



Yarı-Kurak İklim Koşullarında A Sınıfı Kap Buharlaşmasını Tahmin İçin Çeşitli Eşitliklerin Karşılaştırılması

Sebahattin KAYA^{1*}, Salih EVREN², Erdal DAŞCI²

1Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl.

2Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Erzurum.

**e-posta: sebahattinkaya@yahoo.com*

Geliş Tarihi: 10.02.2016; Kabul Tarihi: 15.06.2016

Öz: Kap buharlaşması (Epan) verileri, birçok tarla ve bahçe bitkilerinin sulama planlaması ve su yönetimi için evapotranspirasyonu tahmin etmenin yanında göl, rezervuar, ıslak alanlar ve diğer su kaynaklarından olan buharlaşmayı tahmin etmek için de kullanılmaktadır. Buharlaşma kaplarını standartlaştırmak için A sınıfı buharlaşma kabı geliştirilmiş ve birçok ülkede hâlihazırda en yaygın kullanılan buharlaşma kabı sınıfını oluşturmaktadır. Bazı durumlarda A sınıfı kap buharlaşmasının günlük ölçümü uygulama, teorik ve finansal sebeplerden dolayı mümkün olmayabilir veya bazı ölçüm sonuçları kaybedilmiş olabilir. Bu nedenle, çeşitli araştırmacılar tarafından bazı iklim verilerine dayalı olarak Epan'ı tahmin etmek için geliştirilmiş eşitlikler önemli olmaktadır. Ancak, bu eşitlikler geliştirilmiş oldukları çevre için güvenilir sonuçlar verdiğinden dolayı, farklı bir çevre için bu eşitliklerin tutarlılığının ve güvenilirliğinin test edilmesi gerekmektedir. Bu araştırmada, Iğdır Ovası koşullarında 2003-2008 yılları arasındaki 6 yıllık dönemin bitki yetiştirme periyodunda ölçülmüş olan ortalama günlük A sınıfı buharlaşma kabı verileri; Penman, Kohler-Nordenson-Fox (KNF), Christiansen ve Linacre tarafından Epan'ı tahmin etmek için geliştirilmiş olan eşitliklerden elde edilen sonuçlar ile günlük, haftalık ve aylık olarak karşılaştırılarak en güvenilir sonucu veren eşitliğin belirlenmesi amaçlanmıştır. Karşılaştırma kriteri olarak, kök ortalama karesel hata (RMSE), determinasyon katsayısı (R^2), standart sapma (SD) ve bağıl hata (%E) kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en güvenilir sonuçlar; günlük (RMSE=0.622, $R^2 = 0.835$, SD=1.189 ve %E=9.0), haftalık (RMSE=0.477, $R^2 = 0.925$, SD=1.13 ve %E=8.2) ve aylık değerlendirmelere göre (RMSE=0.455, $R^2 = 0.938$, SD=1.043 ve %E=8.2) KNF eşitliğinden elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buharlaşma, A sınıfı kap, sulama planlaması, Iğdır Ovası.

Comparison of Various Equations for Estimating Class a Pan Evaporation in Semi-Arid Climate Conditions

Abstract: Pan evaporation (Epan) data are used not only to estimate the evapotranspiration for water management and irrigation scheduling of many field crops and horticultural crops, but also to estimate the evaporation from lakes, reservoirs, wetlands and other water resources. In order to standardize the evaporation pan, class a pan has been developed and is already the most widely used

evaporation pan in many countries. In some cases, application of Epan's daily measurement may not be possible due to technical or financial reasons or some measurement results may be lost. Therefore, equations to estimate Epan developed by various researchers on the basis of some climate data assumes importance. However, as these equations provide reliable results for the environment for which they have been developed, it is necessary to test the consistency and reliability of this equation for a different environment. In this study, equations to estimate Epan proposed by Penman, Kohler-Nordenson-Fox (KNF), Christiansen and Linacre were evaluated by comparing with measured Epan data in Iğdir Plain conditions from 2003 to 2008. Comparisons were carried out daily, weekly and monthly basis. The root mean square error (RMSE), determination coefficient (R^2), standart deviation (SD) and relative error (%E) were used as criterion. The most reliable results have been obtained from KNF equation at daily (RMSE = 0.622, R^2 = 0.835, SD = 1.189 and %E = 9.0), weekly (RMSE = 0.477, R^2 = 0.925, SD = 1.13 and %E = 8.2) and monthly basis (RMSE = 0.455, R^2 = 0.938 SD = 1.043 and %E = 8.2).

