

Antalya koşullarında kıyas bitki su tüketiminin alansal ve zamansal dağılımının belirlenmesi

Cihan KARACA¹ Dursun BÜYÜKTAŞ¹ Ruhi BAŞTUĞ¹ Köksal AYDINŞAKIR²
Begüm TEKELİOĞLU¹

¹ Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

² Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: cihankaraca@akdeniz.edu.tr

Makale Bilgisi/Article Info

Derim, 2017/34(2):158-171

doi: 10.16882/derim.2017.292134

Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 14.02.2017

Kabul Tarihi/Accepted: 01.08.2017



Öz

Bu araştırma, tarımsal potansiyeli yüksek olan Antalya ilindeki kıyas bitki su tüketimi (ETo) değerlerinin alansal ve zamansal değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, 15 adedi Antalya il ve ilçelerinde, 5 adedi de referans noktası oluşturmak amacıyla çevre il ve ilçe merkezlerinde yer alan toplam 20 adet meteoroloji istasyonunda ölçülen iklim parametrelerinden yararlanılmıştır. Söz konusu istasyonların uzun yıllık iklim verilerden ETo değerlerini hesaplamada FAO tarafından geliştirilen CROPWAT yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen ETo değerlerinin alansal ve zamansal olarak değişimini gösteren haritaların oluşturulmasında ise ArcGIS yazılımı kullanılmış ve Antalya ili için ihtiyaç duyulan ETo değerlerinin alana ve zamana göre kolay bir şekilde belirlenebileceği haritalar oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, uzun yıllık iklimsel verilerin yardımı ile oluşturulan güncel tablo ve haritaların güncel verilerin olmaması durumunda kıyas bitki su tüketimine dayalı bitki su tüketimi ve sulama programlaması çalışmalarında kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Coğrafi bilgi sistemleri; FAO Penman-Monteith Eşitliği; Kıyas bitki su tüketimi; Spline

Spatial and temporal distribution of reference crop evapotranspiration in Antalya conditions

Abstract

In this study, it was aimed to determine the temporal and spatial changes of reference crop evapotranspiration (ETo) values in Antalya which has high agricultural potential. For this purpose, climate parameters measured by 20 meteorological stations were selected. 15 out of meteorological stations in the provinces and districts of Antalya were selected and the other 5 meteorological stations in the surrounding province and district centers were selected to form the reference point. CROPWAT software developed by FAO was used to calculate ETo values using long-term data obtained from these meteorological stations. ArcGIS software was used to generate the necessary maps by evaluating ETo values obtained temporally and spatially. In the absence of these instantaneous climatic data, these tables and maps created with the help of long-term climatic data can be used safely to determine ETo for irrigation scheduling.

Keywords: Geographical information systems; FAO Penman-Monteith Equation; Reference Crop Evapotranspiration; Spline

1. Giriş

Dünya genelinde nüfus artışına paralel olarak gıda gereksinimi de her geçen gün artmaktadır. Birleşmiş Milletler'in sunduğu rapora göre 2050 yılında dünya nüfusunun 9.6 milyar olması beklenmektedir (UN, 2013). Bu olasılığın gerçekleşmesi durumunda, gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için, çiftçilerin %70 daha fazla gıda üretimi yapması gerekmektedir (FAO, 2011). Buna karşın her yıl 10 milyon hektar tarım alanı toprak erozyonu ile azalmaktadır (Pimentel, 2006). Bu nedenlerle

birim alandan daha fazla ürün elde etmek zorunlu olmaktadır.

Türkiye, gelecekte etkisini daha da hissettirecek olan küresel ısınma sebebiyle, mevcut su kaynaklarının olumsuz etkilenebileceği, yüksek risk taşıyan ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye nüfusunun 2030 yılında 85 milyona ulaşacağını öngörmektedir (TUİK, 2016a). Hızlı nüfus artışına paralel olarak tarım ve diğer sektörlerin su gereksiniminin artması sonucunda, şu an için kişi başına düşen 1500 m³ civarında olan yıllık su miktarı gün

geçtikçe azalacaktır. Dolayısıyla, ülkemiz su fakiri bir ülke olma yolunda hızla ilerlemektedir.

TÜİK (2016b) verilerine göre 2015 yılı itibari ile Antalya ilinde 3.7 milyon dekar alanda tarımsal üretim gerçekleşmektedir. Bu bölgede yapılacak olan sulama uygulamalarında, sulama suyu gereksiniminin doğru olarak belirlenmesi hem su dağıtımından sorumlu kurumlar hem de bundan gelirleri etkilenen üreticiler açısından önemlidir. Aşırı sulama; suya doyunluk, drenaj ve yer altı su kaynaklarının kirlenmesine, yetersiz sulama ise su stresi yaşayan bitkilerin verimlerinin azalmasına yol açarak bölge çiftçilerinin gelirlerini düşürebilmektedir. Gelecekte su sıkıntısının beklendiği bölgede, bu durumdan tarım sektörünün yanında diğer sektörler de etkilenecek adeta domino etkisi söz konusu olacaktır. Sudan devamlı ve yüksek düzeyde yarar sağlanabilmesi için bölge koşullarına uygun sulama programlarının hazırlanması, bunun için de bitkilerin tükettikleri su miktarlarının bilinmesi gerekir (Baştuğ, 1987).

Toprak yüzeyinden olan buharlaşma (evaporasyon) ile bitki tarafından yapılan terleme (transpirasyon) sonucu atmosfere aktarılan toplam su buharı miktarı bitki su tüketimi (evapotranspirasyon) olarak adlandırılmaktadır. Evapotranspirasyon; bitki, toprak, iklim ve işletme biçimi gibi çok sayıda etmenin etkisiyle meydana gelir. Bundan dolayıdır ki evapotranspirasyon doğadaki en karmaşık olaylardan birisi olarak kabul edilmektedir (Kanber, 2006). Evapotranspirasyon, lizimetreler ile doğrudan ölçülebileceği gibi iklimsel veriler yardımıyla çeşitli ölçüm ve modelleme tekniklerini kullanılarak tahmin edilebilmektedir (Rana ve Katerji, 2000). Günümüzde bitki su tüketiminin (ETc) belirlenmesinde önce kıyas (referans) bir bitki için su tüketimini (ETo) tahmin etmek, sonrada bu değeri Eşitlik 1'deki gibi bitki katsayısı (kc) ile düzeltmek yoluyla bitki su tüketimini elde etme yaklaşımı yaygın olarak kullanılmaktadır (Doorenbos ve Pruitt, 1977; Aydınşakir vd., 2003).

$$ETc = ETo \times kc \quad (1)$$

Herhangi bir bitki için kc değeri deneysel olarak elde edilir ve bitkinin fizyolojisini, örtü derecesini, verilerin derlendiği yöreyi yansıtır. Kıyas bitki dünyanın her bölgesinde yetişebilen

ve yaklaşık olarak aynı özellikleri gösteren bitki olmalıdır. Bu amaçla en çok kullanılan kıyas bitki çim ve yoncadır. Kıyas bitki su tüketimi (ETo)'ne ilişkin en çok kabul edilen tanımlamayı Allen vd., (1998, 2006) yapmıştır. Bu tanıma göre, kıyas bitki su tüketimi, egemen iklimsel koşullarda yetişen ve yeteri düzeyde sulanan, sağlıklı büyüyen, toprağı tamamen gölgeleyen, 12 cm yüksekliğinde, taç aerodinamik direncinin 70 cm^{-1} , albedonun 0.23 olduğu çim bitkisinden oluşan maksimum evapotranspirasyon miktarıdır.

Kıyas bitki su tüketimi (ETo) ve bitki katsayısına (kc) dayalı FAO metodolojisi (Penman-Monteith yönteminin FAO uyarlaması) açık tarla koşullarında bitki su gereksinimlerini (ETc) belirlemek için dünya çapında en çok kullanılan model olmuştur (Sepaskhah ve Andam, 2001; Aydınşakir vd., 2003; Amayreh ve Al-Abed, 2005; Er-Raki vd., 2008; Ko vd., 2009; Sahin vd., 2009; Er-Raki vd., 2009; Katerji ve Rana, 2014).

Aydınşakir vd. (2003) Antalya'da tarla ve mini lizimetre koşullarında mayıs ayının başı ile ekim ayının sonu arasında çimde ölçülen bitki su tüketimleri ile ampirik eşitliklerle hesaplanan bitki su tüketim değerleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmacılar hem tarla hem de mini lizimetre koşullarında en uygun çim kıyas bitki su tüketimi hesaplama yönteminin FAO-A Sınıfı Buharlaşma Kabı yöntemi olduğunu, bunu Penman yönteminin izlediğini saptamışlar, ayrıca mini lizimetre koşullarının tarla koşullarını iyi temsil etmediği sonucuna ulaşmışlardır. Aynı bölgede Emekli ve Baştuğ (2007) tarafından gerçekleştirilen başka bir araştırmada, açık tarla koşullarında farklı düzeyde uygulanan sulama suyunun Bermuda çiminin su tüketimine etkisi ve su tüketiminin tahmini için kıyas bitki su tüketimi hesaplanmasında kullanılan bazı deneysel eşitliklerin geçerliliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmacılar, Antalya koşullarında A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %75'i düzeyinde sulama yapılmasının bermuda çimi için yeterli olacağı, anılan çim bitkisi için en iyi tahmin eşitliklerinin sırasıyla FAO Radyasyon, Orijinal Penman ve Penman-Monteith eşitlikleri olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır.

