



Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review

www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



Yarıkurak sahalarda referans evapotranspirasyonun (Eto) alansal dağılımı ve zamansal değişimi: Şanlıurfa örneği

Spatial distribution and temporal variation of reference evapotranspiration in semi-arid regions: Şanlıurfa as a case study

Gülşen Kum a* 

^a Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Gaziantep, Türkiye.

ORCID: G.K. 0000-0002-1617-1723

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 12.05.2022

Kabul/Accepted: 05.06.2022

Anahtar Kelimeler:

ETo
Kuraklık
Su ihtiyacı
Penman-Monteith
Şanlıurfa

Keywords:

ETo
Drought
Water requirement
Penman-Monteith
Şanlıurfa

*Sorumlu yazar/Corresponding author:
(G. Kum)

DOI: 10.17211/tcd.1116059



At f/Citation:

Kum, G. (2022). Yarıkurak sahalarda referans evapotranspirasyonun (Eto) alansal dağılımı ve zamansal değişimi: Şanlıurfa örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, (80), 87-96. <https://doi.org/10.17211/tcd.1116059>

ÖZ / ABSTRACT

İklimdeki değişimlerin, kuraklığın yıl içerisinde uzun süre devam ettiği sahalarda hidrolojik döngü ve su temini üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada Şanlıurfa ili sınırları içerisinde yer alan 8 istasyona ait (Şanlıurfa, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar, Hilvan, Siverek ve Viranşehir) 1980-2020 yılları arası aylık minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, toplam yağış, ortalama rüzgar hızı, güneşlenme süresi, ortalama nispi nem ve radyasyon şiddeti verileri kullanılarak ETo değerlerinin alansal ve zamansal değişimleri ortaya konulmuştur. FAO-Penman-Monteith referans evapotranspirasyon (ETo) değerleri, FAO tarafından geliştirilen CROPWAT yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen ETo değerlerinin alansal ve zamansal olarak değişimini gösteren haritaların oluşturulmasında ise ArcGIS yazılımı kullanılmıştır. Özellikle tarımsal etkinliğin yoğun olduğu güney istasyonlarda ETo değerlerinin eğilimlerinde istatistiksel olarak oldukça kuvvetli pozitif artışlar gözlenmiştir. Ayrıca, Aridity Index kuraklık hesaplama yöntemi ile sahada yarıkurak şartların hakim olduğu ortaya konulmuştur. GAP'ın önemli ayaklarından biri olan Şanlıurfa'da tarımsal faaliyetlerde kullanılacak su ihtiyacının belirlenmesinde ETo değerlerinin bilinmesi elzemdir. Bu sebeple FAO tarafından önerilen Penman-Monteith yönteminin planlama çalışmalarında göz önünde bulundurulması faydalı olacaktır. Su isteğinin bitkiden bitkiye ve her bitkinin de vejetasyon devresinin dönemine bağlı olarak değişmesi ETo değerlerinin ürüne göre spesifik olarak hesaplanmasını gerekli kılmaktadır.

In this study, the effect of changes in the climate on the hydrological cycle and water supply in the areas where drought continues for a long time during the year, spatial and temporal variations of evapotranspiration values were revealed by using the monthly minimum temperature, maximum temperature, total precipitation, average wind speed, the sunshine duration, average relative humidity, and radiation intensity data, 8 stations in the province of Şanlıurfa (Şanlıurfa, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar, Hilvan, Siverek, and Viranşehir) were examined by the period 1980-2020. CROPWAT software developed by FAO was used to calculate FAO56-Penman-Monteith reference evapotranspiration (ETo) values. ArcGIS software was used to create maps showing the spatial and temporal variation of the obtained ETo values. Statistically strong positive increases were observed in the trend of ETo values, especially in the southern stations where agricultural activity is intense. In addition, with the Aridity Index drought calculation method, it has been revealed that semi-arid conditions are dominant in the field. It is essential to know the ETo values in determining the water needed to be used in agricultural activities in Şanlıurfa, one of the GAP's important pillars. For this reason, it would be beneficial to consider the Penman-Monteith method proposed by the FAO in planning studies. The fact that the water demand changes from crop to crop and depending on the vegetation period of each crop makes it necessary to calculate the ETo values specifically according to the crops.

Extended Abstract

Introduction

In this study, the effect of changes in the climate on the hydrological cycle and water supply in the areas where drought continues for a long time during the year, spatial and temporal variations of evapotranspiration values were revealed.

Data and Method

In this study, the effect of changes in the climate on the hydrological cycle and water supply in the areas where drought continues for a long time during the year, spatial and temporal variations of evapotranspiration values were revealed by using the monthly minimum temperature, maximum temperature, total precipitation, average wind speed, the sunshine duration, average relative humidity and radiation intensity data, 8 stations in the province of Şanlıurfa (Şanlıurfa, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar, Hilvan, Siverek and Viranşehir) were examined by the period 1980-2020. CROPWAT software developed by FAO was used to calculate FAO-Penman-Monteith reference evapotranspiration (ET_o) values. ArcGIS software was used to create maps showing the spatial and temporal variation of the obtained ET_o values. The CROPWAT software uses the Penman-Monteith method as a criterion for obtaining potential evapotranspiration (ET_o) values. The Penman-Monteith approach is a method with a high probability of accurately estimating ET_o in a wide variety of locations and climates, and it can also be applied in cases of data deficiency. The use of older FAO or other reference ET methods is no longer encouraged. This study was carried out to determine the ET_o values and the change in these values in Şanlıurfa.

Results and Discussion

Statistically strong positive increases were observed in the trend of ET_o values, especially in the southern stations where agricultural activity is intense. In addition, with the Aridity Index drought calculation method, it has been revealed that extremely semi-arid conditions are dominant in the field. It is essential to know the ET_o values in determining the water required to be used in agricultural activities in Şanlıurfa, one of the GAP's important pillars. For this reason, it would be beneficial to consider the Penman-Monteith method proposed by the FAO in planning studies. The fact that the water requirement changes from crop to crop and depending on the vegetation period of each crop makes it necessary to calculate the ET_o values specifically according to the crops. According to the seasonal trend calculations of the two values of the stations, very strong positive (above the 3.28 threshold) positive trends were determined in Akçakale, Birecik, and Ceylanpınar stations in the spring period. Although the trend is positive in the stations adjacent to hilly and mountainous areas such as Hilvan, Siverek and Viranşehir in the spring, it is not statistically significant. In the summer season, which causes negative balance sheets in the hydrological cycle, when the drought increases and the vegetative stages of the plants are active, positive, very strong trends (above the 3.28 threshold value) were determined at all stations. The autumn season was seen as another season with very strong positive trends for the stations located in the south. In the winter season, a positive trend was determined in the 95% confidence interval above

the threshold of 1.96 at the stations Akçakale, Bozova, Birecik and Ceylanpınar; The increasing trend in Şanlıurfa, Hilvan, Viranşehir and Siverek is According to the findings, there is a severe water shortage in temporal trends in Şanlıurfa. The high duration and severity of drought throughout the year trigger the formation of water stress in Şanlıurfa, especially in agriculture. In the monthly and seasonal Eto values trend, evapotranspiration values increase especially at the southern stations, and the water balance is negatively affected most of the year. It is essential to know the ETo values in determining the water needed to be used in agricultural activities in Şanlıurfa, one of the GAP's important pillars. For this reason, it would be beneficial to consider the Penman-Monteith method proposed by FAO in planning studies. The fact that the water demand changes from plant to plant and depending on the vegetation period of each plant makes it necessary to calculate the ETo values specifically according to the product. In addition, it is important to update the ETo calculations to be used in the planning for the arid regions, which are more sensitive to changing climatic conditions, and to choose the product pattern according to the climate and therefore ETo conditions in preventing water scarcity. Considering the annual average values, very strong positive trends were determined in water loss by evaporation and transpiration in Akçakale, Birecik and Ceylanpınar. According to the findings, there is a severe water shortage in temporal trends in Şanlıurfa. The high duration and severity of drought throughout the year trigger the formation of water stress in Şanlıurfa, especially in agriculture. In the monthly and seasonal ETo values trend, evapotranspiration values increase especially at the southern stations, and the water balance is negatively affected most of the year. It is essential to know the ETo values in determining the water needed to be used in agricultural activities in Şanlıurfa, one of the GAP's important pillars. For this reason, it would be beneficial to consider the Penman-Monteith method proposed by FAO in planning studies. The fact that the water demand changes from plant to plant and depending on the vegetation period of each plant makes it necessary to calculate the ETo values specifically according to the product. In addition, it is important to update the ETo calculations to be used in the planning for the arid regions, which are more sensitive to changing climatic conditions, and to choose the product pattern according to the climate and therefore ETo conditions in preventing water scarcity.

