



Alınış tarihi (Received): 21.04.2017
Kabul tarihi (Accepted): 27.12.2017

Baş editor/Editors-in-Chief: Ebubekir ALTUNTAŞ
Alan editörü/Area Editor: Hakan POLATCI

A Sınıfı Buharlaşma Kabından Olan Günlük Buharlaşmanın Kohler-Nordenson-Fox (KNF) ve Christiansen Modelleri ile Tahmini

Çağlar Özkan SEZER^{a,*} Tekin ÖZTEKİN^b Esra KUTLU SEZER^c

^aAnkara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

*: Sorumlu yazar, e-posta: caglarsezerziraat@gmail.com

^bGaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat

^cAnkara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

ÖZET: Uzun yıllara ait meteorolojik veriler mevcut olmadığında, daha önce kurulu olmayan bir yere yeni bir meteoroloji istasyonu kurulduğunda veya herhangi bir şekilde günlük olarak ivedi buharlaşma verisi lazım olduğunda günlük elde edilen iklim verileri ile buharlaşma modellerinin nasıl tahmin davranışı sergileyeceği iki yıl boyunca araştırılmıştır. Bu çalışmada, buharlaşma miktarını veren Kohler-Nordenson-Fox (KNF, 1955) ve Christiansen (Christiansen, 1968) modelleri kullanılmıştır. Bu modeller Samsun'un nemli iklim koşulları altında E_{pan} tahmininin başarısını belirlemek için 2012 ve 2013 olarak seçilen her iki yılda denenmiştir. Çalışmanın kapsadığı 2012 ve 2013 yılları iklim özellikleri anlamında çok yıllık ortalamadan farklı ve aşırı yağışlı geçmiştir. Modellerden elde edilen E_{pan} değerlerinin performansı günlük ve aylık (günlük toplamlar kullanılarak) olarak değerlendirilmiştir. Birer yıllık olarak yürütülen bu çalışmada KNF modeli en iyi E_{pan} tahminini sağlamıştır. 2012 ve 2013 yılları için KNF modeli ile sırasıyla günlük olarak 0.48 ve 0.69 R^2 , aylık olarak 0.93 ve 0.98 R^2 değerleri elde edilmiştir. Christiansen modeli ise her iki yıl boyunca aşırı yüksek buharlaşma tahmin etmiştir. Fakat istasyonda ölçülen ve tahmin edilen E_{pan} değerlerinin nispeten simetrik gittiği varsayımından 0.322 değerinde bir katsayısı türetilmiştir. Samsun İli gibi nemli iklime sahip yerlerde KNF modelinin kullanılması tavsiye edilmektedir. Christiansen modelinin zorunlu olarak kullanılması gerekiyorsa 0.322 katsayısı ile çarpılırsa sonuçların olumlu yönde geliştiği bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: A sınıfı buharlaşma kabı, Kohler-Nordenson-Fox, KNF, Christiansen, model.

Prediction of Daily Evaporation From Class A Evaporation Pan with the Use of Kohler-Nordenson-Fox (KNF) and Christiansen Models

Abstract: This study researched for two years; how evaporation models with daily climate data will predict when a new weather station is installed somewhere that does not have a weather station previously, when there is no meteorological data for long periods of time or when daily instant evaporation data are needed. For this study were used of Kohler-Nordenson-Fox (KNF, 1955) and Christiansen (Christiansen, 1968) models, which gives the amount of evaporation. These models were tried in years 2012 and 2013, which were chosen to find out the success of E_{pan} prediction under the humid climate conditions of Samsun. In terms of climatic characteristics, 2012 and 2013 were different from annual averages and extremely rainy. The success of E_{pan} values of the models were checked daily and monthly. In this study, which was conducted as one periods of two years, the results of KNF model resulted the best E_{pan} prediction. For the years 2012 and 2013; KNF model gave the daily values of 0.48 and 0.69 R^2 , the monthly values of 0.93 and 0.98 R^2 respectively. Christiansen model predicted extremely high evaporation throughout both of years. However, a coefficient of 0.322 was derived from the assumption that E_{pan} values measured in the station and values predicted that Christiansen model were relatively symmetric. Use of KNF model is recommended in places with a humid climate, such as Samsun. However, Christiansen model can not be recommended for use. If this model has to be used, it was found that the results were developed in a positive direction when multiplied with the coefficient of 0.322.

Keywords: Class A evaporation pan, Kohler-Nordenson-Fox, KNF, Christiansen, model.

1. Giriş

Güneşlenme, rüzgâr, sıcaklık, nem gibi iklim parametrelerinin birleştirilmiş bir etkisini sunan A sınıfı buharlaşma kapları; hem göller, barajlar gibi açık su yüzeyinden olan buharlaşma miktarının belirlenmesinde hem de referans bitki su tüketiminin belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu amaçla dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de A sınıfı buharlaşma kapları yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat A sınıfı buharlaşma kabı ve içerisindeki mikrometreli derinlik ölçerin maliyetleri, nitelikli ölçüm personeli ihtiyacı, ölçüm saatinde personelin uygun olmaması, aletin yıllık ve haftalık bakımı, ölçümün yapılamadığı durum (suyun donması, suyun aşırı yağıştan taşması), otomatik ölçüm cihazlarının pahalı olması gibi faktörler bu kabın her yerde ve her zaman kullanılmasını kısıtlamaktadır. Bu durumlara ek olarak ihtiyaç olan bir yerde kap buharlaşma ölçümü hiç alınmamış olabilir. Bu tip durumlarda buharlaşma değerinin meteorolojik parametreler vasıtasıyla tahmin edebilen bir modelin bilinmesi çok faydalı olacaktır (Doorenbos ve ark., 1977 ve Terzi, 2004). A sınıfı buharlaşma kabının kurulması ve işletilmesindeki bu tür sıkıntılardan kurtulmak amacı ile kaptan olabilecek buharlaşmayı tahmin etmek için zaman içinde çeşitli modeller geliştirilmiştir.

Rohwer (1931), Young (1945), Kohler (1954), Penman (1956), Sellers (1965), Hounam (1973) ve Abtew (2001) tarafından kap buharlaşma verisinin göller, su depolama yapıları ve diğer su kütlelerinden buharlaşma tahmini için başarılı bir şekilde kullanılabildiği özetlenmiştir.

Gibson ve ark. (1994), Kanada' da küçük bir gölden günlük buharlaşmayı bir kombinasyon modeli ve üç adet bağımsız deneysel metot ile sınıadıklarını bildirmişlerdir. Yazarlar ortalama günlük göl buharlaşmasını, iki ardışık yaz boyunca 50 günden fazla bir süre için 3.2 mm/gün ile 2.5 mm/gün arasında olduğunu tahmin etmişlerdir. Yazarlar çalışmada sonucunda Kanada'nın standart buharlaşma haritasının güncellenmesi gerektiğini bildirilmişlerdir.