Gerçek ve kıyas bitki su tüketimini iklimsel verileri kullanarak tahmin etmek amacıyla FAO

öncülüğünde Smith (1992) tarafından geliştirilen CropWat yazılımı araştırmacılar tarafından sıkça kullanılmaktadır (Lashkari vd., 2009; Nazeer, 2009; Stancalie vd., 2010; Banik vd., 2014; Bouraima vd., 2015, Surendran vd., 2015; Yahaya vd., 2015). Günümüzde hidroloji, tarım, ekoloji, orman yönetimi, meteoroloji vb. birçok farklı disiplinde yürütülen çalışmalarda değişik iklim parametrelerine ilişkin ölçümlerden yararlanılmaktadır. Doğru iklimsel veriler ancak noktasal olarak, meteoroloji gözlem istasyonlarının bulunduğu yerlerden elde edilebilmektedir. Oysaki havza bazlı hidrolojik modelleme çalışmalarında iklimsel parametrelerin alansal dağılım özelliklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle günümüzde, noktasal gözlem değerlerinden faydalanarak alansal dağılım özelliği gösteren iklim veri katmanlarının üretilmesine yönelik ihtiyaç ve ilgi giderek artış göstermektedir. Konumsal veri tabanı uygulamalarının vazgeçilmez bir parçası olan Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) iklim çalışmalarında kullanılması kaçınılmaz bir hal almıştır (Tural, 2011; Güler ve Kara, 2007).

Hong vd. (2005) Çin'deki meteoroloji istasyonlarından 1971-2000 yılları arasında elde edilen iklimsel verileri kullanarak, aylık ortalama sıcaklık ve yağış için yumuşak kıvrımlı yüzeyli haritalar elde etmek amacıyla spline yöntemini kullanmışlardır. Benzer bir şekilde Hutchinson (2007) Yeni Zelanda'da bulunan meteoroloji istasyonlarından 1971-2000 yılları arasında ölçülen iklimsel verilerini kullanarak spline yöntemi ile haritalar hazırlamıştır. Aylık, mevsimlik ve yıllık sıcaklık analizleri, ısıtma ve soğutma gün dereceleri analizleri, iklim indisleri görüntüleme çalışmaları, tematik haritalarla istasyon sınıflandırma ve sorgulama çalışmaları gibi klimatolojik uygulamalarda CBS için geliştirilen ArcGIS yazılımının kullanımı, kullanıcılar için yaşadıkları yerin iklimi hakkında daha kaliteli ve kolay anlaşılabilir bilgiler sunmaktadır (Şensoy vd., 2007).

Sıcaklık, yağış, nem, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı gibi iklimsel verileri ve bu verileri kullanarak hesaplanan ETo değerini, coğrafi alan içinde her nokta için elde etmek mümkün olmayabilir. Ancak, çalışma alanı içinde belirli yerlerden ölçümlerin alınmasıyla tüm coğrafi bölge hakkında çıkarımlar yapılabilir. Bu çalışmanın amacı, tarımsal potansiyeli yüksek olan Antalya ilindeki bitki su tüketiminin belirlenmesinde temel veri olan kıyas bitki su

tüketimini (ET_o) uzun yıllık iklim verileri kullanılarak FAO Penman-Monteith yöntemi ile tahmin etmek ve ETo değerlerinin alansal ve zamansal değişimini gösteren haritalar elde etmektir.

2. Materyal ve Yöntem

Akdeniz iklim kuşağı içerisinde bulunan Antalya ilinde, kışlar ılık ve yağışlı, yazlar kurak ve sıcak geçmektedir. Antalya'da yıllık ortalama sıcaklık 18.6°C, ortalama oransal nem %64, ortalama rüzgâr hızı 3.1 msn⁻¹ ve ortalama güneşlenme şiddeti 412.21 calcm⁻² dak⁻¹'dir. Çalışmada gerekli olan iklim verileri T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü meteoroloji istasyonlarından elde edilmiş ve kıyas bitki su tüketimini hesaplamada uzun yıllık (1960-2014) aylık ortalama nem, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi maksimum ve minimum sıcaklık değerleri ile her bir istasyona ilişkin konum bilgileri kullanılmıştır. Çalışmanın, Antalya Bölgesini temsil etmesi amacıyla Antalya il ve ilçelerinde yer alan 15 meteoroloji istasyonu (Akseki, Alanya, Antalya-Bölge, Elmalı, Finike, Gazipaşa, Gündoğmuş, İbradı, Kale-Demre, Kaş, Kemer, Korkuteli, Kumluca, Manavgat ve Serik) ve referans noktası oluşturması için de çevre il ve ilçe merkezlerindeki 5 meteoroloji istasyonu (Anamur, Fethiye, Hadim, Isparta ve Tefenni) seçilmiştir. Söz konusu meteoroloji istasyonlarının konumlarına ilişkin bilgiler (enlem, boylam ve deniz seviyesinden olan yükseklik) ile ETo hesaplamalarında kullanılan iklimsel parametrelerin uzun yıllık ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada ETo değerlerini hesaplamak amacıyla FAO tarafından geliştirilen CropWAT yazılımı kullanılmıştır. Anılan yazılım, yöresel iklim verileri (yağış, buharlaşma, rüzgâr, sıcaklık, güneşlenme gibi) ile bitki verileri kullanılarak bitkiye verilmesi gereken su miktarını belirlemeye yarayan bir bilgisayar programıdır. Programda bitki su tüketiminin hesaplanmasında Eşitlik 2'de verilen FAO Penman-Monteith yöntemi esas alınmaktadır.

$$ET_o = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{e_s - e_a}{r_a}}{\Delta + \gamma \left(1 + \frac{r_s}{r_a}\right)} \quad (2)$$

Çizelge 1. ET₀ hesaplanmasında kullanılan istasyonların konumları ve uzun yıllık iklimsel parametreler

AKSEKİ	İstasyon No: 18047			Enlem: 37.04°K			Boylam: 31.79°D			Yükseklik: 1063 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	8.1	8.7	12.0	16.7	21.7	26.9	30.6	30.9	27.4	21.6	14.5	9.6
Min. sıcaklık (°C)	-0.5	-0.3	2.1	6.1	10.5	15.0	18.8	18.8	15.0	10.2	4.9	1.4
Nem (%)	70.6	68.9	62.5	58.2	53.2	46.0	45.9	49.8	51.3	56.3	64.9	71.1
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	2.2	2.2	2.1	1.8	1.6	2.0	2.3	2.1	2.0	2.0	2.0	2.2
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.6	4.3	6.2	7.0	8.0	9.1	9.5	10.2	9.1	6.2	5.2	4.2
ALANYA	İstasyon No: 17310			Enlem: 36.55°K			Boylam: 31.98°D			Yükseklik: 6 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	16.2	16.4	18.3	21.1	24.7	28.7	31.6	32.2	30.2	26.5	21.7	17.9
Min. sıcaklık (°C)	8.5	8.5	10.1	12.9	16.6	20.3	23.1	23.4	20.9	17.2	13.0	10.1
Nem (%)	64.3	64.0	66.1	69.5	70.6	68.5	68.6	68.0	64.1	62.3	63.8	65.2
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.4	1.4	1.2	1.2	1.0	1.1	1.1	1.0	1.1	1.1	1.2	1.3
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.0	4.5	6.2	7.4	9.2	11.6	11.0	10.3	9.2	7.1	5.3	4.1
ANTALYA-MERKEZ	İstasyon No: 17302			Enlem: 36.88°K			Boylam: 30.68°D			Yükseklik: 47 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	16.0	16.3	18.7	21.3	24.8	30.4	33.0	33.9	30.3	26.3	21.9	17.6
Min. sıcaklık (°C)	8.7	9.1	11.3	14.3	18.1	22.8	25.8	26.5	22.9	18.4	14.4	10.5
Nem (%)	61.8	63.1	60.4	65.8	68.3	60.2	61.0	57.7	56.8	55.5	56.9	62.0
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.7	1.8	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.4	1.6
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.6	4.2	5.2	6.3	7.6	7.4	7.5	7.5	7.5	6.6	4.2	5.1
ELMALI	İstasyon No: 17952			Enlem: 36.73°K			Boylam: 29.91°D			Yükseklik: 1095		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	7.9	9.4	13.4	17.8	22.9	28.0	31.6	31.9	28.1	22.1	15.5	9.6
Min. sıcaklık (°C)	-2.0	-1.3	1.3	5.1	9.1	13.1	16.0	16.0	12.1	7.6	3.0	-0.2
Nem (%)	70.9	67.4	60.4	54.8	52.1	44.4	39.1	39.8	44.6	55.2	64.3	72.2
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.1	1.2	1.4	1.5	1.4	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	3.2	4.2	5.5	7.1	7.1	7.5	8.3	8.6	7.1	6.6	4.6	3.3
FİNİKE	İstasyon No: 17375			Enlem: 36.30°K			Boylam: 30.14°D			Yükseklik: 2 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	15.9	16.2	18.4	21.8	26.0	30.8	33.8	34.0	31.1	26.7	21.7	17.6
Min. sıcaklık (°C)	7.3	7.2	8.6	11.1	14.6	18.4	21.1	21.2	18.3	14.9	11.3	8.7
Nem (%)	69.6	69.9	70.0	69.0	68.5	62.6	61.3	62.6	63.9	66.5	68.2	70.0
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.4	1.4	1.5	1.5	1.4	1.5
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.4	5.3	6.5	8.2	10.0	11.5	12.1	11.2	9.6	7.6	6.1	4.4
GAZİPAŞA	İstasyon No: 17974			Enlem: 36.27°K			Boylam: 32.30°D			Yükseklik: 21 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	16.0	16.1	18.0	21.1	24.9	29.3	31.9	32.1	30.1	26.5	21.6	17.6
Min. sıcaklık (°C)	7.1	7.0	8.2	10.9	14.4	18.5	21.5	21.8	19.0	15.1	11.1	8.4
Nem (%)	66.6	66.3	69.6	71.2	69.7	64.5	63.0	64.3	63.3	63.9	65.5	67.2
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.4	1.5	1.4	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.3	5.4	7.6	8.0	9.5	11.3	11.4	10.5	9.6	8.6	6.0	4.3
GÜNDOĞMUŞ	İstasyon No: 18012			Enlem: 36.80°K			Boylam: 31.99°D			Yükseklik: 898 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	10.1	9.3	13.1	16.7	24.0	27.4	30.6	30.5	28.0	22.1	15.9	11.3
Min. sıcaklık (°C)	3.7	1.6	4.3	7.3	13.5	16.7	19.9	19.5	17.0	11.5	8.1	2.8
Nem (%)	71.3	66.2	63.0	62.7	48.0	46.0	31.8	37.4	41.4	44.3	63.4	61.0
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.1	1.3	1.2	1.1	1.2	1.4	2.0	1.5	1.3	1.3	1.1	1.3
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.6	4.3	6.2	7.0	8.0	9.1	9.5	10.2	9.1	6.2	5.2	4.2
IBRADI	İstasyon No: 17927			Enlem: 37.09°K			Boylam: 31.59°D			Yükseklik: 1036 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	8.7	10.0	13.4	17.7	22.5	28.0	32.0	32.3	27.2	21.2	15.4	11.1
Min. sıcaklık (°C)	1.1	1.7	4.3	8.0	12.2	16.7	20.4	20.8	16.2	11.3	6.9	3.4
Nem (%)	72.0	69.0	60.7	60.1	58.1	46.7	39.7	37.3	47.4	56.7	62.3	68.7
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.2	1.3	1.3	1.3	1.2	1.3	1.4	1.4
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.6	4.3	6.2	7.0	8.0	9.1	9.5	10.2	9.1	6.2	5.2	4.2

