

# HadGEM2 Küresel İklim Modeli Tahminine Dayalı Konya Kapalı Havzası Olası İçin Tarımsal Kurak Dönemleri

İsmail TAŞ<sup>1\*</sup>Yusuf Ersoy YILDIRIM<sup>2</sup><sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üni. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

\*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): tas\_ismail@yahoo.com

Geliş tarihi (Received) : 05.10.2020

Kabul tarihi (Accepted): 07.10.2020

DOI: 10.21657/topraksu.806184

## Öz

Tarımsal kuraklık, başta canlı hayatı olmak üzere ekonomi ve çevresel sistemler üzerinde ciddi etkiler oluşturabilen en tehlikeli doğal afetlerin başında gelmektedir. Diğer afetlerle karşılaştırıldığında kuraklık, yapısı itibari ile belirli farklılıklara sahiptir. Özellikle tarımsal kuraklık doğurduğu ciddi sonuçların yanında büyük maliyetlere de neden olmaktadır. IPCC'nin 2014 yılı raporuna göre, Türkiye senaryosunda gelecekte sıcaklıkların artacağı buna karşılık yağışların azalacağı öngörülmektedir. Bu durum dikkate alındığında, ülkemiz genelinde yaşanması muhtemel kuraklık afetlerinin süre ve şiddetlerinin artacağı tahmin edilmektedir. Gelecekte yaşanması muhtemel tarımsal kuraklık dönemlerinin belirlenmesi başta sürdürülebilir tarımsal üretimin yanında diğer tüm üretim alanlarını da etkiler. Yapılan bu çalışmada, Konya Kapalı Havzası için HadGEM2 küresel iklim modelinde "Temsili Konsantrasyon Senaryosunun (Representative Concentration Pathway - RCP)" iyimser (RCP 4.5) ve kötümser (RCP 8.5) koşullarında 2100 yılına kadar tahmin edilen aylık yağış serilerine Standardize Yağış İndisi (SPI) uygulanmıştır. Çalışmalar sonucunda RCP 4.5 senaryosuna göre 4 adet ortak tarımsal kurak dönem (2043-2044, 2046-2047, 2086-2087 ve 2090-2091) belirlenmiştir. RCP 8.5 senaryosuna göre de 5 adet ortak tarımsal kurak dönem (2041-2043, 2060 – 2062, 2072 – 2074, 2092-2094 ve 2095-2097) saptanmıştır. Belirlenen tarımsal kurak dönemlerin havza içerisindeki şiddetlerinin dağılımı, havza şiddet dağılım haritaları ile gösterilmiştir. Konya Kapalı Havzasında yaşanması muhtemel tarımsal kurak dönemlerde oluşacak su açığına karşı gerekli önlemler ivedilikle alınmalıdır. Ayrıca, su yönetimi planlarının hazırlanarak tarımsal üretimde kayıplar en aza indirilmelidir. Kuraklık etkilerinin azaltılmasına yönelik alınacak tedbirler, doğrudan bölge üreticisini katkı sağlarken aynı zamanda da ülke üretimi ve ekonomisini de büyük katkılar sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Tarımsal Kuraklık, SPI, Sulama Suyu, HadGEM2

## Possible Agricultural Drought Period of Konya Closed Basin Based on HadGEM2 Global Climate Model

### Abstract

Drought is one of the most dangerous natural disasters that can have serious impacts on the economy and environmental systems, especially on living life. When compared with other disasters, drought has many differences with respect to structure. In particular, agricultural droughts cause great costs as well as serious consequences. According to the IPCC report of 2014, Turkey will increase in the future temperature scenarios rainfall is expected to decrease the contrast. When

this situation is taken into consideration, it is estimated that the duration and severity of drought disasters likely to be experienced throughout our country will increase. The determination of agricultural droughts that are likely to occur in the future affects not only sustainable agricultural production but also all other production areas. In this study, the monthly rainfall series estimated up to 2100 under the optimistic (RCP 4.5) and pessimistic (RCP 8.5) conditions of the Representative Concentration Pathway (RCP) in the HadGEM2 global climate model for Konya Closed Basin were used. The obtained monthly rainfall series were analysis with Standardized Precipitation Index (SPI). As a result of the analysis of SPI, it was detected 4 agricultural drought periods (2043-2044, 2046-2047, 2086-2087 and 2090-2091) for RCP 4.5 scenario. According to RCP 8.5 scenario, it was detected 5 agricultural drought periods (2041-2043, 2060 – 2062, 2072 – 2074, 2092-2094 ve 2095-2097). The severity distribution maps were prepare for the determined agricultural drought periods in the basin. It should be taken precautions in time against the water deficit that will occur in agricultural drought periods which may occur in Konya Closed Basin. In addition, losses in agricultural production should be minimized by preparing water management plans. Measures to be taken to reduce drought effects will directly contribute to the regional producer and contribute to the production and economy of the country.

**Keyword:** Agricultural drought, SPI, HadGEM2, Irrigation water

## GİRİŞ

Tarımsal üretim açısından bakıldığında atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonunun artışı ve bitki büyüme mevsiminin uzaması daha fazla verim ve gelir demektir ki bu da arzulan bir durumdur. Ancak, tarımsal faaliyetlerin tamamı (ekim-dikim, kültürle işlemler, hasat gibi), aşırı hava olaylarının sayısının ve şiddetinin artmasına, sıcaklıkların yükselmesine, yağış miktarlarındaki ve rejimlerindeki değişimlerden dolayı büyük oranda olumsuz olarak etkilenmektedir. Tarımsal üretim hali hazırda yüz yüze olduğu, artan gıda ve yenilenebilir enerji talepleri nedeniyle büyük olumsuzluklar/güçlükler içindedir. Aşırı iklim olaylarının sayısı ve şiddetindeki artış, çevre kirliliği ve artan su talebi giderek üretimde kaynak sorunlarına yol açacak ve buna bağlı olarak sürdürülebilir gıda arzı tehlikeye girerek gıda güvenliği için mücadelesi güç büyük bir tehdit oluşturacaktır.

Tarım ülkemiz için sadece ekonomik değil aynı zamanda da sosyal olarak önemli bir sektördür. Tarım için genel bir tanımla yapılacak olursa, üstü açık büyük bir fabrika olarak nitelendirilebilir. İklim parametrelerindeki ani değişimler başta tarım sektörü olmak üzere tüm ekosistemde büyük etkilere yol açmaktadır. Bunun en önemli nedeni, ani değişimlere karşı bitkilerin savunma kabiliyetleri çok yavaş ve sınırlı olmasıdır. Bilim insanları başta bitki ilahçıları olmak üzere bitkilerin bu sınırlı savunma kabiliyetlerinin gelişmesi için optimum koşulların oluşturulması çabası içerisinde.

Dünyanın tamamında su kıtlılığı, en önemli sorunların başında yer almaktadır. Yaşamdaki tüm faaliyetler az ya da çok suyun miktarı ve kalitesinden etkilenir. Temiz su kaynaklarına olan talebin gün geçtikçe artması beraberinde su kaynağı olarak kullanılacak kaynakların dikkatli bir şekilde incelenmesi ve değerlendirilmesini de beraberinde getirmektedir.