Xu ve Singh (2000), buharlaşmanın belirlenmesi için sekiz adet radyasyon tabanlı denklemi, beş adet genellenmiş form içinde değerlendirdiklerini belirtmişlerdir. Yazarlar, kalibre edilmiş sabit değerlerin orijinal değerler yerine kullanıldığında ise beş denklemden dördünün olumlu şekilde düzelmiş olduğunu ifade etmişlerdir.

Xu ve Singh (2001), her biri tipik bir modeli temsil eden yedi adet sıcaklık verisine dayalı modeli, buharlaşmayı belirlemek amacıyla iki adet meteorolojik istasyondan alınan verilere uygulamışlardır. Sonuçta aylık buharlaşma değerleri için kalibre edilmiş Blaney-Criddele metodunun her iki istasyon için tüm aylar boyunca en az hata ürettiğini ifade etmişlerdir.

Irmak ve Haman (2003), Florida' nın nemli iklim koşulları altında ölçülen meteorolojik parametreleri, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmayı tahmin eden beş adet tahmin modeline uyguladıklarını belirtmişlerdir. Sonucunda KNF yönteminin en iyi kap buharlaşma tahmini sağladığı ifade etmişlerdir.

A Sınıfı Buharlaşma Kabından Olan Günlük Buharlaşmanın Modellerle Tahmini isimli yüksek lisans tezinden yararlanılarak hazırlanan bu çalışmada, Samsun İli gibi nemli iklim koşulları altında uzun yıllar verisi olmadığından tek yıllık verileri kullanarak modeller yardımıyla tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} verilerinin birbiriyle uyumluluk performanslarının irdelenmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Samsun İli, Karadeniz Bölgesi'nin Orta Karadeniz Bölümü'nde yer almaktadır. Sahil şeridi Karadeniz ikliminin etkisinde yazları sıcak ve nemli ve kışları serin olmasına karşın iç kesimlerde kışlar soğuk ve kar yağışlı yazları ise serindir (Anonim, 2016a). Meteorolojik istatistiklere göre Samsun şehir merkezinin uzun yıllar (1950-2015) toplam yıllık yağış ortalaması 706.3 mm'dir (Anonim, 2016b).

Bu çalışmada kullanılan A sınıfı buharlaşma kabının ve meteorolojik verilerin günlük değerleri; 41° 35' kuzey enleminde, 36° 25' doğu boylamında ve deniz seviyesinden 4 m yükseklikte konumlandırılmış bulunan Samsun İli, Atakum İlçesi, Atakent mevkiinde bulunan Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Meteoroloji istasyonunda ölçülen ve bu çalışmada kullanılan günlük meteorolojik parametreler; maksimum, ortalama, minimum hava sıcaklıkları; maksimum, ortalama, minimum bağıl nem; ortalama hava basıncı; rüzgâr hızı; güneşlenme süresi; A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmadır. Buradaki buharlaşma kabı çelikten yapılmış olup, yuvarlak biçimde çapı 121 cm ve derinliği 25 cm'dir. Kabin kurulması ve işletilmesi Allen ve ark. (1998)'e göre yapılmıştır. Kap okumaları her gün sabah saat 9:00' da gerçekleştirilmiştir.

Buharlaşma tahmini için geçmişten günümüze birçok model mevcuttur. Bu çalışmada ilgili buharlaşma modelleri seçilirken gereken verilerin mevcudiyeti, mevcut modellerin istediği verilerin birbirine yakın olması (Modellerden elde edilen sonuçların birbirleri ile karşılaştırılabilir olmasını sağlamaktadır.) dikkate alınarak KNF ve Christiansen modelleri seçilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan Kohler-Nordenson-Fox (KNF) (1955) modeli:

$$E_{pan} = \frac{\Delta R_n + \gamma_p E_a}{\Delta + \gamma_p} \quad (1)$$

Eşitlikte; E_{pan} : günlük kap buharlaşma miktarı (mm/gün), R_n : günlük net radyasyon (mm/gün), Δ : havanın mevcut sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı eğrisinin eğimi ($kPa/^\circ C$), γ : psikrometrik sabit ($kPa/^\circ C$), P : atmosferik basınç (kPa), E_a : aerodinamik fonksiyon olup Eşitlik 2 ile hesaplanmaktadır (mm/gün).

Aerodinamik fonksiyon olan E_a : Kohler ve ark. (1955), tarafından Amerika Birleşik Devletler' inin dört tane bölgesinden elde edilen kap buharlaşma verisi kullanılarak geçerliliği kanıtlanmıştır. İlgili denklem şu biçimdedir:

$$E_a = 25,4 \times [0,296 \times (e_s - e_a)^{0,88} \times (0,37 + 0,00255 \times u_p)] \quad (2)$$

Eşitlikte; E_a : aerodinamik fonksiyon (mm/gün), U_p : A sınıfı kabin 15,2 cm üstündeki rüzgâr hızı (km/gün), e_s : doymuş buhar basıncı (kPa), e_a : gerçek buhar basıncı (kPa), $e_s - e_a$: buhar basıncı açığıdır (kPa).

10 m ölçülen rüzgâr hızını istenilen yüksekliğe çevirme formülü şu şekildedir (Anonim, 2016c).

$$\frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{Z_1}{Z_2} \right)^n \quad (3)$$

Eşitlikte; u_1 : toprak yüzeyi üstünde z_1 metre' deki rüzgâr hızı (m/s), u_2 : toprak yüzeyi üstünde z_2 metre' deki rüzgâr hızı (m/s), z_1 : toprak yüzeyi üstünde ölçüm yüksekliği (m), z_2 : toprak yüzeyi üstünde ölçüm yüksekliği (m), n : sabit katsayıdır (1/7).

Kohler ve ark. (1955), Lamoreux (1962) ve Jensen (1974), kabın tabanında ve yanları boyunca duyulur ısı akışının etkisini A sınıfı kap için izah ederek net radyasyon ($R_n\Delta$) etkisi hesaplamak için aşağıdaki denklemi önermişlerdir.

$$R_n\Delta = 154,4 \exp[(1,8T - 180)(0,1024 - 0,01066 \ln(0,239R_s)) - 0,01544] \quad (4)$$

Eşitlikte; T : ortalama günlük hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$), R_s : yeryüzüne ulaşan uzay radyasyonudur ($\text{j}/\text{cm}^2/\text{gün}$).