Key Words: Evaporation, class A pan, irrigation scheduling, Iğdir Plain.

Giriş

Evaporasyon, sıvı formdan buhar formuna dönüşümünden dolayı birikmiş suyun kaybı olarak tanımlanır. Sıvı formdan buhar formuna dönüşüm (buharlaşıma) miktarı; sıcaklık, rüzgâr hızı ve radyasyon gibi iklim şartları tarafından etkilenir. Hidrolojik uygulamalarda evaporasyon, buharlaşma kapları ve lizemetreler kullanılarak doğrudan ölçülür (Benzaghta ve ark., 2012; Gundalia ve Dholakia, 2013). Çok sayıda farklı buharlaşma kabı olmasına rağmen A sınıfı buharlaşma kabı (U.S. Class A pan) uygulamada en çok kullanılan kap tipidir. A sınıfı buharlaşma kabı, kullanılan tekniğin basitliği, düşük masraf ve uygulama kolaylığından dolayı sulama planlaması için bitki su gereksinimlerinin belirlenmesinde dünya genelinde kullanılmaktadır (Stanhill 2002). Çok sayıda bahçe ve tarla bitkilerinin sulama planlaması için kap buharlaşması (Epan) birçok araştırmacı tarafından kullanılmıştır.

Epan'ın kullanımı özellikle iklim verilerinin kısıtlı olduğu yerlerde önemlidir (Abdelwahed ve Snyder, 2008). Buharlaşma kapları kullanılarak oluşturulan sulama programları küresel iklim değişikliğine uyum kolaylığı yönüyle daha büyük bir kazanç oluşturmaktadır. Bu, hem bitki su tüketimi hem de kap buharlaşması üzerine hava sıcaklığı ve solar radyasyonun benzer etkilerinden ileri gelmektedir. Diğer bir anlatımla, buharlaşmaya etki eden iklim faktörleri aynı zamanda bitki su tüketimine de etki etmektedir ve buharlaşma kapları bitki su tüketimi üzerine sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve güneşlenmenin birleşik etkisinin ölçümünü sağlamaktadır (Ertek, 2011).

A sınıfı kap buharlaşma verileri, referans bitki su tüketimini (ET_o) tahmin etmek için de dünya genelinde yaygın olarak kullanılmaktadır. ET_o'yu tahmin etmek için Epan verileri, kap etrafındaki uniform bir yüzeyin uzunluğu, günlük rüzgâr hızı ve günlük ortalama nemliliğin bir fonksiyonu olan kap katsayısı (K_{pan}) ile çarpılır. Bu yöntem FAO Pan Evaporasyon (FAO-PE) yöntemi olarak adlandırılmaktadır (Doorenbos ve Pruitt, 1977). İrmak ve ark. (2002), Selles ve Ferreyra (2005) ve Maldonado ve ark. (2006) tarafından yapılan araştırmalar, bağıl nem ve rüzgâr hızı ile ilgili doğruluk derecesi yüksek olan kap katsayılarının seçilmesi durumunda, FAO-PE yönteminin referans bitki su tüketiminin tahmini için diğer yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (Ertek, 2011). Ayrıca, doğruluk derecesi yüksek kap katsayıları kullanılması durumunda, FAO-PE

yönteminden elde edilen ETo değerlerinin, uluslararası geçerliliğe sahip standart bir eşitlik olan FAO Penman-Monteith (FAO-PM) eşitliğinden elde edilen değerlere, diğer yöntemlere kıyasla daha iyi bir uyum gösterdiği Kaya ve ark. (2012) tarafından belirtilmiştir.