Çizelge 1. ET₀ hesaplanmasında kullanılan istasyonların konumları ve uzun yıllık iklimsel parametreler (devamı)

KALE-DEMRE	İstasyon No: 17970			Enlem: 36.24°K			Boylam: 29.97°D			Yükseklik: 25 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	16.3	16.3	18.4	21.7	26.0	30.7	33.7	34.0	31.1	26.5	21.4	17.7
Min. sıcaklık (°C)	5.5	5.5	7.0	10.1	14.1	18.1	21.7	22.2	18.6	13.9	9.7	6.9
Nem (%)	75.2	72.6	71.8	69.7	67.3	61.0	59.2	61.3	65.6	72.0	75.5	76.5
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.2	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	5.0	5.4	7.2	8.2	10.4	12.1	12.3	11.4	10.1	7.4	6.2	4.4
KAŞ	İstasyon No: 17380			Enlem: 36.20°K			Boylam: 29.65°D			Yükseklik: 153 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	16.3	16.4	18.2	21.4	25.2	29.2	32.1	32.5	30.2	26.1	21.7	17.9
Min. sıcaklık (°C)	9.7	9.5	10.8	13.5	17.2	21.1	24.0	24.6	22.2	18.4	14.4	11.3
Nem (%)	56.5	56.1	55.9	56.9	57.9	54.3	53.5	53.9	51.2	52.4	54.9	56.9
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.9	1.9	1.8	1.5	0.9	0.8	0.7	0.9	1.2	1.4	1.7	1.9
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.4	5.1	7.0	7.6	9.5	11.1	11.4	11.0	9.5	7.5	6.2	4.2
KEMER	İstasyon No: 17953			Enlem: 36.59°K			Boylam: 30.56°D			Yükseklik: 10 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	15.5	15.8	18.6	21.9	26.2	31.7	34.6	35.3	31.3	26.3	21.2	17.0
Min. sıcaklık (°C)	6.5	6.9	8.7	11.7	15.8	20.4	23.6	24.3	20.6	15.8	11.1	7.9
Nem (%)	74.1	73.7	68.1	70.4	67.1	58.7	57.7	56.9	59.3	62.6	70.2	75.3
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.3	1.4	1.3	1.4	1.2	1.4	1.4	1.4	1.2	1.0	0.9	0.9
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.4	5.3	6.5	8.2	10.0	11.5	12.1	11.2	9.6	7.6	6.1	4.4
KORKUTELİ	İstasyon No: 17926			Enlem: 37.05°K			Boylam: 30.19°D			Yükseklik: 1017 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	8.6	9.4	13.1	17.5	22.7	27.8	31.2	31.3	27.5	21.7	15.1	10.1
Min. sıcaklık (°C)	-1.8	-1.3	1.2	4.8	8.9	13.1	16.0	15.6	11.6	7.2	2.5	-0.3
Nem (%)	69.4	67.3	63.2	60.2	57.7	48.9	44.1	45.6	49.9	58.5	66.1	70.4
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.2	1.4	1.4	1.5	1.3	1.4	1.4	1.3	1.2	1.1	1.1	1.2
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	5.2	5.6	7.0	7.3	8.5	10.4	11.0	10.5	9.5	7.5	6.1	4.6
KUMLUCA	İstasyon No: 17951			Enlem: 36.36°K			Boylam: 30.29°D			Yükseklik: 60 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	16.5	16.7	19.1	22.3	25.9	30.7	33.6	34.1	30.5	26.4	22.2	18.2
Min. sıcaklık (°C)	5.7	5.9	7.2	10.1	13.9	18.1	21.0	22.0	18.3	14.1	10.4	7.2
Nem (%)	80.2	80.1	76.2	74.5	71.2	61.8	58.8	58.0	64.8	70.2	77.9	80.2
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.4	1.5	1.7	1.7	1.7	1.7
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.4	5.3	6.5	8.2	10.0	11.5	12.1	11.2	9.6	7.6	6.1	4.4
MANAVGAT	İstasyon No: 17954			Enlem: 36.78°K			Boylam: 31.44°D			Yükseklik: 38 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	15.2	15.8	18.4	21.8	25.7	30.5	33.6	34.0	31.4	27.1	21.4	16.9
Min. sıcaklık (°C)	7.1	7.1	8.5	11.2	14.8	18.8	21.9	22.0	19.1	15.4	11.3	8.5
Nem (%)	64.4	63.9	65.5	68.5	68.1	62.3	61.4	62.7	61.5	59.8	62.9	65.5
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.9	1.8	1.7	1.5	1.4	1.6	1.7	1.4	1.4	1.4	1.5	1.7
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.3	5.2	6.5	7.4	9.1	10.4	10.5	10.2	9.2	7.2	5.2	3.5
SERİK	İstasyon No: 17300			Enlem: 36.00°K			Boylam: 30.00°D			Yükseklik: 51 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	14.9	15.4	17.9	21.2	25.6	30.9	34.0	33.9	31.0	26.6	21.0	16.5
Min. sıcaklık (°C)	5.9	6.1	7.9	11.0	15.0	19.5	22.6	22.4	19.1	15.1	10.5	7.4
Nem (%)	65.5	65.3	66.2	67.6	66.6	59.3	57.1	59.3	59.1	60.6	64.6	67.0
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	2.5	2.6	2.4	2.2	1.9	2.1	2.0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.4
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	5.2	5.5	6.5	8.0	9.6	11.4	12.0	11.3	10.6	8.1	6.3	5.6
ANAMUR	İstasyon No: 17320			Enlem: 36.06°K			Boylam: 32.86°D			Yükseklik: 2 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	15.7	16.0	18.4	21.5	25.4	29.8	32.9	33.2	30.9	26.9	21.8	17.4
Min. sıcaklık (°C)	8.2	8.1	9.7	12.3	15.8	19.8	23.0	23.0	20.0	16.7	13.0	9.8
Nem (%)	70.3	69.9	70.2	72.1	73.1	72.1	70.4	70.0	66.2	64.2	66.7	70.5
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.9	2.0	2.2
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.4	5.4	6.6	8.2	9.5	11.0	11.1	11.6	10.1	8.1	6.2	4.4

Çizelge 1. ETo hesaplanmasında kullanılan istasyonların konumları ve uzun yıllık iklimsel parametreler (devamı)

