



Türk Doğa ve Fen Dergisi Turkish Journal of Nature and Science

<http://www.bingol.edu.tr/dergiler/turk-doga-ve-fen-dergisi.aspx>



Konvansiyonel ve otomatik meteoroloji istasyon verilerinden hesaplanan referans evapotranspirasyon değerlerinin kıyaslanması

Sebahattin KAYA*

Özet

Sulu tarımda bitki evapotranspirasyonunun (ET_c) doğru ve güvenilir tahminleri, sulama ve su kaynaklarının planlanması ve yönetilmesi ve su kaynaklarının etkin kullanımı için önemlidir. ET_c'nin tahmin edilmesindeki en yaygın yöntem, referans evapotranspirasyon (ET_o) değerlerini bitki katsayısı (K_c) ile düzeltmektir. Bu yöntemde, referans parametreler ve agro-meteorolojik veriler kullanılarak standart bir yüzey için bir ET_o hesaplanır. Daha sonra ET_c'nin hesaplanması için, ET_o uygun bitki katsayısı ile çarpılır. Meteorolojik verilerden ET_o elde etmek için FAO Penman-Monteith (FAO PM) yöntemi standart yöntem olarak önerilmiştir. Evapotranspirasyon ve/veya referans evapotranspirasyonun hesaplanmasında kullanılan meteorolojik veriler konvansiyonel (sinoptik) veya otomatik istasyonlardan alınmaktadır. Konvansiyonel ve otomatik istasyonlarda kullanılan alet ve yöntemlerin farklılığından dolayı, elde edilen veriler de farklı olmaktadır. Dolayısıyla, bu araştırmada, bir sinoptik ve bir otomatik istasyondan alınan sıcaklık ve bağıl nem verilerinin kullanılması ile elde edilen ET_o değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Karşılaştırma kriterleri olarak (t) testi, kök ortalama karesel hata (RMSE) ve yüzde hata (%E) kullanılmıştır. İki farklı istasyondan elde edilen günlük ET_o değerlerinin; (t) testine göre önemli derecede farklı olduğu (p<0,05), RMSE değerinin kabul edilebilir hata sınırının altında (0,23 mm gün⁻¹) ve %E değerinin % 9,42 olduğu anlaşılmıştır. Aylık ET_o değerleri için ortalama %E değeri %9,39 ve sulama yapılan aylar için ortalama %E değeri % 4,39 olarak belirlenmiştir. Sulama sezonunda otomatik istasyondan elde edilen ET_o değeri sinoptik istasyondan elde edilen değerden 25,9 mm daha az olmuştur. Bu nedenle, otomatik istasyondan elde edilen ET_o değerinin kullanılmasının su tasarrufu açısından önemli olacağı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Otomatik istasyon, referans evapotranspirasyon, sinoptik istasyon, sulama planlaması

Comparison of reference evapotranspiration values calculated from conventional and automatic meteorological stations data

Abstract

Accurate and consistent estimates of crop evapotranspiration (ET_c) in irrigated agriculture are important for planning and managing irrigation and water resources and for using water resources efficiently. The most common procedure for estimating ET_c is to adjust the reference evapotranspiration (ET_o) values with the crop coefficient (K_c). This approach calculates ET_o for a standard surface using reference parameters and agro-meteorological data. Then, it applies appropriate empirical crop coefficients for obtaining ET_c. FAO Penman- Monteith (FAO-PM) method was recommended as the standard method to compute ET_o from meteorological data. The meteorological data used to calculate evapotranspiration and/or reference evapotranspiration is obtained from conventional (synoptic) and automatic stations. Because of the differences in the instruments and methods used in conventional and automatic stations, the data from these stations is also different. Therefore, this research compares the ET_o values determined by using temperature and relative humidity data from the synoptic station and the automatic station. The (t) test, root mean squared error (RMSE) and relative error (%E) were used as comparison criteria. It is understood that the daily ET_o values obtained from two different stations are significantly different according to the (t) test (p<0.05) and the RMSE value (0.23 mm d⁻¹) is below the acceptable error limit and the % E value is 9.42%. The average % E value for the monthly ET_o values was 9.39% and the average % E value for the irrigation season was 4.39%. The ET_o value obtained from the automatic station during the irrigation season was 25.9 mm less than the value obtained from the synoptic station. For this reason, it has been understood that the use of ET_o value obtained from automatic station will be important for saving water.