Bu çalışmada kullanılan Christiansen (1968) modeli:

$$E_{\text{pan}} = 0,473 R_a \times C_T \times C_w \times C_H \times C_S \times C_E \times C_M \quad (5)$$

Eşitlikte; E_{pan} : günlük kap buharlaşma miktarı (mm/gün), R_a : atmosferin dış yüzeyine ulaşan güneş radyasyonu (mm/gün), C_T : sıcaklık katsayısı, C_w : rüzgâr hızı katsayısı, C_H : nem katsayısı, C_S : güneşlenme oranı katsayısı, C_E : yükseklik katsayısı, C_M : Christiansen'in mevsimsel etkiler ve ısı depolama için gerekli aylık bir katsayıdır. Bu katsayı Burman (1976), tarafından önerildiği gibi 1 olarak alınmıştır.

Sıcaklık katsayısının (C_T) bulunması aşağıdaki ilişki ile verilmiştir.

$$C_T = 0,393 + 0,5592 \left(\frac{T_c}{20}\right) + 0,04756 \left(\frac{T_c}{20}\right)^2 \quad (6)$$

Eşitlikte; T_c : ortalama günlük hava sıcaklığıdır ($^{\circ}\text{C}$).

Rüzgâr katsayısının (C_w) bulunması aşağıdaki ilişki ile verilmiştir.

$$C_w = 0,708 + 0,327 \left(\frac{W}{96,6}\right) - 0,036 \left(\frac{W}{96,6}\right)^2 \quad (7)$$

Eşitlikte; W : buharlaşma kabının üstündeki günlük ortalama rüzgâr hızıdır (km/gün).

Bu çalışmada kullanılan A sınıfı buharlaşma kabı; zemin üzerinde 5 cm kalınlığında sıkıştırılmış toprak, onun üzerinde 15 cm yüksekliğinde ahşap iskele platform, onun üzerinde 25 cm yüksekliğinde buharlaşma kabı düşünüldüğünde toplam olarak rüzgâr zeminden 45 cm yukarıda ölçülmesi gerekmektedir. Bu durumda Eşitlik 3 kullanılmıştır.

Nem katsayısının (C_H) bulunması aşağıdaki ilişki ile verilmiştir.

$$C_H = 1,250 - 0,348 \left(\frac{H_M}{H_0}\right) + 0,120 \left(\frac{H_M}{H_0}\right)^2 - 0,0218 \left(\frac{H_M}{H_0}\right)^4 \quad (8)$$

Eşitlikte; H_M : ortalama günlük bağıl nemdir (%), H_0 : sabit bir katsayıdır (40).

Güneşlenme katsayısının (C_s) bulunması aşağıdaki ilişki ile verilmiştir.

$$C_S = 0,542 + 0,64 \left(\frac{S}{S_0}\right) - 0,4992 \left(\frac{S}{S_0}\right)^2 + 0,3174 \left(\frac{S}{S_0}\right)^3 \quad (9)$$

Eşitlikte; S: güneşlenme oranıdır (Birimsizdir.).

S_0 : bulutluluk verisi (SC) ondalık olarak mevcut olduğundan 0,80 değeri kullanılmıştır.

Bazı yerler için gökyüzü örtüsü (SC), bulut örtüsü (CC) veya bulutsuzluk verileri mevcut olabilirken S için bu böyle değildir. Christiansen (1968), Amerika Birleşik Devletleri'nin farklı bölgeleri içinde 32 meteoroloji istasyonunda 12 ay için S ve SC arasında bir karşılaştırma yapmış ve S'yi hesaplamak için aşağıdaki denklemi önermiştir.

$$S = 1 - 0,016 SC - 0,0084 SC^2 \quad (10)$$

Eşitlikte; SC: gökyüzü örtüsüdür (0 - 10).

Yükseklik katsayısının (C_E) bulunması aşağıdaki ilişki ile verilmiştir.

$$C_E = 0,970 + 0,030 (E/305) \quad (11)$$

Eşitlikte; E: konum yüksekliğidir (m).

Modellerin mantıklı ve doğru sonuçlar verip vermediğini anlamak ayrıca modellerin birbirlerine göre performanslarını karşılaştırmak için günlük ve aylık sonuçlar üzerine istatistiksel kontrol yöntemleri uygulanmıştır. Bu bağlamda ilgili model sonuçları ile gözlenen veriler arasında regresyon katsayısı (R^2), ortalama karekök hatası (RMSE), ortalamadan sapma (AD), ortalama nispi yüzde hata (ARPE) ve yeterlilik katsayısı (CE) istatistikleri hesaplanmıştır.

A) Regresyon testi (R^2): İki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan test metodudur. Regresyon katsayısı ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı, eğer ilişki var ise bunun gücü hakkında bilgi edine bilinir (Anonim, 2016d).

B) Ortalama karekök hatası (RMSE): Ölçüm ile tahmin değerleri arasındaki farkın standart sapmasını temsil etmektedir (Anonim 2016e). Ortalamadan sapma yönteminden farkı hata miktarını büyütmesidir. Bu yöntemde sonuç – değer alamaz sonuç sıfır değeri alırsa karşılaştırılan veriler arasında hata oranı yok yani tahmin mükemmel demektir.

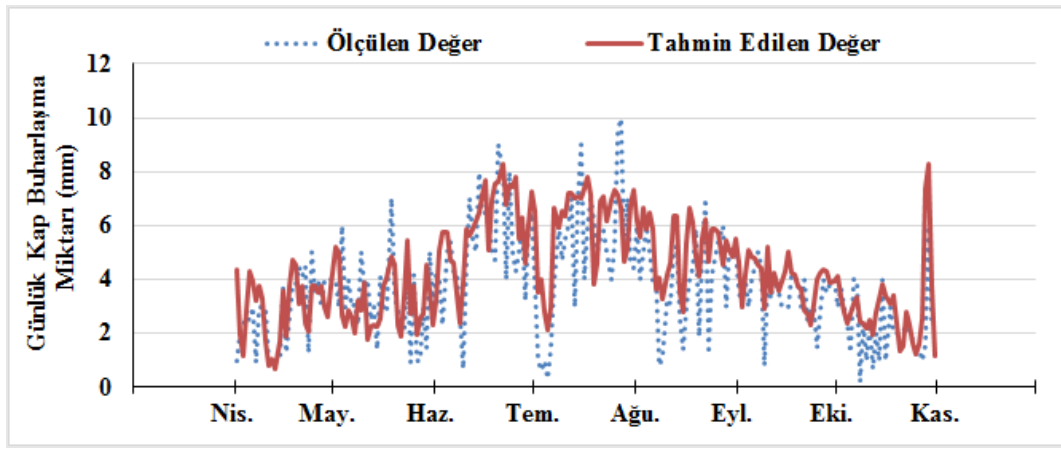
C) Ortalamadan sapma (AD): Bu yöntem model tahmininin ortalamadan sapma miktarını göstermektedir. Bu yöntemde – sonuç çıkamaz sonuç hep + değerlidir. Ancak buradan modellerin hep fazla tahmin ettiğini sonucu çıkarılmamalıdır. Yöntem sonucunda alınan sapma miktarı sapmanın şiddetini vermektedir. Bu sapma – ya da + yönlü olabilmektedir (Öztekin, 2006).