Epan verilerinin bir diğer uygulamasında, birçok araştırmacı (Rohwer, 1931; Young, 1945; Kohler, 1954; Anderson, 1954; Penman, 1956; Harbeck, 1962; Sellers, 1965; Hounam, 1973; Shuttleworth, 1988 ve Abtew, 2001) göl, rezervuar ve diğer su yüzeylerinden olan buharlaşmayı tahmin etmek için Epan'ın başarılı olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir (Irmak ve Haman, 2003; Benzaghta ve ark., 2012).

Bazı durumlarda, özellikle de ulaşılabilir alanlarda, buharlaşma kaplarının yerleştirilmesi ve sürekli olarak günlük Epan'ın ölçülmesi mümkün ve ekonomik olmayabilir. Dolayısıyla, eksik olan Epan verileri kullanıcılar için sınırlamalara neden olabilmektedir ve fiziksel ve amprik tabanlı eşitlikler kullanılarak kabul edilebilir doğrulukla tahmin edilmesi gerekir (Irmak ve Haman, 2003; Benzaghta ve ark., 2012). Kapların olmadığı yerlerde buharlaşma miktarının tahmin edilmesinin pratik bir yolu; hidroloji, tarım ve meteoroloji bilimleriyle ilgilenen kişi, kurum ve kuruluşlar için oldukça önemlidir. Kap buharlaşmasını tahmin etmek için geliştirilen eşitlikler onların geliştirildiği iklim şartlarına benzer şartlara uygulandığında güvenilir sonuçlar vermektedir. Böylece, Epan'ı tahmin eden yöntemlerin güvenilirliği ve tutarlılığı verilmiş bir lokasyon için ölçülmüş verilere karşı test edilmesi gerekir (Irmak ve Haman, 2003).

Dolayısıyla bu araştırmada, Iğdır Ovası koşullarında, iklim faktörlerini dikkate alarak kap ve açık yüzey su buharlaşmasını tahmin eden eşitliklerden elde edilen değerlerin, A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen buharlaşma değerleri ile kıyaslanmak suretiyle, kap buharlaşması verilerinin elde edilemediği durumlarda kullanılıp kullanılmayacağı amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu araştırma, Iğdır Ovası koşullarında yapılmıştır. Iğdır Ovası, Doğu Anadolu Bölgesi'nde 39°38' - 40°03' kuzey enlemleri ile 44°49' - 45°31' doğu boylamları arasında yer almakta olup denizden ortalama yüksekliği 850 m'dir. Bölge, yıllık olmak üzere, 255.7 mm yağış miktarı, 12.1 °C ortalama sıcaklığı, % 55 bağıl nemi ve 6.41 saat gün⁻¹ güneşlenme miktarı ile yarı-kurak bir iklime sahiptir (Kaya ve ark., 2012).

Araştırmada kullanılan iklim verileri, Iğdır Ovası'nda yer alan Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Iğdır Araştırma İstasyonu arazisinde konuşlandırılmış olan otomatik meteoroloji istasyonu ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü Iğdır Sinoptik Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmıştır. Otomatik meteoroloji istasyonunda, sadece sıcaklık, bağıl nem ve A sınıfı kap buharlaşma değerleri ölçülmüş olduğundan dolayı rüzgâr ve güneşlenme ile ilgili veriler Iğdır sinoptik meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Zira verilerin mevcut olmaması veya eksik olması durumunda en yakın istasyondan alınan verilerin kullanılabileceği Allen ve ark. (1998) tarafından belirtilmiştir.

Yöntem

Bu araştırmada, Epan'ı tahmin etmek için geliştirilmiş olan aşağıda verilmiş eşitlikler yöntem olarak uygulanmıştır.

Penman Eşitliği

Penman (1948), açık su yüzeyi buharlaşmasını tahmin etmek için günlük ölçölmüş kap buharlaşması ve su buharı eksikliği oranlarını, 2 m yükseklikteki rüzgâr hızına karşı grafiklendirerek aşağıdaki eşitliği geliştirmiştir (Kanber, 1999; Irmak ve Haman, 2003).

$$E_{pan} = \frac{6.43(1 + 0.53U_2)(e_s - e_a)}{\lambda} \quad (1)$$

Eşitlikte: E_{pan} , açık su yüzeyi buharlaşması (mm gün⁻¹); e_s , hava sıcaklığındaki doğun buhar basıncı (kPa); e_a , çiğlenme noktası sıcaklığındaki buhar basıncı (kPa); U_2 , 2 m yükseklikteki günlük ortalama rüzgâr hızı (m s⁻¹) ve λ , suyun buharlaşması için gerekli gizli ısıdır (MJ kg⁻¹).

