

İklim Değişikliğinin Türkiye’de, Trakya Bölgesinde, Referans Evapotranspirasyona Olan Etkilerinin Belirlenmesi

Muhammet AZLAK^{1,*} 

Levent ŞAYLAN² 

¹Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): m_azlak89@hotmail.com

Geliş tarihi (Received): 09.07.2019

Kabul tarihi (Accepted): 19.07.2019

DOI: 10.21657/topraksu.655273

Öz

Son yıllarda çevre ile ilgili popüler olan konuların başında iklim değişikliği ve su problemi konuları gelmektedir. Özellikle, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine olan etkisi üzerine yapılan çalışmalar gitgide artmaktadır. İklim değişikliği ile ilgili en önemli sorunlardan biri, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerine gelecekteki etkisi olacaktır. Bu nedenle, iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olası etkileri belirlenmelidir. Bu çalışmada, iklim değişikliğinin su kaynaklarından gerçekleşen en önemli kayıplardan biri olan evapotranspirasyona olan olası etkileri, Trakya Bölgesi'nin üç şehri (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) için analiz edilmiştir. Referans evapotranspirasyonun geçmiş ve gelecekteki durumu, yaygın olarak kullanılan sekiz farklı metot ile hesaplanmış ve gelecek projeksiyonu geçmiş veri seti ile karşılaştırılmıştır. Geçmiş durum, 1975-2010 dönemi için meteoroloji istasyonlarından ölçülen veriler kullanılarak temsil edilmiştir. Gelecek projeksiyonu, 2015-2040 dönemi için A1B senaryosu kapsamında ECHAM-5 modelinden elde edilen model çıktıları kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, sekiz metot çerçevesinde evapotranspirasyonun gelecek dönemde %9-14 aralığında artacağı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler : Buharlaşma, evapotranspirasyon, iklim değişikliğinin etkileri, su kaynakları

Estimating the Climate Change Impact on Reference Evapotranspiration in the Thrace Region of Turkey

Abstract

In recent years, the most popular topics related to the environment are climate change and water problems. Especially, studies about the impacts of climate change on water resources increase dramatically. One of the important problems related to climate change will be the impact of climate change on water resources in the future. Therefore, the possible effects of climate change on water resources must be determined. In this study, the possible effects of climate change on evapotranspiration, which is one of the most important losses from water resources, were analyzed for three cities of the Thrace Region (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ). Past and future status of reference evapotranspiration were calculated with commonly used eight different methods and future projection of evapotranspiration was compared with past data set. The past situation was demonstrated by using actual data obtained from meteorological stations for the period of 1975-2010. The future projection was estimated for 2015-2040 by using ECHAM-5 model data in the framework of the A1B scenario. As a result of the study, in the framework of eight methods, it is determined that evapotranspiration would increase between 9 and 14% in the future.

Keywords: Effects of climate change, evapotranspiration, evaporation, water resources

GİRİŞ

İklim değişikliğinin önemli etkilerinden bir tanesi yağış rejimlerinde değişiklik ve sıcaklıklarda artış olarak tahmin edilmektedir. Sıcaklık artışları ile birlikte özellikle açık su yüzeylerinden olmak üzere buharlaşmanın artabileceği öngörülmektedir (Şaylan vd., 2011). Bu kapsamda, topraktan ve açık su yüzeyinden olan buharlaşma ile bitkilerden gerçekleşen terlemeyi ifade eden evapotranspirasyon ile gerçekleşecek su kayıpları da iklim değişikliğinden önemli derecede etkilenecektir.

Evapotranspirasyon hidrolojik döngünün önemli bir bileşenidir ve hidrolojik döngü kapsamında evapotranspirasyondan kaynaklanan su kayıplarının bilinmesi, su yönetimi ve planlaması açısından önemli bir husustur. Özellikle tarıma dayalı ekonomisi olan ve su talebinin % 70-75'ini tarım sektörünün oluşturduğu ülkemizde, suyun yönetilmesi ve planlanması büyük önem taşımaktadır (Azlak, 2015).

Hem ülkemizde hem de diğer ülkelerde evapotranspirasyon ile ilgili çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Genel olarak yapılan çalışmalar son dönemlerde özellikle evapotranspirasyon yöntemlerinin karşılaştırıldığı çalışmalar ile iklim değişikliğinin evapotranspirasyon üzerine etkilerine odaklanmış durumdadır. Evapotranspirasyon kıyaslamalarının yapıldığı çalışmalara örnek olarak; ülkemizde Kişi (2013) tarafından yapılmış olan, Penman-Monteith, Copais, Turc, Hargreaves-Samani, Hargreaves, Ritchie ve Irmak metodları ile Valiantzas tarafından geliştirilen metodların karşılaştırıldığı çalışma ile Şaylan vd. (2011) tarafından Trakya Bölgesinde bulunan Kırklareli ilinde ölçülen veriler kapsamında Hargreaves-Samani, Priestly-Taylor, Jensen-Haise, Turc ve Makkink eşitlikleri sonucu hesaplanan evapotranspirasyon değerlerinin karşılaştırıldığı çalışma verilebilir. Bu kapsamda yürütülen bir diğer önemli çalışma da Tabari vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen ve otuzbir referans evapotranspirasyon metodunun nemli koşullar için değerlendirildiği çalışmadır. İklim değişikliğinin buharlaşmaya ve evapotranspirasyona olan etkisi üzerine yapılan çalışmalara ise; Birleşik Krallık'ta buharlaşmanın geçmiş trendinin ve gelecek projeksiyonun ortaya konulması için Kay vd. (2013) tarafından yapılan araştırma, Abteu ve Melesse (2013) tarafından Güney Florida'da evapotranspirasyonun gelecek projeksiyonun ortaya konulduğu araştırma ve Bormann (2010) tarafından onsekiz potansiyel

evapotranspirasyon metodu ile buharlaşmanın gelecek projeksiyonlarının ve eğilimlerin araştırıldığı çalışma örnek verilebilir.