1. Giriş

Son yıllarda iklim parametrelerindeki değişimin hidrolojik döngü ve su temini üzerindeki etkilerinin araştırılmasına ilgi artmaktadır. Su talebi ve su kaynakları kıtlığındaki artış nedeniyle suyun korunması, dolayısıyla, etkin sulama ve iyi bir su yönetimi, özellikle yarı-kurak ve kurak bölgelerde bir zorunluluk olmaktadır. Proje planlamada ve araştırmalarda kullanım için sıklıkla ürün su isteklerine veya evapotranspirasyon verilerine ihtiyaç duyulur (Kaya, 2012). Evapotranspirasyon (ET) ile ilgili olarak referans evapotranspirasyon (ET_o), bitki türüne bağlı evapotranspirasyon (ET_c) ve aktüel evapotranspirasyon (ET_a) adı altında farklı tanımlama çeşitleri vardır: ET_o; kısa boylu çimle kaplı bir alanda su sıkıntısının olmadığı durumdaki su kaybını, ET_c tamamı bitki ile kaplı bir alanda su sıkıntısının olmadığı durumda o bitki türüne bağlı olarak meydana gelen su kaybını ifade eder. ET_a ise bitki ile kaplı bir alanda bitki tü-

rüne, bitkinin alanı kapladığı yoğunluğa ve su sıkıntısına bağlı olarak meydana gelen gerçek su kaybını ifade eder (Peker, 2021). ETo, buharlaşma ve terlemenin bir kombinasyonudur. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) tanımına göre: "Buharlaşma, sıvı suyun su buharına dönüştürüldüğü ve buharlaşan yüzeyden uzaklaştırıldığı süreç iken, terleme, bitki dokularında bulunan sıvı suyun buharlaşması ve buharın atmosfere atılmasından oluşur." Bitkinin köklerinden alınan suyun bitki içinde çok azı kullanılır ve suyun tamamına yakını ise terlemeyle kaybolur. Hem buharlaşma hem de terleme yoluyla kaybedilen suyun, ya doğal olarak yağmur yoluyla ya da antropojenik olarak sulama yoluyla bir şekilde yerine konması gerekir. Ancak birçok faktörün dikkate alınması gerektiğinden, su kaybı oranını hesaplamak kolay değildir. Bitki gelişikçe buharlaşma ve terleme arasındaki oran önemli ölçüde değişir. Bitkiler henüz küçükken, suyun çoğu buharlaşma yoluyla kaybolurken, tam gelişmiş bir bitkide neredeyse tüm su terleme yoluyla kaybedilir. Sıcaklık, güneş radyasyonu ve rüzgâr gibi parametreler de evapotranspirasyon üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğundan, hava durumu da bu süreçte önemli bir rol oynar. ETo'ı etkileyen faktörler sadece iklim parametreleridir. Dolayısıyla ETo bir iklim parametresidir ve meteorolojik verilerinden hesaplanabilmektedir. ETo bitki özelliklerini ve toprak faktörlerini dikkate almamakta, özel bir bölgede ve yılın özel bir zamanında atmosferin buharlaşma talebini ifade etmektedir (Ünlükara, 2011). ETo'daki dinamiklerin bilgisi, kurak ve yarı kurak bölgelerde gıda üretiminin iklim değişikliklerine karşı savunmasızlığını azaltmak için yağışla beslenen koşullar altında su kaynakları yönetimi ve uyum stratejilerinin geliştirilmesi için kritik öneme sahiptir. İklimsel kuraklık, doğal bitki örtüsünün, yağışa bağımlı tarımın ve karasal ekosistemlerin karakterini ve sürdürülebilirliğini belirlemeye yardımcı olan kritik bir çevresel faktördür.

1.1 Çalışma Alanının Coğrafi Özellikleri

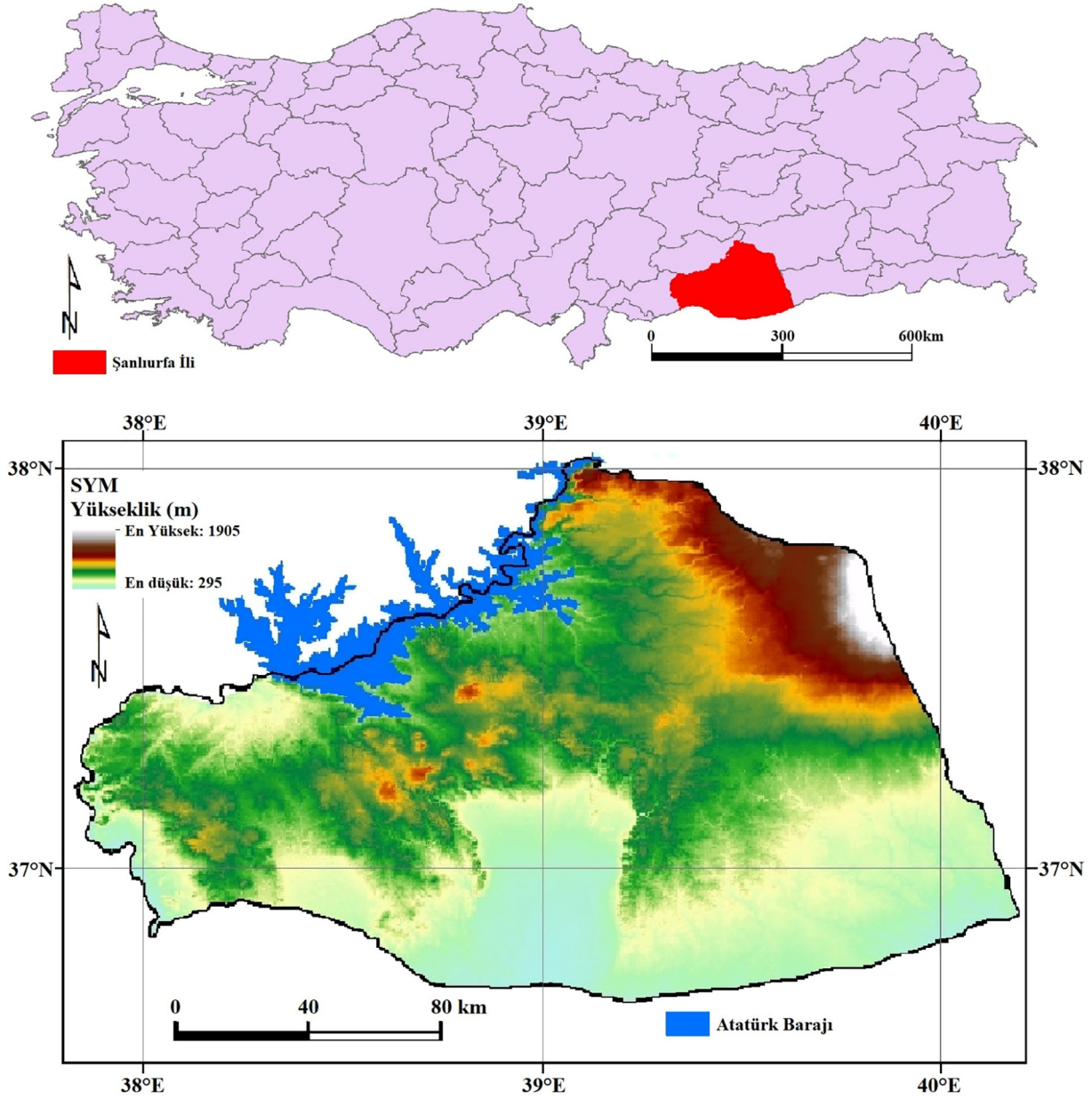
Çalışma sahası olarak seçilen Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Fırat Bölümü'nde, 37°49'12"- 40°10'00" D boylamları ile 36°41'28"- 37°57'50" K enlemleri arasında yer almaktadır. Orta Fırat Bölümü'nün doğusunda kalan Şanlıurfa, kuzeyden Adıyaman, kuzeydoğudan Diyarbakır, doğudan Mardin, güneyden Suriye ve batıdan Gaziantep ile sınırlanır (Şekil 1). Gaziantep platosunun doğuya doğru bir devamı olan Urfa platosunda başlıca yükselteleri Arat dağı (771 m), Germüş dağı (800 m), Susuz dağı (817 m) ve Harran ovası ile Viranşehir arasında yer alan Tektek Dağları (801 m.) oluşturur. Platonun güneyindeki platform sahasında ise Suriye sınırı boyunca batıdan doğuya doğru Suruç, Harran ve Ceylanpınar ovaları zinciri uzanır. Saha genel olarak eski bir aşınım düzlüğü ve devamında alüvyal örtüyle kaplanmış ovalık bir görünüm arz eder. Kuzeyden Gaziantep Şanlıurfa platosunu yaran Fırat nehri'nin üzerinde kurulu Atatürk Baraj Gölü ile Adıyaman'dan ve kuzeydoğudan volkanik Karacadağ kütlesi (1957m) ile de Diyarbakır'dan ayrılır. Gaziantep ile Şanlıurfa arasında doğal bir sınır görünümündeki derin bir vadiye sahip olan Fırat nehri sahanın en önemli hidrolojik birimidir. Yörenin iklim özelliklerine bağlı olarak sıcaklığın ve buharlaşmanın fazla, yağışın ise az oluşu bölgede Fırat Nehri gibi daima güv ve derinden akan akarsuların oluşumunu olumsuz etkilemiştir. Bu nedenle kış mevsiminde ortaya çıkan birçok dere ve akarsu, yaz mevsiminde kurumaktadır (İrcan, 2021).