FETHİYE	İstasyon No: 17296			Enlem: 36.62°K			Boylam: 29.12°D			Yükseklik: 3 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	16.0	16.6	19.0	22.2	26.5	31.5	34.5	34.6	31.4	26.6	21.4	17.4
Min. sıcaklık (°C)	5.4	5.8	7.4	10.2	13.9	17.7	20.3	20.4	17.0	13.3	9.3	6.8
Nem (%)	70.4	67.9	67.0	67.1	65.0	58.8	57.2	58.9	61.6	67.0	71.1	72.2
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.1
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.4	5.3	6.5	7.6	9.4	11.2	11.4	11.0	9.5	7.4	5.3	4.1
HADIM	İstasyon No: 17928			Enlem: 36.98°K			Boylam: 32.45°D			Yükseklik: 1552 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	-0.8	-0.3	3.4	8.5	13.4	17.7	21.1	20.8	16.9	11.2	5.5	1.2
Min. sıcaklık (°C)	4.1	4.7	8.6	13.9	18.7	23.1	26.8	26.8	22.8	16.7	10.6	6.0
Nem (%)	69.9	68.2	62.2	55.7	53.8	49.0	43.3	44.3	48.3	58.2	65.0	70.1
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.8	1.9	2.0	2.0	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.6	1.7	1.7
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	4.6	4.3	6.2	7.0	8.0	9.1	9.5	10.2	9.1	6.2	5.2	4.2
İSPARTA	İstasyon No: 17240			Enlem: 37.78°K			Boylam: 30.56°D			Yükseklik: 997 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	1.8	2.6	5.9	10.6	15.5	20.2	23.5	23.0	18.4	12.8	7.0	3.1
Min. sıcaklık (°C)	6.4	7.6	11.7	16.5	21.8	26.6	30.3	30.4	26.5	20.7	13.4	7.8
Nem (%)	72	68	65	62	58	52	47	49	54	62	68	73
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.4	1.7	1.8	1.8	1.4	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	3.5	4.5	6.0	6.5	8.5	11.0	11.5	11.2	9.5	7.2	5.1	3.2
TEFENNİ	İstasyon No: 17892			Enlem: 37.31°K			Boylam: 29.77°D			Yükseklik: 1142 m		
Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mak. sıcaklık (°C)	6.4	8.0	12.3	17.0	22.1	26.9	30.6	30.7	26.6	20.3	13.6	7.9
Min. sıcaklık (°C)	-3.2	-2.4	0.2	4.2	8.1	11.7	14.5	14.6	10.7	6.4	1.7	-1.2
Nem (%)	74.9	71.4	64.7	59.5	56.1	48.8	43.2	43.3	48.8	58.8	67.9	75.9
Rüzgar hızı (m sn ⁻¹)	1.0	1.2	1.3	1.4	1.2	1.2	1.3	1.2	1.0	0.9	1.0	1.0
Güneş. sür. (h gün ⁻¹)	3.2	4.3	6.1	7.2	8.4	10.4	10.5	10.3	9.2	6.4	4.1	2.5

Eşitlikte Rn: net radyasyonu (MJm⁻²g⁻¹), G; toprak ısı akısını (MJm⁻²g⁻¹), e_s-e_a; havadaki buhar basıncı açığı (kPa), p_a; sabit basınç altında ortalama hava yoğunluğunu (kg m⁻³), c_p; havanın özgül ısısını (MJ kg⁻¹°C⁻¹), Δ; doymuş buhar basıncı ve sıcaklık arasındaki ilişkinin eğimini (kPa°C⁻¹), γ; psikometrik sabiti (kPa°C⁻¹), r_s; bitki yüzey direncini (sm⁻¹), r_a; bitki taçının aerodinamik direncini (sm⁻¹) ifade etmektedir.

Çalışmada farklı lokasyonlardaki ölçüm noktalarının değerini kullanarak sürekli bir yüzey oluşturulabilmesi amacıyla ArcGIS Spatial Analyst modülünün Spline aracından yararlanılmıştır. Bu yöntem, tüm yüzey eğriliğini en aza indirgeyen, keskinliği ortadan kaldırarak giriş noktaları boyunca pürüzsüz bir yüzey oluşturan, matematiksel bir işlev kullanarak değerleri tahmin eden kolay uygulanabilir bir enterpolasyon yöntemi olduğu için tercih edilmiştir. Ayrıca spline aracının görüntü ortorektifikasyon doğruluğunu önemli ölçüde arttırdığı bilinmektedir (Zhang vd., 2016). Haritaların hazırlamasın sırasında kullanılan enterpolasyon yöntemi için kullanılan algoritma Eşitlik 3'de verilmiştir.

$$S(x, y) = T(x, y) + \sum_{j=i}^N \lambda_j R(r_j) \quad (3)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, \dots, N.$$

Eşitlikte N: nokta sayısıdır, λ_j: doğrusal denklemlerin çözüm sistemi tarafından bulunan katsayılarıdır, r_j: (x,y) noktası ile j'nci nokta arasındaki mesafedir. Bu kapsamda tüm bölgeler için her aya ilişkin ETo değerleri haritalanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonunda, farklı meteoroloji istasyonlarından elde edilen uzun yıllık ortalama iklimsel parametreler kullanılarak hesaplanan aylık ortalama ETo değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Anılan çizelgeden görüleceği üzere, Antalya ilçeleri içerisinde en düşük ortalama günlük ETo değeri ocak ayında Elmalı ilçesinde (0.90 mm gün⁻¹), en yüksek ise temmuz ayında Serik ilçesinde (6.59 mm gün⁻¹) hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Aylara göre farklı meteorolojik istasyonlardan elde edilen iklim parametreleri kullanılarak hesaplanan ETo değerleri (mm gün⁻¹)

İlçeler	ETo (mm gün ⁻¹)											
	Aylar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Akseki	1.15	1.42	2.17	3.08	4.06	5.35	6.11	5.80	4.58	2.98	1.75	1.18
Alanya	1.46	1.77	2.35	3.15	4.08	5.20	5.44	5.04	4.11	2.81	1.85	1.42
Antalya Merkez	1.61	1.92	2.56	3.21	3.99	4.83	5.14	5.10	4.24	3.14	2.09	1.61
Elmalı	0.90	1.26	2.07	3.13	3.92	4.84	5.34	5.10	3.88	2.49	1.45	0.94
Finike	1.44	1.78	2.42	3.37	4.37	5.48	6.07	5.61	4.43	2.97	1.90	1.40
Gazipaşa	1.40	1.80	2.44	3.18	4.14	5.23	5.66	5.18	4.20	2.95	1.83	1.41
Gündoğmuş	1.02	1.34	2.05	2.79	4.16	5.07	6.31	5.55	4.32	2.84	1.56	1.18
İbradı	1.01	1.33	2.15	3.04	3.90	5.00	5.59	5.56	4.13	2.58	1.64	1.11
Kale-Demre	1.22	1.63	2.37	3.29	4.44	5.60	6.02	5.60	4.34	2.73	1.66	1.17
Kaş	1.88	2.22	2.90	3.57	4.31	5.18	5.47	5.32	4.46	3.24	2.38	1.92
Kemer	1.20	1.57	2.36	3.33	4.40	5.73	6.28	5.94	4.42	2.76	1.61	1.06
Korkuteli	0.98	1.35	2.12	3.02	3.97	5.18	5.74	5.30	4.05	2.52	1.45	0.97
Kumluca	1.27	1.60	2.35	3.32	4.37	5.52	6.07	5.80	4.48	2.96	1.82	1.27
Manavgat	1.59	1.89	2.52	3.25	4.24	5.40	5.90	5.41	4.37	3.05	1.99	1.51
Serik	1.75	2.12	2.70	3.51	4.50	5.99	6.59	6.13	5.02	3.46	2.26	1.75
Anamur	1.60	1.92	2.55	3.39	4.27	5.30	5.80	5.69	4.65	3.35	2.23	1.62
Fethiye	1.24	1.63	2.35	3.21	4.31	5.45	5.95	5.52	4.25	2.72	1.60	1.17
Hadım	0.94	1.19	1.93	2.95	3.82	4.71	5.30	5.10	3.89	2.40	1.46	0.97
Isparta	0.87	1.26	1.98	2.88	3.91	5.10	5.57	5.18	3.87	2.40	1.40	0.88
Tefenni	0.78	1.14	1.93	2.94	3.87	4.95	5.48	5.12	3.80	2.25	1.29	0.80

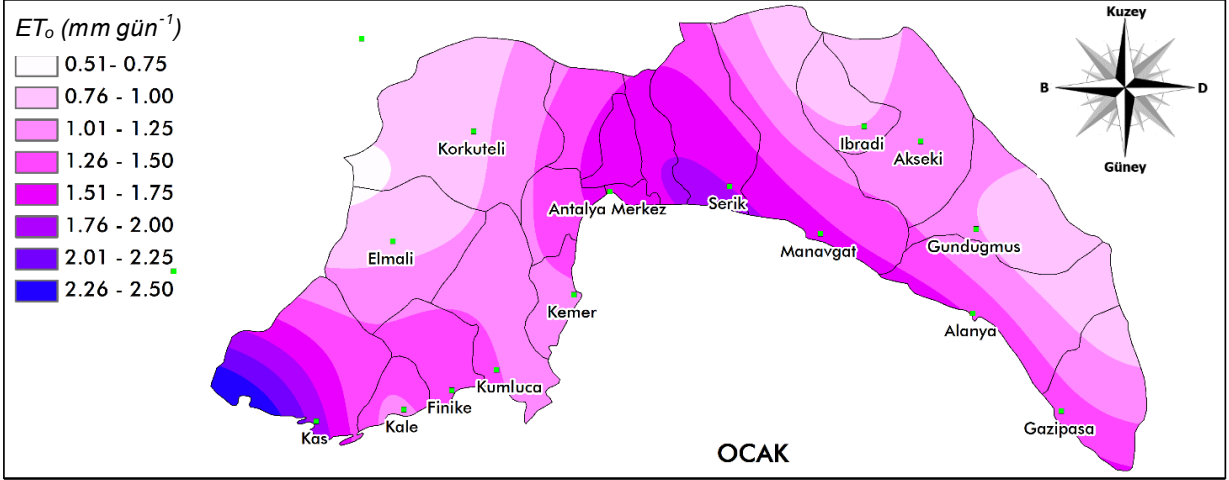
Bütün ilçelerde minimum değerlerinin aralık veya ocak aylarında, maksimum ETo değerlerinin ise temmuz ayında meydana geldiği belirlenmiştir. Antalya Merkez'de ise en yüksek ETo değeri 5.14 mm gün⁻¹ ile Temmuz ayında hesaplanmıştır (Çizelge 2). Emekli ve Baştuğ (2007) Antalya Merkez'de çim bitkisi için ölçülen su tüketiminin temmuz ayında en yüksek değere (9.13 mm gün⁻¹) ulaştığını bildirirken Aydınşakir vd. (2003) ise en yüksek çim bitkisi su tüketimini ağustos ayında (11.3 mm gün⁻¹) olduğunu belirlemişlerdir.