D) Ortalama nispi yüzde hata (ARPE): Yüzde olarak sonuç vermektedir. Sonuç + çıkıyorsa model fazla buharlaşma tahmin ediyor demektir. + değerinin yanındaki rakam ise modelin fazla tahmininin şiddetini vermektedir. Sonuç – çıkıyorsa model düşük buharlaşma tahmin ediyor demektir. – değerinin yanındaki rakam ise modelin düşük tahmininin şiddetini vermektedir (Öztekin, 2006).

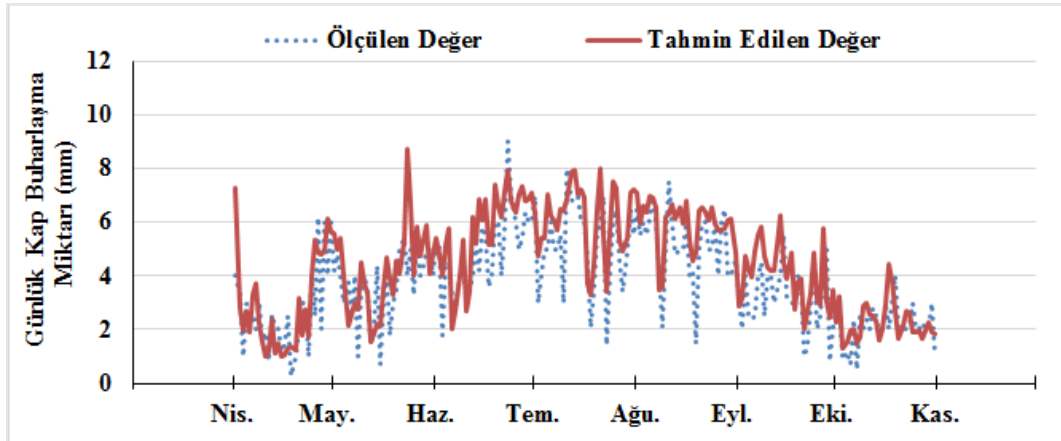
E) Yeterlilik katsayısı (CE): CE testi ölçülen ile tahmin edilen buharlaşma arasındaki doğal varyasyonun yüzde olarak hatasını değerlendirmektedir. CE testi 1 değeri aldığıda yapılan tahmin mükemmel demektir. CE testi 0 değeri aldığıda gözlemlenen ile tahmin edilen veriler arasında tesadüfi ilişki var demektir. CE testi - değerini aldığıda yapılan tahminin düşük kaldığını, - değerinin yanındaki rakam ise bunun şiddetini vermektedir (Öztekın, 2006).

3. Bulgular ve Tartışma

2012 ve 2013 yılları için günlük olarak, KNF modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} değişimleri sırasıyla Şekil 1 ve 2’de verilmiştir. İlgili şekiller incelendiğinde, KNF modeli sonuçlarının ölçülen buharlaşma hattını yakından takip etmesine rağmen, modelin özellikle çok yüksek ya da çok düşük buharlaşma miktarlarını doğru tahmin edemediği görülmektedir.



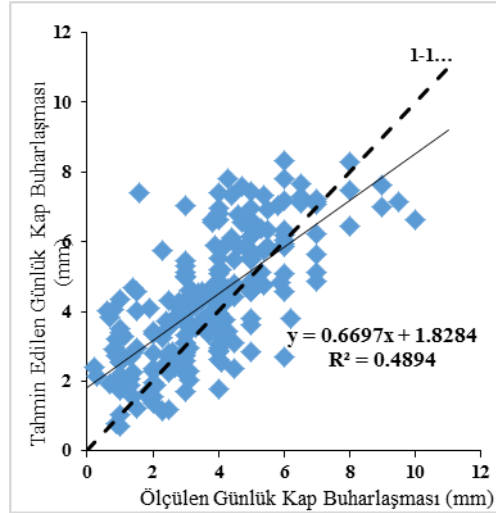
Şekil 1. 2012 yılı KNF modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} günlük değerleri
Figure1. E_{pan} daily values predicted with KNF model and measured in the station for the year 2012



Şekil 2. 2013 yılı KNF modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} günlük değerleri
Figure2. E_{pan} daily values predicted with KNF model and measured in the station for the year 2013

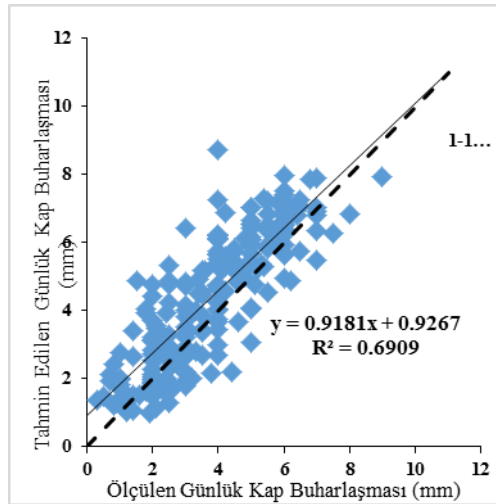
2012 ve 2013 yılları için günlük olarak, KNF modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} değerlerine ait regresyon grafikleri eşitlikleri ile birlikte sırasıyla Şekil 3 ve 4’te

verilmiştir. 2012 yılı için günlük, ölçülen ve tahmin edilen E_{pan} değerlerinin % 48'lik bir kısmında doğrusal bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. 2013 yılı için günlük, ölçülen ve tahmin edilen E_{pan} değerlerinin % 69'luk bir kısmında doğrusal bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. Şekil 3 ve 4'de 1-1 doğrusundan anlaşıldığı üzere, ölçülen günlük E_{pan} miktarlarının (0-7 mm/gün) değerleri için KNF modeli çoğunlukla yüksek buharlaşma miktarı tahmin etmiştir. Diğer taraftan ölçülen günlük E_{pan} çok yüksek (7-10 mm/gün) değerleri için ise modelin genellikle düşük buharlaşma miktarı tahmin ettiği görülmektedir.