Bitkisel üretimde yüksek kalite ve verim için en önemli girdi sulama suyudur. Bitkinin gereksinim duyduğu suyun, ihtiyaç duyulan zamanda ve miktarda sağlanabilmesi ancak doğru verilerle tasarlanmış, inşa edilmiş ve işletilen sistemlerle mümkündür. Sulama yapılarının planlama ve tasarım çalışmalarının en önemli bileşenlerinden bir tanesi de inşaatın gerçekleştirileceği bölgedeki üretilen ve üretilmesi planlanan bitkilerin su tüketim değerlerinin bilinmesidir. Tasarımda dikkate alınan bitki su tüketim değerlerinin doğruluğu, doğrudan planlama sonuçlarını etkiler (Taş ve Kırnak, 2011).

Kuraklık tüm dünyada olduğu gibi ABD'de de hemen her yıl herhangi bir bölgesinde/ bölgelerinde meydana gelebilmektedir. Ayrıca ciddi ekonomik, sosyal ve çevresel maliyetler yanı sıra önemli mali kayıplarla da neden olmaktadır. Kuraklık olayı ABD'nin yarı kurak bölgelerinin olduğu batı bölgelerinde daha sık meydana gelebilmektedir. Bu bölge 1980'lerin sonlarından 1990'ların başlarına kadar yoğun şekilde kuraklık yaşadı. 1988 yılında ülkenin geniş kesimlerini etkileyen yoğun ve şiddetli kuraklık, tarım ve

ormancılık başta olmak üzere ulaştırma, enerji üretimi, su temini, turizm, rekreasyon ve çevre konularında olmak üzere çeşitli sektörlerde ciddi etkiler oluşturmuş ve yaklaşık 39 milyar dolarlık bir kaybin oluşmasına neden olmuştur (Riebsame vd., 1991). Ayrıca, diğer ülkelere yapılan ihracatlar azalmış olup sadece mısır ve buğday ihracatından kaynaklanan kayıp 15 milyar dolardan fazla olmuştur. ABD Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (FEMA) 1995 yılında yaşanan kuraklığın maliyetinin yıllık 6-8 milyar dolar civarında olduğunu belirtmektedir (FEMA, 1995). Aynı ajans 1995'ten bu yana, ülkenin hemen her bölgesinde kuraklıkların meydana geldiğini, bazı bölgelerde birkaç kez ve ardışık yıllarda tekrarladığını belirtmektedir. ABD'nin doğusunun büyük bölümü 1998-99 yıllarında ciddi bir kuraklık yaşamıştır. Ayrıca, güney doğuda bulunan Florida ve Georgia eyaletleri de 1999-2002 arasında ciddi oranda kuraklık yaşamıştır (Wilhite vd., 2005).

Kuraklığın belirlenmesinde çok sayıda indis ve indikatör bulunmaktadır. Bunların içerisinde gerek kullanım kolaylığı gerekse yorumlanmasındaki kolaylıklardan dolayı SPI en yaygın kullanılan indislerdendir. Tarımsal kuraklık analizlerinde ise Palmer Nem Anomali İndisi (ZIND) ve SPI analizi en yaygın kullanılanlarındandır. Kolay kullanım ve yorumlanması nedeniyle 6 veya 9 aylık SPI analiz sonuçları tarımsal kuraklık yorumlarında en çok tercih edilen yöntemdir (Gürler, 2017).

Konya Kapalı Havzası iklim koşulları dikkate alındığında, ülkemizde üretimi yapılan ürünlerin büyük bölümünün üretildiği bir bölgedir. Havzada yağışa dayalı tarım yapılan alanlarda ağırlıklı olarak hububat üretilmektedir. Sulama suyunun bulunabildiği alanlarda ise endüstri bitkileri, sebze

ve meyve türleri üretilmektedir. Genel olarak havza Türkiye'nin tahıl, bakliyat ve şekerpancarı ambarı olarak nitelendirilmektedir.

Tarım Orman Bakanlığı'nın Konya Kapalı Havzasında 2019-2024 yılları için yapmış olduğu Sektörel Su Tahsisi Eylem Planı ve Genelgesine göre, farklı dönemlerde sulama alanlarında ekonomik değeri maksimize edecek şekilde optimum bitki deseni çalışması yapılmış ve bu desen için ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarları dönemlere göre belirlenmiştir. Sulama suyu ihtiyacı, sulama alanı artışına ve sulama randımanındaki yükselmeye bağlı olarak artış göstermektedir. Tarım sektörü için hesaplanan su verimliliği değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Proje kapsamında farklı dönemlerde sulama alanlarında ekonomik değeri maksimize edecek şekilde optimum bitki deseni çalışması yapıldığından dönemlere göre sulama alanı miktarı arttıkça ekonomik değer de artmaktadır. Tarım sektöründe YAS ve YÜS dahil toplam 4800 hm<sup>3</sup>'lük su tahsisi ile oluşturulan ekonomik değer 2016 yılında yaklaşık 2,16 milyar TL olarak hesaplanırken, bu değer 2040'da 2.444 hm<sup>3</sup>'lük su tahsisi ile yaklaşık 4,6 milyar TL mertebesine çıkacağı öngörülmektedir (Anonim, 2019).

Yapılan bu çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından HadGEM2 küresel iklim modeli kullanılarak RCP 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryolarının çalıştırılmasıyla 2100 yılına kadar beklenen aylık ortalama yağışlardan 6 aylık SPI analizi yapılarak Konya Kapalı Havzası için 2100 yılına kadarki sürede olasılık dahilindeki tarımsal kurak dönemler belirlenmiştir. Ayrıca belirlenen bu dönemler, kuraklık şiddet toplamları kullanılarak jeostatistiksel yöntemle alan şiddet dağılım haritalarının üretilmesinde kullanılmıştır.

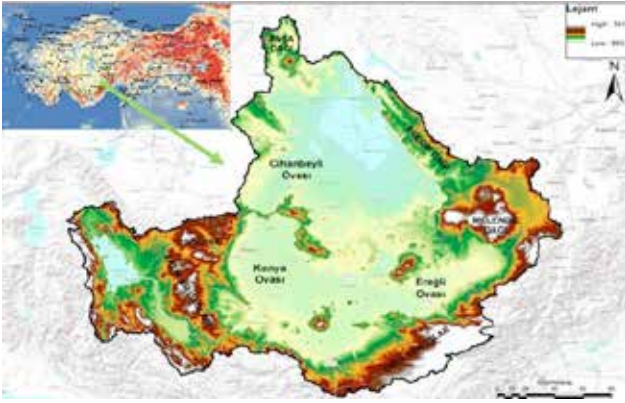
**Çizelge 1.** Tarım Sektörü Su Verimliliği (TL/m<sup>3</sup>)