Kohler-Nordenson-Fox Eşitliği

Kohler ve ark. (1955) tarafından A sınıfı kap ve açık su yüzeyinden olan buharlaşmalar ilişkilendirilerek Penman (1948) eşitliğine psikrometrik sabit uyarlamak suretiyle geliştirmiş olan eşitlik aşağıda verilmiştir (Irmak ve Haman, 2003).

$$E_{pan} = \frac{\Delta R_n + \gamma_p E_a}{\Delta + \gamma_p} \quad (2)$$

$$\gamma_p = 0.001568P \quad (3)$$

$$E_a = 25.4 \left[0.296(e_s - e_a)^{0.88} (0.37 + 0.00255U_p) \right] \quad (4)$$

Eşitliklerde: E_{pan} , kap buharlaşması (mm gün⁻¹); R_n , net radyasyon (mm gün⁻¹); Δ , hava sıcaklığı eğrisine karşı doğun buhar basıncı eğimi (kPa °C⁻¹); γ_p , psikrometrik sabit (kPa °C⁻¹); P , atmosferik basınç (kPa); E_a , aerodinamik fonksiyon (mm gün⁻¹); U_p , A sınıfı buharlaşma kabının 15.2 cm yukarısındaki rüzgâr hızıdır (km gün⁻¹).

Christiansen Eşitliği

Christiansen (1968) tarafından A sınıfı kap buharlaşmasını tahmin etmek için çoklu korelasyon yöntemi kullanılarak geliştirilmiş ve dünyanın farklı yerlerindeki 80 meteoroloji istasyonundan alınan aylık verilerle test edilmiş olan eşitlik aşağıda verilmiştir (Irmak ve Haman, 2003).

$$E_{pan} = 0.473 \cdot R_a \cdot C_T \cdot C_W \cdot C_H \cdot C_S \cdot C_E \cdot C_M \quad (5)$$

Eşitlikte: R_a , ekstraterrestrial radyasyon (kısa dalga güneş radyasyonu, mm gün⁻¹); C_T , C_W , C_H , C_S , C_E ve C_M , sırasıyla sıcaklık, rüzgâr hızı, nem, güneşlenme yüzdesi, yükseklik ve Christiansen aylık katsayılarıdır ve katsayılar a ait eşitlikler aşağıda verilmiştir.

$$C_T = 0.393 + 0.5592\left(\frac{T_c}{20}\right) + 0.04756\left(\frac{T_c}{20}\right)^2 \quad (6)$$

$$C_W = 0.708 + 0.3276\left(\frac{W}{96.6}\right) - 0.036\left(\frac{W}{96.6}\right)^2 \quad (7)$$

$$C_H = 1.25 - 0.212\left(\frac{H_m}{57.4}\right) - 0.038\left(\frac{H_m}{57.4}\right)^2 \quad (8)$$

$$C_S = 0.542 + 0.64\left(\frac{S}{80}\right) - 0.4992\left(\frac{S}{80}\right)^2 + 0.3174\left(\frac{S}{80}\right)^3 \quad (9)$$

$$C_E = 0.97 + 0.03\left(\frac{E}{305}\right) \quad (10)$$

Yukarıda verilmiş olan eşitliklerde: T_c , günlük ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$); W , günlük ortalama rüzgar hızı (km gün^{-1}); H_m , günlük ortalama bağıl nem (%); S , güneşlenme yüzdesi ve E , deniz seviyesinden olan yüksekliktir (m).