Şekil 3. 2012 yılı KNF modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} günlük değerlerine ait regresyon grafiği

Figure 3. E_{pan} daily values the regression graph between predicted with the KNF model and measured in the station for the year of 2012



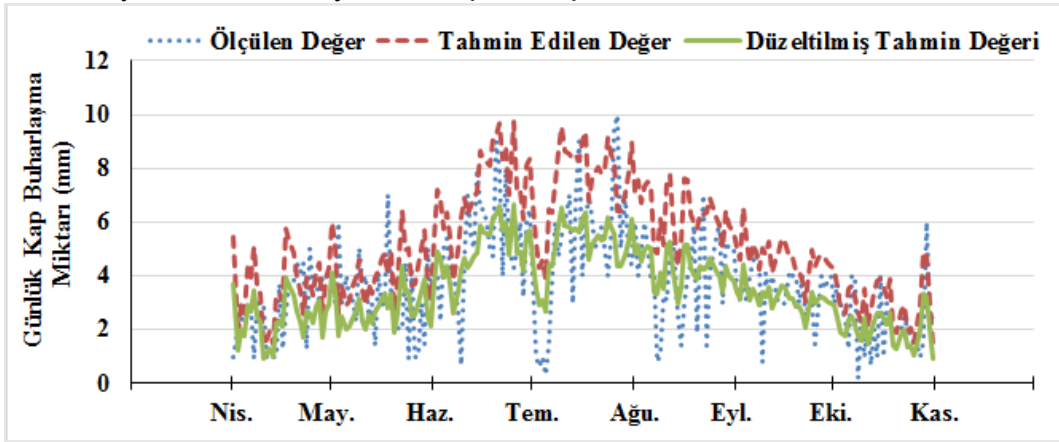
Şekil 4. 2013 yılı KNF modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} günlük değerlerine ait regresyon grafiği

Figure 4. E_{pan} daily values the regression graph between predicted with the KNF model and measured in the station for the year of 2013

2012 ve 2013 yılları için günlük olarak, Christiansen modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} değişimleri sırasıyla Şekil 5 ve 6'de verilmiştir. İlgili şekiller incelendiğinde, Christiansen modeli sonuçlarının aşırı buharlaşma tahmin ettiği görülmektedir.

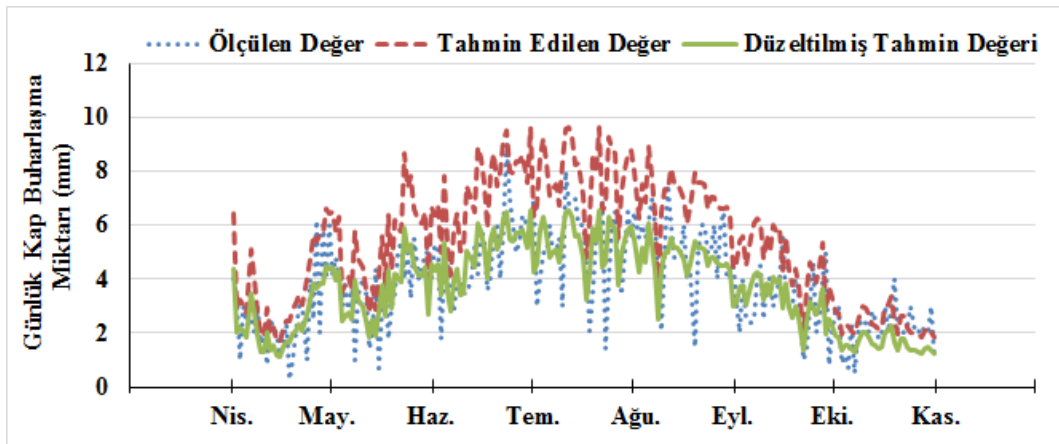
Christiansen bu modeli esas olarak yüksek rakıma yerleştirilmiş istasyonlardan elde edilen veriler ile geliştirmiştir. Burman (1976)' da, - 30 m dan + 960 m aralığında yüksek ve düşük rakımlar için Christiansen modelini de içine alan üç adet buharlaşma kabı tahmin modelini değerlendirmiştir. Sonuçta ise Christiansen modelinin, Afrikanın + 960 m rakımlı Ruzizi Vadi bölgesinde ölçülen değerler ile yakın tahmin sağlayan tek model olduğu sonucunu çıkarmıştır (Irmak ve Haman, 2003). Yani bu model hem ekvatorial hem de yüksek rakımlı yerler için üretilmiştir.

Christiansen modeli eğer uygun bir küçültme katsayısı ile çarpılırsa gerçek ölçülen buharlaşmayı çok yüksek bir uyumda yakalayabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda Christiansen modelinin ihtiyaç halinde Samsun ilinde kullanılabilmesi için 0.322 değerinde bir katsayı üretilmiştir. Bu katsayının düzeltilmiş tahmin değeri adı altında eğim grafiği çizdirilmiştir. Bu katsayının nasıl üretildiği, makalenin ilerleyen kısmında detaylı olarak açıklanmıştır.



Şekil 5. 2012 yılı Christiansen modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} günlük değerleri

Figure 5. E_{pan} daily values predicted with Christiansen model and measured in the station for the year 2012

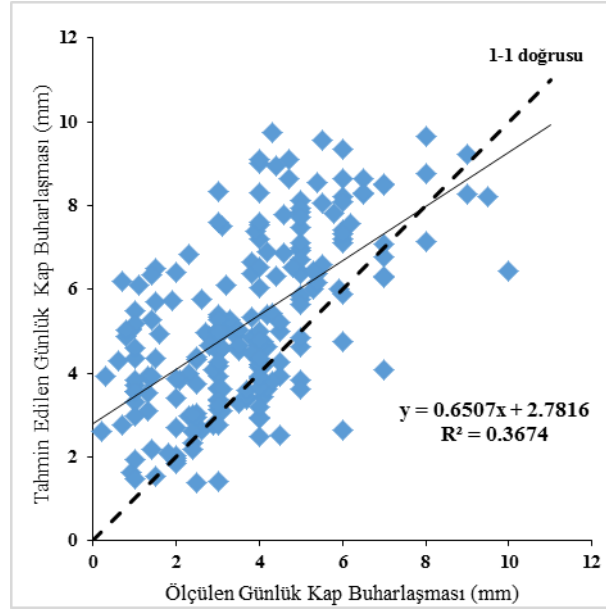


Şekil 6. 2013 yılı Christiansen modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} günlük değerleri