Denemelerde ölçülen değerlerdeki farklılıkların denemelerin yürütüldüğü yıllardaki iklimsel koşullardan kaynaklandığı söylenebilir. Bu çalışmada ise hesaplanan ETo değerleri uzun yıllık iklimsel veriler kullanılarak elde edildiğinden anılan araştırmaların yürütüldüğü dönemlerde meydana gelen iklimsel koşulları yansıtmayabilir. Ayrıca, ETo tahmininde kullanılan ampirik yöntemler de her zaman gerçek (ölçülen) sonuçları yansıtmayabilmektedir. Nitekim Emekli ve Baştuğ (2007) ve Aydınşakir vd. (2003) tarafından yapılan çalışmalarda ölçülen ve ampirik yöntemlerle hesaplanan ortalama ETo değerleri arasında da 3 mm gün⁻¹ civarında bir farklılık bulunduğu saptanmıştır. Benzer şekilde, Rana vd. (1996), Todorovic (1999) ve Hashem vd (2016) Akdeniz iklimi gibi kurak ve

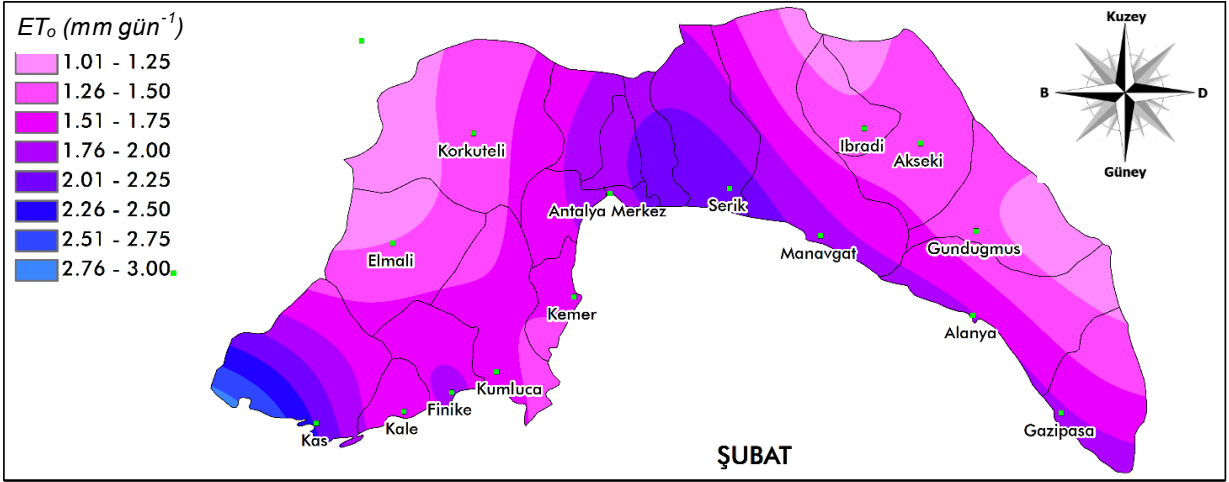
yarı kurak bölgeler için CROPWAT yazılımının ETo değerlerini ölçülen değerlerden belirgin şekilde daha az tahmin ettiğini bildirmişlerdir

Çizelge 2 incelendiğinde kıyas bitki su tüketim değerlerinin ocak ayından temmuz ayına kadar arttığı, temmuz ayından ocak ayına kadar ise azaldığı görülmektedir. Tabari vd. (2012) İran'da kurak ve yarı kurak bölgelerde yıllık, mevsimsel ve aylık referans bitki su tüketiminin alansal ve zamansal değişimini inceledikleri çalışmada da referans bitki su tüketimlerinin ocak ayından temmuz ayına kadar arttığını, temmuz ayından aralık ayına kadar azaldığını belirlemişlerdir.

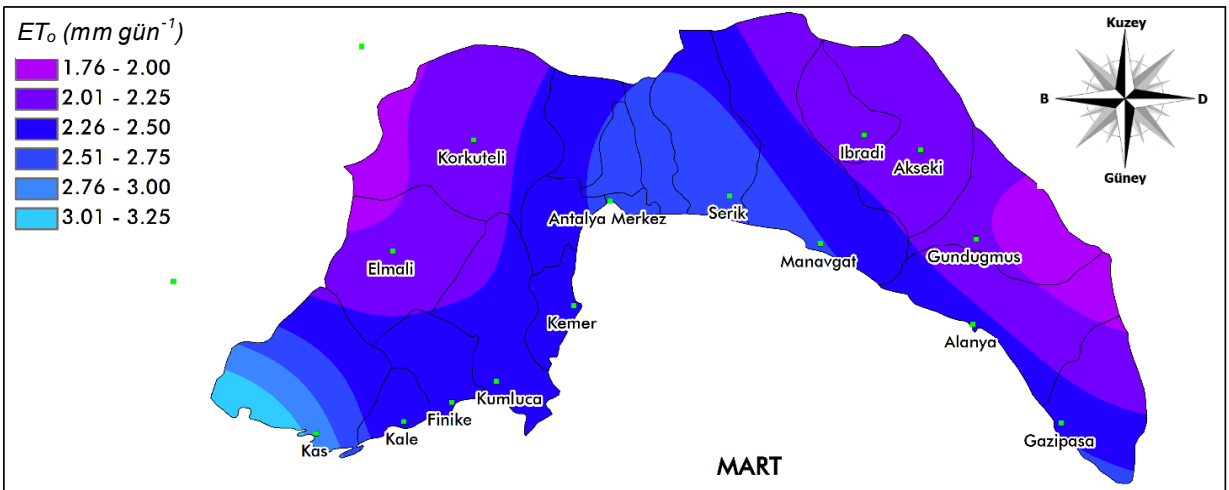
Hesaplanan ETo değerlerinin alansal ve zamansal değişimi Şekil 1a-k'da verilmiştir. Anılan şekiller aslında, noktasal olarak hesaplanan ETo değerlerinin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak oluşturulan alansal dağılımlarını göstermektedir. Anılan şekillerden görüleceği üzere, ETo'daki alansal değişimin en az olduğu aylar mayıs ve eylül ayları iken değişimin en fazla olduğu ayların ise ocak ve temmuz aylarıdır. Ayrıca kasım-mart ayları arasında ETo'daki değişimin 0.5-2.5 mm gün⁻¹; nisan, mayıs, eylül ve ekim aylarında 2.5-5.0 mm gün⁻¹; haziran-ağustos arasındaki aylarda ise 5.0-7.0 mm gün⁻¹ arasında değiştiği gözlenmektedir.



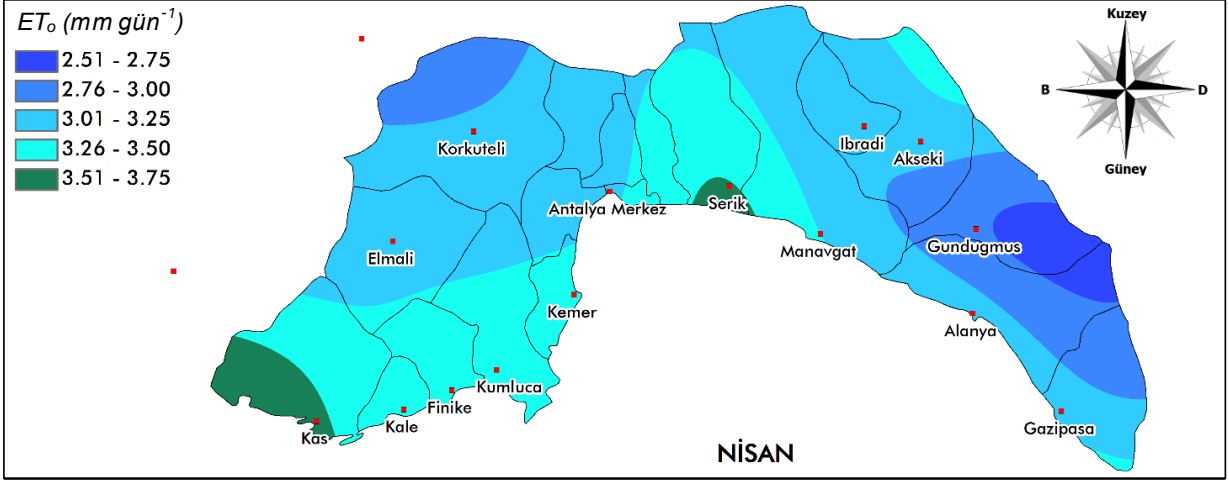
Şekil 1a. Ocak ayında hesaplanan ET₀ değerlerinin alansal değişimi