Keywords: Automatic station, reference evapotranspiration, synoptic station, irrigation scheduling

1. Giriş

Evapotranspirasyon (ET), toprak ve bitki yüzeylerinden olan buharlaşma ve bitkilerden olan terleme ile atmosfere

¹ Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 12000 Bingöl, Türkiye sebahattinkaya@yahoo.com

*Sorumlu yazar E-posta: sebahattinkaya@yahoo.com

verilen su kayıplarıdır. ET miktarı, atmosferik su taleplerine ve su bulunduran yüzeylerin karakteristiklerine bağlıdır [1]. Sulu tarımda bitki evapotranspirasyonunun (ET_c) doğru ve güvenilir tahminleri, sulama ve su kaynaklarının planlanması

ve yönetilmesi ve su kaynaklarının etkin kullanımı için önemlidir. Sulu tarımda ET'nin doğru olarak belirlenmesi, bitkisel üretimin optimize edilmesi, su dağıtımının planlanması, sulama planlaması, su veriminin arazi kullanımını değiştirme etkilerinin değerlendirilmesi, yüzey ve yeraltı suyu bozulmasını minimize etmek için en iyi yönetim uygulamalarının geliştirilmesi ve çevresel kalite üzerine yönetim uygulamalarının etkilerinin değerlendirilmesi için de önemlidir [2].

Evapotranspirasyona etki eden faktörler; iklim parametreleri, bitki karakteristikleri ve yönetim ve çevre koşullarıdır. Evapotranspirasyona etki eden başlıca iklim parametreleri ise radyasyon, hava sıcaklığı, nem ve rüzgâr hızıdır [3]. Arazide ET'nin doğru olarak ölçülmesinin zorluğundan dolayı, ET genellikle iklim verilerinden hesaplanır. Dolayısıyla meteorolojik verilerin doğruluğu ve güvenilirliği önemli olmaktadır.

ETc'nin tahmin edilmesinde kullanılan en yaygın yöntem, referans evapotranspirasyon (ETo) değerlerini bitki katsayısı (Kc) ile düzeltmektir ($ETc = ETo \cdot Kc$). Kc, yaprak alanındaki değişimler, bitki yüksekliği, sulama yöntemi, bitki gelişim oranı, bitki dikim tarihi, yaprak alanı, kanopi direnci, albedo, toprak ve iklim şartları ve yönetim uygulamalarını temsil etmektedir [2]. Bu yöntemde, referans parametreler ve agro-meteorolojik veriler kullanılarak standart bir yüzey için bir referans ET hesaplanır. Daha sonra ETc'nin hesaplanması için ETo, Allen ve Ark. [3], Doorenbos ve Pruitt [4] ve Wright [5,6] tarafından verilmiş olan uygun bitki katsayıları ile çarpılır [7].

Meteorolojik verilerden bitki veya referans bitki evapotranspirasyonunu elde etmek için çok sayıda amprik veya yarı amprik eşitlik geliştirilmiştir. Birçok araştırmacı farklı lokasyonlar için bu eşitliklerin performansını analiz etmiştir. Sonuç olarak FAO Penman-Monteith yöntemi referans evapotranspirasyonun tanımlanması ve hesaplanması için standart yöntem olarak önerilmiştir [3].

Geleneksel olarak evapotranspirasyon ve/veya referans evapotranspirasyonun hesaplanmasında kullanılan meteorolojik veriler sinoptik istasyonlardan alınmaktadır [8]. Ancak, son zamanlarda otomatik meteoroloji istasyonlarının kullanımı da oldukça yaygınlaşmaktadır. Bu her iki istasyon tipinde de hava sıcaklığı ve bağıl nem başta olmak üzere solar radyasyon, rüzgâr hızı ve yönü, atmosfer basıncı ve toprak sıcaklığı ölçülmektedir [9].