**Table 1.** Water Efficiency of Agricultural Sector (TL/m<sup>3</sup>)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2029-2040
Beyşehir- Çarşamba	1.41	1.46	1.51	1.54	1.68	1.73	2.11
Konya-Çumra	0.58	0.62	0.64	0.66	0.79	0.82	1.03
Karaman-Ayrancı	0.47	0.51	0.52	0.53	0.59	0.61	0.76
Ereğli-Niğde-Bor	0.75	0.84	0.87	0.89	0.98	1.02	1.27
Aksaray- Sultanhanı	0.49	0.54	0.56	0.57	0.63	0.66	0.82
Altınekin	0.47	0.49	0.51	0.52	0.57	0.60	0.74
Cihanbeyli- Yeniceoba	0.49	0.54	0.56	0.57	0.63	0.65	0.81
Şereflikoçhisar	0.57	0.62	0.66	0.65	0.70	0.72	0.87
Misli	0.53	0.58	0.60	0.61	0.67	0.69	0.84

**MATERYAL METOT****Çalışma alanı ve toprak özellikleri**

Konya Kapalı Havzası; Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan ve Aksaray, Ankara, Antalya, Isparta, Karaman, Konya, Mersin, Nevşehir ve Niğde illerini tamamını ya da bir kısmını kapsayan bir havzadır. Havza kuzeyden Sakarya ve Kızılırmak, doğudan Kızılırmak ve Seyhan, güneyden Doğu Akdeniz ve batıdan Antalya ve Akarçay Havzaları tarafından çevrelenmektedir. Türkiye'nin yüz ölçümünün yaklaşık %6.4'ünü kaplayan nehir havzasının toplam alanı 49786 km<sup>2</sup>'dir.



**Şekil 1.** Konya kapalı havzasının konumu  
**Figure 1.** Location of Konya closed basin

DSİ verilerine göre bölgede yaklaşık 3 milyon ha tarıma elverişli arazi bulunmaktadır. Mevcut su kaynaklarına ilişkin projelerin tamamen geliştirilmesi ve suyun tasarruflu kullanılması koşulunda ancak bu arazinin 1/3'ünden (1.1 milyon ha) biraz fazlasının sulanabilmesi hedeflenmektedir. Tarıma

elverişli arazinin tamamen sulanabilmesi için ise en az 7 milyar m<sup>3</sup> daha suya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle havza için hazırlanan raporların büyük bölümünde bölgede yapılacak sulu tarım faaliyetlerinin mutlaka suya göre yapılması önemi üzerinde durulmaktadır. Konya ovası jeolojik formasyonlara bağlı olarak farklı toprak tiplerine sahiptir. Ovanın güneydoğu ve doğusundaki volkanik kökenli arazi üzerinde kalkersiz kahverengi topraklara; ovanın kuzey ve güneyindeki kalkerli sahalarda kırmızı-kahverengi topraklara rastlanır. Ova tabanında ise akarsuların getirmiş olduğu periyodik karakterli alüvyon üzerine alüvyal topraklar; killi ana materyal üzerinde ise yaygın vertisoller; bataklık sahalarda ise yaygın şekilde hidromorfik alüvyal topraklar sıklıkla yer almaktadır (Anonim, 2012).

**Araştırma yerinin iklim özellikleri**

Konya Havzası karasal bir iklime sahiptir. Yazlar sıcak ve kurak olup kışlar soğuk ve az yağışlıdır. Gündüz-gece sıcaklık farkı yaz aylarında 22 °C'ye kadar ulaşır. Ocak ayında en düşük ortalama sıcaklık -0.1 °C'dir (Çizelge 2). Ortalama en fazla sıcaklık Temmuz ayında 23.3 °C'dir. Yağış açısından havza, heterojen bir yapı sergileyip ortalama 283-766 mm arasında değişim göstermektedir. Havzanın doğusunda 360 mm düzeyine çıkan ortalama yağış, havzanın orta bölgelerinde Karapınar çevrelerinde 300 mm'nin altına kadar (284 mm) düşüş göstermektedir (Şekil 2). Havzanın batı bölümünde yer alan Seydişehir ve çevresinde ise 766 mm'ye kadar yükselmektedir. Havza geneli için ortalama yağış 387 mm olarak kabul edilmektedir.

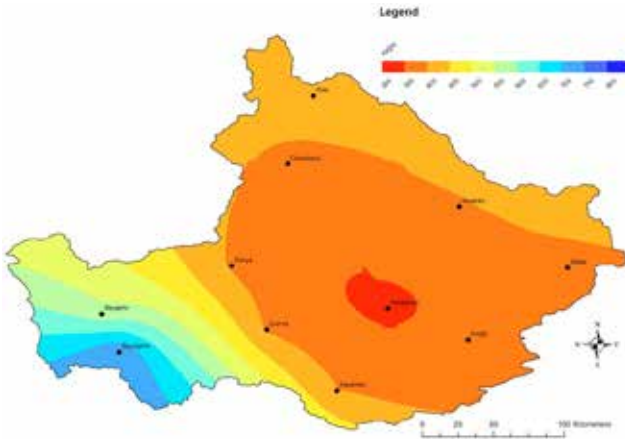
**Çizelge 2.** Havzaya ait uzun yıllar ortalama sıcaklık, ortalama toplam yağış ve ortalama buharlaşma miktarları (1975-2011)

**Table 2.** Average temperature, average total precipitation and average evaporation of the basin for Long years (1975-2011)

İstasyon	Aylık Ortalama Sıcaklık (°C)												P (mm/yıl)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Aksaray	0.8	1.7	6.3	12	16	21	24	24	19	13	7	2.6	345
Beyşehir	-0	0.6	4.8	10	15	19	22	22	18	12	6	1.8	489
Cihanbeyli	-0	0.7	5.2	11	16	20	24	23	18	12	6	1.5	321
Ereğli	0.2	1.3	6.2	12	16	21	24	23	19	13	6	2	306
Karapınar	-0	0.5	5.1	11	16	20	23	23	18	12	5	1.4	284
Konya	0	1	5.6	11	16	21	24	24	19	13	6	1.7	327
Niğde	-0	0.6	5.2	11	15	20	23	23	18	12	6	1.7	332
Seydişehir	0.4	1.1	5.8	11	16	20	24	24	19	13	7	2.3	770
Ulukışla	-2	-1	3.5	8.9	13	18	22	22	17	11	4	0.2	318
Ortalama	-0.1	0.7	5.3	10.9	15.4	20.0	23.3	23.1	18.3	12.3	5.9	1.7	388

### Araştırma yerinin su kaynakları

Konya Havzası'nda yer alan akarsuların çoğu havza içindeki kaynak veya göllerden çıkar. Yağışların düzensizliği ve azlığı sebebiyle akarsuların rejimleri düzensizdir. Kış ve ilkbahar aylarında akışa geçen dereler kurak geçen yaz aylarında kurumakta ya da debileri ciddi ölçüde azalmaktadır. Havza'daki önemli akarsular: Çarşamba Çayı, İvriç Çayı, Deliçay, Melendiz Çayı, Uluirmak ve Peçenek Deresi'dir. Konya Havzası'nın kapalı havza olması sebebiyle akarsular ova tabanlarındaki bataklıklarda kaybolur. Tuz Gölü, Çavuşçu Gölü, Beyşehir Gölü, Ereğli Ovası'ndaki Akgöl, Hotamış Bataklığı çevresindeki yükseltilerden kaynağını alan dereler kapalı havza şeklindeki bu alanlara akış gösterirler. Konya ve Ereğli ovalarının çevresindeki yükseltilerden kaynağını alan dereler ovada kaybolur ve göl oluşturmazlar. Konya Havzası'nın en büyük gölleri Tuz Gölü ve Beyşehir Gölü'dür. Havza içerisindeki düzlüklerde çok sayıda küçük kapasiteli obruk gölleri bulunmaktadır. Havza'nın güneydoğu sınırındaki dağların zirvelere yakın yerlerde ise küçük kapasiteli buzul gölleri mevcuttur.



