık Ve 12 Aylık SYİ Grafikleri

a)Yıllık Toplam Yağış Grafiği b)1 Aylık SYİ grafiği c)3 Aylık SYİ grafiği d)6 Aylık SYİ grafiği e)12 Aylık SYİ grafiği

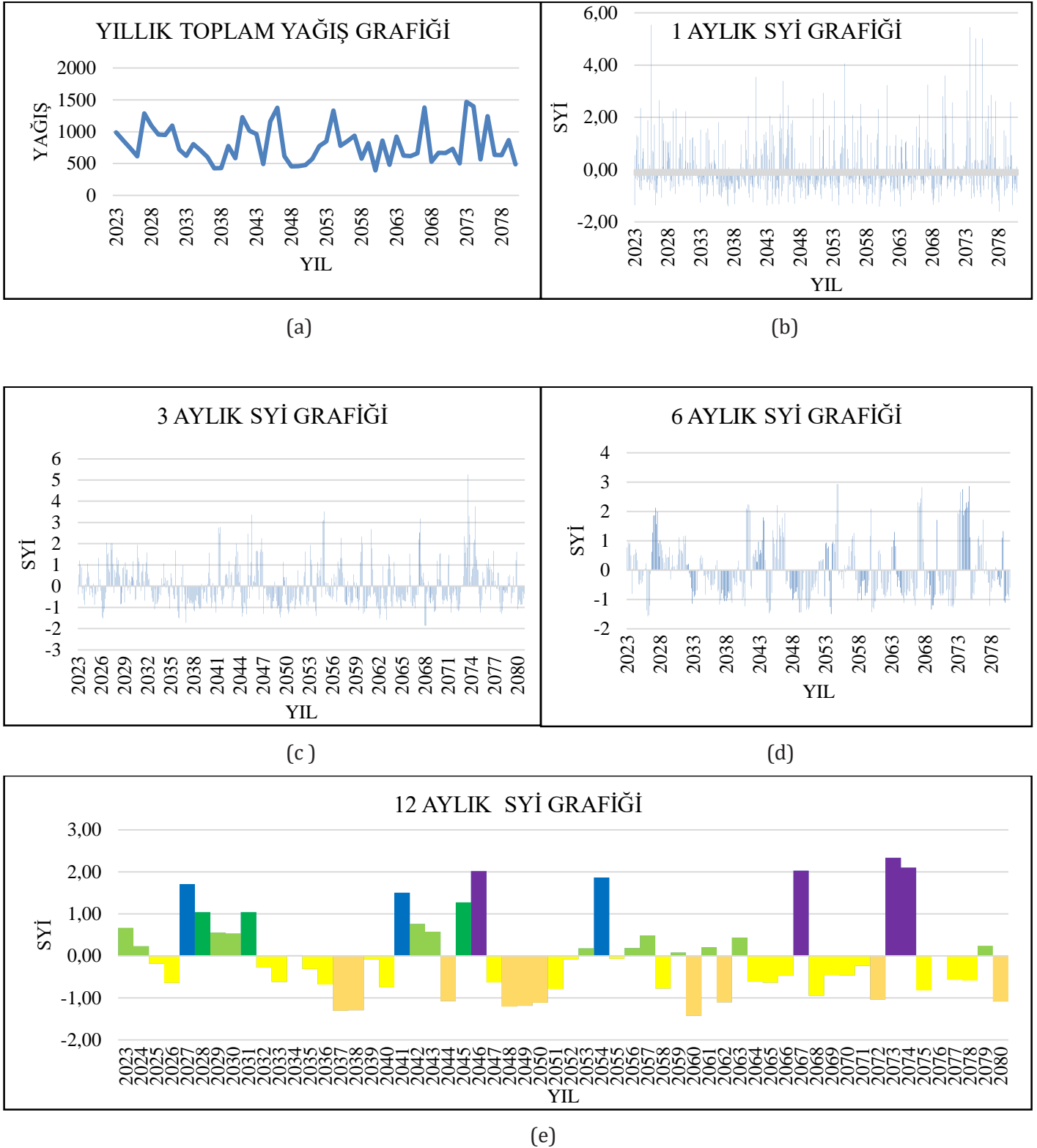
SYİ kuraklık gidiş eğrilerinden; aylık SYİ dağılımına bakıldığında 1971, 1981, 1986, 1990, 1993, 1996-1999 yılları arasında, 2003, 2010, 2014, 2018, 2020 yıllarında şiddetli kuraklık dönemlerine rastlanmıştır. 2012, 2013 yıllarında ise en çok şiddetli yağış dönemleri gözlemlenmiştir. Genel olarak ise normal kuraklık ve normale yakın kuraklık dönemleri hâkimdir. Üç Aylık dağılıma bakıldığında 1971, 1972, 1988, 1991, 1994, 1996, 2003-2006 yılları arası ile 2012-2016 yılları arası çok şiddetli yağışlı ve çok yağışlı dönemler gözlenmektedir. 2000 yılında çok şiddetli kuraklık dönemi gözlenmiş ve art arda giden iki yıl da şiddetli kuraklık döneminin devam ettiği gözlemlenmiştir. Altı aylık gidişlere bakıldığında 1974, 2000, 2020 yıllarında çok şiddetli kuraklık dönemleri gözlemlenmiştir. 1972, 1991, 2012, 2013, 2016, 2021, 2022 yıllarında ise çok şiddetli yağışlı dönemlerin olduğu görülmektedir. Yıllık gidişlere bakıldığında ise 1974, 1976 yıllarında şiddetli kuraklık olduğu, 1981 yılında ise çok şiddetli kuraklık dönemi olduğu görülmüştür. 