Bir meteoroloji istasyonundan elde edilen veriler üzerine etkili olan en önemli faktörlerden bazıları, istasyon ile hâkim rüzgâr yönü arasındaki uzaklık (fetch), aradaki arazinin kuru veya sulu olması ve bu arazi üzerindeki bitki örtüsüdür. Diğer faktörler; hava istasyonlarında kullanılan aletlerin özellikleri ve konuşlandırılma şekilleri ve konuşlandırılma yükseklikleri ve ölçüm zamanlarıdır. Sıcaklık ve nem ölçüm aletlerinin bir siper içerisine yerleştirilip yerleştirilmemesi, siper şekilleri ve renkleri de veriler üzerine etkilidir. Konvansiyonel (sinoptik ve klimatolojik) meteoroloji istasyonlarında sıcaklık, gözlem siperi içerisinde bulunan termometrelerle, nemlilik ise psikrometreler ve higrometrelerle ölçülür. Özellikle son yıllarda yaygın olarak kullanılan otomatik meteoroloji istasyonlarında sıcaklık, alet etrafındaki nemin emilmediği (doğal havalandırılan) siperlerde veya sipersiz olarak sensörler (termistor veya termokapl) kullanılarak, nem ise dielektrik polimer bir film kullanılan modern higrometreler kullanılarak ölçülmektedir. Ayrıca, konvansiyonel ve otomatik hava istasyonlarında ölçüm için farklı zamanlar kullanılmaktadır [3, 10].

Konvansiyonel ve otomatik istasyonlarda kullanılan alet ve yöntemlerin farklılığından dolayı, bu araştırma, farklı istasyon tipinden alınan sıcaklık ve bağıl nem verilerinin referans evapotranspirasyona olan etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Böylece, aynı havzada yer alan ve aralarında yaklaşık olarak 2000 m mesafe bulunan, kısmen sulanan bir

arazi üzerindeki sinoptik meteoroloji istasyonundan ve sulu bir arazi üzerine yerleştirilmiş olan otomatik meteoroloji istasyonundan alınan meteorolojik veriler kullanılarak elde edilmiş olan referans evapotranspirasyon değerleri karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu araştırma için Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Iğdır Sinoptik Meteoroloji İstasyonu ve Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Iğdır Araştırma İstasyonu'nda konuşlandırılmış olan otomatik meteoroloji istasyonunda 1 Ocak 2002 ve 31 Ekim 2004 tarihleri arasında gözlenmiş olan veriler kullanılmıştır.

Iğdır Sinoptik Meteoroloji İstasyonu, söz konusu verilerin alındığı dönemde, Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan Iğdır Ovası'nda 39° 55' kuzey enleminde ve 44° 03' doğu boylamında ve Iğdır şehir merkezi bitişiğinde (denizden yüksekliği 858 m olarak) konuşlandırılmıştır [11]. Söz konusu istasyon zamanla yerleşim yeri içerisinde kaldığı için etrafı nispeten sulanan tarım arazileri ve binalarla çevrilidir. Otomatik meteoroloji istasyonu ise Iğdır şehir merkezi bitişiğinde, özellikle Haziran-Eylül döneminde yoğun olarak sulanan meyve bahçeleri arasında konuşlandırılmıştır. Söz konusu otomatik istasyonda sıcaklık ve nem verileri saatlik olarak ölçülmüş ve bir datalogger (Campbell Scientific 21X) vasıtasıyla saatlik olarak kaydedilmiştir.

2.2. Metot

ETo değerini hesaplamak için CROPWAT 8.0 sulama planlaması programı kullanılmıştır. CROPWAT Sulama Planlaması Programı, FAO Su Kaynakları Gelişimi ve Yönetimi Servisi tarafından geliştirilmiştir ve ilk olarak 1992'de (CROPWAT 5.7) olmak üzere farklı versiyonları yayınlanmıştır [12]. CROPWAT 8.0 sulama planlaması programında ETo değerinin hesaplanması için FAO Penman-Monteith (FAO PM) eşitliği kullanılmaktadır. FAO PM eşitliği hem fizyolojik hem de aerodinamik parametreleri içerdiği ve fiziksel olarak dayandırılmış olduğu çim ETo değerini çok yakın olarak tahmin ettiği için referans ürün evapotranspirasyonu için standart metot olarak önerilmektedir [3]. Söz konusu yöntemin çim evapotranspirasyonu için standardize edilmiş bir referans olarak küresel bir geçerliliğe sahip olduğu ispatlanmış ve hem Uluslararası Drenaj ve Sulama Komisyonu (ICID) tarafından hem de Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından tanınmıştır [13, 14]. FAO PM eşitliği aşağıda verilmiştir [3].