Şekil 2. Konya havzasında yağışın dağılımı  
Figure 2. Distribution of Precipitation in Konya Basin

### Küresel iklim modeli

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Hadley Merkezi Küresel Çevre Modeli 2 (HadGEM2) kullanarak elde ettiği yağış zaman serileri kullanılmıştır. HadGEM2 küresel iklim modeli, ortak bir fiziksel çerçeve ile farklı karmaşıklık seviyeleri içeren özel model yapılandırmalarının bir dizisini içermektedir (Demircan vd., 2014). HadGEM2 ailesi, birleştiğinde atmosfer-okyanus yapılandırmasını ve/veya dinamik bitki örtüsü, okyanus biyoloji ve

atmosferik kimyasıyla Dünya-Sistem yapılandırması ve iyi bir çözümle stratosferin dâhil olduğu atmosferdeki bir dikey uzantısını içerir. Standart atmosferik bileşeni, 1.875° boylam ve 1.25° enlem aralığı ile yatay çözünürlüğünden meydana gelen 192 x 145 grid hücresinden oluşan küresel bir grid (karelej) yapısı ve yaklaşık 40 km yüksekliğe uzanan 38 seviyeye sahiptir (Demircan vd., 2017).

### Tarımsal kuraklığın belirlenmesi

Bitkinin büyüüp gelişmesi için gerekli olan suyun kök bölgesinde yeteri kadar bulunmaması tarımsal kuraklığı ifade etmektedir. Özellikle büyüme periyodu boyunca, bitkinin suya en hassas olduğu dönemde bitki için toprakta yeterli nemin olmadığı koşulda tarımsal kuraklık oluşmaktadır (Wilhite ve Glantz, 1985).

Toprak nemi koşulları, nispeten kısa bir zaman diliminde yağış anomalilerine cevap verir. Yeraltı suyu, akarsu ve rezervuar depolama uzun vadeli yağış anomalilerini yansıtır. Bu nedenle, örneğin, meteorolojik kuraklık için 1 veya 6 aylık bir SPI; tarımsal kuraklık için 1 ila 6 aylık bir SPI ve hidroloji kuraklık için 6 -24 ay (veya daha fazla) SPI analizi iyi sonuçlar verebilir (WMO, 2012). SPI aşağıdaki eşitlik 1'den yararlanılarak belirlenen zaman dilimi içinde yağışın ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile elde edilir (McKee vd., 1993).

$$\hat{Z}(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^N W(X_i)Z(X_i)}{\sum_{i=1}^N W(X_i)} \quad (1)$$

Eşitlikte SPI: Standardize Yağış İndisi;  $X_i$ : Mevcut Yağış;  $X_j$  Ortalama Yağış ve  $\sigma$ : standart sapma

SPI analizi kuraklık ve nemlilik sınıflandırmasının sınır değerleri Tablo 3'de gösterilmiştir. Çalışma kapsamında, kurak dönemler şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. SPI Kuraklık/Nemlilik sınıflandırması (McKee vd., 1993)  
Table 3. SPI Drought / Humidity classification (McKee vd., 1993)

Standart Yağış İndisi	Yağış (Kuraklık/Nemlilik) Sınıfı
2 ve üzeri	Aşırı nemli
1.5 - 1.99	Çok nemli
1 - 1.49	Orta düzeyde nemli
0.5 - 0.99	Normale yakın nemlice
-0.499 - 0.499	Normal
-0.5 - -0.99	Normale yakın kurakça
-1 - -1.49	Orta düzeyde kurak
-1.5 - -1.99	Şiddetli kurak
-2 ve altı	Aşırı kurak

Çalışmada, havza genelinde etkili olan kurak periyotlar belirlenmiş ve söz konusu periyotlar kurak periyot olarak kabul edilmiştir. Diğer bir ifadeyle dikkate alınan istasyonların kurak dönemlerinin havzadaki diğer istasyonlarla benzerliği dikkate alınmıştır. Noktasal istasyonların kuraklıkları, havzanın genelini yansıtmadığı için dikkate alınmamıştır.

### Jeoistatistiksel yöntem

İstatistiğin uygulamalı bir dalı olan jeoistatistik, ilk defa yerbilimlerinde karşılaşılan tahmin problemlerinin çözümüne yönelik olarak kullanılmıştır. Geoistatistikte ölçüm yapılan notaların konumları ile gözlemler arası korelasyon dikkate alınır. Bu yöntemle yansız ve minimum varyanslı tahminler yapılabilmektedir (Olea, 1977, Başkan, 2004). Ölçülen değerlerden deneysel variogram yapısı belirlenir. Geoistatistiksel çalışmaların temelini, bu belirlenen variogram yapısına teorik bir modelin uydurulması oluşturmaktadır (Delhomme 1978, Vieira vd., 1983, Başkan, 2004). Geoistatistiksel yöntemler, yönlü verilere uygulandığında oldukça sağlam ve güçlü sonuçlar ortaya koymaktadır.

Haritaların hazırlanmasında Uzaklığın Tersine ile Ağırlıklandırma (Inverse Distance Weighting - IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılmıştır. IDW, enterpolasyon yöntemi olarak iklim parametrelerinin işlenmesinde kullanılan en yaygın yöntemdir. Yöntemin temeli iki nokta arasındaki ilişkinin ve benzerliğin, aradaki uzaklıkla orantılı olduğu kabulüne dayanır (Aydın ve Çiçek, 2013). Yöntem, araştırılan nokta değerinin yakınındaki bilinen nokta değerlerine daha benzer olacağını kabul etmektedir. Bu varsayımdan yola çıkarak bilinmeyen noktalara yakın olan bilinen noktaların, tahmin edilecek noktanın değeri üzerine daha yüksek etkiye (ağırlığa) sahip olacağı anlaşılmaktadır. IDW yönteminde her örnek noktası, değeri tahmin edilecek noktaya olan uzaklığına ters oranda ağırlık değeri almaktadır (Isaaks ve Srivastava, 1989). Diğer bir ifadeyle bilinmeyen noktanın tahmininde; bilinen noktaların yakın olanlarına daha yüksek oranda ağırlığı olurken uzak olanların ise daha düşük bir ağırlıkta temsili söz konusudur (Franke ve Nielson, 1980; Kale, 2018). Bu nedenle IDW, bilinmeyen mekansal yağış verilerini, bilinmeyen bölgeye bitişik yerlerin bilinen verilerinden tahmin etmek için kullanılabilir (Li ve Heap, 2008;