Çalışma sahası kontinental step iklimi özelliği taşımaktadır. Maksimum yağışların kış mevsiminde toplanması, yaz mevsiminin ise çok kurak geçmesi sahada Akdeniz tipi bir yağış rejiminin varlığını ortaya koyar. Termik bakımdan ortalama sıcaklık değerleri, kuzeyden güneye doğru bir artış gösterir (Şanlıurfa merkez:18,2°C, Akçakale:18,5°C, Ceylanpınar:18,8°C, Birecik:17,8°C, Siverek:16,6°C). Yazın kontinentalite sebebiyle çabuk ısınan sahada, Temmuz ayı ortalamalarının 30.0 C° civarında olduğu bilinmektedir (Urfa: 31.7 C°). Yıllık yağış tutarları, genellikle, güneye doğru azalır ve Suriye sınırında (Akçakale: 291 mm, Ceylanpınar: 321 mm) çölümsü bir stebin şartlarını hazırlar. Yaz mevsiminde yağışlar oldukça düşük olup, bazı yıllar yağış bile kaydedilmez. Yağış azalışı ile birlikte sıcaklık da bu mevsimde çok yüksek derecelere ulaştığı için şiddetli bir kuraklık hüküm sürer (Oruç, 2017). Kış mevsiminden sonra yıllık yağış miktarının kontinental iklim etkisiyle ilkbahara kaydığı görülür. Bu durumu kararsız hava hareketlerinin sebep olduğu yerel yağışlar da besler ve orajlar ilbaharda ve sonbaharda görülür. Çalışma sahasında nisbi nemlilik derecesinin düşük bir düzeyde olmasına karşılık, buharlaşma miktarı çok yüksektir (Urfa 2259 mm). Çok sıcak geçen bir yaz devresi, şiddetli buharlaşma ve yaz kuraklığı, düşük bir nemlilik ve bulutluluk derecesi, bölgede görülen step ikliminin başlıca özelliklerini teşkil eder. Soğuk mevsimde geniş Asya kara kütlelerine bağlı olan Anadolu üzerine yerleşen yüksek basınç alanı, gezici alçak basınç merkezlerinin oluştuğu denizel kesimlere doğru antisiklonal bir diverjans eğilimi gösterir ve ülkenin büyük bölümünde olduğu gibi frontojenezle birlikte maksimum yağışlar soğuk mevsimde görülür. Geciken cephe nedeniyle de ilkbahar dönemi de ikinci maksimum yağışların görüldüğü devre olarak karşımıza çıkar. Sıcak mevsimde ise kuzeyden esen Etezyen rüzgarları, Güneydoğu Anadolu'da ısınarak kuru rüzgâr niteliğini kazanmaktadır. Bölgede kurak devrenin 6-7 ay sürmesi bitki hayatı için kısıtlamalar yaratır. İlkbahar yağışlarıyla yeşeren step bitkileri, devam eden şiddetli kuraklık nedeniyle sararıp kurumakta ve coğrafi görünüm hızla fakir bir step karakterini kazanmaktadır (Sözer, 1984).

Suyun korunmasını ve sürdürülebilirliğini sağlamak için, su döngüsünün çeşitli yönleriyle iklimle olan etkileşimleri bir araştırma önceliği olmalıdır. Bununla birlikte, Şanlıurfa gibi buharlaşmanın fazla, yağış değerlerinin düşük olduğu tarımsal sahalarda ETo'nun zamansal eğilim analizi hakkında çok az bilgi mevcuttur. Bu nedenle, bu çalışma Şanlıurfada mevcut kuraklık durumunu, potansiyel evapotranspirasyonu, başka bir deyişle yağışa dayalı tarımda bitkilerin su isteğinin değişen iklime bağlı olarak eğilimini ortaya koymayı amaçlar.

2. Veri ve Yöntem

Çalışmada, Şanlıurfa il sınırları içerisinde yer alan Şanlıurfa merkez, Akçakale, Birecik, Bozova, Ceylanpınar, Hilvan, Siverek ve Viranşehir istasyonları ile haritalamada dağılımı daha net ortaya koymak amacıyla Şanlıurfa yakınında yer alan Gaziantep, Nizip, Adıyaman, Diyarbakır, Çermik ve Mardin istasyonlarına ait 1980-2020 yıllarına ait aylık minimum sıcaklık, maksimum sıcaklık, toplam yağış, ortalama rüzgar hızı, güneşlenme süresi, ortalama nispi nem ve radyasyon şiddeti değerleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanmıştır. Çalışma sahasında yer alan Harran, Halfeti ve Suruç istasyonları rasat sürelerinin kısa olması nedeniyle çalışmadan zorunlu olarak çıkarılmıştır.



Şekil 1. Çalışma Sahasının Yeri ve Sayısal Yükseklik Değerleri.
Figure 1. Location of the Study Area and Digital Elevation Values.