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (1)$$

Burada; ETo, referans ürün evapotranspirasyonu (mm gün⁻¹); T, yerden 2 m yükseklikteki ortalama hava sıcaklığı (°C); Rn, bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m⁻² gün⁻¹), G, toprak ısı akısı yoğunluğu (MJ m⁻² gün⁻¹); U₂ yerden 2 m yükseklikteki rüzgâr hızı (m s⁻¹); (e_s-e_a), havanın buhar basıncı açığı (VPD, kPa); e_s, doygun buhar basıncı (kPa); e_a, gerçek buhar basıncı (kPa); Δ, evaporasyon buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C⁻¹) ve γ, psikrometrik sabittir (kPa °C⁻¹).

CROPWAT 8.0 programı ile referans ürün evapotranspirasyonu (ETo) hesaplamak için maksimum sıcaklık, minimum sıcaklık veya ortalama sıcaklık, ortalama bağıl nem, ortalama rüzgâr hızı ve güneşlenme ETo; günlük, 10 günlük veya aylık olarak hesaplanabilmektedir.

Bu araştırmada, MGM İğdir Sinoptik İstasyonu'ndan alınan 1 Ocak 2002 ve 31 Ekim 2004 tarihleri arasındaki döneme ait günlük maksimum sıcaklık (Tmax), minimum sıcaklık (Tmin), ortalama bağıl nem (RHort), ortalama rüzgâr hızı (U₂) ve güneşlenme süreleri kullanılarak 1034 adet günlük ETo değeri hesaplanmıştır. İstasyonlar arası ölçüm zamanı farklılıklarını ortadan kaldırmak için, yukarıda bahsedilmiş olan otomatik meteoroloji istasyonunda aynı dönemde saatlik olarak kaydedilmiş sıcaklık ve bağıl nem değerleri sinoptik istasyon ölçüm zamanlarına göre değerlendirilerek günlük maksimum ve minimum sıcaklık ve ortalama bağıl nem değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu sıcaklık ve nem değerleri ve sinoptik istasyondan alınan günlük ortalama rüzgâr hızı ve günlük güneşlenme süresi değerleri kullanılarak (otomatik istasyonda rüzgâr hızı ve güneşlenme ölçümleri yapılmadığı için) 1034 adet günlük ETo değeri hesaplanmıştır. Böylece, her iki istasyondan alınan verilerden elde edilen günlük ETo değerlerinin, sadece sıcaklık ve bağıl nem farklılıklarının etkilerini içermesi sağlanmıştır. İki farklı istasyon verilerinden elde edilen günlük ETo değerlerinin günlük ve aylık ortalamaları alınarak her iki istasyon için 365 adet günlük ortalama ve 12 adet aylık ortalama ETo değeri oluşturulmuştur. Söz konusu iki istasyonda gözlenmiş olan ve ETo hesaplamasında kullanılan günlük Tmax, Tmin, RHort değerleri ve bu değerlerden hesaplanan VPD değerlerinin aylık ortalamaları Şekil 1'de verilmiştir.

2.2.1. Değerlendirme Kriterleri

Yukarıda belirtildiği şekilde, her iki istasyondan elde edilen günlük ETo değerlerinin karşılaştırılması için (t testi), günlük ve aylık ortalama ETo değerlerinin karşılaştırılması için de kök ortalama karesel hata (RMSE) ve yüzde hata (%E) kriterleri kullanılmıştır. Ayrıca, iki farklı veri kaynağından elde edilmiş olan günlük ETo değerleri arasındaki farklarla, günlük maksimum ve minimum sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı arasındaki farkları ilişkilendirmek için çapraz korelasyon kullanılmıştır. RMSE ve %E'ye ait eşitlikler aşağıda verilmiştir [15].