2012 yılında ve 2016 yıllarında ise çok şiddetli yağış dönemi olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında ise normal ve normale yakın kuraklık kategorisinde olduğu görülmektedir. Yıllık toplam yağış eğrilerine göre de ortalama yağış 704,61 mm olup en fazla yağışlı dönemin 2012 yılında olduğu ve en düşük yağışlı dönemin de 1981 yılında olduğu görülmektedir. Söz konusu şehirde meteorolojik kuraklığa bağlı olarak meydana gelen afetlerden bazıları şu şekildedir; Samsun'da kayıtlara geçen 2012 yılındaki sel felaketindeki 12 vatandaş hayatını kaybetmiş ve 1490 konut ile işyeri zarar görmüştür (Bahadır, 2014), Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 2016 yılında yaptığı "Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler 2016 Yılı Değerlendirme Raporu" çalışmasında da ülke genelinde 2016 yılında en çok yağış artışının Bayburt, Samsun ve Rize illerinin olduğu, Samsun'da sonbaharda doluya bağlı zararların olduğu, kışın ise yoğun kar yağışlarının yaşandığı, buna bağlı köy, mahalle yollarının kapanması, elektrik kesintileri, trafik kazaları ve hastane ile hastalara ulaşımın sağlanamaması hususunda bildiride bulunmuştur (MGM, 2016). Ayrıca Türkes (1990), Karadeniz Bölgesi'nde bulunan Samsun ilinin de dâhil olduğu dört istasyon dizisinde sıralanan yıllık yağış değerlerinde, en kurak geçen senelerin 1957, 1966, 1969, 1974, 1976/77, 1981/82, 1984 ve 1986 yıllarının olduğunu ortaya koymuştur (Türkes, 1990).