Bu çalışmada da suyun sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve planlanması için, gelecekte gerçekleşecek kayıpların net olarak belirlenmesi amacıyla, Trakya Bölgesinde bulunan üç ilde (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) evapotranspirasyonun geçmişten günümüze (1975-2010) durumu belirlenmiştir. Ayrıca, yukarıda belirtilen konsept kapsamında, iklim değişikliği model verileri ile 2015'ten 2040 yılına kadar olan buharlaşma durumu hesaplanmış olup, yaygın olarak kullanılan sekiz metod çerçevesinde evapotranspirasyondan gerçekleşecek su kayıplarındaki artış 2015-2040 gelecek dönemi için 1975-2010 referans dönemine göre ortaya konulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı

Çalışma kapsamında seçilen alan, Trakya Bölgesidir. Trakya Bölgesinde bulunan Kırklareli, Edirne ve Tekirdağ illeri evapotranspirasyon durumunun incelendiği illerdir. Bölgede yoğun şekilde yapılan tarım, bölgedeki su talebinin başlıca kaynaklarından biridir. Bölgenin topraklarının büyük bir kısmı tarım alanı olarak kullanılmaktadır.

Veri

Çalışma kapsamında, evapotranspirasyonun geçmişten günümüze durumunun ortaya konulması için 1975-2010 arası dönemi kapsayan istasyon verileri (günlük) ile evapotranspirasyonun gelecekteki durumunun ortaya konulması için 2015-2040 dönemini kapsayan model verileri (günlük) kullanılmıştır. Model verisi olarak, A1B senaryosu çerçevesinde, ECHAM5 küresel iklim modeli sonuçlarının bölgesel iklim modeli olan RegCm4 ile koşulması sonucu elde edilmiş model verileri kullanılmıştır.

A1B senaryosu dünya genelinde hızlı bir kalkınma sürecinin yaşandığı, küresel nüfusun yüzyılın ortasında tepe noktasına ulaştığı, sonrasında ise düşmeye başladığı senaryodur. A1B Senaryosu, 2007 yılında IPCC'nin (Intergovernmental Panel on Climate Change) düzenlediği uzmanlar toplantısında alınan kararlar (Moss vd., 2008) çerçevesinde iklim değişikliği çalışmalarındaki yeni yaklaşımlarından ve bu

çalışmalarda kullanılacak yeni senaryolarından olan ikinci orta seviye rota RCP6 (RCP; Temsili Konsantrasyon Rotaları) senaryosu ile benzerlik göstermektedir (Rogelj vd., 2012).

Çalışmada istasyon verisi olarak; 41° 40' Kuzey 26° 33' Doğu enlem ve boylamlarındaki Edirne istasyonu, 41° 44' Kuzey 27° 13' Doğu enlem ve boylamlarındaki Kırklareli istasyonu ve de 40° 59' Kuzey 27° 29' Doğu enlem ve boylamlarındaki Tekirdağ istasyonuna ait günlük toplam güneş radyasyonu, rüzgar hızı, bağıl nem, maksimum ve minimum sıcaklıklar ile ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Model verileri olarak ise bu istasyonların bulunduğu koordinatları içeren gridlerden elde edilen veriler kullanılmıştır.

İstasyon verileri üzerinde yapılan analizler sonucu bir takım veri eksiklikleri olduğu görülmüş ve bu eksik veriler model verileri ile tamamlanmıştır.

Yöntem

Evapotranspirasyon durumunun ortaya konulması için geçmişten günümüze 1975-2010 arasını kapsayacak şekilde istasyon, gelecek dönem için 2015-2040 kapsayacak şekilde model verileri ile çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma için evapotranspirasyon hesabında sıklıkla kullanılan metotlardan sekiz tanesi seçilmiştir. Çizelge 1'de çalışma kapsamında kullanılan metotlara ait eşitlikler gösterilmektedir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan eşitlikler

Table 1. Equations used in the study

| Metot İsmi ve Kısaltmaları | Eşitlikler |
|----------------------------|--|
| FAO Penman-Monteith (PM) | $ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$ |
| Jensen-Haise (JH) | $ET_o = C_T \frac{(T - T_x) R_s}{\lambda} \quad (2)$ |
| Hargraves-Samani (HS) | $ET_o = 0,0023 \cdot 0,408 R_a \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} + 17,8 \right) (T_{max} - T_{min})^{0,5} \quad (3)$ |
| Turc (TU) | $ET_o = 0,0133 \frac{T}{T + 15} (23,89 R_s + 50); RH \geq 50 \quad (4)$ |
| | $ET_o = 0,013 \frac{T}{T + 15} (23,89 R_s + 50) \left[1 + \left(0,71 - 1,43 \frac{RH}{100} \right) \right]; RH < 50 \quad (5)$ |
| Priestly-Taylor (PT) | $ET_o = \alpha \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{\lambda} \quad (6)$ |
| Jones-Ritchie (JR) | $ET_o = \alpha [3,87 \times 10^{-3} R_s (0,6 T_{max} + 0,4 T_{min} + 29)] \quad (7)$ |
| Irmak (IR) | $ET_o = -0,611 + 0,149 R_s + 0,079 T \quad (8)$ |
| Schendel (SC) | $ET_o = 16 \frac{T}{RH} \quad (9)$ |