Linacre Eşitliği

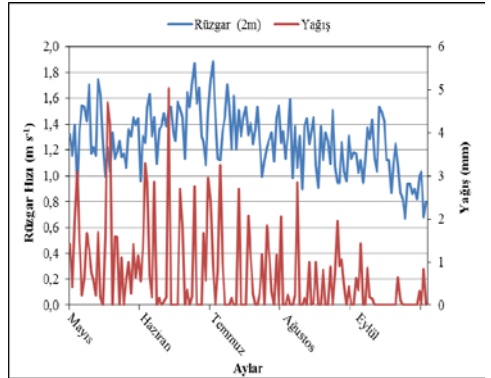
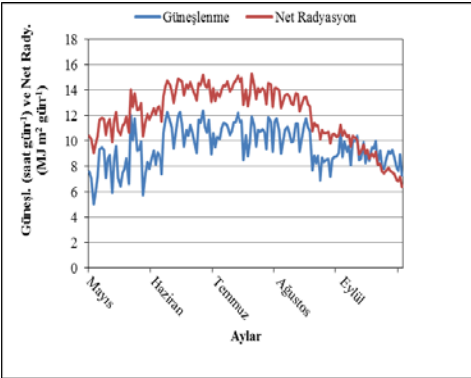
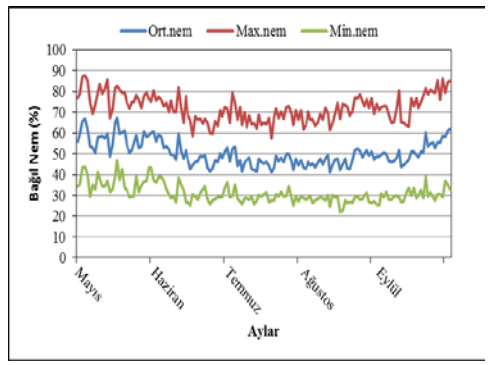
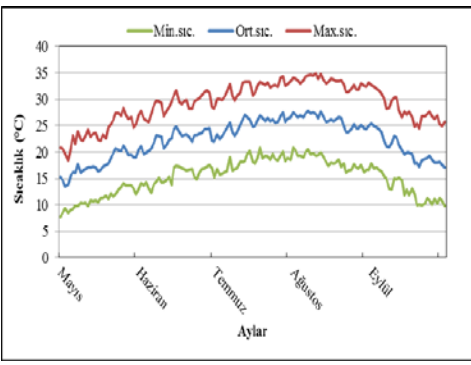
Linacre (1977) açık su yüzeyi buharlaşma miktarının tahmin edilmesi için Penman eşitliğindeki hava verilerini azaltmak suretiyle sadece hava sıcaklığını gerektiren aşağıdaki eşitliği geliştirmiştir (Irmak ve Haman, 2003; Maulé ve ark., 2006).

$$E_o = \frac{\left(\frac{700T_m}{100-L}\right) + 15(T - T_{dp})}{80 - T} \quad (11)$$

$$T_m = T - 0.006h \quad (12)$$

Eşitlikte: E_o , açık su yüzeyi buharlaşması (mm gün^{-1}); L , enlem ($^{\circ}$, derece); T , günlük ortalama hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$); T_{dp} , günlük ortalama çiğlenme noktası sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$); h , deniz seviyesinden olan yüksekliktir (m).

Yukarıda belirtilmiş olan eşitliklerle elde edilen Epan değerlerini kıyaslamak için A sınıfı kap buharlaşma (Epan) verileri kullanılmıştır. Ölçülmüş Epan verileri, yağış etkisi hesaba katılarak elde edilmiş verilerdir. Kıyaslama amacıyla kullanılan Epan verileri, söz konusu araştırma istasyonunda 2003 – 2008 yılları arasındaki 6 yıllık dönemde 1 Mayıs–30 Eylül günleri arasında ölçülmüş olan günlük verilerden oluşmuştur. Dolayısıyla, eşitliklerde kullanılan iklim parametrelerinin de aynı dönemdeki değerleri dikkate alınmıştır. Eşitliklerde gerekli olan solar radyasyon değerleri; eksterrestrial radyasyon değerleri ve ölçülmüş günlük güneşlenme sürelerinden elde edilmiştir. Eksterrestrial radyasyon değerleri Kanber (1999)'dan alınmıştır. Eşitliklerde kullanılan iklim elemanlarının günlük değerlerinin 6 yıllık ortalamaları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Araştırmada kullanılan iklim verilerinin ortalama günlük değerleri

Her bir yılın günlük iklim verileri kullanılarak yukarıda açıklanan 4 ayı yönteme göre 1 Mayıs - 30 Eylül arasındaki her bir gün için günlük Epan değerleri elde edilmiştir. Daha sonra aynı güne ait günlük değerlerin 6 yıllık ortalamaları alınmak suretiyle günlük Epan değerlerinin uzun dönem ortalamaları elde edilmiştir. Ortalama günlük Epan değerlerinden haftalık ve aylık ortalama Epan değerleri elde edilmiştir.