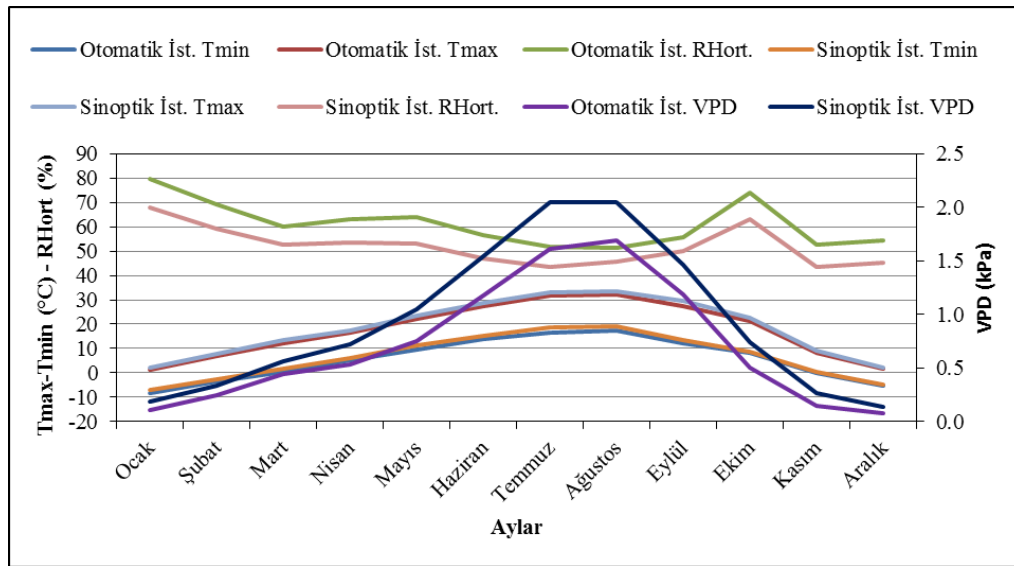
$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2 \right]^{0.5} \quad (2)$$

$$\%E = \frac{(P_i - O_i)}{O_i} \cdot 100 \quad (3)$$

Eşitliklerde; P_i , sinoptik istasyon verilerinden elde edilen ETo değerlerini, O_i , otomatik istasyon verilerinden elde edilen ETo değerlerini ve N ise gözlem sayısını ifade etmektedir. RMSE ve %E değerlerinin 0'a yakın olması veriler arasında iyi bir uyumun olduğunu göstermektedir. RMSE'nin birimi ETo değerlerinin birimi ile aynı olup, %E birimsizdir.

3. Bulgular VE Tartışma

Günlük ETo değerleri dikkate alındığında, sinoptik istasyon verilerinden elde edilen değerlerin otomatik istasyon verilerinden elde edilen değerlerden yüksek olduğu anlaşılmıştır (değerler burada verilmemiştir). Yapılan (t) testi sonucu sinoptik ve otomatik istasyon verilerinden elde edilen günlük ETo değerlerinin önemli derecede farklı olduğu anlaşılmıştır (n=1034, p<0,05). Benzer olarak, Hess [8] tarafından yapılan araştırmada da saatlik ve günlük meteorolojik verilerden elde edilen ETo değerlerinin istatistiksel olarak önemli derecede farklı olduğu bulunmuştur. Ancak, bir başka karşılaştırma kriteri olan RMSE değerine göre günlük ortalama ETo değerleri arasındaki farkın kabul edilebilir sınırın altında olduğu anlaşılmıştır (RMSE=0,23 mm.gün⁻¹, n=365). Çünkü 0,5 mm gün⁻¹den küçük olan RMSE değerinin günlük Epan ve ETo değerleri için kabul edilebilir değer olduğu Irmak ve Haman [15] ve Gundekar ve Ark. [16] tarafından bildirilmiştir [17]. İstasyonlar arası günlük ETo farkları ile maksimum ve minimum sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı farkları arasındaki ilişkiyi belirlemek için yapılmış olan çapraz korelasyon değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1, istasyonlar arası ETo farklarıyla istasyonlar arası maksimum sıcaklık, bağıl nem ve buhar basıncı açığı farkları arasındaki korelasyon katsayılarının yüksek olduğunu, ETo farklarıyla minimum sıcaklık farkları arasındaki korelasyon katsayısının nispeten düşük olduğunu göstermektedir. Hess [8] tarafından yapılan çalışmada, saatlik ve günlük meteorolojik verilerden elde edilen ETo farkları ile hava sıcaklığı, bağıl nem ve buhar basıncı açığı arasındaki korelasyon katsayılarının bu araştırmada elde edilen değerlere yakın olduğu anlaşılmıştır. İki farklı istasyondan elde edilen günlük ortalama ETo değerleri arasındaki (%E) değeri ortalama olarak % 9,42 (n=365) olarak belirlenmiştir.