Eşitliklerde; ET_o , referans evapotranspirasyonu (mm); R_n , net radyasyonu ($MJ m^{-2} gün^{-1}$); G , toprak ısı akısını ($MJ m^{-2} gün^{-1}$); γ , psikometrik katsayısı ($kPa ^\circ C^{-1}$); e_d ve e_a sırasıyla doymuş ve gerçek buhar basıncını (kPa); Δ , doymuş buhar basıncı ile sıcaklık eğrisinin eğimini ($kPa ^\circ C^{-1}$); T , günlük ortalama hava sıcaklığını ($^\circ C$); u_2 , 2 m'de ölçülen rüzgar hızını ($m s^{-1}$); C_T (sıcaklık sabitini) = 0.025; $T_x = -3^\circ C$; λ , gizli ısıyı ($MJ kg^{-1}$, çalışmada sabit değer olarak 2.45 alınmıştır.); T_{max} ve T_{min} günlük maksimum ve minimum sıcaklığı ($^\circ C$); R_s , günlük toplam global güneş radyasyonunu ($MJ m^{-2} gün^{-1}$, Turc metodu için $cal cm^{-2} gün^{-1}$); R_a , atmosfer dışı radyasyonu ($MJ m^{-2} gün^{-1}$); RH , günlük ortalama bağıl nemi (%); α , " $T_{max} \leq 5^\circ C$ " ise $\alpha = 0.1 \exp [0,18(T_{max} + 20)]$, " $5 < T_{max} < 35^\circ C$ " ise $\alpha = 1.1$ ve " $T_{max} \geq 35^\circ C$ " ise $\alpha = 1.1 + 0.05(T_{max} - 35)$ olacak şekilde katsayısı gösterilmektedir.

Çalışmada kullanılan metotlardan olan FAO'nun (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Penman-Monteith metodu (Eşitlik 1) (Allen vd., 2006); radyasyon, hava sıcaklığı, nem ve rüzgar hızı verilerine ihtiyaç duyan bir kombinasyon metodudur. Uzmanlar tarafından 1990 Mayıs ayı içinde düzenlenen toplantı sonucunda, referans evapotranspirasyonun tanımında ve hesaplanmasında tek standart metot olarak tavsiye edilmiştir (Allen vd., 2006). Çalışmada kullanılan ve radyasyona dayalı metotlardan olan Jensen-Haise metodu (Eşitlik 2) ise, 1963 yılında geliştirilmiştir.

Hargreaves-Samani (1982 ve 1985) referans evapotranspirasyonun (çim bitkisi) hesaplanması için Hargreaves (1975) metodunu temel alan sıcaklık ve radyasyona dayalı bir takım eşitlik geliştirmiştir (Xu ve Singh, 2001). Bu çalışmada da 1985 yılında geliştirdikleri eşitlik (Eşitlik 3) kullanılmıştır. Turc metodu, radyasyona dayalı olan ve 1961'de geliştirilen bir diğer metottur (Eşitlik 4, 5). Priestly-Taylor metodu (Eşitlik 6), 1972 yılında geliştirilmiş olup, Penman metodunun basitleştirilmiş halidir. 1972'de Ritchie tarafından geliştirilen eşitliğe dayanan Jones-Ritchie metodu (Eşitlik 7) 1990'da geliştirilmiştir. Irmak metodu, Irmak vd. tarafından 2003 yılında referans evapotranspirasyonun hesaplanması için geliştirilmiştir ve radyasyon ile sıcaklığa dayalı metotlardandır (Eşitlik 8). Schendel tarafından 1967'de geliştirilen Schendel metodu ise çalışmadaki sadece sıcaklığa dayalı olan tek metottur (Eşitlik 9).

BULGULAR VE TARTIŞMA

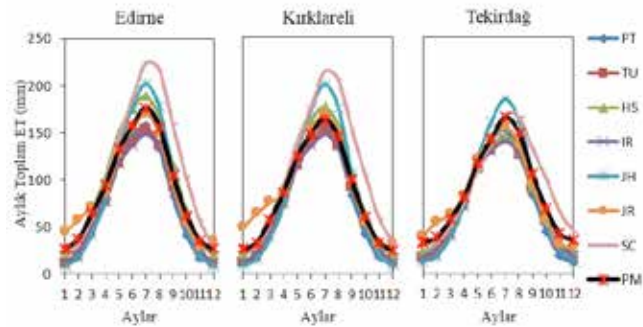
Sekiz farklı evapotranspirasyon eşitliği ile yapılan çalışmada, 1975-2010 periyodu için yıllık toplam evapotranspirasyon değerlerinin uzun yıllar ortalaması; Edirne istasyonu için 875.3 ile 1328.8 mm arasında, Kırklareli istasyonu için 870.3 ile 1285.7 mm arasında, Tekirdağ İstasyonu için 853.1 ile 1110.3 mm arasında değişmiştir. En yüksek yıllık toplam evapotranspirasyon değerleri; Edirne, Kırklareli ve Tekirdağ istasyonlarının üçü için de SC eşitliği ile elde edilmiştir. En düşük evapotranspirasyon değerleri ise; Edirne istasyonu için PT, Kırklareli ve Tekirdağ istasyonları için TU eşitliği ile elde edilmiştir. FAO'nun PM eşitliği ile 1975-2010 arası periyot için uzun yıllar yıllık toplam referans evapotranspirasyon değeri Edirne istasyonunda 1077.4 mm, Kırklareli istasyonunda 1002.5 mm, Tekirdağ istasyonunda 1040.2 mm olarak hesaplanmıştır.