Goovaerts, 2000). IDW formülleri aşağıdaki eşitlik 2 de verilmiştir. Ayrıca, yöntemde kullanılan ağırlıklandırma eşitlik 3'de verildiği gibidir.

$$\hat{Z}(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^N W(X_i)Z(X_i)}{\sum_{i=1}^N W(X_i)} \quad (2)$$

$$W(X_i) = \left(\frac{1}{d_i}\right)^p \quad (3)$$

Eşitliklerde;  $W(X_i)$  i'inci bilinen konumdaki ağırlığı,  $Z(X_i)$  i'inci konumdaki bilinen örnek noktası değerini,  $N$  ölçüm noktası sayısını,  $d$  örnek noktası ve tahmin noktası arasındaki mesafeyi ve  $p$  üstel güç katsayısını ifade etmektedir (Ahrens, 2006).

### BULGULAR VE TARTIŞMA

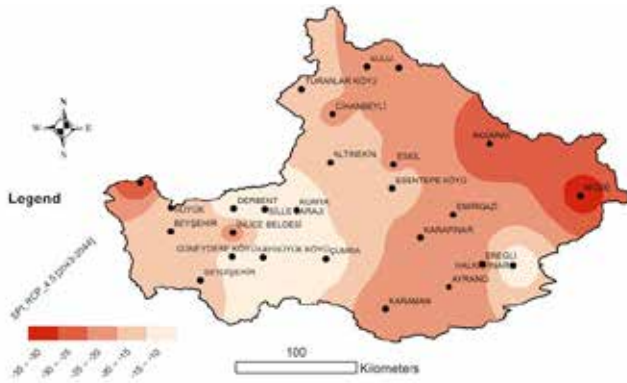
#### RCP 4.5 İklim senaryosuna göre tarımsal ortak kurak dönemler

RCP 4.5 İklim senaryosuna göre şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflar dikkate alındığında havzada dört adet ortak kurak dönem belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla 2043-2044, 2046-2047, 2086-2087 ve 2090-2091 yıllarını kapsamaktadır. En şiddetli ve uzun olanı da 2046-2047 yıllarını kapsayan ortak kurak dönemdir.

#### 2043-2044 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem yaklaşık iki yıllık süreyi kapsamaktadır. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 3'den de görüleceği gibi, bu tarımsal ortak kurak dönem havza içerisinde dalgalı bir yapı göstermektedir. Havzanın doğusundaki Niğde ve Aksaray çevrelerinde kuraklık şiddet toplamı -35 seviyelerine kadar yükselmektedir. Söz konusu bölgeler, tarımsal kuraklığın bu devre için en şiddetli yaşanacağı bölgeler olarak öngörülmektedir. Öte yandan Kulu, Cihanbeyli, Eskişehir, Emirgazi, Karapınar, Ayrancı ve Karaman çevreleri de büyük ölçekte kuraklık şiddetler toplamı -25 seviyelerine varan bir kuraklığın oluşacağı belirlenmiştir. Bu dönemdeki tarımsal kuraklıktan en az etkilenecek bölgeler ise Ereğli, Konya, Dereben, Çumra ve Kayahöyük istasyon çevreleridir. Söz konusu bölgede kuraklık şiddetleri toplamı -10 seviyelerine kadar düşmektedir.



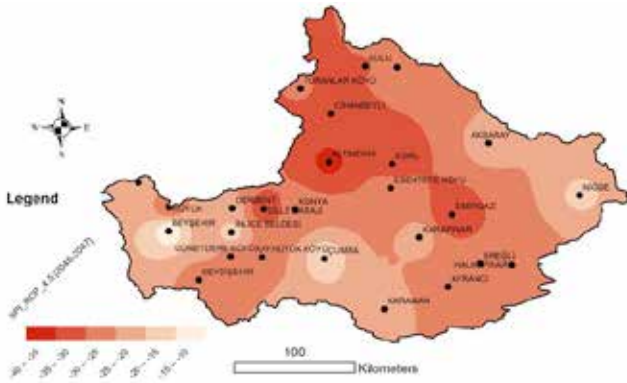


**Şekil 3.** RCP 4.5 senaryosuna göre 2043-2044 ortak tarımsal kurak dönem

**Figure 3.** Under the RCP 4.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2043-2044 period

### 2046-2047 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem bir önceki dönem gibi yaklaşık iki yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 4'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde hafif dalgalı bir yapı göstermektedir. Bir önceki kurak dönemin aksine havzanın doğusundaki Niğde ve Aksaray çevrelerinde daha düşük şiddette (kuraklık şiddet toplamaları -15) bir tarımsal kuraklık oluşması öngörülmektedir. Havzanın kuzey ve orta kuzey bölgeleri (başta Altinekin olmak üzere Kulu, Cihanbeyli, Eski ve Emirgazi) kuraklıktan en fazla etkilenecek bölgeler olarak saptanmıştır. Söz konusu bölgelere kuraklık şiddet toplamı -40 seviyelerine kadar yükselmesi beklenmektedir. Havzanın büyük bölümünde kuraklık şiddeti toplamı -25 seviyesinde tarımsal kuraklık olacağı öngörülmektedir. Kuraklığın en az etkileyeceği alan Beyşehir çevresi olarak saptanmıştır.



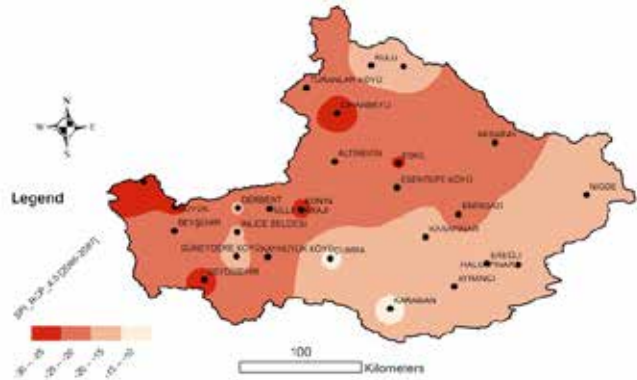
**Şekil 4.** RCP 4.5 senaryosuna göre 2046-2047 ortak tarımsal kurak dönem

**Figure 4.** Under the RCP 4.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2046-2047 period

### 2086-2087 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de yaklaşık iki yıl süreceği tahmin edilmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 5'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde kademli bir değişim sergilemektedir.