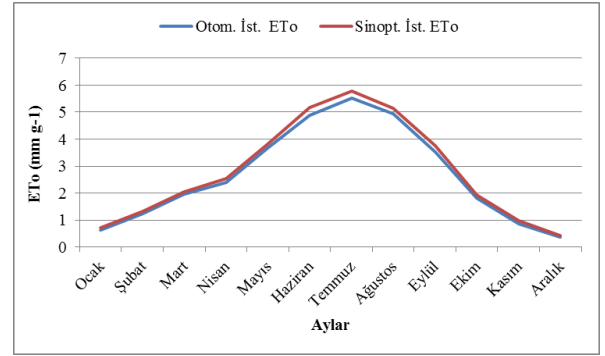


Şekil 1. Sinoptik ve otomatik istasyonlardan elde edilmiş olan bazı iklim parametrelerinin aylık ortalama değerleri
Çizelge 1. İstasyonlar arası günlük ETo farkları ve meteorolojik değişken farkları arasındaki çapraz korelasyon değerleri

Meteoroloji Değişkenler	Tmin (°C)	Tmax (°C)	RHort. (%)	VPD (kPa)	ETo (mm g ⁻¹)
Tmin (°C)	1				
Tmax (°C)	0,144753	1			
RHort. (%)	0,046334	-0,29446	1		
VPD (kPa)	-0,06687	0,713348	-0,51897	1	
ETo (mm g ⁻¹)	0,195428	0,623833	-0,52169	0,629583	1

Günlük ETo değerlerinden elde edilen aylık ortalama ve toplam ETo değerleri Şekil 2 ve Çizelge 2’de verilmiştir. Şekil 2 ve Çizelge 2, günlük değerlerde olduğu gibi sinoptik istasyon verilerinden elde edilen aylık ortalama ve toplam ETo değerlerinin, otomatik istasyon verilerinden elde edilen değerlerden yüksek olduğunu göstermektedir. İki farklı istasyondan elde edilen aylık ortalama ETo değerlerine ait RMSE değerinin kabul edilebilir sınır değerinin altında ve günlük ETo değerlerine ait RMSE değerinden düşük (0,18 mm gün⁻¹, n=12) olduğu anlaşılmıştır. Farklı istasyon aylık ortalama ETo değerleri arasındaki (%E) ortalama olarak % 9,39 olarak belirlenmiştir ve günlük değerler arasındaki yüzde hata değerinden düşük olduğu anlaşılmıştır. Sulama yapılan Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarındaki farklı istasyon aylık ortalama ve toplam ETo değerleri arasındaki farklılık diğer aylara göre yüksek olmasına rağmen, söz konusu aylara ait (%E) değerlerinin, diğer ayların (%E) değerlerinden düşük olduğu Şekil 2 ve Çizelge 2’den anlaşılmaktadır. Bu durum, otomatik istasyon ETo değerlerinin, sinoptik istasyon ETo değerlerine bölünmesiyle elde edilen oransal değerlerin sulama yapılan aylarda diğer aylara göre yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Benzer olarak, Allen ve Ark. [18], standart olarak yerleştirilmemiş meteoroloji istasyonlarından alınan veriler kullanılarak elde edilen referans evapotranspirasyon değerlerinin, kısmi olarak sulanmış arazi üzerine yerleştirilmiş meteoroloji istasyonunda elde edilen değerlerden bir sulama sezonunda %17 daha fazla olduğunu belirtmişlerdir [19]. Ayrıca, Brown ve Russel [20], hava istasyonunun çevresindeki yüzey karakteristiklerinin ETo miktarını %20 kadar etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Her iki istasyondan elde edilmiş buhar basıncı açığı (VPD) farkının Nisan-Eylül

döneminde diğer aylara göre daha fazla olduğu Şekil 1’den anlaşılmaktadır ki bu durum söz konusu dönemde ETo farklarının fazla olmasına neden olmuştur. Çizelge 1, VPD’nin diğer iklim elemanlarına göre ETo farklarıyla daha iyi bir ilişkiye sahip olduğunu göstermektedir ki bu durum Hess [8] tarafından da belirtilmiştir. Araştırmalar, anlık dalgalanmalara karşı otomatik meteoroloji istasyonlarında kullanılan sensörlerin konvansiyonel istasyonlardakilerden daha duyarlı olduğunu ve dolayısıyla konvansiyonel ve otomatik istasyon ölçümleri arasındaki farkları artıran dalgalanmalara neden olabileceğini göstermiştir. Özellikle bu iki farklı istasyondan elde edilen nem ve rüzgâr hızı verilerinin farklı olduğu, sıcaklık ve yağış için önemli farklılık olmadığı belirtilmiştir [21]. Bu durum Şekil 1’de de açıkça görülmektedir ve ETo değerlerine de yansımıştır.