Tablo 3.1. Samsun İli, 1971 - 2022 Yılları Gözlem Verilerine Ait Kuraklık İndis Sayıları

Kuraklık Kategorisi	SAMSUN İLİ			
	1 AYLIK SYİ	3 AYLIK SYİ	6 AYLIK SYİ	12 AYLIK SYİ
Çok şiddetli yağışlı	26	21	14	2
Çok yağışlı	24	17	14	1
Orta şiddetli yağışlı	51	33	29	4
Normal	156	173	114	18
Normale yakın kuraklık	297	202	135	19
Orta şiddetli kuraklık	57	57	41	5
Şiddetli kuraklık	13	16	14	2
Çok şiddetli kuraklık	0	1	3	1

Periyotlara ayrılarak yapılan Tablo3.1.'deki verilere göre; normal ve normale yakın kuraklığın genel olarak hâkim olduğu gözlemlenmiştir.

Samsun ili, HADGEM2-ES – RCP4.5 senaryo modeli ile 2023-2080 yılları arası yağış analizi Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Samsun İli, 2023-2080 Yılı Arası HADGEM2-ES – RCP4.5 Senaryosu Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Grafikleri.

a)Yıllık Toplam Yağış Grafiği b)1 Aylık SYİ grafiği c)3 Aylık SYİ grafiği d)6 Aylık SYİ grafiği e)12 Aylık SYİ grafiği

SYİ kuraklık gidiş eğrilerinden; aylık SYİ dağılımına bakıldığında dikkat çeken hususlardan bir tanesi 2023-2080 yılları arasında sadece 2078 yılında şiddetli kuraklık dönemine rastlandığıdır. 2040-2061 yılları arasında ve 2066-2079 arasında çok şiddetli yağışlara sık sık rastlanmıştır. Üç aylık dağılıma bakıldığında 2026, 2036, 2037, 2062, 2063, 2068 yıllarında şiddetli kuraklıklar gözlemlenmiştir. 2026, 2027, 2041, 2043, 2045, 2046, 2054, 2057, 2059,

2061, 2067, 2073, 2074 yıllarında çok şiddetli yağışlara rastlanmıştır. Altı aylık gidışlere bakıldığında 2026 yılında sadece kuraklık dönemine rastlanmıştır. 2041, 2067, 2073, 2074 yıllarında ise uzun öteleme dönemlerinde çok şiddetli yağışlar gözlemlenmiştir.

Yıllık gidışlere bakıldığında çok şiddetli kuraklık ve şiddetli kuraklık dönemlerine rastlanmadığı, 2046, 2067, 2073, 2074 yıllarında çok şiddetli yağışlı dönemlerin olduğu gözlemlenmiştir. Yıllık toplam yağış eğrilerine göre de ortalama yağış 798,55 mm olup en fazla yağışlı dönemin 2073 yılında olduğu ve en düşük yağışlı dönemin de 2060 yılında olduğu görülmektedir.

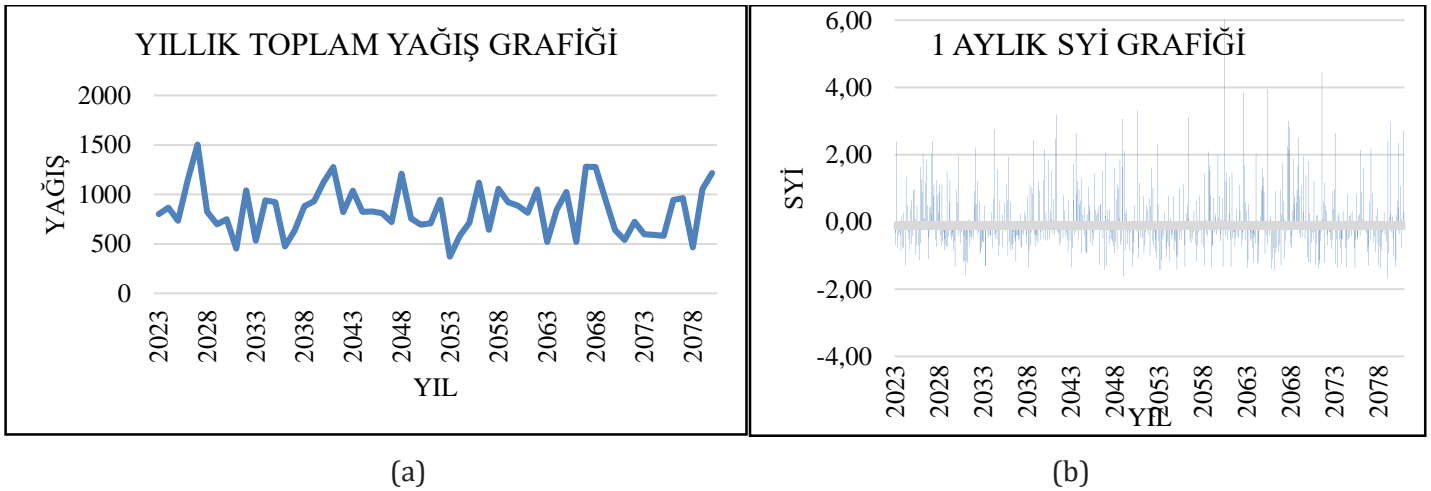
Samsun ili, 2023-2080 yılları HADGEM2-ES – RCP4.5 senaryo modeli tahminlerine ait kuraklık indeks sayıları aşağıda gösterilmiştir.