Havzanın doğusundaki Niğde ve güneyinde yer alan Karapınar, Ereğli, Çumra (Çumra en az etkilenecek bölge) ve Karaman çevreleri yanı sıra Kula ve Dere köy kuraklığın en az etkileyeceği bölgelerdir. Söz konusu bölgelerde kuraklık şiddeti toplamı -15'in altındadır. Buna karşılık Cihanbeyli, Eski, Konya, Hüyük, ve Seydişehir istasyon çevrelerinde kuraklık şiddet toplamı -30'lara kadar yükselmektedir. Söz konusu bölgeler bu kurak devrede kuraklıktan en fazla etkilenecek alanlar olarak belirlenmiştir. Yukarıda bahsedilen bölgelerin dışında kalan alanlar da ise kuraklık şiddetleri toplamı -25 'in altında olacak şekilde kuraklıktan etkileneceği öngörülmektedir.



**Şekil 5.** RCP 4.5 senaryosuna göre 2086-2087 ortak tarımsal kurak dönem

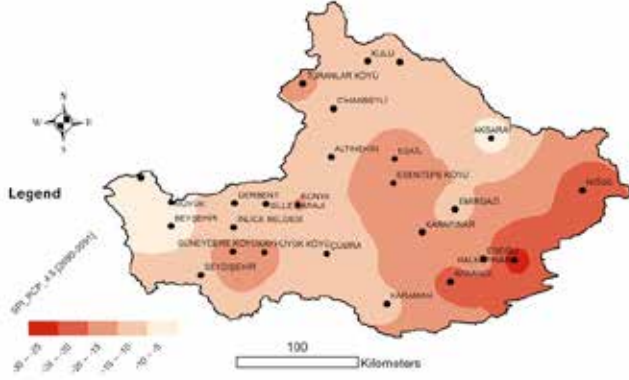
**Figure 5.** Under the RCP 4.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2086-2087 period

### 2090-2091 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de yaklaşık iki yıl süreceği tahmin edilmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 6'dan da görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde hafif bir dalgalı yapı sergilemektedir. Havzanın doğusundaki Niğde ve güneyinde yer alan Ereğli (en fazla etkilenecek bölge) ve Ayrancı çevreleri kuraklığın en fazla etkili olacağı bölgeler olarak belirlenmiştir.

Söz konusu bölgelerde kuraklık şiddeti toplamı -30'lara kadar yükselmektedir. Buna karşılık

Eskil, Esentepe köyü ve Karapınar çevreleri anılan bölgelere göre daha az etkilenmesi beklenilmektedir. Anılan bölgelerin kuraklık şiddetleri toplamı -20 seviyesindedir. Bu kuraklık devrede en az etkilenecek bölgeler Aksaray ve Beyşehir çevreleri olacağı öngörülmektedir.



**Şekil 6.** RCP 4.5 senaryosuna göre 2090-2091 ortak tarımsal kurak dönem

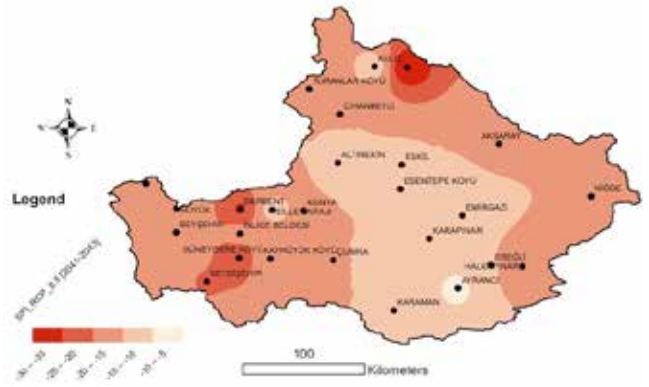
**Figure 6.** Under the RCP 4.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2090-2091 period

### RCP 8.5 İklim senaryosuna göre tarımsal ortak kurak dönemler

RCP 8.5 İklim senaryosuna göre şiddetli kurak ve aşırı kurak sınıflar dikkate alındığında havzada beş adet ortak kurak dönem belirlenmiştir. Bunlar sırasıyla 2041-2043, 2060-2062, 2072-2074, 2092-2094 ve 2095-2097 yıllarını kapsamaktadır. En şiddetli olanı da 2072-2074 yıllarını kapsayan ortak kurak dönemdir.

#### 2041-2043 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 7'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde hafif dalgalı bir yapı göstermektedir. Havzanın orta bölümündeki Altınekin, Eskil, Esentepe Köyü, Emirgazi, Karapınar, Halkapınar Karaman ve Ayrancı (en az etkilenecek) bölgeleri olup kuraklık şiddetleri toplamı -15 seviyesindedir. Ereğli, Niğde Aksaray, Cihanbeyli, ve havzanın batı bölümünün büyük bölümünde kuraklık şiddetleri -20 seviyesine kadar yükselmektedir. Tarımsal kuraklığın en fazla hissedileceği bölge Kula ve çevresi (şiddetler toplamı -30) ile Derebent ve Seydişehir (kuraklık şiddet toplamı -25) çevreleridir.

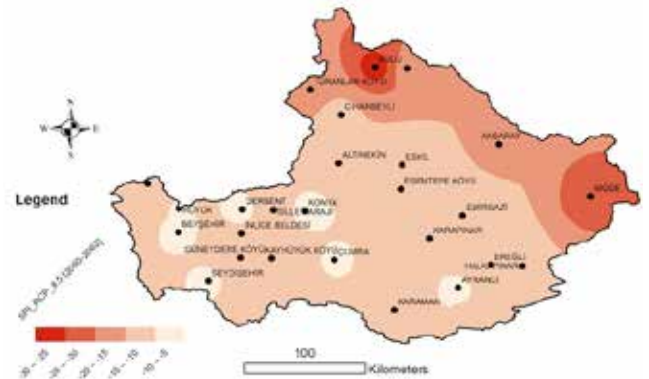


**Şekil 7.** RCP 8.5 senaryosuna göre 2041-2043 ortak tarımsal kurak dönem

**Figure 7.** Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2041-2043 period

#### 2060-2062 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönemin de yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 8'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havzanın büyük bölümünde homojen sayılabilecek bir dağılım sergilemektedir. Havzanın kuzeyindeki Kula ve doğusundaki Niğde istasyonları kuraklığın en şiddetli yaşanacağı (şiddetler toplamı -30 seviyesine kadar yükselmektedir) öngörülmektedir. Konya, Derebent, Beyşehir, Seydişehir, Çumra ve Ayrancı istasyon çevreleri havzanın diğer bölgelerine göre kısmen daha az şiddette tarımsal kuraklık yaşamaları öngörülmektedir. Öte yandan havzanın diğer kalan bölgelerinde kuraklık şiddet toplamı -15 seviyesinin altında bir tarımsal kuraklık yaşaması öngörülmektedir.