Edirne istasyonunda 1975-2010 arası periyot için uzun yıllar yıllık toplam referans evapotranspirasyon değeri olarak PM eşitliğine en yakın değeri, JR eşitliği vermiştir. SC, HS, JR eşitlikleri ile PM eşitliğinden daha yüksek evapotranspirasyon değerleri hesaplanırken; PT, TU, IR, JH eşitlikleri ile PM eşitliğinden daha düşük evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır (Şekil 1).

Kırklareli istasyonunda 1975-2010 arası periyot için uzun yıllar yıllık toplam referans evapotranspirasyon değeri olarak PM eşitliğine en yakın değeri, JH eşitliği vermiştir. SC, HS, JH, JR eşitlikleri ile PM

eşitliğinden daha yüksek evapotranspirasyon değerleri hesaplanırken; PT, TU ve IR eşitlikleri ile PM eşitliğinden daha düşük evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır (Şekil 1).

Tekirdağ istasyonunda 1975-2010 arası periyot için uzun yıllar yıllık toplam referans evapotranspirasyon değeri olarak FAO-PM eşitliğine en yakın değeri, JR eşitliği vermiştir. SC eşitliği ile PM eşitliğinden daha yüksek evapotranspirasyon değerleri hesaplanırken, diğer eşitliklerle PM eşitliğinden daha düşük evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır (Şekil 1).

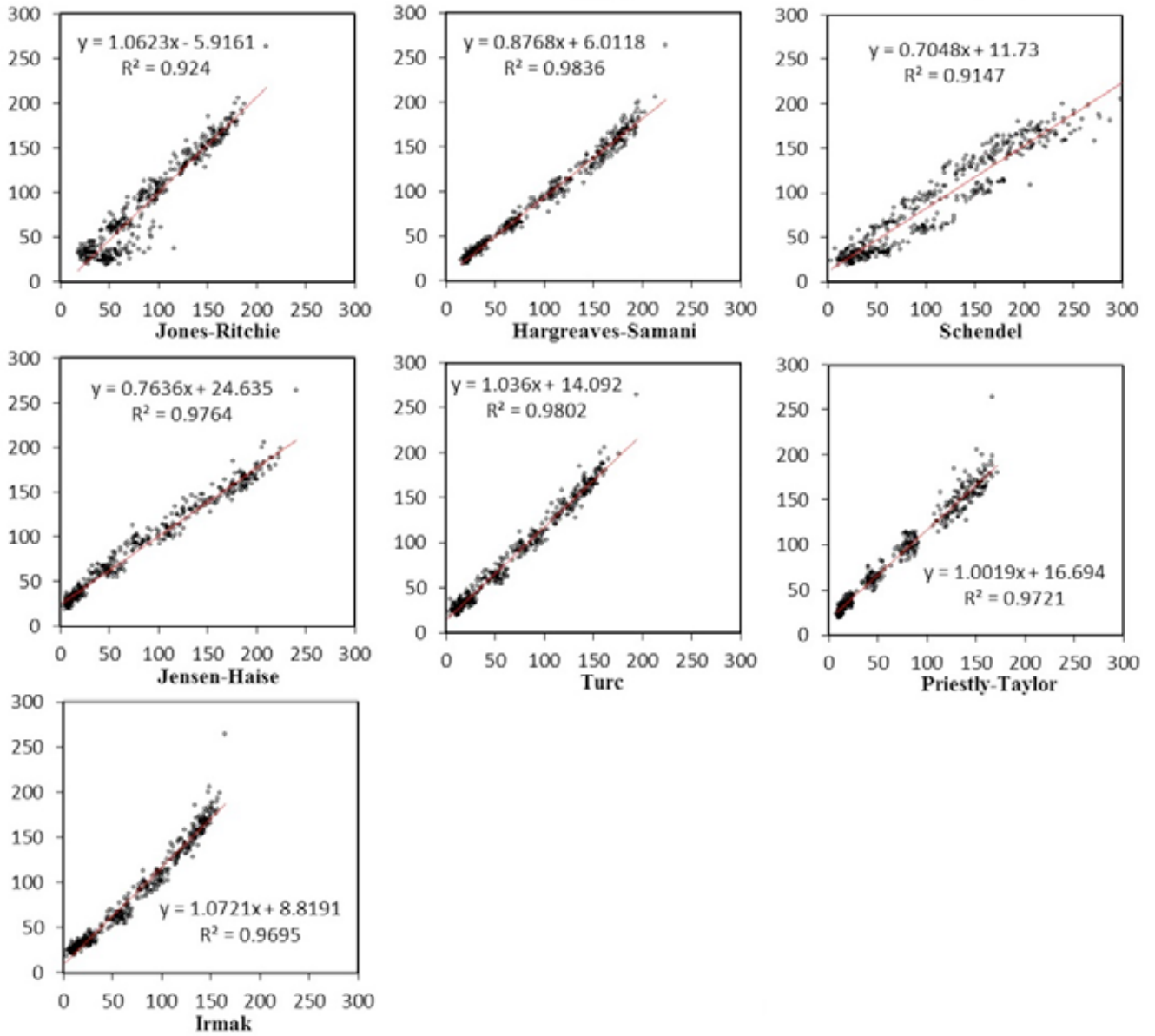


Şekil 1. Aylık toplam evapotranspirasyon değerlerinin uzun dönemli (1975-2010) ortalaması

Figure 1. Long-term (1975-2010) average of monthly total evapotranspiration values

Çalışmada kullanılan tüm metotların standart metot olan PM metodu ile ilişkileri incelenmiştir. Tüm istasyonlar için, metotların hepsi PM standart metodu ile yüksek korelasyon (R^2) değerleri göstermiştir. Edirne için 0.91, Tekirdağ için 0.88 korelasyon değeri ile SC metodu PM standart metodu ile en düşük korelasyonu gösterirken, Kırklareli için JR metodu 0.87 değeri ile en düşük korelasyonu göstermiştir (Şekil 2, 3, 4). PM standart metodu ile en yüksek korelasyon değerini ise Edirne için 0.98 değeri ile HS ve TU, Kırklareli için 0.96 değeri ile TU metodu, Tekirdağ için ise 0.98 değeri ile JH metodu göstermiştir (Şekil 2, 3, 4).