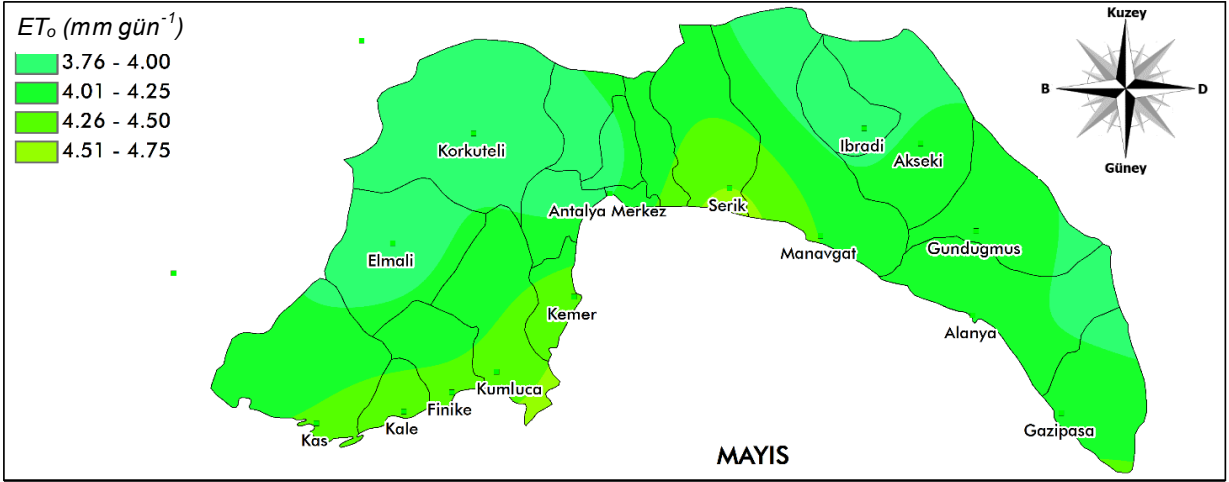
Şekil 1b. Şubat ayı için hesaplanan ET₀ değerlerinin alansal değişimi



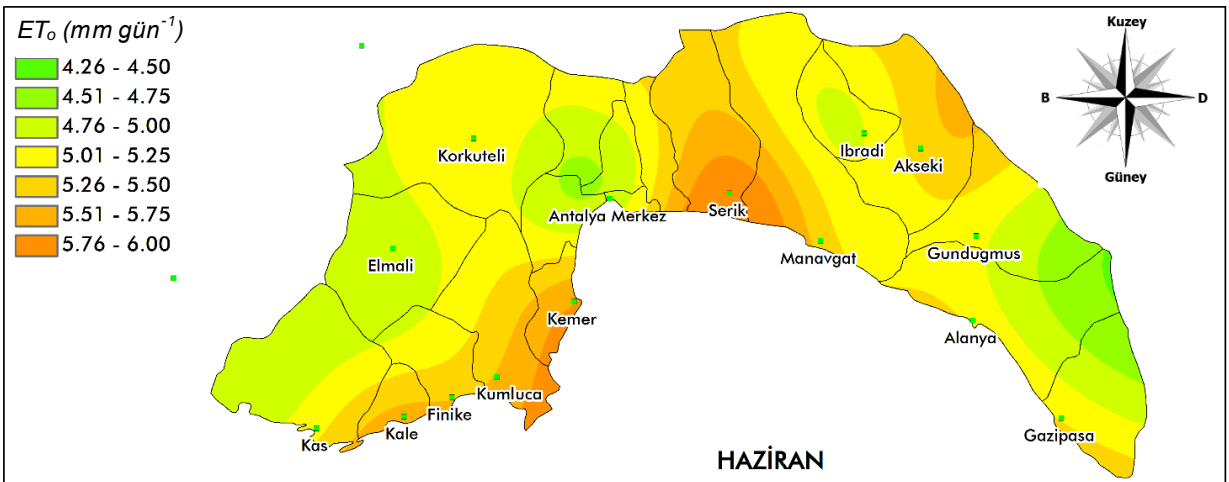
Şekil 1c. Mart ayı için hesaplanan ET₀ değerlerinin alansal değişimi



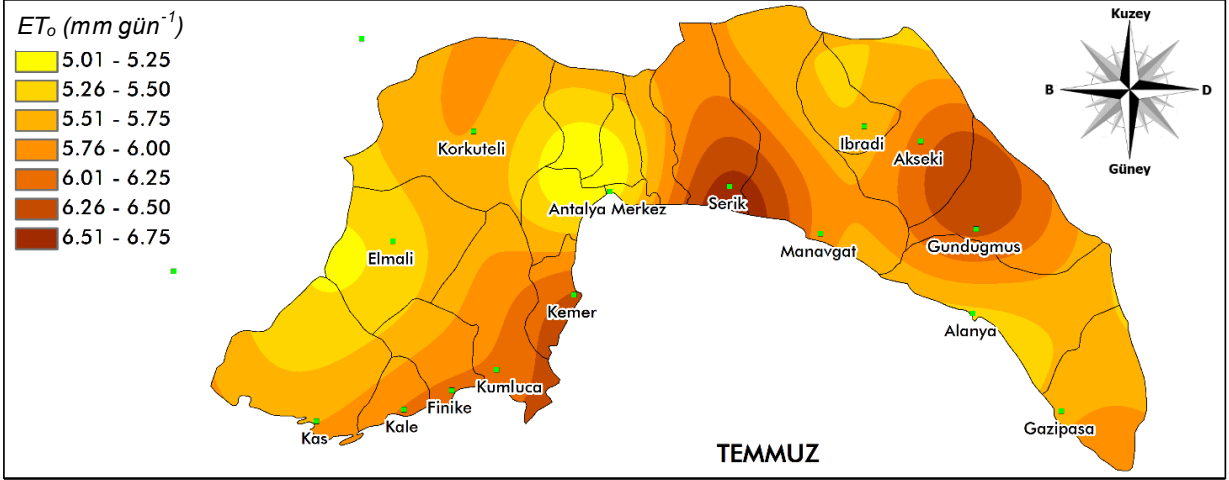
Şekil 1d. Nisan ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal değişimi



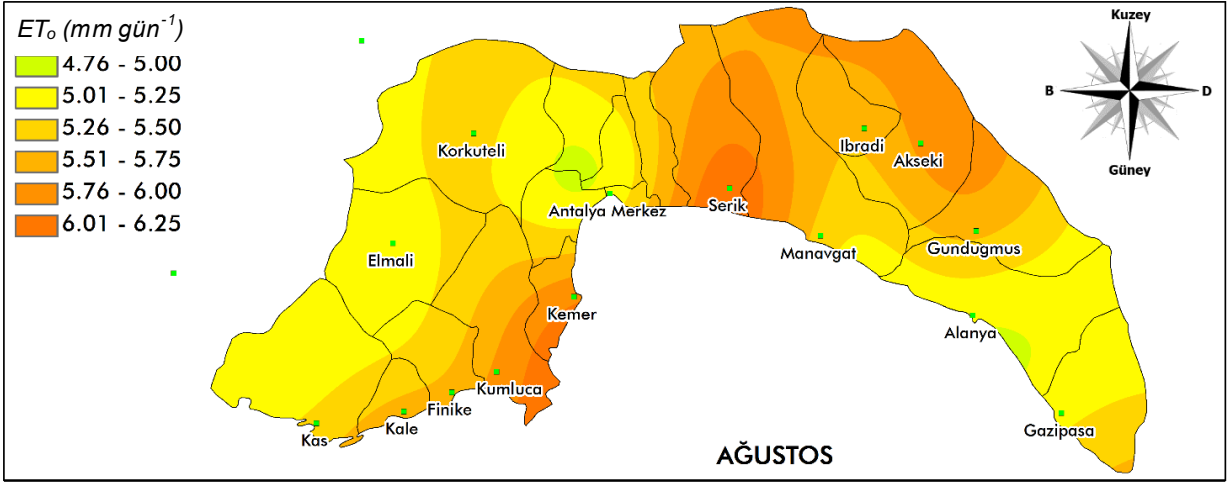
Şekil 1e. Mayıs ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal değişimi



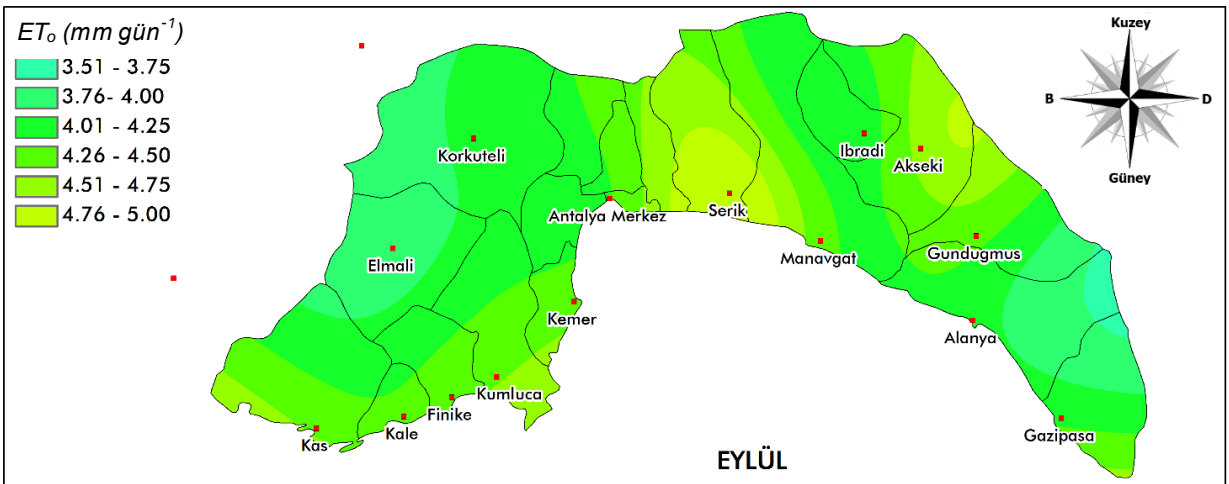
Şekil 1f. Haziran ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal değişimi