**Şekil 8.** RCP 8.5 senaryosuna göre 2060-2062 ortak tarımsal kurak dönem

**Figure 8.** Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2060-2062 period

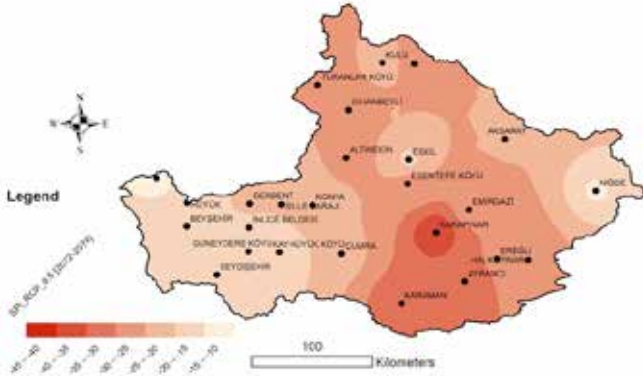


### 2072-2074 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de diğer kurak periyotlar gibi yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 9'dan da görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde dalgali bir yapı göstermektedir. Havzanın güneyindeki Karapınar (en şiddetli), Ayrancı ve Karaman istasyon çevreleri tarımsal kuraklığı en şiddetli seviyede (şiddet toplamı -45 seviyesine kadar yükselmekte) yaşayacağı öngörülmektedir. Havzanın doğusunda Niğde ve batı bölümündeki Hüyük, Beyşehir, İnce Beldesi, Dereköy ve Seydişehir çevreleri tarımsal kuraklıktan diğer bölgelere göre daha az etkileneceklerdir (şiddetler toplamı -15). Havzanın geri kalan bölümünde ise kuraklık şiddet toplamaları -30 seviyelerine kadar yükselmektedir.

### 2092-2094 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de diğer kurak periyotlar gibi yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 10'dan da görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde kısmen homojen bir dağılım göstermektedir. Havzanın batısındaki Derebent, Sille barajı, Konya, Güneydere köyü, İnce beldesi ve Seydişehir çevrelerinin yanı sıra Ereğli, Kula ve Turnalar köyü istasyon çevrelerinde tarımsal kuraklık en fazla etkili olacaktır (şiddetler toplamı -25). Cihanbeyli, Altınekin, Eskil ve Karaman çevreleri tarımsal kuraklıktan en az etkilenecek bölgelerdir (şiddetler toplamı -10). Geriye kalan bölgelerde ise tarımsal kuraklık şiddet toplamaları -20 seviyelerinde oluşturacağı öngörülmektedir.

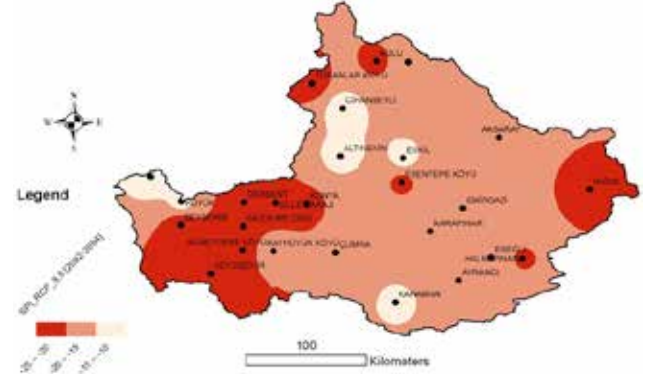


Şekil 9. RCP 8.5 senaryosuna göre 2072-2074 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 9. Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2072-2074 period

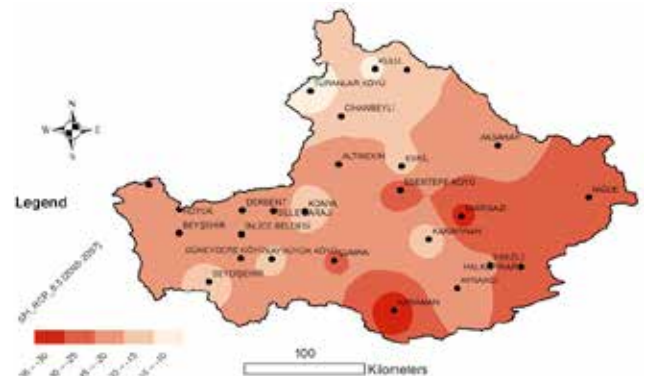
### 2095-2097 Tarımsal kurak dönem

Bu kurak dönem de diğer kurak periyotlar gibi yaklaşık üç yıl süreceği öngörülmektedir. Her bir istasyon için şiddetli ve aşırı kurak sınıflar dikkate alınarak tarımsal kuraklık şiddeti hesaplanmıştır. Şekil 11'den de görüleceği gibi, ortak tarımsal kurak dönem havza içerisinde hafif dalgali bir yapı sergilemektedir. Havzanın doğusundaki Niğde, Ereğli'nin yanı sıra özellikle Karaman ve Emirgazi çevrelerinde tarımsal kuraklık şiddet toplamı yaklaşık -35 seviyelerine kadar yükselmektedir. Havzanın kuzeyinde yer alan Kulu ve Turnalar köyü çevresinde tarımsal kuraklık şiddet toplamı -10 seviyesine kadar düşüş göstermektedir. Sayılanların dışında kalana bölgelerde ise -15 seviyelerine bir kuraklığın oluşacağı öngörülmektedir.



Şekil 10. RCP 8.5 senaryosuna göre 2092-2094 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 10. Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2092-2094 period



Şekil 11. RCP 8.5 senaryosuna göre 2095-2097 ortak tarımsal kurak dönem

Figure 11. Under the RCP 8.5 scenarios to change in agricultural drought for the 2095-2097 period

### SONUÇLAR

Küresel boyutta iklimsel dalgalanmaların yaşandığı günümüzde, yaşamın en temel ögesi

**Çizelge 4.** Konya Kapalı Havzası Sulama Suyu İhtiyaçları  
**Table 4.** Irrigation Water Requirement of Konya Closed Basin

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2029	2040
Sulama Alanı (bin ha)	900	904	919	928	957	962	970	970
Ortalama Randıman %	59	61	63	64	70	72	88	88
Sulama Suyu İhtiyacı (hm <sup>3</sup> )	4553	4464	4644	4565	4268	4160	4615	4615

olan suyun, deniz, kara ve hava arasındaki çevrim ve bu çevrimde meydana gelen değişikliklerin, ekonomik pek çok sektörde, toplumda ve çevrede önemli ve geniş çaplı etkilere sahip olduğu geniş çevrelerce kabul edilen bir gerçekliktir. Örneğin pek çok kara ve su ekosistemlerinin özellikleri, belirgin bir biçimde suyun mevcudiyeti ile değişkenlik göstermektedir. Su, canlı yaşamı faaliyetlerin ayrılmaz bir parçasıdır. Bununla beraber, temiz suyun mevcudiyeti ekonomik kalkınmayı da etkiler. Bunun en çarpıcı örneği tarımdır.

Konya Kapalı Havzası için 2100 yılına kadarki olası ortak tarımsal kurak dönemler belirlenmiştir. RCP 4.5 senaryosuna göre 2043-2044, 2046-2047, 2086-2087 ve 2090-2091 yılları olmak üzere 4 adet ortak tarımsal kurak dönem saptanmıştır. RCP 8.5'e göre ise 2041-2043, 2060 – 2062, 2072 – 2074, 2092-2094 ve 2095-2097 yılları olmak üzere 5 adet ortak tarımsal kurak periyotlar olarak belirlenmiştir. Bunların dışında noktasal kurak dönemler zaman zaman oluşmakta ancak bunlar havzanın genelini yansıtmadığı için dikkate alınmamıştır.