Çalışmada dikkate alınan metotların PM standart metoduna göre farklarına bakıldığında, PM ile diğer metotlar arasındaki ilişkiyi diyagramlarındaki yüksek ilişkilerden farklı bir durum ortaya çıkmaktadır. Metotlar incelendiğinde metotlar arasında büyük sapmalar bulunmaktadır. PM metodu ile en yüksek sapmalar SC metodu ile gerçekleşmiştir (Şekil 5). En yüksek sapmaların SC metodu ile elde edilmesinin sebebi SC metodunun sadece sıcaklığa dayalı bir metot olmasından kaynaklı

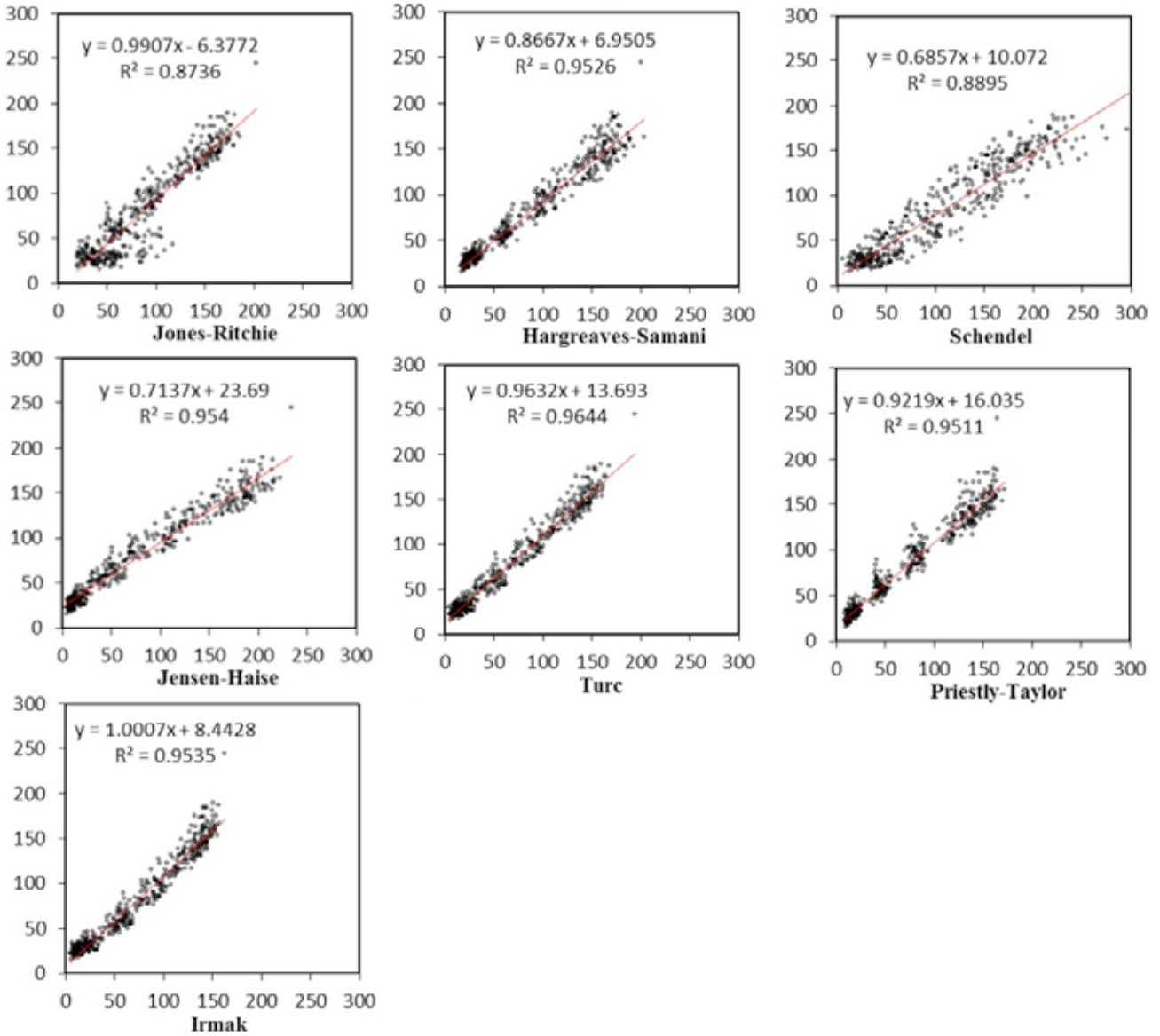


Şekil 2. Edirne için yöntemler ile PM yöntemi arasındaki dağılım diyagramları (toplam aylık evapotranspirasyon değerleri, mm) (1975-2010)

Figure 2. Scatter diagrams between the methods and the PM method for Edirne (total monthly evapotranspiration values, mm) (1975-2010)

olabilir. Bu durumdan dolayı özellikle sıcaklıkların mevsim normallerinin üstünde gerçekleştiği yıllarda evapotranspirasyon değerleri SC metodunda yüksek değerlere ulaşmış, bu durum da uzun yıllar ortalamada artışa sebep olmuştur. Bununla birlikte, PM standart metodu ile elde edilen yıllık toplam buharlaşma değerinin uzun yıllar ortalamasının çalışmada kullanılan sekiz metodun ortalamasına yakın bir değere tekabül ettiği, Şekil 5'te görülmektedir. Şekil 5 çalışmada kullanılan metotların PM metodundan olan farklarını göstermektedir.