Yöntemlerin doğruluk ve güvenilirliğini ölçmek için, kök ortalama karesel hata (RMSE) ve doğrusal regresyon determinasyon katsayısı (R^2) kriter olarak kullanılmıştır. Yöntemlerin performans analizleri için ölçülmüş ve hesaplanmış olan değerler arasındaki bağıl hata (%E) ve standart sapma (SD) kullanılmıştır. R^2 değerleri MS Excel yazılımı ile doğrusal regresyon analizi kullanılarak elde edilmiş ve RMSE değerleri ise aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

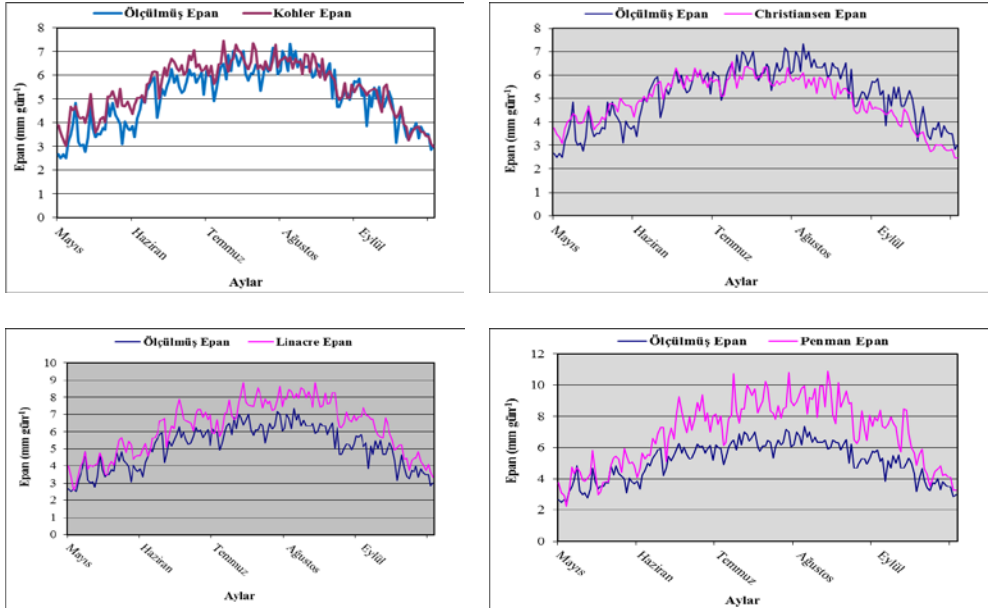
$$R M S E \left[E \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2 \right]^{0.5} \quad (13)$$

Eşitlikte: P_i , eşitlikler ile hesaplanan Epan değerleri; O_i , ölçülmüş Epan değerleri ve N gözlem sayısıdır. Karşılaştırma kriteri olarak kullanılan RMSE değerinin 0 (sıfır)'a, R^2

değerinin ise 1 (bir)'e yaklaşması, karşılaştırılan değerler arasındaki uyumun daha iyiye doğru gittiği anlamına gelmektedir. RMSE ve SD'nin birimi, Epan'ın birimi ile aynı olup, R^2 ve (%E) değerleri birimsizdir.

Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Ölçülmüş ve farklı yöntemlerle hesaplanmış olan günlük Epan değerlerinin 6 yıllık ortalamaları Şekil 2'de verilmiştir. Mayıs ve Temmuz ayları arasındaki dönemde, Kohler ve Christiansen eşitlikleri kullanılarak hesaplanan günlük Epan değerlerinin, ölçülmüş Epan değerlerinden az da olsa yüksek olduğu Şekil 2'den anlaşılmaktadır. Temmuz ve Eylül arasındaki dönemde ise Kohler eşitliği ile elde edilen değerlerin, ölçülmüş değerler ile hemen hemen aynı olmasına rağmen, Christiansen eşitliğinin söz konusu dönemde Epan değerlerini düşük olarak tahmin ettiği anlaşılmaktadır. Linacre ve Penman eşitliklerinin her ikisi de Epan değerlerini tüm sezon boyunca oldukça yüksek olarak tahmin etmişlerdir. Eşitliklerin günlük, haftalık ve aylık performansları Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1 incelendiğinde, günlük değerlendirmelere göre Kohler eşitliği en düşük RMSE (0.622) ve en yüksek R^2 (0.835) değerleri ile en iyi uyum gösteren eşitlik olurken, Christiansen eşitliği performans yönüyle ikinci sırada yer almıştır. Kohler eşitliğinin performansı ile ilgili bulgular Irmak ve Haman (2003) tarafından da belirtilmiştir. Ancak en iyi performansı gösteren Kohler eşitliğine ait RMSE değerinin, Irmak ve Haman (2003) ve Gundekar ve ark. (2008) tarafından kabul edilebilir hata değeri olarak önerilen 0.5 değerinden az da olsa yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Penman ve Linacre eşitliklerinin günlük performansları oldukça düşük olmuştur. Linacre eşitliği, Penman eşitliğinden daha iyi performans göstermiştir.



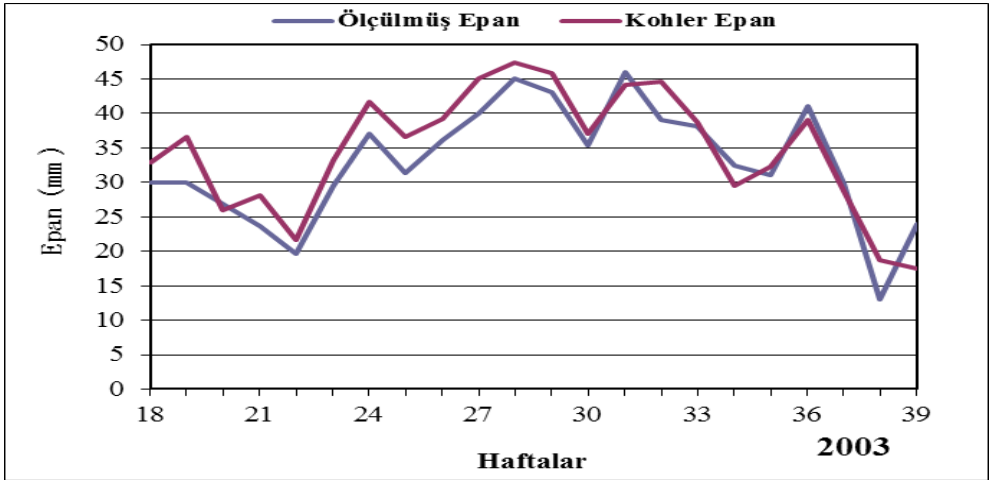
Şekil 2. Ölçülmüş ve farklı yöntemlerle hesaplanmış ortalama günlük Epan değerleri

Çizelge 1. Yöntemlerle ilgili istatistiksel analiz sonuçları

Yöntemler	Günlük				Haftalık				Aylık			
	RMSE	R ²	SD	%E	RMSE	R ²	SD	%E	RMSE	R ²	SD	%E
Penman Eşitliği	2.082	0.819	1.928	33.2	1.956	0.960	1.839	32.5	1.888	0.984	1.735	33.2
Kohler Eşitliği	0.622	0.835	1.189	9.0	0.477	0.925	1.130	8.2	0.455	0.938	1.043	8.2
Christ.Eşitliği	0.709	0.697	1.132	-2.2	0.575	0.780	1.083	-3.1	0.546	0.758	1.755	-3.1
Linacre Eşitliği	1.279	0.812	1.494	21.7	1.164	0.953	1.439	20.8	1.123	0.976	1.345	21.0