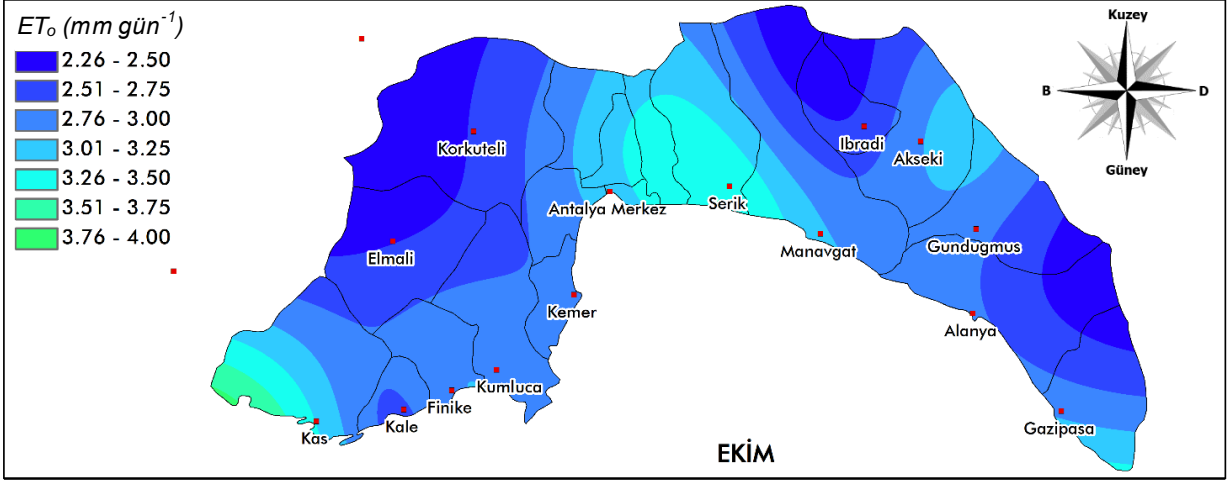
Şekil 1g. Temmuz ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal değişimi



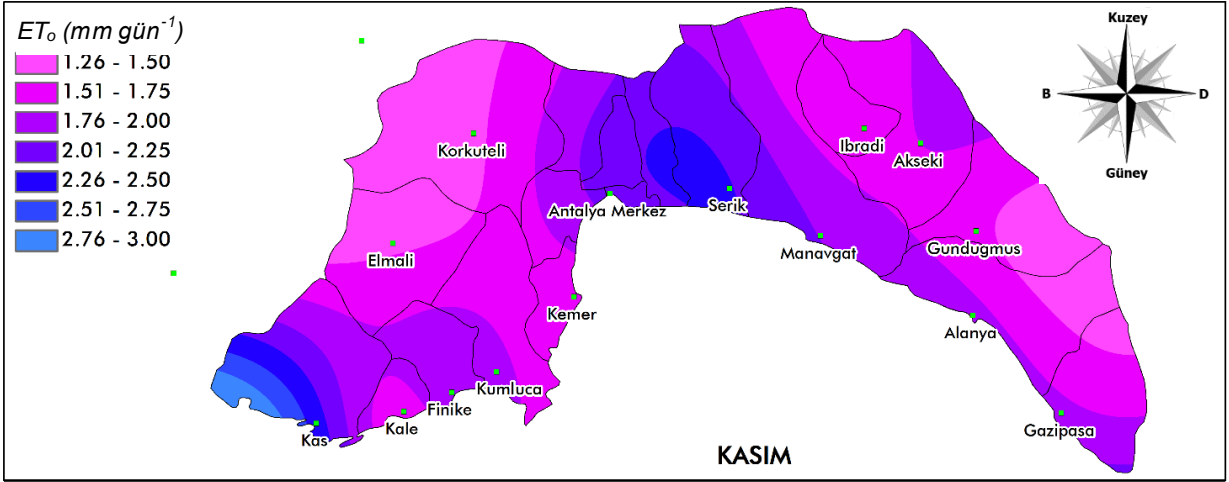
Şekil 1h. Ağustos ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal değişimi



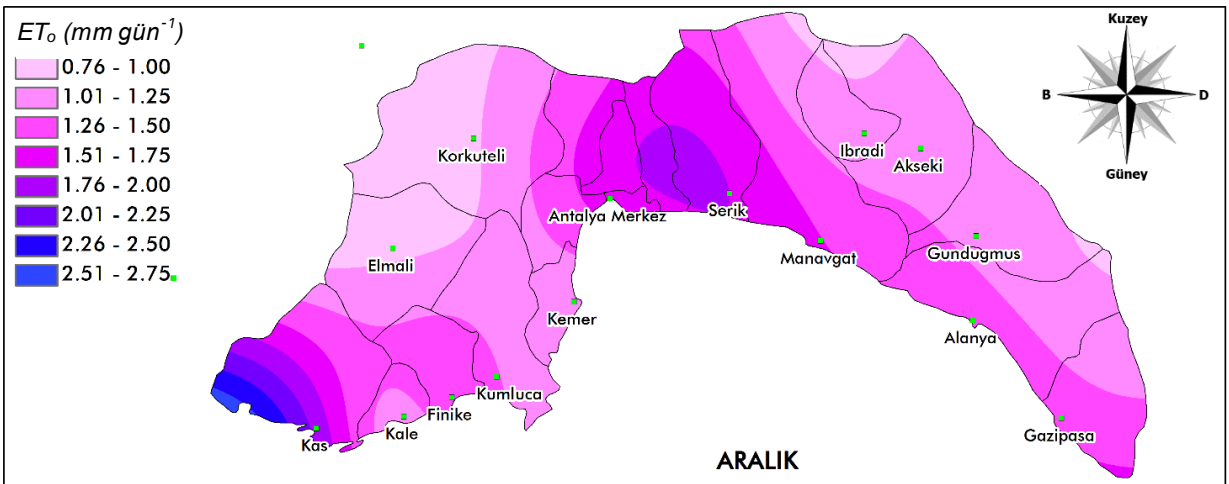
Şekil 1i. Eylül ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal değişimi



Şekil 1i. Ekim ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal dağılımı



Şekil 1j. Kasım ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal dağılımı



Şekil 1k. Aralık ayı için hesaplanan ET_0 değerlerinin alansal dağılımı

Şekil 1a-k incelendiğinde, ocak-nisan ayları ile ekim-aralık ayları arasında kıyı kesimi ile yayla bölgeleri arasındaki farklar daha belirginleşirken, mayıs-eylül aylarında söz konusu farkın azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni, mayıs-eylül arasındaki dönemde yayla kesimi ile kıyı şeridinde net radyasyon ve atmosferin buhar basıncı eksikliği gibi bitki su tüketimine etki eden iklimsel parametrelerin değerlerindeki farkların nispeten azalması olarak açıklanabilir. Söz konusu farkların ocak-nisan ile ekim-aralık ayları arasında artması bitki su tüketimine de yansımaktadır. Zhang vd. (2010) Shiyang Nehir Havzasında kıyas bitki su tüketiminin alansal değişimini inceledikleri çalışmalarında, hava sıcaklıklarının nispeten düşük olduğu aylarda kıyas bitki su tüketiminin az olmasından dolayı alansal değişimin fazla olmadığını, hava sıcaklıklarının yüksek olduğu aylarda ise yüksek kıyas bitki su tüketiminden dolayı, alansal değişimin fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Öte yandan, kıyı kesimde bulunan ilçelerde de önemli ETo farklılıkları belirlenmiştir. Örneğin, Antalya-Merkez ile Kemer arasında 40 km kadar mesafe olmasına karşın Antalya-Merkez için haziran ve temmuz aylarında hesaplanan ETo değerleri sırasıyla 4.83 ve 5.14 mm iken, Kemer’de anılan aylardaki hesaplanan ETo değerleri sırasıyla 5.73 ve 6.28 mm olarak belirlenmiştir. Şekil 1a-k’nın sulama programlamasında günlük su tüketimi hesaplaması yapmak için kullanımına ilişkin bir örnek şöyle verilebilir:

Örneğin domates bitkisi için Konya Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nde elde edilmiş temmuz ayı kc katsayısı değeri 1.24’dür. Şekil 1g’den $E_{To}=5,3$ mm okunarak, Manavgat’ın Isparta ve Konya’ya yakın kesiminde bulunan ve meteorolojik veri ölçüm istasyonlarına uzak bir konumda bulunan Yeşilbağ Köyü’nde domatesin günlük su tüketimi $E_{Tc} = 1.24 \times 5.3 = 6.57$ mm olarak elde edilebilir.

4. Sonuç

Çalışmada, 1960-2014 yılları arasında Antalya ili ve ilçeleri ile çevre il ve ilçelerden alınan meteorolojik verilerin uzun yıllık ortalamaları ile CROPWAT ve ArcGIS yazılımlarından yararlanılarak Antalya ili içinde ETo değerlerinin

alansal ve zamansal (aylara göre) dağılımını gösteren haritalar elde edilmiştir.