Su kaynaklarını etkin bir şekilde yönetmek için, hidrolojik bütçe'deki evapotranspirasyonun önemini anlaşılması gerekir. Evapotranspirasyonun bölgesel ve mevsimsel değişkenliği ve kuraklık sırasındaki değişiminin bilinmesi de önemlidir. Bu nedenle çalışmada öncelikle FAO (1990) tarafından geliştirilen CROPWAT yazılımı ile Şanlıurfa istasyonlarının aylık ve yıllık ortalama ETo değerleri hesaplanmış ve sahanın potansiyel (referans) evapotranspirasyon değerleri ortaya konulmuştur. Daha sonra ise yağış ve ETo değerlerinin oranını dikkate alan Aridity Index istasyon rasatlarına uygulanarak bölgenin aylık kuraklık durumu ve sınıflaması yapılmıştır. Son olarak ise evapotranspirasyon değerlerinin eğilimi aylık ve mevsimlik olarak Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) sıra korelasyon yöntemi ile ortaya konulmuştur.

CROPWAT yazılımı, potansiyel evapotranspirasyon (ET_o) değerlerini elde etmede Penman-Monteith yöntemini kriter almaktadır. Penman-Monteith yaklaşımı çok çeşitli konumlarda ve iklimlerde ETo'yu doğru bir şekilde tahmin etme olasılığı yüksek olan bir yöntemdir ve veri eksikliği durumlarında da uygulama olanağı vardır (İlhan, 1998; Smith, 1996). Hatta öyle

ki daha eski FAO veya diğer referans ET yöntemlerinin kullanımı artık teşvik edilmemektedir (FAO, 1990). Bu çalışma Şanlıurfa'da ETo değerleri ve bu değerlerde meydana gelen değişimin saptanması amacıyla yapılmıştır.

2.1. Penman-Monteith Yöntemi

Penman-Monteith yöntemi, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) Sulama Raporu No: 56 (Allen, vd., 1998) ve ASCE-EWRI (2005) tarafından tavsiye edilen ASCE Penman-Monteith denkleminin ve bileşenlerinin standart formları ile uyumlu olarak geliştirilmiştir. En önemli özelliklerinden biri de bazı iklimsel verilerin eksik olması durumunda FAO'da (Allen, vd., 1998) önerilen yönergeleri kullanarak eksik iklimsel verilerinin tahmin edilebilmesidir (Karaca, 2017). FAO-Penman-Monteith yöntemi ve formülde yer alan parametreler aşağıda verilmiştir:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

Denklemden; R_n net güneş radyasyonu (MJm⁻²gün⁻¹); G toprak ısı akısı (MJm⁻²gün⁻¹); e_s buharlaşma yüzeyindeki ve e_a havadaki buhar basıncı; u_2 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı (m/s); γ psikrometrik sabiti (kPao C-1); Δ doymuş buhar basıncı sıcaklık eğrisinin eğimidir (kPao C-1).

FAO-PM denkleminin kullanımı eksiksiz bir veri seti gerektirir. İklim verilerinin eksik olduğu durumlar için ise (Allen vd,1998), eksik meteorolojik değişkenler için tahmini değerleri ikame eden alternatif bir yöntem önerdiler. Örneğin; Güneş radyasyonu minimum ve maksimum hava sıcaklığının bir fonksiyonu olarak tahmin edilir. Bağlı nem verileri eksik olduğunda, gerçek buhar basıncı, çiy noktası sıcaklığının minimum sıcaklığa yakın olduğu varsayılarak hesaplanabilir veya hiçbir rüzgar verisi olmadığında aynı homojen bölge içinde yakın bir yerde ölçülen ortalama rüzgar hızlarını kullanmayı önerir. Bu seçenek de yoksa ikinci bir seçenek olarak ortalama küresel bir değer olarak 2m/sn olarak varsayılır.

2.2. Kuraklık İndisi

Kuraklık genellikle yağışın ve hava sıcaklığının bir fonksiyonu olarak ifade edilir.Yağış (P) ve ETo arasındaki uzun vadeli fark (veya oran) kuraklığın bir ölçüsü olarak kabul edilmiştir ve çeşitli iklim tasniflerinde kullanılır (Köppen, 1936; Thornthwaite, 1948; (UNESCO, 1979) ortalama yıllık yağışın ortalama yıllık potansiyel evapotranspirasyona (ETo) bölünmesini temel alan bir kuraklık/nem sınıflandırma sistemi (Aridity Index) uygulanmıştır. Aridity Index aşağıdaki yöntem ile hesaplanır:

$$A_{index} = \frac{\text{Toplam Yıllık veya Aylık Yağış Miktarı (mm)}}{\text{Toplam Yıllık veya Aylık ETo (mm)}}$$

Hesaplama sonucunda elde edilen değerler;

$$A_{index} < 0.03 \text{ ise "aşırı kurak"}$$

$$0.03 > A_{index} < 0.2 \text{ ise "kurak"}$$

$$0.2 > A_{index} < 0.5 \text{ ise "yarıkurak"}$$

$$0.5 > A_{index} < 0.65 \text{ ise "yarı nemli" olarak sınıflandırılır.}$$

3. Bulgular

Şanlıurfa istasyonlarına ait yıllık ortalama ETo değerleri 3.84 mm (Şanlıurfa) ile 4.92 mm (Akçakale) arasında; aylık ortalama ETo değerleri ise 0.94mm (Şanlıurfa) ile 10.2 mm(Birecik) arasında değişmektedir. İklim bahsinde de belirtildiği gibi sahada 6-7 ay kadar kuraklığın devam etmesi aylık ortalama ETo değerlerine de yansımıştır. Öyle ki tüm istasyonlarda Mayıs'tan Ekim'e kadar ETo değerleri mm olarak yıllık ortalamasının üzerindedir. Yine benzer şekilde tüm istasyonlarda Nisan'dan Kasım'a kadar olan süreçte ETo değerleri 2.91mm.'nin üzerindedir. ETo'nun en düşük değerleri tüm istasyonlarda buharlaşmanın düşük olduğu kış aylarında gözlenmiştir. Evapotranspirasyonun yıl içerisinde en fazla olduğu istasyonlar ise Temmuz ayı ile Akçakale (10.2mm), Bozova (9.7mm) ve Ceylanpınar (9.02mm)'dir (Tablo1).

Sahanın kuraklık durumunu belirleyebilmek için istasyonlara uygulanan Aridity index hesaplaması sonucuna göre (Tablo 2); Ocak ve Şubat ayında tüm istasyonlar nemli iklim kategorisinde olup; Mart ayında yarı nemli kategorisinde yer alan Akçakale dışında tüm istasyonlar yine nemli kategorisindedir. Yaz ayları genel olarak tüm istasyonlarda aşırı kurak iklim şartların hakim olduğu görülmüştür. Özellikle Akçakale, Ceylanpınar ve Viranşehir istasyonlarında kuraklık belirgindir. Aridity index sonuçları çalışma alanında yıl içerisinde kurak ve yarıkurak dönemlerin hakim olduğu bir iklim tipini ortaya koymaktadır. Keza yıllık yağış miktarının 291.5mm (Akçakale) ile 569.1 mm (Siverek) arasında oldukça düşük değerler arzemesi ve buharlaşma ve terlemeye bağlı evapotranspirasyon değerlerinin ise yüksek oluşu bu durumu desteklemektedir.

İstasyonlara ait referans evapotranspirasyon (ETo) değerlerinin 1980-2020 yılları arasındaki eğilimler parametrik olmayan yöntemlerden Mann-Kendall eğilim hesaplamasıyla test edilmiştir. Hesaplama sonucunda elde edilen u(t) değerleri daha sonra Z tablosu yardımıyla anlamlılık düzeylerine göre Tablo3'te belirtilmiştir. Eğilim testinde Z değerlerinde anlamlılık %95 güven aralığında (0.05) 1.96; %99 güven aralığında (0.01) 2.58 ve %99.90 güven aralığında (0.001) 3.28 olarak belirlenmiştir. Buna göre hiçbir istasyonda referans evapot-

Tablo 1. İstasyonlara Ait 1980-2020 Yılları Arası Ortalama Aylık ve Yıllık Referans Evapotranspirasyon (ETo) Değerleri (mm).