2015-2040 dönemi için model verileri ile hesaplanan yıllık toplam evapotranspirasyon değerlerinin ortalaması incelendiğinde; Edirne ve Kırklareli için sırasıyla 901 mm ve 908.2 mm değeri ile PT metodu en düşük değerleri verirken, sırasıyla 1663.5 mm ve 1655.3 değeri ile SC metodu en yüksek evapotranspirasyon değerlerini vermiştir. Tekirdağ için ise 941.2 mm değeri ile HS metodu en düşük değeri verirken diğer istasyonlarda olduğu gibi SC metodu 1419.1 mm evapotranspirasyon değeri ile en yüksek değeri vermiştir (Çizelge 2).



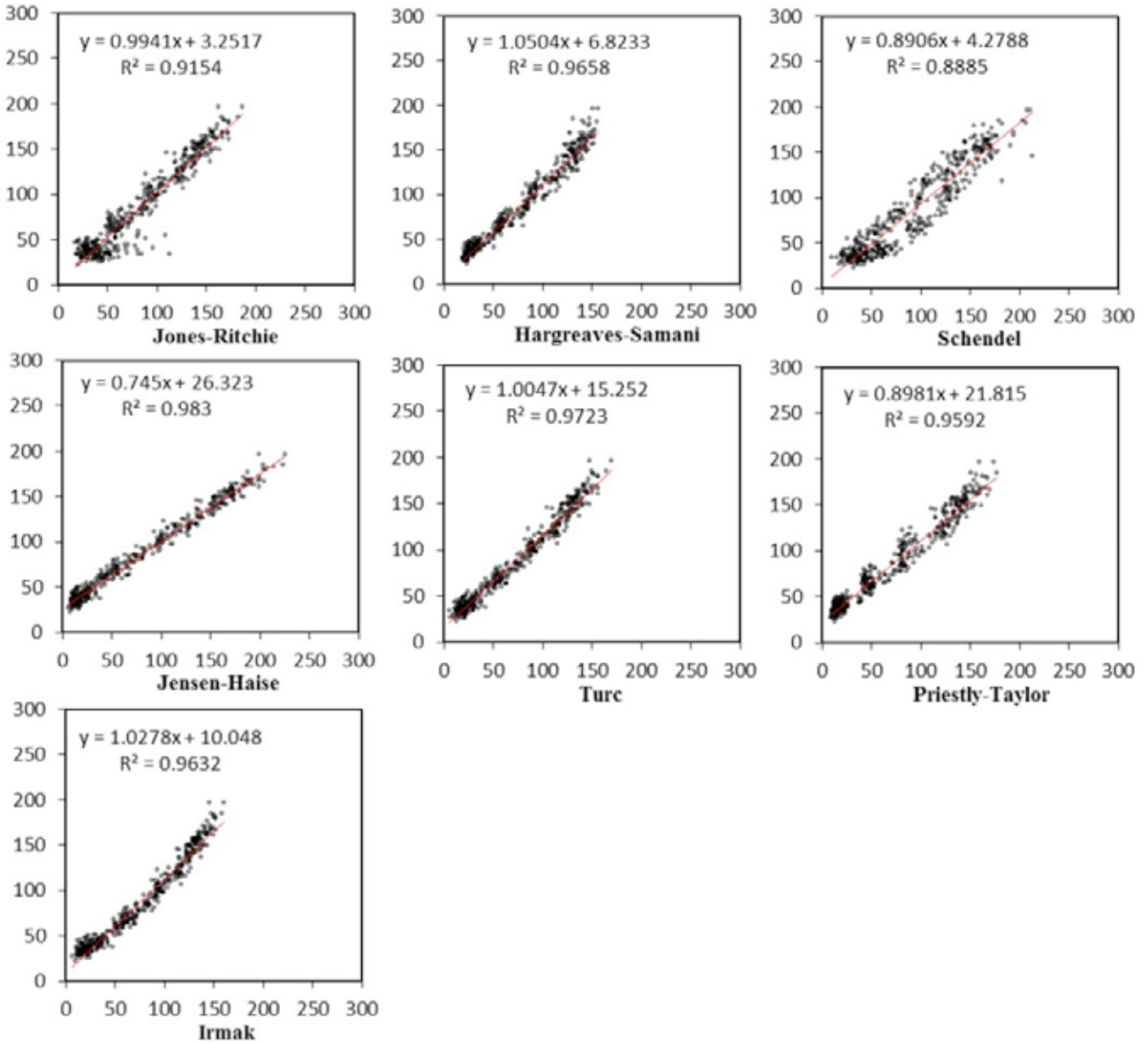
Şekil 3. Kırklareli için yöntemler ile PM yöntemi arasındaki dağılım diyagramları (toplam aylık evapotranspirasyon değerleri, mm) (1975-2010)

Figure 3. Scatter diagrams between the methods and the PM method for Kırklareli (total monthly evapotranspiration values, mm) (1975-2010)

Çizelge 2. İklim değişikliği kapsamında evapotranspirasyon değişim yüzdeleri (%)