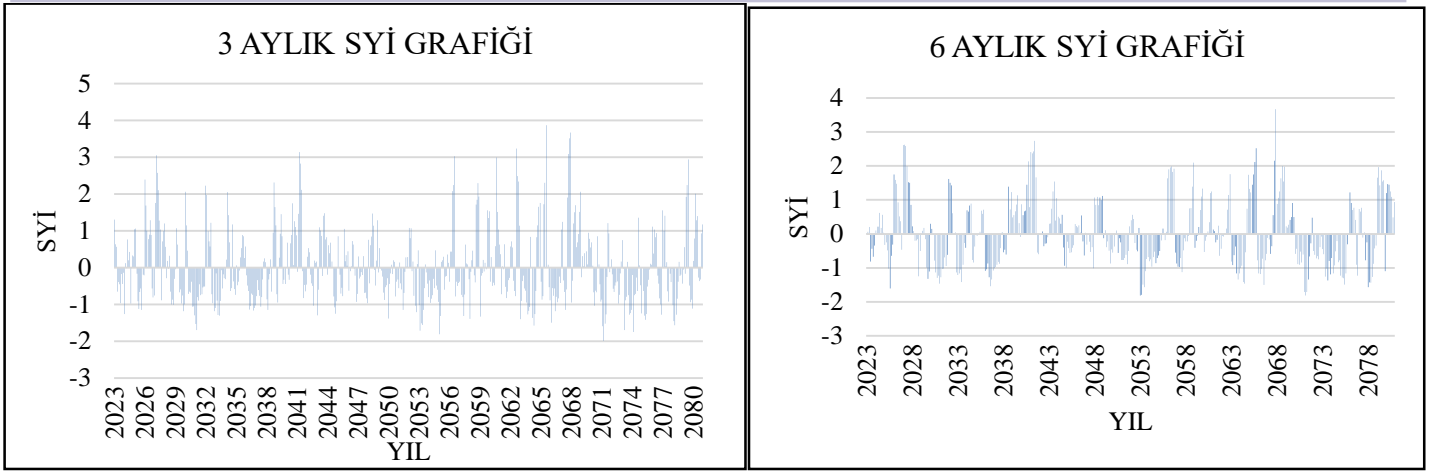
Tablo 3.2. Samsun İli, 2023-2080 Yılları Arası HADGEM2-ES – RCP4.5 Senaryosu SYİ Değerlerine Göre Kuraklık Kategorisi Sayıları

Kuraklık Kategorisi	SAMSUN İLİ			
	1 AYLIK SYİ	3 AYLIK SYİ	6 AYLIK SYİ	12 AYLIK SYİ
Çok şiddetli yağışlı	34	26	25	4
Çok yağışlı	22	27	15	4
Orta şiddetli yağışlı	51	38	25	3
Normal	136	143	104	14
Normale yakın kuraklık	403	288	189	23
Orta şiddetli kuraklık	49	51	46	10
Şiddetli kuraklık	1	7	2	0
Çok şiddetli kuraklık	0	0	0	0

Periyotlara ayrılarak yapılan Tablo 3.2.'deki analizlere göre; normal ve normale yakın kuraklığın genel olarak hâkim olduğu gözlemlenmiştir.

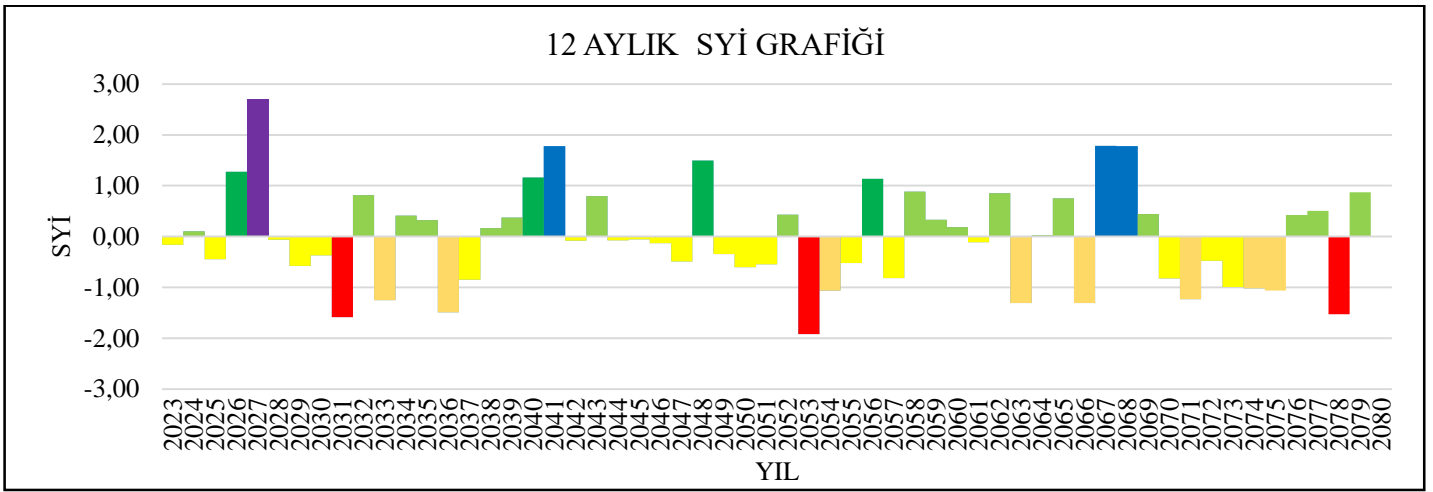
Samsun ili, HADGEM2-ES – RCP8.5 senaryo modeli 2023-2080 yılları arası yağış analizi Şekil3.3.'de gösterilmiştir.