Table 1. Average Monthly and Annual Reference Evapotranspiration (ETo) Values at Stations by the Period 1980-2020 (mm).

Aylar	Şanlıurfa	Akçakale	Birecik	Bozova	Ceylanpınar	Hilvan	Siverek	Viranşehir
Ocak	0.94	1.17	1.21	1.06	0.97	1.06	1.23	1.3
Şubat	1.32	1.59	1.61	1.43	1.38	1.38	1.52	1.73
Mart	2.48	2.49	2.51	2.41	2.61	2.26	2.39	2.86
Nisan	3.74	4.19	3.76	3.66	3.9	3.45	3.57	4.3
Mayıs	5.48	6.17	5.4	5.22	5.6	5.06	5.34	6
Haziran	7.1	9.14	6.94	8.05	8.45	7.77	7.47	7.64
Temmuz	7.76	10.2	7.53	9.06	9.02	8.84	8.57	8.39
Ağustos	7.19	9.6	7.01	8.54	7.26	8.37	8.05	7.82
Eylül	5.77	6.99	4.59	6.92	5.88	6.85	6.33	6.34
Ekim	3.01	4	2.91	3.83	3.01	3.75	3.94	4.16
Kasım	1.68	2.25	1.62	2.12	1.69	2.1	2.16	2.39
Aralık	1	1.3	0.99	1.22	1.01	1.22	1.28	1.47
Yıllık	3.96	4.92	3.84	4.46	4.22	4.34	4.32	4.87

Tablo 2. İstasyonlara Ait 1980-2020 Yılları Arası Aylık Aridity Index (Aindex) Değerleri.
Table 2. Monthly Aridity Index (Aindex) Values of Stations Between 1980-2020.

Aylar	Şanlıurfa	Akçakale	Birecik	Bozova	Ceylanpınar	Hilvan	Siverek	Viranşehir
Ocak	3.10	1.12	1.70	2.08	1.85	1.85	2.24	2.51
Şubat	1.75	0.65	1.10	1.16	1.12	1.31	1.72	1.46
Mart	0.83	0.39	0.69	0.66	0.60	0.74	1.18	0.98
Nisan	0.44	0.23	0.36	0.45	0.35	0.58	0.59	0.41
Mayıs	0.16	0.14	0.13	0.13	0.12	0.25	0.26	0.19
Haziran	0.02	0.01	0.03	0.03	0.01	0.03	0.05	0.02
Temmuz	0.01	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00
Ağustos	0.02	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01
Eylül	0.03	0.02	0.03	0.07	0.02	0.03	0.04	0.01
Ekim	0.29	0.15	0.30	0.24	0.22	0.29	0.39	0.17
Kasım	0.89	0.63	0.88	0.81	0.61	0.78	0.99	0.63
Aralık	2.65	1.38	2.12	1.44	1.51	1.62	2.18	1.88
Yıllık	0.75	0.39	0.58	0.63	0.51	0.62	0.81	0.69

ranspirasyon değerlerinde negatif yönlü eğilim gözlenmiştir. Özellikle sahanın güneyinde kalan platform alanında yer alan tarımın ön planda olduğu ovalık istasyonlarda pozitif yönlü eğilimin %99.90 seviyesinde olduğu ve dolayısıyla ekili ürünlerin su ihtiyacında kuvvetli bir artış olduğu belirlenmiştir. Ceylanpınar, Akçakale ve Birecik istasyonlarında Nisan-Kasım arası ETo değerlerinde kuvvetli artış (0.001 düzeyinde) gözlenmiştir. Aksine ETo'yu etkileyen parametrelerin nispeten uygun olduğu Viranşehir, Hilvan, Şanlıurfa ve Siverek istasyonlarında yaz ayları dışında genelde anlamlı olmayan (1.96 eşik değerinin altında) artış eğilimleri belirlenmiştir.

İstasyonlara ait ETo değerlerinin mevsimlik eğilim hesapları sonucuna göre (Tablo 4 ve Şekil 2) ilkbahar döneminde Akçakale, Birecik ve Ceylanpınar istasyonlarında çok kuvvetli (3.28 eşik değerinin üzerinde) pozitif yönlü anlamlı eğilimler belir-

lenmiştir. İlkbaharda Hilvan, Siverek ve Viranşehir gibi tepelik, dağlık alanlara komşu olan istasyonlarda eğilim pozitif olmasına rağmen istatistiksel yönden anlamlı değildir. Hidrolojik döngüde negatif su bilançolarına neden olan, kuraklığın arttığı ve bitkilerin vejetatif devrelerinin aktif olduğu yaz mevsiminde tüm istasyonlarda pozitif yönlü, oldukça kuvvetli (3.28 eşik değerinin üzerinde) eğilimler belirlenmiştir. Sonbahar mevsimi yine güneyde yer alan istasyonlar için oldukça kuvvetli pozitif eğilimlerin olduğu bir başka mevsim olarak görülmüştür. Kış mevsiminde ise istasyonlardan Akçakale, Bozova, Birecik ve Ceylanpınar'da 1.96 eşik değerinin üzerinde %95 güven aralığında pozitif yönlü bir eğilim belirlenirken; Şanlıurfa, Hilvan, Viranşehir ve Siverek'de artış eğilimi anlamsızdır. Yıllık ortalama değerlere bakıldığında ise Akçakale, Birecik ve Ceylanpınar'da buharlaşma ve terlemeyle su kaybında oldukça kuvvetli pozitif yönlü eğilimler belirlenmiştir.