Tarım Orman Bakanlığı'nın Konya Kapalı Havzası için 2019-2024 yılları için yapmış olduğu Sektörel Su Tahsisi Eylem Planı ve Genelgesine göre, Konya Kapalı Havzası'nda mevcut durumda 890 bin ha alan sulanmaktadır. Bu alanın 2025 yılına kadar 969 bin ha'ya çıkarılması planlanmaktadır. 2019-2040 döneminde sulama alanı ve ortalama randıman değerlerindeki değişim ve buna bağlı olarak hesaplanan sulama suyu ihtiyaçları aşağıdaki Tablo 4'de verildiği şekilde öngörülmüştür (Anonim, 2019). Çalışma sonunda belirlenen kurak dönemlerde gerek mevcut tarımsal üretimin korunması gerekse yukarıda belirtilen söz konusu planlamaların aksamadan hayata geçirilmesi için şimdiden gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Çalışma sonunda belirlenen kurak dönemlerde gerek mevcut tarımsal üretimin korunması, gerekse yukarıda belirtilen söz konusu planlamaların

aksamadan hayata geçirilmesi için şimdiden gerekli çalışmaların yapılması gerekmektedir. Ayrıca gelecekte yapılması planlanan çalışmalarda her iki senaryo sonuçlarına göre olasılık dahilinde görülen kurak dönemlerin de dikkate alınması sürdürülebilir üretim ve büyüme için önemli katkılar sağlayacaktır. Özellikle yağışa dayalı tarımın yapıldığı alanlarda toprak neminde meydana gelecek su açığına karşı gerekli tedbirlerin alınması büyük önem arz etmektedir. Belirtilen dönemlerde kuraklığa dayanıklı tür ve çeşitlerin yanı sıra, az sulama suyu ihtiyacı olan bitkilerin üretiminin desteklenmesi, söz konusu kurak periyotlar için hem üretici hem de ülke ekonomisi açısından büyük önem arz etmektedir. Öte yandan ülkesel boyutta doğru tarımsal destek politikalarının oluşturulması ve özellikle su kaynağı sınırlılıklarını da dikkate alan bir destek politikasının geliştirilmesi, sürdürülebilir üretim politikası için büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, kurak dönemlerde ve sonrasında oluşacak su krizine karşı gerekli önlemlerin alınması ve su yönetimi planlarının hazırlanması havza için hayati öneme sahiptir. Karar vericilerin söz konusu yaşanacak kuraklıkların etkilerinin azaltılması başta olmak üzere, sürdürülebilir canlı yaşamı ve tarımsal üretim için gerekli iş ve işlemleri gerçekleştirmesi için gerekli çalışmaları bu günden başlatması gerekmektedir.

Jeoistatistiksel yöntemde IDW metodu kullanılarak şiddet dağılım haritaları yapılmıştır. Havza içerisinde söz konusu tarımsal kurak devrelerin şiddetinin havza içerisinde nasıl bir dağılım gösterdiği ve ağırlıklı hangi bölgelerin ne şiddette etkileneceği saptanmıştır. Bu bilgiye bağlı olarak alınması gereken önlemlerin düzeyi ve de ağırlığı bu bilgiler yardımıyla daha gerçekçi ve çözüm odaklı olabilir.

#### KAYNAKLAR

Ahrens B (2006). Distance in spatial interpolation of daily rain gauge data. *Hydrology and Earth System Sciences*, 10(2), 197- 208.

Anonim (2012). Faaliyet Raporu 2012. T.C. Orman ve Su

İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.

Anonim (2019). Sektörel Su Tahsisi Eylem Planı ve Genelgesi (2019-2024). Konya Kapalı Havzası Sektörel Su Tahsis Planı Hazırlanması Projesi. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Beştepe Mahallesi, Alparslan Türkeş Cad. No:71, Yenimahalle/Ankara

Aydın O, Çiçek İ (2013). Ege bölgesindeki yağışın mekânsal dağılımı. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 11 (2), 101-120.

Başkan O (2004). Gölbaşı yöresi topraklarının mühendislik, fiziksel özellik ilişkilerinde jeostatistik uygulaması, Doktora Tezi, AÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Basılmamış) Ankara.

Delhomme JP (1978). Kriging in the Hydrosiences. *Advances in Water Resources*, 1(5): 251-266.

Demircan M, Arabacı H, Gürkan H, Eskioğlu O, Coşkun M (2017). Climate Change Projections for Turkey: Three Models and Two Scenarios, *Türkiye Su Bilimi ve Yönetimi Dergisi* (Turkish Journal Of Water Science & Management), ISSN:2536 474X Publication number:6777, Volume: 1 Issue: 1, January 2017, Ankara

FEMA (1995). National mitigation strategy. Federal Emergency Management Agency, Washington, DC.

Franke R, Nielson G (1980). Smooth interpolation of large sets of scattered data. *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 15, 1691-1704.

Goovaerts P (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall, *Journal of Hydrology*, 228, 113-129.

Gürler Ç (2017). Beyşehir ve Konya-Çumra-Karapınar Alt Havzalarında Standartlaştırılmış İndis Yaklaşımı İle Hidrolojik Kuraklık Değerlendirmesi. Uzmanlık Tezi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Ankara

Isaaks EH, Srivastava RM (1989). An Introduction to applied geostatistics. Oxford University Press, New Yourk, p. 561

Kale MM (2018). Yeşilirmak Havzası Mekânsal Yağış

Dağılımına ait Değişiminin Deterministik ve Stokastik Yöntemlerle Belirlenmesi. *Yerbilimleri*, 2018, 39 (3), 263-276.

Li J, Heap AD (2008). A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists. Geoscience Australia, Canberra, 2008.

McKee T, Doesken N, Kleist J (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scale. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology (s. 179-184). Anaheim, California: American Meteorological Society.

Olea RA (1977). Measuring spatial dependence with semivariograms. *kansas geological survey, series on spatial analysis*, No. 3, Lawrence, Kansas. p. 122

Riebsame W.E., Changnon S.A., Karl T.R., 1991. Drought and Natural Resources Management in the United States: Impacts and Implications of the 1987-89 Drought. Westview Press, Boulder, CO.

Taş İ, Kırnak H (2011). Yarı kurak iklim bölgelerinde bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilir ampirik modeller. *Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011; 8(1): 57 - 66.

Vieira SR, Hatfield JL, Nielsen DR, Biggar JW (1983). Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties. *Hilgardia*, 51 (3): 1-75, Davis- California

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

Wilhite DA, Svoboda MD, Hayes MJ (2005). Monitoring Drought in the United States: Status and Trends. Monitoring and Predicting. *Agricultural Drought: A Global Study*. Ed. Vijendra K. Boken, Arthur P. Cracknell, Ronald L. Heathcote. Published by Oxford University Press, Inc. 198 Madison Avenue, New York, New York 10016

WMO (2012). Standardized Precipitation Index User Guide. World Meteorological Organization.