(c)

(d)



(e)

Şekil 3.3. Samsun İli, 2023-2080 Yılı Arası HADGEM2-ES – RCP8.5 Senaryosu Standartlaştırılmış Yağış İndeksi Grafikleri.

a)Yıllık Toplam Yağış Grafiği b)1 Aylık SYİ grafiği c)3 Aylık SYİ grafiği d)6 Aylık SYİ grafiği e)12 Aylık SYİ grafiği

SYİ kuraklık gidiş eğrilerinden; aylık SYİ dağılımına bakıldığında sadece 2031, 2049 ve 2079 yıllarında şiddetli kuraklık gözlemlenmiştir. Genel eğride normal ve normale yakın kuraklıklar gözlenirse de genel anlamda çok şiddetli yağış dönemleri her beş yıllık periyotta en az bir ay da gözlemlenmiştir. Üç Aylık dağılıma bakıldığında 2031, 2053, 2055, 2064, 2071, 2073, 2074 ve 2078 yıllarında şiddetli kuraklıklar gözlemlenmiş ancak çok şiddetli kuraklık dönemine rastlanmamıştır. 2026, 2027, 2030, 2032, 2034, 2038, 2041, 2056, 2058, 2060, 2062, 2065, 2067, 2068, 2079, 2080 yıllarında çok şiddetli kuraklık dönemlerine rastlanmaktadır. Altı aylık gidişlere bakıldığında 2025, 2036, 2053, 2071, 2078 yıllarında şiddetli kuraklık dönemleri gözlemlenmiştir. 2027, 2040, 2041, 2058, 2065, 2067 yıllarında da çok şiddetli kuraklık dönemleri dikkat çekmektedir.

Yıllık gidişlere bakıldığında sadece 2027 yılında şiddetli yağış dönemine rastlanmaktadır. 2031, 2053, 2078 yıllarında da şiddetli kuraklık dönemleri mevcuttur. Yıllık toplam yağış eğrilerine göre de ortalama yağış 841,29 mm olup en fazla yağışlı dönemin 2027 yılında olduğu ve en düşük yağışlı dönemin de 2053 yılında olduğu görülmektedir.

Samsun ili, 2023-2080 yılları HADGEM2-ES – RCP8.5 senaryo modeli tahminlerine ait kuraklık indeks sayıları Tablo.3.3.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Samsun İli, 2023-2080 Yılları Arası HADGEM2-ES – RCP8.5 Senaryosu SYİ Değerlerine Göre Kuraklık Kategorisi Sayıları

Kuraklık Kategorisi	SAMSUN İLİ			
	1 AYLIK SYİ	3 AYLIK SYİ	6 AYLIK SYİ	12 AYLIK SYİ
Çok şiddetli yağışlı	35	28	13	1
Çok yağışlı	26	20	27	4
Orta şiddetli yağışlı	37	42	30	4
Normal	161	151	106	18
Normale yakın kuraklık	367	267	170	20
Orta şiddetli kuraklık	67	59	51	8
Şiddetli kuraklık	3	13	9	3
Çok şiddetli kuraklık	0	0	0	0

Periyotlara ayrılarak yapılan Tablo 3.3.'deki analizlere göre; Normal ve normale yakın kuraklığın genel olarak hâkim olduğu gözlemlenmiştir.