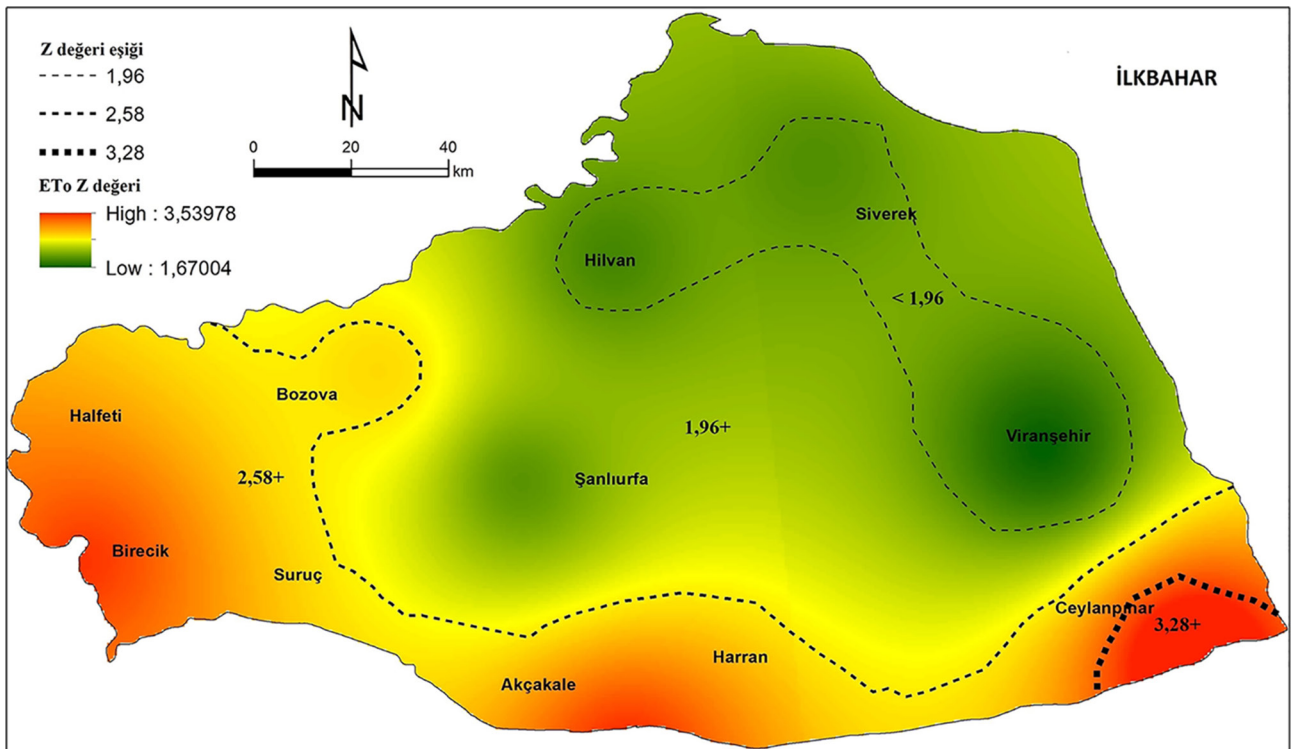
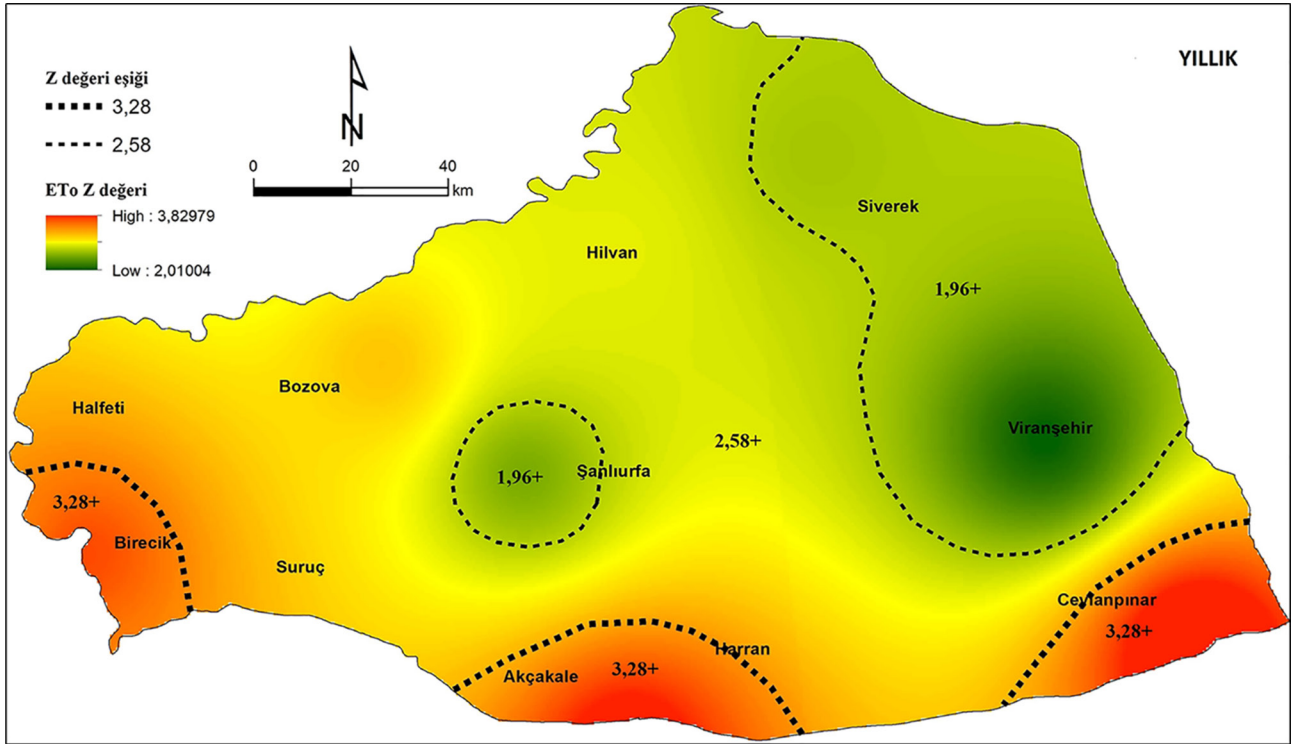
Tablo 3. İstasyonlara Ait 1980-2020 Yılları Arası Aylık Referans Evapotranspirasyon (ETo) Değerlerinin $\alpha=0,05^*$ ve $\alpha=0,01^{**}$ $\alpha=0,001^{***}$ Anlamlılık Düzeyinde Z Değerleri.