Table 2. Percentages of evapotranspiration changes within the context of climate change (%)

| | PT | PT | TU | HS | IR | JH | JR | PM | SC | ORT |
|------------|----------------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Edirne | 1975-2010 (mm) | 875.3 | 876.7 | 1146.5 | 906.2 | 1023.8 | 1081.0 | 1077.4 | 1328.8 | 1039.5 |
| | 2015-2040 (mm) | 901.0 | 963.7 | 1131.3 | 942.9 | 1096.4 | 1113.4 | 1277.9 | 1663.5 | 1136.3 |
| | ARTIŞ (%) | 2.9 | 9.9 | -1.3 | 4.1 | 7.1 | 3.0 | 18.6 | 25.2 | 9.3 |
| Kırklareli | 1975-2010 (mm) | 878.8 | 870.3 | 1060.5 | 900.6 | 1006.4 | 1088.1 | 1002.5 | 1285.7 | 1011.6 |
| | 2015-2040 (mm) | 908.2 | 945.3 | 1100.9 | 931.1 | 1070.2 | 1096.0 | 1236.8 | 1655.3 | 1118.0 |
| | ARTIŞ (%) | 3.3 | 8.6 | 3.8 | 3.4 | 6.3 | 0.6 | 23.4 | 28.7 | 10.5 |
| Tekirdağ | 1975-2010 (mm) | 866.7 | 853.1 | 912.3 | 894.7 | 972.1 | 1007.1 | 1040.2 | 1110.3 | 957.1 |
| | 2015-2040 (mm) | 964.2 | 966.0 | 941.2 | 988.3 | 1130.9 | 1085.9 | 1211.1 | 1419.1 | 1088.3 |
| | ARTIŞ (%) | 11.3 | 13.2 | 3.2 | 10.5 | 16.3 | 7.8 | 16.4 | 27.8 | 13.7 |

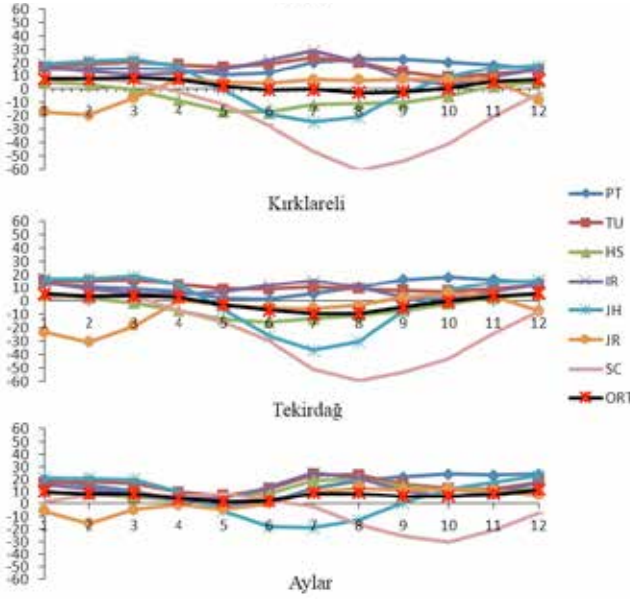


Şekil 4. Tekirdağ için yöntemler ile PM yöntemi arasındaki dağılım diyagramları (toplam aylık evapotranspirasyon değerleri, mm) (1975-2010)

Figure 4. Scatter diagrams between the methods and the PM method for Tekirdağ (total monthly evapotranspiration values, mm) (1975-2010)

1975-2010 referans dönemine göre 2015-2040 dönemi yıllık toplam evapotranspirasyon verileri incelendiğinde evapotranspirasyonun tüm metotlar ile yapılan hesaplama göre artacağı Çizelge 2'den görülmektedir. Çizelge 2 incelendiğinde, sadece Edirne istasyonu için HS metodunun negatif değer verdiği görülmektedir. HS metodunun Edirne için gösterdiği bu azalış dışında üç istasyon için tüm metotlar, gelecekte evapotranspirasyondan kaynaklı su kayıplarının artacağını açık bir şekilde göstermektedir. 2015-2040 dönemi için Edirne'de PT ve JR metodu; Kırklareli'nde PT, HS

ve IR metodu Tekirdağ'da ise HS metodu ~ %3 bandında bir artış göstermekte olup, üç il için PM standart metodu ile SC metodu ~ %15'i aşan artış değerlerini göstermiştir. PM ve SC standart metotları hariç tüm metotlar Tekirdağ ili için Edirne ve Kırklareli istasyonlarına göre daha yüksek artış değerleri vermiştir. Genel olarak çalışmada kullanılan sekiz metodun ortalaması dikkate alındığında ise Edirne için %9.3, Kırklareli için %10.5 ve Tekirdağ için %13.7 oranında evapotranspirasyon değerlerinin artacağı hesaplanmıştır.



Şekil 5. Metotlar ve PM metodu arasındaki farklar; aylık toplam evapotranspirasyon değerlerinin uzun dönemli (1975-2010) ortalamaları (Fark=PM-Metot, mm)

Figure 5. Differences between the methods and the PM method; long-term (1975-2010) averages of monthly total evapotranspiration values (Difference=PM-Method, mm)

SONUÇLAR

Bu çalışmada, birbirlerinden farklı girdiler ve sabitler kullanarak referans evapotranspirasyon hesabı yapan sekiz metot kullanılmış ve Trakya bölgesinde bulunan üç il (Edirne, Kırklareli, Tekirdağ) için evapotranspirasyon değerleri geçmiş ve gelecek dönem için hesaplanmıştır. Çalışmada, kullanılan sekiz metodun, sekiz metottan biri ve FAO tarafından önerilen standart metot olan PM metodu ile olan ilişkileri incelenmiş ve metotlar arasında yüksek ilişkiler elde edilmiştir. Metotların PM metodu ile olan ilişkileri iyi olmasına rağmen, PM metodu ile diğer metotlarla hesaplanan evapotranspirasyon değerleri arasında yüksek farklılıklar gözlenmiştir. Sekiz metot çerçevesinde, 1975-2010 dönemi için hesaplanan evapotranspirasyon değerleri referans olarak kullanılarak, 2015-2040 gelecek dönemi için model verileri ile hesaplanan evapotranspirasyon değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda HS metodunun Edirne için verdiği azalış dışında tüm metotlar, üç il için gelecek dönemde evapotranspirasyon değerinin artacağını ortaya koymuştur. Özellikle standart metot olan PM metodu, %15'i geçen artış değerleri göstermiştir. Çalışmada kullanılan sekiz metodun ortalaması dikkate alındığında ise Edirne için %9.3; Kırklareli için %10.5 ve Tekirdağ için %13.7 oranında