Figure 6. E_{pan} daily values predicted with Christiansen model and measured in the station for the year 2013

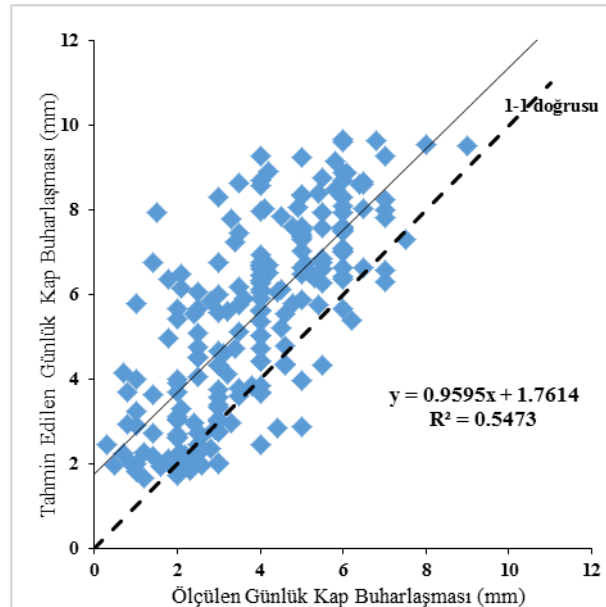
2012 ve 2013 yılları için günlük olarak, Christiansen modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} değerlerine ait regresyon grafikleri eşitlikleri ile birlikte Şekil 7 ve 8'de

verilmiştir. 2012 yılı için günlük, ölçülen ve tahmin edilen E_{pan} değerlerinin % 36'lık bir kısmında doğrusal bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. 2013 yılı için günlük, ölçülen ve tahmin edilen E_{pan} değerlerinin % 54'lük bir kısmında doğrusal bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. Şekil 7 ve 8'de 1-1 doğrularından anlaşıldığı üzere, ölçülen günlük E_{pan} miktarlarının (0-9 mm/gün) değerleri için Christiansen modeli genellikle çok yüksek buharlaşma miktarı tahmin etmiştir.



Şekil 7. 2012 yılı Christiansen modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} günlük değerlerine ait regresyon grafiği

Figure 7. E_{pan} daily values the regression graph between predicted with the Christiansen model and measured in the station for the year of 2012



Şekil 8. 2013 yılı Christiansen modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen E_{pan} günlük değerlerine ait regresyon grafiği

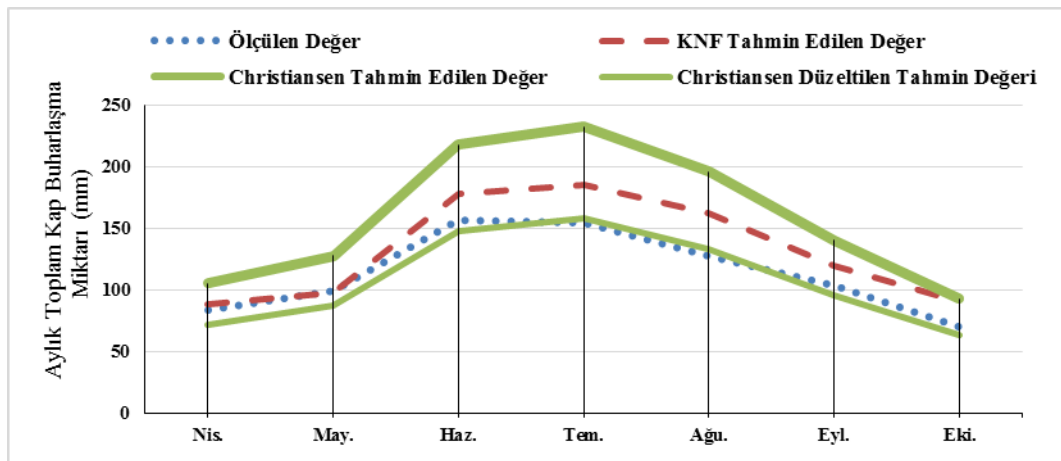
Figure 8. E_{pan} daily values the regression graph between predicted with the Christiansen model and measured in the station for the year of 2013

Çizelge 1. 2012 ve 2013 yılları günlük olarak, tahmin edilen ve ölçülen E_{pan} istatistik sonuçları

Table 1. Daily E_{pan} statistical results predicted and measured for the years 2012 and 2013

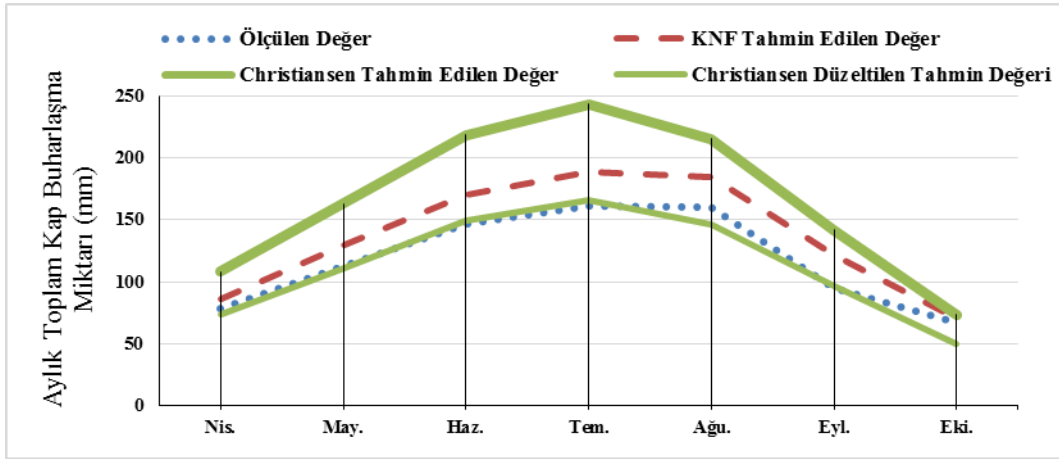
Yıl	Model	İstatistik				
		R^2	RMSE	AD	ARPE	CE
2012	KNF	0.48	1.54	1.19	16.12	0.32
	Christiansen	0.36	2.27	1.79	39.84	-0.47
2013	KNF	0.69	1.23	0.98	15.97	0.49
	Christiansen	0.54	2.20	1.76	41.88	-0.61