4. SONUÇLAR

Samsun ilindeki gözlem ve iklim modelindeki senaryolardaki yağış değerleri kullanılarak SYİ yöntemi ile kuraklık analizi yapılmıştır. Gözlenen yağış değerlerine göre kuraklık analizi, HADGEM RCP 4.5 modeline göre tahmin edilen yağış değerleri ile kuraklık analizi ve HADGEM RCP 8.5 modeline göre kuraklık analizi yapılarak mevcut kuraklık durumu ile karşılaştırılmıştır. Gözlem - HADGEM2 RCP4.5-8.5 Artış/Azalış yüzdesel ilişkileri aşağıda 4.1. ve 4.2. tablolarında gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Samsun İli, İklim Projeksiyon Değerleri İle Gözlem Değerleri Arası Artış/Azalış Oranları.

Kuraklık Kategorisi	Gözlem - HADGEM2 RCP-4.5 Artış/Azalış Yüzdesel Değerleri			
	1 AYLIK SYİ	3 AYLIK SYİ	6 AYLIK SYİ	12 AYLIK SYİ
Çok şiddetli yağışlı	0,72%	0,44%	2,31%	3,05%
Çok yağışlı	-0,69%	1,39%	-0,15%	4,97%
Orta şiddetli yağışlı	-0,85%	0,21%	-1,81%	-2,52%
Normal	-5,46%	-8,61%	-5,70%	-10,48%
Normale yakın kuraklık	10,31%	10,81%	9,46%	3,12%
Orta şiddetli kuraklık	-2,09%	-2,17%	0,07%	7,63%
Şiddetli kuraklık	-1,94%	-1,87%	-3,35%	-3,85%
Çok şiddetli kuraklık	0,00%	-0,19%	-0,82%	-1,92%
Kuraklık Kategorisi	Gözlem - HADGEM2 RCP-8.5 Artış/Azalış Yüzdesel Değerleri			
	1 AYLIK SYİ	3 AYLIK SYİ	6 AYLIK SYİ	12 AYLIK SYİ
Çok şiddetli yağışlı	0,86%	0,79%	-0,64%	-2,12%
Çok yağışlı	-0,11%	0,18%	2,80%	4,97%
Orta şiddetli yağışlı	-2,86%	0,90%	-0,58%	-0,80%

Normal	-1,87%	-7,23%	-5,21%	-3,58%
Normale yakın kuraklık	5,13%	7,19%	4,78%	-2,06%
Orta şiddetli kuraklık	0,49%	-0,79%	1,30%	4,18%
Şiddetli kuraklık	-1,65%	-0,84%	-1,63%	1,33%
Çok şiddetli kuraklık	0,00%	-0,19%	-0,82%	-1,92 %

- 1 aylık SYİ değerlerine bakıldığında HADGEM RCP 4.5 Senaryosuna (1. Senaryo) göre normal kuraklık azalırken normale yakın kuraklıkta %10,31 artış gözlemlenmiş, HADGEM RCP8.5 (2. Senaryo) senaryosunda ise % 5,13 oranında artış olmuştur.
- 3 aylık SYİ değerlerine bakıldığında ise her iki senaryoda da aylık SYİ değerlerine paralel olarak yine normale yakın kuraklıkta %7-%11 arasında artış gözlemlenmiştir.
- 6 aylık SYİ değerlerine bakıldığında normale yakın kuraklığın her iki senaryoda da %4 ile %10 aralığında arttığını gözlemlemekteyiz.
- 12 aylık SYİ değerlerinde ise 1.Senaryoda çok şiddetli yağışlı dönemlerin %3,05, çok yağışlı dönemin %4,97, normale yakın kuraklığın %3, 12 ve orta şiddetli kuraklığın %7, 63 arttığı görülürken normal dönemlerin %10,48 oranında azaldığı görülmektedir. Buna karşın 2. Senaryoda ise çok yağışlı, orta şiddetli kuraklık ve şiddetli kuraklık dönemlerinde % 1-%5 aralığında artış olmuş ve normal kuraklık döneminde %3, 58 azalma olmuştur.
- Aylık ortalama yağış değerleri kıyaslandığında ise gözlem değerlerinde 1971-2022 yılları arasında 58,91 mm iken 2023-2080 yılı için HADGEM RCP4.5 senaryosunda 66,55 mm, HADGEM RCP8.5 senaryosunda ise 70,11 mm olarak arttığı gözlemlenmiştir. En yüksek yağış değerlerine bakıldığında ise 1971-2022 yılları arasındaki gözlem verilerinde 269,80 mm iken 2023-2080 yılı için HADGEM RCP4.5 senaryosunda 675,10 mm ve HADGEM RCP8.5 senaryosunda 503,10 mm olarak tahmin değeri karşımıza çıkmaktadır.