Şekil 2. Otomatik ve sinoptik istasyonlardan elde edilen aylık ortalama ETo değerleri

Çizelge 2. Aylık ETo ve %E değerleri

Aylar	Otomatik İstasyon ETo (mm)	Sinoptik İstasyon ETo (mm)	Farklar (mm)	%E
Ocak	16,2	19,0	2,8	17,27
Şubat	30,3	34,2	3,9	12,82
Mart	59,2	63,9	4,7	7,82
Nisan	80,1	85,7	5,6	7,00
Mayıs	119,4	127,3	7,9	6,61
Haziran	153,4	161,7	8,3	5,45
Temmuz	172,9	181,0	8,1	4,67
Ağustos	157,4	162,1	4,7	2,95
Eylül	105,6	110,4	4,8	4,54
Ekim	57,2	60,8	3,6	6,39
Kasım	25,2	28,9	3,7	14,55
Aralık	13,9	17,0	3,1	22,59
Aylık Ort.	-	-	-	9,39
Sulama Sezonu Topl.	589,3*	615,2*	25,9	4,39
Yıllık Toplam	990,9	1052,0	61,1	6,17

*Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları toplamı

Her iki istasyona göre de en yüksek aylık ETo değerleri Temmuz ayında, en düşük değerler ise Aralık ayında elde edilmiştir. En düşük aylık %E değeri Ağustos ayında (%2,95) elde edilirken, en yüksek %E değeri Aralık ayında (%22,59) elde edilmiştir. Sulama yapılan aylarda sinoptik istasyondan elde edilen ETo değerinin otomatik istasyondan elde edilen ETo değerinden 25,9 mm fazla olduğu Çizelge 2'den anlaşılmaktadır. Söz konusu bu verilerin alındığı İğdir Ovası'nda sulama sezonunun 4 ay olduğu dikkate alındığında 25,9 mm'lik farkın bir sulama uygulamasında verilmesi gereken sulama suyu miktarından dahi az olduğu anlaşılmaktadır. Elde edilen bu sonuca benzer olarak Hess [22], otomatik hava istasyonundan elde edilen verilerin kullanılmasının sulama zamanlaması üzerinde ihmal edilebilir bir etkisi olduğunu belirtmiştir. Yıllık toplam ETo değerleri dikkate alındığında %E değeri 6,17 olarak belirlenmiştir. ETo değerlerinin yüksek olduğu aylardaki %E değerleri diğer aylara göre düşük olduğu için yıllık %E değeri aylık ortalama %E değerinden düşük olmuştur. Benzer sonuçlar Irmak ve Haman [15] tarafından da bulunmuştur.

4. Sonuçlar

Bu araştırmadan elde edilen bulgular, sinoptik istasyondan elde edilen günlük ETo değerlerinin otomatik istasyondan elde edilen değerlerden yüksek ve farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermektedir. Ancak, RMSE değerleri dikkate alındığında farklılığın kabul edilebilir sınıra altında olduğu anlaşılmaktadır. Sinoptik ve otomatik istasyonlardan elde edilen ETo değerleri arasındaki farklılıklar, her iki istasyonda ölçülmüş olan buhar basıncı açığı, maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık farklılıklarından kaynaklanmıştır. Her iki istasyondan elde edilen aylık ETo değerleri arasındaki farklar (miktar olarak) Nisan –Eylül döneminde diğer aylara göre daha yüksek olmuştur. Bu durum, özellikle söz konusu dönemdeki buhar basıncı açığının diğer aylara göre yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Sulama yapılan aylardaki ETo farkının (25,9 mm), su kullanım etkinliği ve su tasarrufu yönünden önemli olduğu ve dolayısıyla otomatik istasyon verilerinin var olması durumunda sulama planlamasında kullanılmalarının daha yararlı olacağı anlaşılmıştır.