Sulama mevsimi süresince bitki su tüketimine dayalı sulama zamanını ve uygulanacak sulama suyu miktarını belirleme amaçlı sulama programlaması çalışmalarında temel bir veri olarak kullanılan ETo değerinin doğru hesaplanabilmesi için o noktaya en yakın meteoroloji istasyonundan alınan güncel iklimsel verilerinin kullanılması önerilmektedir. Ancak, yakın bir meteoroloji istasyonundan elde edilmesi gereken güncel iklimsel verilerin mevcut olmadığı durumda, uzun yıllık iklimsel verilerin yardımı ile oluşturulan ETo değerlerinin alansal ve zamansal dağılımını gösteren haritalar kullanılabilir. Ayrıca, bitkiye özel olan kc katsayılarının kullanılacağı bölgede yürütülen çalışmalardan elde edilmesi en doğru yöntem olmakla birlikte, o bölge için veri olmadığına yakın veya benzer iklimsel özellikteki bölge verilerinden yararlanılarak bir yaklaşım sağlanması doğru seçenek olabilir. Dolayısıyla, anılan ETo değeri dağılım haritaları, yetiştiricilik yapılacak bölgede meteoroloji istasyonunun olmaması durumunda ETo değerine dayalı sulama suyu ihtiyacı hesaplaması çalışmalarında kullanım açısından da kolaylık sağlayacak ve böylece mevcut su kaynaklarının etkin kullanımına katkıda bulunulmuş olacaktır.

Yine, Antalya ilindeki ETo değerlerinin zamansal ve alansal değişimlerini gösteren bu haritalar kıyas bitki su tüketiminin alansal dağılımına ilişkin havza bazında yürütülecek modelleme çalışmalarında da kullanılabilir. Ayrıca, spline enterpolasyon yönteminin de su tüketimi çalışmalarında elde edilen verilerin haritalanmasında kullanılacağı sonucuna varılmıştır.

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: Rome.
- Allen, R.G., Pruitt, W.O., Wright, J.L., Howell, T.A., Ventura, F., Snyder, R., Itenfisu, D., Steduto, P., Berengena, J., Beselga, J., Smith, M., Pereira, L.S., Raes, D., Perrier, A., Alves, I., Walter, I., & Elliot, T.R. (2006). A recommendation on standardized surface resistance for hourly calculation of reference ETo by the FAO56 Penman-Monteith Method. *Agricultural Water Management*, 81(1-2):1-22.

- Amayreh, J., & Al-Abed, N. (2005). Developing crop coefficients for field-grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under drip irrigation with black plastic mulch. *Agricultural Water Management*, 73(3):247-254.
- Aydiñşakir, K., Baştuğ R., & Büyüktaş D. (2003). Antalya yöresinde çim kıyas bitki su tüketimini veren bazı amprik eşitliklerin tarla ve lizimetre koşullarında kalibrasyonu. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1):107-119.
- Banik, P., Tiwari, N.K., & Ranjan, S. (2014). Comparative crop water assessment using CROPWAT. *International Journal of Sustainable Materials*, 1(3):299-307.
- Baştuğ, R., 1987. Çukurova koşullarında pamuk bitkisinin su-üretim fonksiyonunun belirlenmesi üzerinde bir çalışma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Bouraima, A.K., Zhang, W., & Wei, C. (2015). Irrigation water requirements of rice using cropwat model in Northern Benin. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(2):58-64.
- Doorenbos, J., & Pruitt, W.O. (1977). Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage: Paper no 24, Rome.
- Emekli, Y., & Baştuğ, R. (2007). Antalya'da tarla koşullarında bermuda çiminin su tüketimi ve bazı kıyas bitki su tüketimi eşitliklerinin geçerliliğinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitezi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(1):45-57.
- Er-Raki, S., Chehbouni, A., Guemouria, N., Ezzahar, J., Khabba, S., Boulet, G., & Hanich, L. (2009). Citrus orchard evapotranspiration comparison between eddy covariance measurements and the FAO-56 approach estimates. *Plant Biosystems*, 143(1):201-208.
- Er-Raki, S., Chehbouni, A., Hoedjes, J., Ezzahar, J., Duchemin, B., & Jacob, F. (2008). Improvement of FAO-56 Method for olive orchards through sequential assimilation of thermal infrared-based estimates of ET. *Agricultural Water Management*, 95(3):309-321.
- FAO (2011). The State of The World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk. Earthscan, New York.
- Güler, M., & Kara, T. (2007). Alansal dağılım özelliği gösteren iklim parametrelerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve kullanım alanları genel bir bakış. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(3):323-328.
- Hashem, A., Engel, B., Bralts, V., Radwan, S., & Rashad, M. (2016). Performance evaluation and development of daily reference evapotranspiration model. *Irrigation and Drainage System Engineering*, 5(1): 1-6.
- Hong, Y., Nix, H.A., Hutchinson, M.F., & Booth, T.H. (2005). Spatial interpolation of monthly mean climate data for China. *International Journal of Climatology*, 25(10):1369-1379.
- Hutchinson, M.F. (2007). ANUSPLIN. <http://fennerschool.anu.edu.au/files/anusplin44.pdf>. Erişim tarihi: 25 Aralık 2016.
- Kanber, R. (2006). Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları: Yayın No: A-52, Adana.
- Katerji, N., & Rana, G. (2014). FAO-56 methodology for determining water requirements of irrigated crops critical examination of the concepts alternative proposals and validation in Mediterranean Region. *Theoretical and Applied Climatology*, 116(3):515-536.
- Ko, J., Piccinni, G., & Steglich, E. (2009). Using EPIC model to manage irrigated cotton and maize. *Agricultural Water Management*, 96(9):1323-1331.
- Lashkari, H., Keykhosravi, G.H., & Rezaei, A. (2009). Analysis of the performance of CROPWAT model to estimate crop water demand in West Kermanshah Cities of West Eslamabad. *Professor of Humanities Journal*, 13(1):247-270.
- Nazeer, M. (2009). Simulation of maize crop under irrigated and rainfed conditions with cropwat model. *ARPJ Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(2):68-73.
- Pimentel, D. (2006). Soil erosion a food and environmental threat. *Environment, Development and Sustainability*, 8(1):119-137.
- Rana, G., Katerji, N., Mastrodli, M., El-Moujabber, M., & Brisson, N. (1996). Validation of A model of actual evapotranspiration for water stressed soybeans. *Agricultural and Forest Meteorology*, 86(1996):215-224.
- Rana, G., & Katerji, N. (2000). Measurement and estimation of actual evapotranspiration in the field under Mediterranean climate (A review). *European Journal of Agronomy*, 13(2-3):125-153.
- Sahin, U., Kuslu, Y., Tunc, T., & Kiziloglu, F.M. (2009). Determining crop and pan coefficients for cauliflower and red cabbage crops under cool season semiarid climatic conditions. *Agricultural Science in China*, 8(2):167-171.
- Sepaskhah, A.R., & Andam, M. (2001). Crop coefficient of sesame in a semi-arid region of Iran. *Agricultural Water Management*, 49(1):51-63.
- Smith, M. (1992). CROPWAT A Computer Program for Irrigation Planning and Management. Irrigation Drainage Paper: 46, Rome.
- Stancalie, G., Marica, A., & Toullos, L. (2010). Using earth observation data and CROPWAT model to estimate the actual crop evapotranspiration. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35(1-2): 25-30.
- Surendran, U., Sushanth, C.M., Mammen, G., & Joseph, E.J. (2015). Modelling the crop water requirement using Fao-Cropwat and assessment of water resources for sustainable water resource management a case study in Palakkad district of humid tropical Kerala India. *Aquatic Procedia*, 4(1):1211-1219.

- Şensoy, S., Tastekin, T., Balta, İ., Ulupınar, Y., Alan, İ., & Demircan, M. (2007). Klimatolojik Uygulamalarda Arcgis Kullanımı. <http://www.mgm.gov.tr/FILES/iklim/ArcGIS.pdf>. Erişim tarihi: 01 Şubat 2017.
- Tabari, H., Aeni, A., Talaee, H., & Somee, S. (2012). Spatial distribution and temporal variation of reference evapotranspiration in arid and semi-arid regions of Iran. *Hydrological Processes*, 26(4):500-512.
- Todorovic, M. (1999). Single-layer evapotranspiration model with variable canopy resistance. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 125:235-245.
- Tural, S. (2011). Gerçek Zamanlı Meteoroloji Verilerinin Toplanması Analizi ve Haritalanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- TÜİK (2016a). Senaryolara Göre Türkiye Toplam Nüfusu. http://www.tuik.gov.tr/PrelstatistikTablo.do?istab_id=1637. Erişim tarihi: 25 Aralık 2016.
- TÜİK (2016b). Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>. Erişim tarihi: 25 Aralık 2016.
- UN (2013). World Population Prospects. The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables: Working Paper No: ESA/P/WP.228, New York.
- Yahaya, O., Nathanie, E., Okafor, M.C., & Ayilaran, C.I. (2015). Estimation of reference melon crop evapotranspiration using Eto (Pan-Fao/Penman) and Cropwat models. *Analele Universităţii "Eftimie Murgu" Reşiţa: Fascicola I, Inginerie*. 22(1):333-344.
- Zhang, X., Kang, S., Zhang, L., & Liu, J. (2010). Spatial variation of climatology monthly crop reference evapotranspiration and sensitivity coefficients in shiyang river basin of northwest China. *Agricultural Water Management*, 97(10):1506-1516.
- Zhang, H., Pu, R., & Liu, X. (2016). A New Image Processing Procedure Integrating PCI-RPC and ArcGIS-Spline Tools to Improve the Orthorectification Accuracy of High-Resolution Satellite Imagery. *Remote Sensing*, 8(10):1-16.