evapotranspirasyon değerlerinin artacağı ortaya konulmuştur. Sonuç olarak, Trakya bölgesinde üç ilde, sekiz metotla yapılan çalışma çerçevesinde evapotranspirasyon değerinin model verilerine göre gelecekte yaklaşık olarak %9-14 bandında artacağı tespit edilmiştir. Ancak, unutulmamalıdır ki, iklim değişikliği modellerin yeni yaklaşımları içerecek şekilde geliştirilmesine ve güncellenmesine devam edilmektedir. Ayrıca, çalışmada kullanılan evapotranspirasyon metotlarında da görüldüğü gibi metotlar, hesaplamalar sonucunda çok farklı evapotranspirasyon değerleri vermektedir. Bu çerçevede, gerçek ölçüm sonuçları ile ülkemiz koşullarına uygun metotların belirlenmesi ve daha sonra bu evapotranspirasyon metotları ve yeni model senaryoları ile benzer çalışmaların yürütülmesi, daha sağlıklı ve doğru değerlendirmeye olanak sağlayacaktır. Bu ve benzeri çalışmaların yapılması, su kaynakları yönetiminde gelecek planlaması açısından önem arz etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan meteoroloji istasyon verilerini sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğüne desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome, pp. 17-29.

Abtew W, Melesse A (2012). Evaporation and evapotranspiration: measurements and estimations. Springer, New York, ISBN 978-94-007-4736-4, eBook: <http://dx.doi.org/10.1007/978-94-007-4737-1>, 197-202.

Azrak M (2015). İklim değişikliğinin buharlaşmaya olası etkileri. Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), İstanbul.

Bormann H (2011). Sensivity analysis of 18 different potential evapotranspiration models to observed climatic change at german climate stations. Climatic Change, DOI 10.1007/s10584-010-9869-7, 104:729-753.

Hargreaves GH, Samani ZA (1985). Reference crop evapotranspiration from temperature, applied engineering in agriculture, DOI: 10.13031/2013.26773, 1(2):96-99.

Irmak S, Irmak A, Allen RG, Jones JW (2003). Solar and net radiation-based equations to estimate reference evapotranspiration in humid climates. J Irrig Drain Eng, ASCE 129(5):336-347.

Jensen ME, Haise HR (1963). Estimation of evapotranspiration from solar radiation. Journal of irrigation and drainage division, ASCE 89:15-41.

Jones JW, Ritchie JT (1990). Crop growth models. In: Hoffman GJ, Howel TA, Solomon KH (Ed.). Management of Farm Irrigation Systems, The American Society of Agricultural Engineers (ASAE), 9:63–89. St. Joseph, Michigan.

Kay AL, Bell VA, Blyth EM, Crooks SM, Davies HN, Reynard NS (2013). A Hydrological Perspective on Evaporation: Historical Trends and Future Projections in Britain. *Journal of Water and Climate Change*, 193-207.

Kişi Ö (2014). Comparison of different empirical methods for estimating daily reference evapotranspiration in mediterranean climate. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, DOI:10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000664. 140(1).

Moss R, Babiker M, Brinkman S, Calvo E, Carter T, Edmonds J, Elgizouli I, Emori S, Erda L, Hibbard K, Jones R, Kainuma M, Kelleher J, Lamarque JF, Manning M, Matthews B, Meehl J, Meyer L, Mitchell J, Nakicenovic N, O'Neill B, Pichs R, Riahi K, Rose S, Runci P, Stouffer R, Van Vuuren D, Weyant J, Wilbanks T, Van Ypersele JP, Zurek M (2008). Towards new scenarios for analysis of emissions, climate change, impacts, and response strategies. Technical Summary, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, pp25.

Priestley CHB, Taylor RJ (1972). On the assessment of the surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. *Monthly Weather Review*, 100:81-92.

Rogelj J, Meinshausen M, Knutti R (2012). Global warming under old and new scenarios using ipcc climate sensitivity range estimates. *Nature Climate Change*, DOI: 10.1038/NCLIMATE1385, 1-6.

Schendel U (1967). Vegetationswasserverbrauch und wasserbedarf. Habilitation, Kiel, 137.

Şaylan L, Özgür E, Semizoğlu E, Çaylak O, Özkoca Y, Karayusufoğlu S, Çaldağ, B (2011). Evapotranspirasyonun farklı yöntemlerle hesaplanması ve karşılaştırılması. In: Şen O, Kahya C. (Ed.), 5th Atmospheric Science Symposium, 359-367, 27-29 Nisan, İstanbul, Türkiye.

Tabari H, Grimser ME, Trajkovic S (2011). Comparative analysis of 31 reference evapotranspiration methods under humid conditions. *Irrigation Science*, DOI 10.1007/s00271-011-0295-z, 2013(31):107-117.

Turc L (1961). Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date. *Annals of Agronomy*, 12:13-49.

Xu C-Y, Singh VP (2001). Evaluation and Generalization of temperature based methods for calculating evaporation. *Hydrological Processes*, 15:305-319.