İklim projeksiyonu kapsamında kullanılan HADGEM2 modeli kapsamındaki senaryolarda, HADGEM2 RCP8.5 senaryosunda çok şiddetli yağışlı dönemler ile orta şiddetli kuraklık dönemlerinin azalmasına karşın şiddetli kuraklık dönemlerinin arttığı gözlemlenmiştir. HADGEM2 RCP8.5 senaryosunun diğer senaryoya göre daha kötümser bir yaklaşım sunduğu tespit edilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda da aynı model ve senaryoya ait analizlerde RCP8.5 senaryosunun olumsuz yönde etki edecek sonuçlara vardığı görülmüştür. Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafınca icra edilen 2016-2099 dönemine ait iklim projeksiyonlarında yıllık ortalama sıcaklıklarda RCP4.5 senaryosunda 1,5-2,5°C iken, RCP8.5 senaryosunda 2,5-3,6°C yükseliş aralığı öngörmüştür (Akçakaya vd., 2015: 67-70). Pekin (2021) yaptığı çalışmasında HADGEM2-ES modeli RCP4.5 ve RCP8.5 senaryoları ve YSA modeli ile 2020-2060 ve 2060-2100 dönemine ait yonca verimi ile ilgili öngörülerde bulunmuştur. Buna göre yüzyılın sonuna doğru sıcaklık artışını RCP4.5 senaryosunda 4°C'ye, RCP8.5 senaryosunda 6°C'ye yükseleceğini tespit etmiştir (Pekin, 2021).

Nihai olarak şehrin küresel iklim modeli ile analiz edilen senaryolarında; ortalama yağışların "SYİ Değerleri ve Kuraklık/Nemlilik Sınıflandırması" tablosundaki kategorilere göre normal kurak dönemlerin azaldığı ve Orta Şiddetli Kuraklık dönemlerine ötelendiği yönünde tespitler sağlanmıştır. Buna karşın ortalama yağış değerleri bölgede artış göstermekte, aylık en yüksek yağış miktarı değerlerinde de artış yönünde değişim gözlemlenmiştir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı Beyanı

Yazarlar makaleye hangi kapsamda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Adisa, O. M., Masinde, M., Botai, J. O., & Botai, C. M. (2020, August 12), *Bibliometric analysis of methods and tools for drought monitoring and prediction in Africa. Sustainability*, 12(16), 6516. <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6516>
- Akçakaya, A., vd., (2015). Yeni Senaryolarla Türkiye İklim Projeksiyonları ve İklim Değişikliği TR2015-CC. *Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayını*, 149 s.
- Bahadır, M. (2014). Samsun'da Meydana Gelen 4 Temmuz ve 6 Ağustos 2012 Taşkınlarının Klimatik Analizi. *Coğrafya Dergisi*, (29), 28-50. <https://dergipark.org.tr/en/pub/iucogرافya/issue/25074/264645>.
- Çetin, B., (2023). *Küresel İklim Modelleri İle Havzaların Kuraklık Analizlerinin Yapılması*. (Doktora Tezi. Manisa Celal Bayar Üniversitesi). Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Dabanlı, İ., (2017). *Türkiye'de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi Ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği*. (Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi). Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Demircan, M., Gürkan, H., Arabacı, H., & Coşkun, M. (2017). Türkiye İçin İklim Değişikliği Projeksiyonları. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 16, 3-6.
- Demir, İ. (2011). Bölgesel iklim modeli projeksiyonları, ECHAM5-B1 (Regional Climate Model Projections). In: 5th *Atmospheric Science Symposium Proceedings Book: ITU* (pp. 27-29).
- Edwards, D.C. & McKee, T.B. (1997). Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple times scales. *Atmospheric Science Paper*, 634, 1-30.
- IPCC (2001). Climate Change 2001: The scientific basis. Contribution of working group I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Houghton, J.T., et al. (eds.)]. *Cambridge University Press: Cambridge and New York*.
- IPCC (2007). Climate Change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Solomon, S., et al. (eds.)]. *Cambridge University Press: Cambridge and New York*.
- IPCC (2013). Climate Change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bexand P.M. Midgley (eds.)]. *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA*.
- IPCC (2019). Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse gas fluxes in Terrestrial Ecosystem [P.R. Shukla, J. Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. 234 Connors, R. van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E. Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley, (eds.)]. *Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA*.
- Jenkins, K., Warren, R., (2015). Quantifying the impact of climate change on drought regimes using the Standardised Precipitation Index, *Theor. Appl. Climatol., Cilt. 120*, no. 1-2, s. 41-54. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-014-1143-x>.
- Karaman ve Gökalp, Van Loon, A. F., and Laaha, G. J. J. O. H. (2015). Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of hydrology*, 526, 3-14.
- Mckee, T.B., N.J. Doesken & J. Kleist (1993 January 17-22), *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, Eight Conference on Applied Climatology, Anaheim, California*. <https://climate.colostate.edu/pdfs/relationshipofdroughtfrequency.pdf>
- Mishra, A. K., & Desai, V. R. (2005). Drought forecasting using stochastic models. *Stochastic environmental research and risk assessment*, 19, 326-339.
- Nacar, S., ŞAN, M., Kankal, M., ve Okkan, U. (2022). Farklı iklim değişikliği senaryoları için Doğu Karadeniz bölgesindeki meteorolojik kuraklıkların eğilim analizi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2), 843-856.
- Özfidaner, M. (2020). *Türkiye Ölçeğinde Yağış ve Akım Kuraklık İndeksi ile Kuraklık Analizi ve Kurak Olma Olasılıklarının Belirlenmesi*. (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü). Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.