2012 ve 2013 yılları için, KNF ve Christiansen modelleri ile tahmin edilen (günlük tahminler toplanarak) ve istasyonda ölçülen A sınıfı buharlaşma kabı miktarlarının (günlük ölçümler toplanarak) aylık değişimleri Şekil 9 ve 10'da verilmiştir. Her iki yıl için aşağıdaki şekiller incelendiğinde, KNF modelinin ölçüm grafiğini aynı kesim noktaları üzerinde biraz yukarıdan takip ettiği görülmektedir. Her iki yıl için Christiansen modeli tüm aylarda aşırı yüksek buharlaşma tahmin etmiştir. Öte yandan Şekil 9 ve 10 dikkatli incelendiğinde Christiansen modeli ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen aylık E_{pan} değerlerinin belli bir oran simetrisinde birbirine paralel gittiği görülmektedir. Samsun İli için sulamanın etkin olarak ihtiyaç duyulduğu haziran, temmuz ve ağustos aylarıdır. 2013 yılı için haziran, temmuz ve ağustos ayları ölçülen ve Christiansen modeli ile tahmin edilen E_{pan} değerlerinin birbirine oranlanmasıyla bulunan ortalama değer ($157/217= 0.723$, $155/232= 0.668$, $128/196= 0.653$) olan 0.681' dir. Bu katsayı Christiansen model eşitliğinde (Eşitlik 5) olan 0.473 katsayısı ile çarpılırsa 0.322 katsayısı bulunmaktadır. Sonuç olarak bulunan 0,322 katsayısı Christiansen modelinde orijinal katsayı yerine kullanıldığında tahmin sonuçlarında fazlasıyla düzelme gözlemlenmiştir. Bu gözlemlenen düzelme, Christiansen düzeltilmiş tahmin değeri adı altında Şekil 9 ve 10'da görülmektedir.



Şekil 9. 2012 yılı için istasyonda ölçülen ve modeller ile tahmin edilen E_{pan} aylık değerleri değişimi

Figure 9. E_{pan} monthly value changes measured in the station and predicted with the models for the year 2012



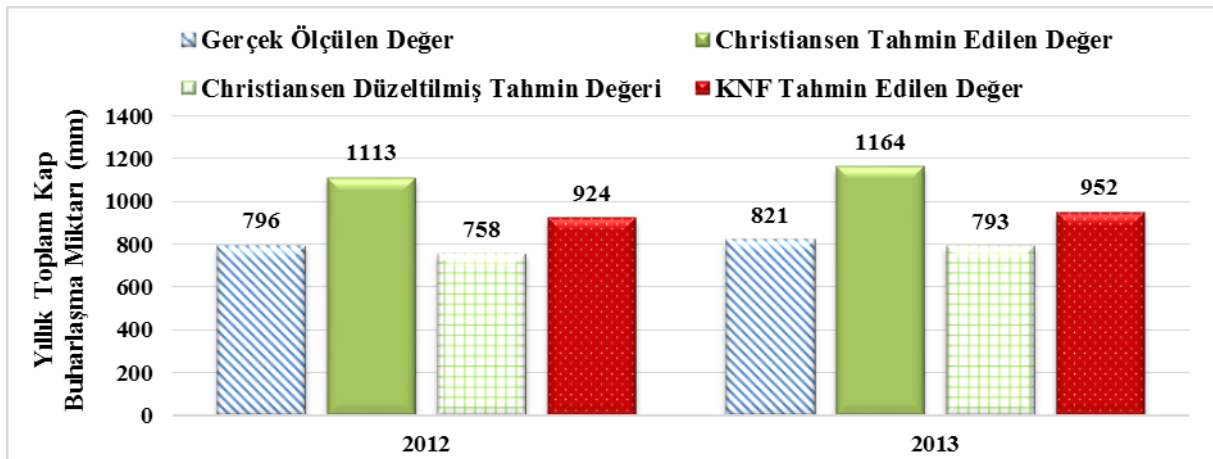
Şekil 10. 2013 yılı için istasyonda ölçülen ve modeller ile tahmin edilen E_{pan} aylık değerleri değişimi

Figure 10. E_{pan} monthly value changes measured in the station and predicted with the models for the year 2013

Çizelge 2. 2012 ve 2013 yılları nisan-ekim ayları boyunca tahmin edilen ve ölçülen E_{pan} aylık istatistik sonuçları (İlgili modellerin regresyon grafikleri verilmemiş bunun yerine sonuçları verilmiştir.)

Table 2. Monthly E_{pan} statistical results predicted and measured during the months from April to October for the years 2012 and 2013. (Regression graphs of the related models were not given, instead, the results were given).

Yıl	Model	İstatistik				
		R^2	RMSE	AD	ARPE	CE
2012	KNF	0.93	21.94	18.68	16.12	0.50
	Christiansen	0.97	50.17	45.31	39.84	-1.58
2013	KNF	0.98	20.81	18.72	15.97	0.66
	Christiansen	0.96	54.46	49.10	41.88	-1.26



Şekil 11. 2012 ve 2013 yılları nisan-ekim ayları boyunca KNF ve Christiansen modelleri ile tahmin edilen ve istasyonda ölçülen toplam E_{pan} değerleri

Figure 11. E_{pan} total values measured in the station and predicted with KNF and Christiansen models during the months from April to October for the years 2012 and 2013.

4. Sonuç

Bu çalışma sayesinde yapay sinir ağı çalışmaları için de kullanılabilir olan KNF ve Christiansen modelleri tekrardan günümüz literatürüne kazandırılmıştır. Diğer taraftan modelleri değerlendirirken 2012 yılları ve 2013 yılları için kendi içlerinde incelenmesi tavsiye edilmektedir. Çünkü her iki yıl birbirinden bağımsızdır. Samsun İli için 2012 yılı temmuz, ağustos ayları ve 2013 yılı ağustos ayı hayli yağışlı geçmiştir. Bu durumda buharlaşmanın azalacağını her iki modelde tahmin edememiştir. Fakat Christiansen modelinde yeniden kalibre edilen değer kullanıldığında bu durumun değiştiği görülmektedir.

Günlük zaman diliminde modeller değerlendirildiğinde, 2012 ve 2013 yılları için KNF modelinin, Christiansen modeline göre regresyon ve CE istatistik değerleri epey yüksek çıkmıştır (bkz. Çizelge 1). Bu durum, Christiansen modelinin günlük ölçülen buharlaşma hattını KNF modeli kadar yakından takip edemediğini göstermektedir (bkz. Şekil 1 ile Şekil 5 ve Şekil 2 ile Şekil 6). Bununla beraber ARPE istatistik değerlerinden anlaşıldığı üzere Christiansen modeli + yönlü ve yüzdesel olarak hatası, KNF' nin iki katından fazladır. Ayrıca AD istatistik değerlerinden anlaşıldığı üzere Christiansen modeli, KNF modeline göre ortalamadan fazla sapmıştır. Sonuç olarak günlük hazırlanacak bir sulama programı için KNF modeli tavsiye edilmektedir.