Kaynaklar

- [1] Rojas J.P., Sheffield R.E., Evaluation of the reference evapotranspiration methods as compared with the ASCE-EWRI Penman-Monteith equation using limited water data in Northeast Louisiana, *J. Irrig. Drain Eng.*, 132(6), 285-292, 2013.
- [2] Irmak S., Payero J.O., Martin D.L., Irmak A. Howel T.A., Sensitivity analyses and sensitivity coefficients of standardized daily ASCE-Penman- Monteith equation, *J. Irrig. Drain Eng.*, 564-578, 2006.
- [3] Allen R.G., Pereira R.S., Raes D., Smith M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 56, Rome, Italy, 1998.
- [4] Doorenbos J., Pruitt W.O., Crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, 24, Rome, Italy, 1992.
- [5] Wright J.L., Crop coefficients for estimates of crop evapotranspiration, *Irrigation Scheduling for Water and Energy Conservation in the 80's*, American Soc. Agric. Eng., 18-26, 1981.
- [6] Wright J.L., New evapotranspiration crop coefficients. *Journal of Irrig. and Drain. Division, ASCE*, 108 (IR2), 57-74, 1982.
- [7] Hupet F., Vanclooster M., Effect of the sampling

- frequency of meteorological variables on the estimation of the reference evapotranspiration, *J. of Hydrology*, 243, 192-204, 2001.
- [8] Hess T.M., A comparison between evapotranspiration calculated from an automatic weather station and conventional weather data- implication for irrigation scheduling in the UK, In. C.R. Camp, E.J. Sadler, R.E. Yoder (Eds): Proc. The Int. Conf. on Evapotranspiration and Irrig. Scheduling, San Antonio, Texas, pp. 516-521,1996.
- [9] Dusek D.A., Howell T.A., Effects of instrument shelters on air temperature and humidity measurements, In. C.R. Camp, E.J. Sadler, R.E. Yoder (Eds): Proc. The Int. Conf. on Evapotranspiration and Irrig. Scheduling, San Antonio, Texas, pp. 491-496,1996.
- [10] Kaya S., Evren S., Daşçı E., Bakır H., Adıgüzel M.C. ,” Konvansiyonel ve otomatik istasyonlardan elde edilen meteorolojik verilerin kıyaslanması. 12. Kültürteknik Kongresi Bildirileri Kitabı, Tekirdağ, pp. 386-391, 2014.
- [11] Anonim. Türkiye'deki meteoroloji istasyonlarının konumları, <http://www.tumas.mgm.gov.tr>, Erişim Tarihi:26.12.2013.
- [12] Anonim, http://www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html, Erişim Tarihi :28.04.2010.
- [13] Jensen M.E., Burman R.D., Allen R.G., Evapotranspiration and irrigation Water Requirements, ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices, 70, ASCE, New York, USA, 1990.
- [14] Smith M. , Allen R., Pereira L., Revised FAO methodology for crop water requirements, In. C.R. Camp, E.J. Sadler, R.E. Yoder (Eds): Proc. The Int. Conf. on Evapotranspiration and Irrig. Scheduling, San Antonio, Texas, pp. 116-123,1996.
- [15] Irmak S., Haman D.Z., Evaluation of five methods for estimating class a pan evaporation in a humid climate”, *Hort Technology*, 13(3), 500-508, 2003.
- [16] Gundekar H.G., Khodke U. M., Sarkar S, Rai R.K., Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semi-arid region, *Irrig. Sci.* 169-175, 2008.
- [17] Kaya S., Estimation of class A pan evaporation using artificial neural networks, *J. of Agric. Faculty of Uludag Univ.*, 30(Special Issue), 348-356, 2016.
- [18] Allen R.G., Brockway C.E., Wright J.L., Weather station siting and consumptive use estimates, *J. of Water Res. Plan. and Managm.*, 109(2):134-147, 1983.
- [19] Ley T. W., Allen R.G., Hill R.W., Weather station siting effects on reference evapotranspiration In. C.R. Camp, E.J. Sadler, R.E. Yoder (Eds): Proc. The Int. Conf. on Evapotranspiration and Irrig. Scheduling, San Antonio, Texas, pp. 727-734. 1996.
- [20] Brown P., Russel B., Siting and maintenance of weather stations, The University of Arizona, College of Agriculture and Life Sciences, Turf Irrigation Management Series, III,1-5, 2011
- [21] Pinto, H.S., Pellegrino, G.Q., Fonseca, D.B., Coral, G., Caramori, P.H., De Avila, A.M.H., Comparison Between Daily Meteorological Data Collected By Automatic And Conventional Stations, http://www.cepagri.unicamp.br/producao/trabalhos-em-anais-de-eventos/2006/39_Oral.pdf/view.html, Erişim Tarihi: 05.10.2017
- [22] Hess T.M., Evapotranspiration estimates for water balance scheduling in the UK, *Irrigation News*, 25: 31-36.