Haftalık değerlendirmelerde de, en düşük ve kabul edilebilir sınır olan 0.5 değeri altında RMSE değerine (0.477) ve Christiansen eşitliğine göre daha yüksek (0.925) R² değerine sahip olan KNF eşitliği en iyi performans gösteren eşitlik olmuştur. Günlük değerlerde olduğu gibi haftalık değerlerde de Christiansen eşitliği en iyi performans gösteren ikinci eşitlik olmuştur. Haftalık değerlendirmelerde, Penman ve Linacre eşitlikleri yüksek R² değerlerine sahip olmalarına rağmen, diğer performans kriterleri (RMSE, SD ve %E) de dikkate alındığında, KNF ve Christansen eşitliklerinden daha kötü performans göstermişlerdir. Ancak Linacre eşitliğinin performansı Penman eşitliğinden daha iyi olmuştur.

Aylık değerlendirmelerde de, günlük ve haftalık değerlendirmelerde olduğu gibi en iyi sonucu veren eşitlik KNF eşitliği olurken, Christiansen eşitliği ikinci sırada yer almış ve Penman eşitliği en kötü performansa sahip eşitlik olmuştur. Günlük, haftalık ve aylık temelde en iyi sonucu veren KNF eşitliği ile hesaplanmış ve ölçülmüş olan Epan değerlerinin, söz konusu 6 yıllık dönem içerisinde en fazla yağışın görüldüğü 2003 yılına ait haftalık değerleri Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. 2003 yılında ölçülmüş ve Kohler eşitliği ile hesaplanmış haftalık Epan değerleri

Sonuç olarak, Iğdır Ovası koşullarında gerçek zamanlı günlük iklim verileri kullanılarak, öncelikle KNF ve ikinci sırada olmak üzere Christiansen eşitliklerinden elde edilecek buharlaşma değerlerinin, sulama planlamasında ve A sınıfı kap kap buharlaşması verilerinin elde edilemediği durumlarda söz konusu verilerin yerine kullanılabileceği anlaşılmıştır.

Kaynaklar

- Abdel-wahed, M.H. and R.L. Snyder. 2008. Simple Equation to Estimate Reference Evapotranspiration from Evaporation Pans Surrounded by Fallow Soil. *Journal of Irrig. and Drain. Eng.*, 134 (4), , 425-429.
- Allen, R.G., R.S. Pereira, D. Raes, and M. Smith, 1998. Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No.56, Rome.
- Benzaghta, M.A., A.H. Mohammed Ghazali, and M.A.M. Soom. 2012. Prediction of evaporation in tropical climate using artificial neural network and climate based models. *Scientific Research and Essays*, 7(36): 3133-3148.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper, 24, Rome.
- Ertek, A. 2011. Importance of pan evaporation for irrigation scheduling and proper use of crop-pan coefficient (Kcp), crop coefficient (Kc) and pan coefficient (Kp). *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(32), pp. 6706-6718.
- Gundalia, M.J. and M.B. Dholakia. 2013. Dependence of evaporation on meteorological variables at daily time-scale and estimation of pan evaporation in Junagadh region. *American Journal of Eng. Research*, 2(10): 354-362.
- Gundekar, H. G., U. M. Khodke, S. Sarkar and R.K. Rai. 2008. Evaluation of pan coefficient for reference crop evapotranspiration for semi-arid region. *Irrig. Sci.* 26,169-175.
- Irmak, S. and D.Z. Haman., 2003. Evaluation of five methods for estimating class a pan evaporation in a humid climate. *Hort Technology*, 13(3): 500-508.
- Kanber, R. 1999. Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No:174, Adana.
- Kaya, S., S. Evren, E. Daşçı, H. Bakır, ve M.C. Adıgüzel. 2012. Iğdır ovası koşullarında pan evaporasyonu kullanılarak referans evapotranspirasyon eşitliklerinin değerlendirilmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 1(1):7-14.
- Maulé, C., W. Helgason, S. Mc Ginn, and H. Cutforth. 2006. Estimation of standardized reference evapotranspiration on the Canadian Prairies using simple models with limited weather data. *Canadian Biosystems Engineering*, 48(1): 1-11.
- Stanhill, G. 2002. Is the class A evaporation pan still the most practical and accurate meteorological method for determining irrigation water requirements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 112: 233-236.