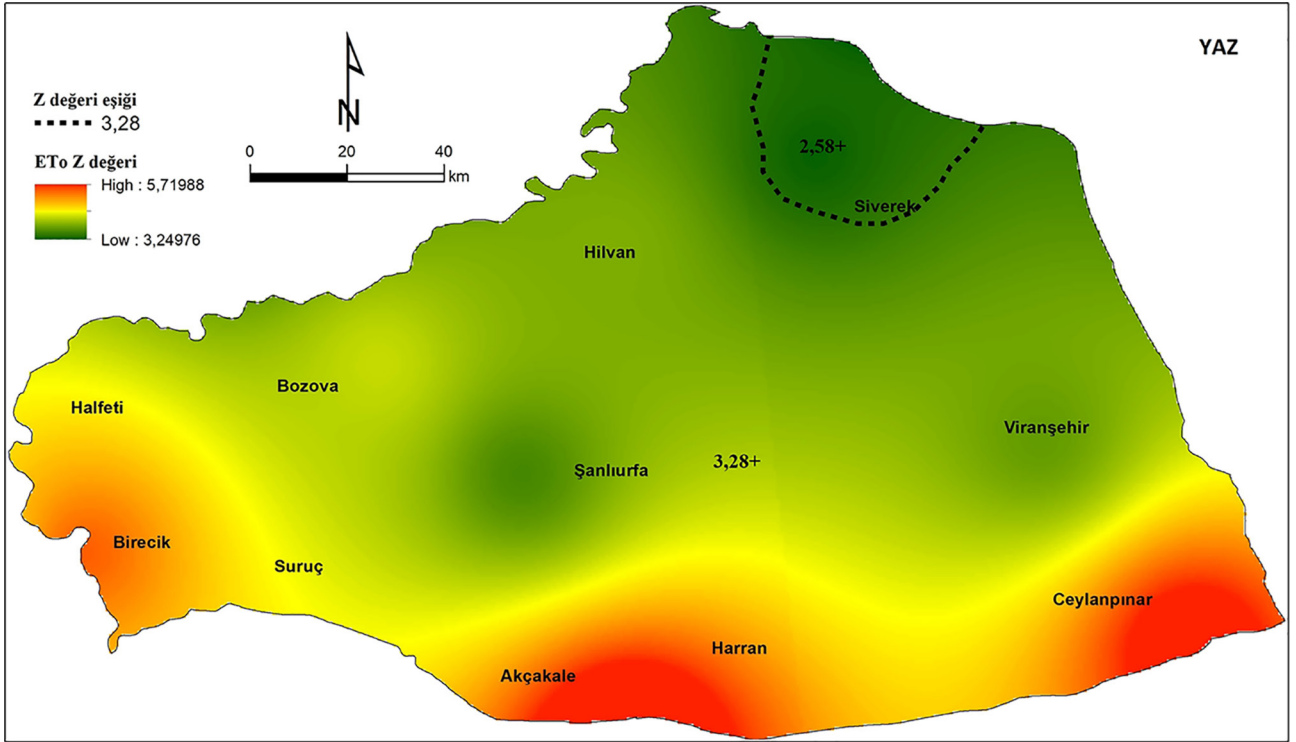
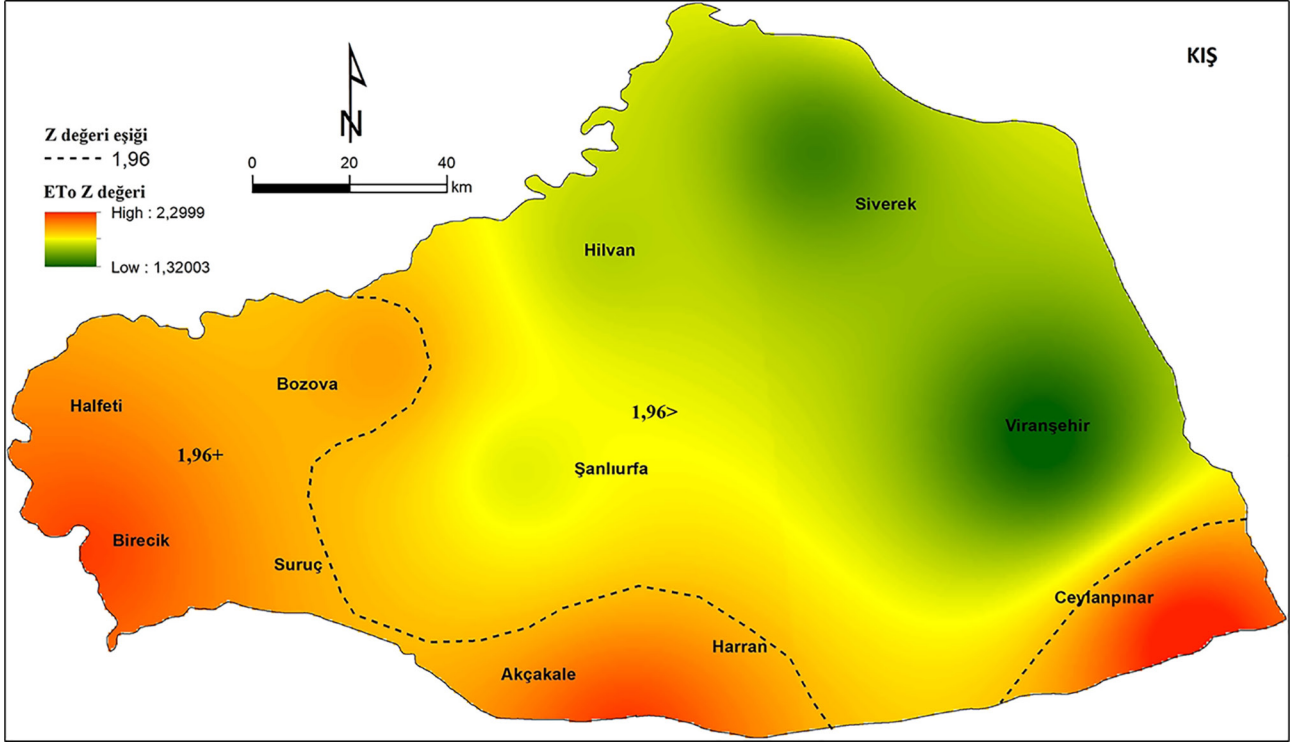
Table 3. Monthly Reference Evapotranspiration (ETo) Values of the Stations Between 1980-2020 at Significance Level $\alpha=0.05^*$ and $\alpha=0.01^{**}$ $\alpha=0.001^{***}$.

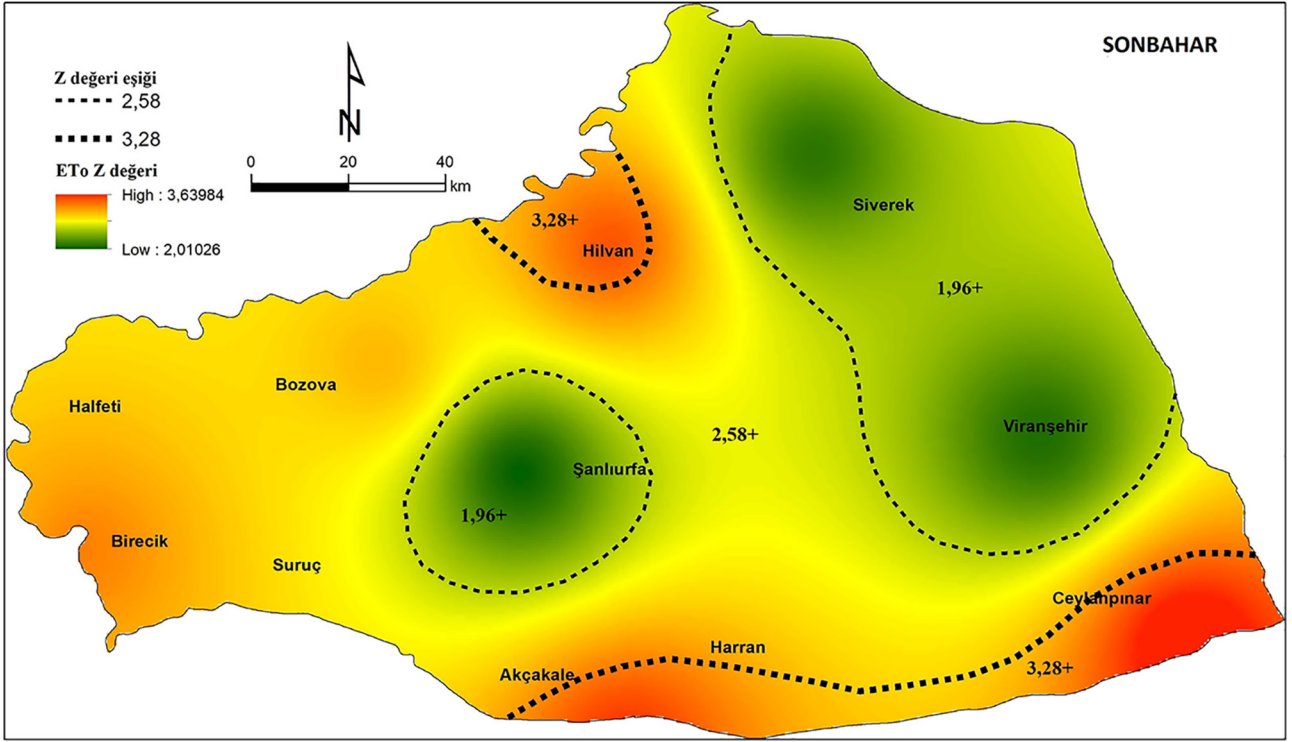
Eto	Şanlıurfa	Akçakale	Birecik	Bozova	Ceylanpınar	Hilvan	Siverek	Viranşehir
Ocak	0.92	2.04*	2.12*	1.75	1.85	0.97	0.43	0.65
Şubat	1.51	2.1*	1.97*	1.96*	1.98*	1.05	1.53	1.87
Mart	1.54	2.97**	2.98**	1.03	3.06**	1.34	1.86	0.76
Nisan	1.99*	3.54***	3.29***	2.21*	3.74***	1.74	1.96*	1.24
Mayıs	2.73**	2.59**	3.26**	2.43*	3.25**	2.32*	1.97*	2.23*
Haziran	2.96**	4.97***	4.77***	3.84***	4.97***	2.95**	3.17**	3.18**
Temmuz	3.93***	5.84***	4.81***	4.06***	5.45***	3.68***	3.25**	3.29***
Ağustos	3.79***	6.31***	5.32***	4.23***	5.89***	4.42***	3.32***	3.28***
Eylül	2.07*	2.94**	2.93**	2.95**	3.32***	3.26**	2.03*	1.59
Ekim	2.03*	3.78***	3.31***	3.18**	3.71***	3.33***	2.11*	2.15*
Kasım	1.65	3.47	3.45	3.04	3.82	3.56	2.23	2.54
Aralık	1.86	1.97*	2.38*	2.34*	2.55*	2.29*	1.34	1.04
Yıllık	2.25*	3.54***	3.38***	2.75**	3.63***	2.58**	2.10*	1.99*

Tablo 4. İstasyonlara ait Mevsimlik Referans Evapotranspirasyon (ET₀) Değerlerinin $\alpha=0,05^*$ ve $\alpha=0,01^{**}$ $\alpha=0,001^{***}$ Anlamlılık Düzeyinde Z Değerleri.
Table 4. Seasonal Reference Evapotranspiration (ET₀) Values of the Stations Between 1980-2020 at Significance Level $\alpha=0.05^*$ and $\alpha=0.01^{**}$ $\alpha=0.001^{***}$.