- Öztürk, Y.D., (2022). *Karadeniz Bölgesi'ndeki Kuraklık Koşullarının Spı Ve Yapay Zeka Tabanlı Güncellenmesi*. (Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi). Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Öztürk, Y. D., ve Ramazan, Ünlü. (2022). Türkiye’de yapılan kuraklık analiz çalışmaları üzerine bir derleme. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(2), 669-680.
- Pekin, M.A. (2021). *İklim Değişikliği Projeksiyonlarına Göre Yonca (Medicago Sativa) Bitkisi Veriminde Olası Değişiklikler*. (Yüksek lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.) Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- Sırdaş, S., ve Şen, Z. (2002). *Meteorological drought modelling and application to Turkey*. Diss. (PhD Thesis, Istanbul Technical University).
- SYGM, (2016, Haziran 16). *İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi, proje nihai raporu*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara. <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/İklim%20de%C4%9Fi%C5%9Fikli%C4%9Finin%20su%20kaynaklar%C4%B1na%20etkisi/İklimNihaiRapor.pdf>.
- Tarım ve Orman Bölge Müdürlüğü, (2019, Şubat 25). *Tarım ve Orman Bölge Müdürlüğü Çalışma Raporu*. <https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Bakanl%C4%B1kFaaliyetRaporlar%C4%B1/2019%20yil-i%20faaliyet%20raporu.PDF>
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, (2012). Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011 – 2023. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/banner/banner591.pdf>
- T.C. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, (2016). *Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler 2016 Yılı Değerlendirme Raporu*. <https://www.mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/dogalafet-2016.pdf> T.C.
- Thom, H.C.S. (1958). A note on the Gamma distribution. *Monthly Wheather Review*. Vol. 86, No. 41, pp. 117-122. https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/86/4/15200493_1958_086_0117_anotgd_2_0_co2.xml
- Tuğaç, Ç. (2022). “İklim Değişikliği Krizi ve Şehirler”, *Çevre, Şehir ve İklim Dergisi*. Yıl: 1. Sayı: 1. ss. 38-60.
- Turp, M. T., Öztürk, T., Türkeş, M., & Kurnaz, M. L. (2014). RegCM4. 3.5 bölgesel iklim modelini kullanarak Türkiye ve çevresi bölgelerin yakın gelecekteki hava sıcaklığı ve yağış klimatolojileri için öngörülen değişikliklerin incelenmesi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 23(1), 1-24.
- Türkeş M. (1990). *Türkiye'de Kurak Bölgeler ve Önemli Kurak Yıllar*. (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü.) Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Üstün, H. G., (2008). *İklim değişiminin su kaynakları üzerine etkisi*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi). Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Yetmen, H., (2013). *Türkiye'nin Kuraklık Analizi*, (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi). Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Yürük, C., (2017). *Türkiye İçin Cosmo-Clm (Cclm) İklim Simülasyonları: Performans Değerlendirmesi Ve 21. Yüzyıl İklim Projeksiyonları*. (Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi). Yök Tez Arşivi <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Wang, G. (2005). Agricultural drought in a future climate: results from 15 global climate models participating in the IPCC 4th assessment. *Climate dynamics*, 25, 739-753.