ARPE ve yüzde hata (%E) istatistiksel olarak birbirine benzemektedir. Irmak ve Haman 2003 yılında 23 yıllık ortalama veri üzerinde yaptıkları bir çalışmada %E'yi KNF modelinde %6, Christiansen modelinde ise %27 olarak bulmuşlardır. KNF modelini nemli bir yıl olan 1983 yılına uyguladıklarında ise %11 gibi bir hata bulmuşlardır. Onlar kendi çalışmalarında KNF modelinin kullanılmasını tavsiye etmektedirler. Bizim tarafımızdan yapılan bu çalışmada ise KNF modeli her iki yıl için yaklaşık %16 hata vermiştir.

2012 ve 2013 yılları aylık zaman dilimin de modeller değerlendirildiğinde fazla buharlaşma tahminini gösteren RMSE, AD ve ARPE istatistik değerleri Christiansen modelinde, KNF modeline göre epey yüksek çıkmıştır (bkz. Çizelge 2). Diğer taraftan aylık değerlendirmede KNF modelin %90 üzerinde bir regresyon katsayısına sahip olduğu görülmektedir. Ampirik modeller anlamında bu büyük bir başarıdır. Bu başarıyı CE testide onaylamaktadır.

Samsun ilinde herhangi bir amaçla göller, su depolama yapıları ve diğer su kütlelerinden buharlaşma tahmini gerektiğinde yukarıdaki veriler ışığında KNF modeli tavsiye edilmektedir. Diğer taraftan Christiansen modeli hem ekvatorial hem de yüksek rakımlı iklimler için geliştirilmiş bir model olduğundan Samsun İli ikliminde doğru sonuçlar verememiştir. Bu model için üretilen 0.322 katsayısı neticesinde çıkan sonuçların istatistiksel testlere sokarak modelin nasıl davrandığı ilerleyen zamanlarda geliştirme aşaması olarak düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Anonim, 2016a. Materyal ve Yöntem, Google Arama Motoru, Vikipedi Özgür Ansiklopedi, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Samsun#Co.C4.9Frafya> (21.11.2016).
- Anonim, 2016b. Materyal ve Yöntem, Google Arama Motoru, Vikipedi Özgür Ansiklopedi, <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=SAMSUN> (21.11.2016).
- Anonim, 2016c. Yöntem, Kullanılan modeller. İTÜ Uzay ve Uçak Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, <http://web.itu.edu.tr/~kaymak/windpower.html> (21.11.2016).
- Anonim, 2016d. Materyal ve Yöntem, Google Arama Motoru, Vikipedi Özgür Ansiklopedi, http://tr.wikipedia.org/wiki/Regresyon_analizi (21.11.2016).
- Anonim, 2016e. Materyal ve Yöntem, Google Arama Motoru, Özgür Ansiklopedi, https://en.wikipedia.org/wiki/Root-mean-square_deviation (21.11.2016).

- Abtew, W., 2001. Evaporation Estimation for Lake Okeechobee in South Florida. *J. Irr. Drainage Eng. Amer. Soc. Civil Eng.* 127(3):140-147.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M., 1998. *Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. Irrigation and Drainage Paper 56, FAO, Rome, Italy.
- Burman, R.D., 1976. Intercontinental comparison of evaporation estimates. *J. Irr. Drainage Div. Amer. Soc. Civil Eng.*, 102(IR1), pp. 109-119.
- Christiansen, J.E., 1968. Pan evaporation and evapotranspiration from climatic data., *J. Irr. Drain. Div. Amer. Soc. Civil Eng.*, No.94 (IR2), pp. 243-265.
- Doorenbos, J. and Pruitt, W. O., 1977. *Crop Water Requirements*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Irrigation and Drainage Paper 24, FAO, Rome, Italy.
- Gibson, J.J., Prowse, T. D. and Edwards, T. W. D., 1994. Evaporation from a small lake in the continental arctic using multiple methods. *Nordic Hydrology*, 27, pp.1-24.
- Hounam, C.E., 1973. Comparison between pan and lake evaporation. Tech. Note 126, World Meteorol. Org., Geneva, Switzerland.
- Irmak, S. ve Haman, D. Z., 2003. Evaluation of five methods for estimating class A pan evaporation in a humid climate. *Florida Agricultural Experiment Station Journal Series*, R-07895, pp. 500-509.
- Jensen, M.E., 1974. Consumptive use of water and irrigation water requirements. Tech. Rpt. Com. Irr. Water Requirements, Irr. Drainage Div., Amer. Soc. Civil Eng., Davis, Calif.
- Kohler, M.A., 1954. Lake and pan evaporation. *Water loss investigations*, vol. 1., Lake Hefner studies. U.S. Geol. Surv., Paper 269.
- Kohler, M.A., Nordenson T.J. and Fox, W.E., 1955. Evaporation from pans and lakes. U.S. Dept. Commerce Res. Paper 38.
- Lamoreux, W.W., 1962. Modern evaporation formula adapted to computer use. *Monthly Weather Rev.*, 90, pp. 26-28.
- Öztekin, T., 2006. A model for estimating the parameters of continuous distributions. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü*, 205 s, Tokat.
- Penman, H.L., 1956. Evaporation. An introductory survey. *Netherlands J. Agr. Sci.*, 4, pp. 9-29.
- Rohwer, C., 1931. Evaporation from free water surfaces. United States Department of Agriculture Washington. D. C., Technical Bulletin, No. 271, pp. 1-96.
- Sellers, W.O., 1965. *Physical climatology*. Univ. Chicago Press, Chicago.
- Sezer, Ç.Ö., 2015. A Sınıfı Buharlaşma Kabından Olan Günlük Buharlaşmanın Modellerle Tahmini. *GOÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Tokat.
- Terzi, Ö., 2004. Eğirdir Gölü'ne ait buharlaşma modellerinin geliştirilmesi ve uygulanması. *Doktora Tezi, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta*.
- Xu, C.Y. and Singh, V. P., 2000. Evaluation and generalization of radiation-based methods for calculating evaporation. *Hydrol. Process.* 14, pp. 339-349.
- Xu, C.Y. and Singh, V. P., 2001. Evaluation and generalization of temperature-based methods for calculating evaporation. *Hydrol. Process.* 15, pp. 305-319.
- Young, A. A., 1945. Evaporation investigation in southern California. U.S. Soc. Conserv. Serv., Div. Irr. Water Conserv. Davis, Calif.