	Şanlıurfa	Akçakale	Birecik	Bozova	Ceylanpınar	Hilvan	Siverek	Viranşehir
İlkbahar	1.97*	3.32***	3.28***	2.65**	3.54***	1.89	1.93	1.67
Yaz	3.51***	5.79***	4.97***	4.02***	5.45***	3.75***	3.26**	3.64***
Sonbahar	2.01*	3.49***	3.23**	3.02**	3.64***	3.38***	2.12*	2.08*
Kış	1.76	2.23*	2.21*	2.01*	2.30*	1.68	1.45	1.32
Yıllık	2.41*	3.71***	3.48***	3.02**	3.83***	2.73**	2.54*	2.01*







Şekil 2. İstasyonlara ait Mevsimlik Referans Evapotranspirasyon (ETo) Değerlerinin $\alpha=0,05^*$ ve $\alpha=0,01^{**}$ $\alpha=0,001^{***}$ Anlamlılık Düzeyinde Z Değerleri Dağılımı.
Figure 2. Seasonal Reference Evapotranspiration (ETo) Values of the Stations at Significance Level $\alpha=0.05^*$ and $\alpha=0.01^{**}$ of $\alpha=0.001^{***}$.

4. Sonuç

Kurak ve yarıkurak sahalarda referans evapotranspirasyonun hidrolojik döngü ve su temini üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada Şanlıurfa ili sınırları içerisinde yer alan 8 istasyona ait 1980-2020 yılları arası klima verileri kullanılarak FAO-Penman-Monteith referans evapotranspirasyon yöntemiyle ETo değerlerinin alansal ve zamansal değişimleri ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgulara göre Şanlıurfada zamansal eğilimlerde şiddetli bir su sıkıntısı bulunmaktadır. Kuraklığın yıl içerisinde süresinin ve şiddetinin fazla olması Şanlıurfa'da özellikle de tarımda su stresinin oluşumunu tetiklemektedir. Aylık ve mevsimlik Eto değerlerinin eğiliminde özellikle güney istasyonlarda evapotranspirasyon değerleri artmakta ve yılın büyük bir kısmında su bilançosu negatif yönde etkilenmektedir. GAP'ın önemli ayaklarından biri olan Şanlıurfada tarımsal faaliyetlerde kullanılacak su ihtiyacının belirlenmesinde ETo değerlerinin bilinmesi elzemdir. Bu sebeple FAO tarafından önerilen Penman-Monteith yönteminin planlama çalışmalarında göz önünde bulundurulması faydalı olur. Su isteğinin bitkiden bitkiye ve her bitkinin de vejetasyon devresinin dönemine bağlı olarak değişmesi ETo değerlerinin ürün desenine göre spesifik olarak hesaplanmasını gerekli kılmaktadır. Ayrıca değişen iklim şartlarına daha hassas olan kurak bölgeler için planlamalarda kullanılacak ETo hesaplamalarının daha sık güncellenmesi ve ürün deseninin iklim, dolayısıyla da ETo şartlarına göre seçilmesi su kıtlığını önlemede önemlidir.

Çıkar Çatışması – Conflict of Interest

Yazar tarafından herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bildirilmemiştir. No potential conflict of interest was reported by the author.

5. Kaynakça

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome, 300(9)*, D05109.
- ASCE-EWRI (2005). *The ASCE standardized reference evapotranspiration equation*. ASCE-EWRI, p. 173: Technical Committee report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration. <https://www.apogeeinstruments.com/content/EWRI-ASCE-Reference-ET-Appendices.pdf>
- FAO (1990). *Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO)*. Chapter 2 - FAO Penman-Monteith equation: <https://www.fao.org/3/x0490e/x0490e06.htm>
- İlhan, A.İ. & Utku, M. (1998). GAP sulama alanında bitki su tüketimi ve bitki su gereksinimi. *Tarım Orman Meteorolojisi Sempozyumu*. İstanbul. İTÜ.
- Ünlükara, A. Y. (2011). Konya ve Karaman illerinde bitki su tüketimi (ETo) değişiminin analizi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 4 (1)*: 1-5. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/412848>
- İrcan, M. R., & Duman, N. (2021). Standartlaştırılmış yağış indisi (SYİ) yöntemi ile Şanlıurfa ili kuraklık analizi. *Coğrafya Dergisi, 0(42)*. https://doi.org/10.26650/JGEOG2020-0070_1-18.
- Karaca, C., & Büyüktaş, D. (2017). Kıyas bitki su tüketiminin (ETo) hesaplanması amacıyla kullanılan bilgisayar yazılımlarının karşılaştırması. *Gaziosmanpaşa Journal of Scientific Research. 6*, 118-128. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gbad/issue/33361/351632>
- Kaya, S. E. (2012). Iğdır Ovası koşullarında panevaporasyonu kullanılarak referans evapotranspirasyon eşitliklerinin değerlendirilmesi. *Bingöl Üniv., Fen Biliml. Enst., Türk Doğa ve Fen Dergisi, 7-14* pp.

- Kendall, M. G. (1975). Rank Correlation Methods. *Oxford Univ. Press, New York*.
- Köppen, W. (1936). [The geographical system of climates]. In: Handbuch der Klimatologie [Handbook of Climatology], Vol. 1, Part C (W.Köppen & G. Geiger, eds). *Das Geographische System der Klimate*. içinde Brothers Bornträger, Berlin (DE).
- Mann, H. B. (1945.). Nonparametric tests against the trend, *Econometrica*, 13, 1, 245–259.
- Monteith, J. (1965). *Evaporation and the environment*. XIX th Symposium Society for experimental Biology (s. 205-234). Cambridge, England, Swansea, Cambridge University.
- Oruç, N. (2017). *Güneydoğu Anadolu Bölgesinin kuraklık analizi*. (Yayın no. 450624) [Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale University] Yüksek Öğretim Kurumu Tez Merkezi.
- Peker, F., Hürrem, B., & Akkoyunlu, A. (2021). Global gerçek evapotranspirasyon (ETa) haritalarından arazi kullanım sınıflarına ait ETa kayıplarının tahmini. *European Journal of Engineering and Applied Sciences* 4(1), 18-26. <https://doi.org/10.55581/eje-as.936950>
- Sözer, A. N. (1984). Güneydoğu Anadolu'nun doğal çevre şartlarına coğrafi bir bakış. *Ege Coğrafya Dergisi*, 2, 8-30.
- Smith, M. A. (1996). Revised FAO methodology for crop water requirements. *Proceeding of the International Conference*. (Eds. C.R. Camp, E.J. Sadler, and R.E.Y oder). , (s. 116-123). 3-6 November, San Antonio, TX.
- Thorntwaite, C. W. (1948). An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Rev.* 38 (1), 55–94.
- UNESCO. (1979). *Map of the World Distribution of Arid Regions: Explanatory Note, MAP Technical Notes 7*. Paris, France, 54 pp. : UNESCO.