

Evaluation of Evaporation and Runoff in the Göksu Basin according to the Methods of PENMAN and THORNTHWAITE

Fatih Karaosmanoglu (Corresponding author)
Firat University, Turkey, Department of Geography, Elazig, Turkey
E-posta: fkaraosmanoglu@yahoo.com

Halil Gunek
Firat University, Elazig, Turkey, Department of Geography, Elazig, Turkey

Abstract

It is not possible to survive without water for particularly human-being and the other creatures. Especially in recent years, the demand for water has increased exponentially with the increasing use of water such as drinking, irrigation, industry and energy production due to the rapid increase in the human population and the increasing demand for natural resources. It is important to examine and evaluate the stream basins, which are vital for water resources both in the world and in our country, in terms of water potential. Therefore, Göksu Basin, which is an important sub-basin of the Seyhan Basin, which has a significant water potential in our country, is also very important in terms of water potential.

In this study; evaporation and runoff are important parameters to reveal the water potential of Göksu Basin. **PENMAN** and **THORNTHWAITE** methods, which are commonly used in the world and in our country as well as, are used in the calculation of these parameters in the research area. The data obtained from these methods are correlated with the current height parameter produced from the data of Current Observation Station 1805 located in the river mouth of the basin. While the average annual temperature of the basin is 12.8 C°, the annual total precipitation is **860.3 mm**. According to calculation made in accordance with the Penman method, the corrected PE (Potential Evapotranspiration) is **597.1 mm** while the actual evaporation (ET) is calculated as **437.2 mm**. Accordingly, the total runoff in the basin is calculated as **423.3 mm**. (table-4) According to the Thornthwaite method, corrected PE (Potential Evapotranspiration) is **620.9 mm** while the actual evaporation (ET) is calculated as **304.2 mm**. According to this calculation, the runoff is **535.7 mm**.

It is seen that the current height is **429.2 mm**, in the calculation made on the natural currents obtained from the Current Observation Station (COS) 1805 located in the river mouth of the study area. (table 4) In other words, it is the amount of water passing into the runoff in the basin. When the annual average runoff values obtained by the application of both methods are correlated with the current height; Penman has an average of **0.98** while Thornthwaite has an average of **1.24**. When the results of the implementation of both methods are compared; In addition to the parameters such as lithology, vegetation, morphological structure and the temporal course of precipitation vary; In comparison with Thornthwaite method, Penman method has been found to be quite successful with a ratio of **0.98**. On the other hand, it has been found the accuracy of Thornthwaite method with a ratio of **1.24** has been stayed in background with respect to Penman. In the annual average **precipitation** and **current height** correlations, the annual average **actual evaporation (ET)**, Penman is **1.01**, while Thornthwaite is **0.70**, so it has been found that Penman method has a much better performance also in the evaporation likewise the runoff.

In addition, when the parameters of Penman and Thornthwaite methods used for the calculation of evaporation and runoff in Göksu Basin scale have been compared; It is possible to say that the parameters of the Penman method are more rational than Thornthwaite. The fact that the Penman method has been accepted as a **reference** method in research on climate and hydrological processes around the world also confirms processes in question.

Key words: Göksu Basin, Thornthwaite, Penman Method, Water Balance Sheet, Evaporation

Göksu Havzası'nda Buharlaştırma ve Yüzeysel Akışın PENMAN ve THOURNTHWAİTE Yöntemlerine Göre Değerlendirilmesi

ÖZET

Başta insanoğlu ve diğer canlı hayatın yaşaması su olmadan mümkün değildir. Özellikle son yıllarda insan nüfusundaki hızlı artış, doğal kaynaklara ilişkin artan talep nedenleriyle suyun içme, sulama, sanayi ve enerji üretimi gibi kullanım alanlarının artmasıyla suya karşı olan talep katlanarak artmıştır. Gerek dünyada gerekse ülkemizde su kaynakları açısından hayati öneme sahip akarsu havzaları su potansiyeli açısından incelenmesi ve değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Bu vesile ile ülkemizde önemli bir su potansiyeline sahip Seyhan Havzası'nın önemli bir alt havzası olan Göksu Havzası da su potansiyeli bakımından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada; Göksu Havzası'nın Su potansiyelinin ortaya çıkarılmasında buharlaştırma ve yüzeysel akış önemli parametrelerdir. Araştırma alanında bu parametrelerin hesaplanmasında dünyada ve ülkemizde de yaygın olarak kullanılan **PENMAN ve THOURNTHWAİT** yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerden elde edilen veriler havzanın mansap kesiminde yer alan 1805 nolu Akım Gözlem İstasyonu verilerinden üretilen Akım yüksekliği parametresi ile korela edilmiştir. Havzanın yıllık ortalama sıcaklığı 12.8 C° iken, yıllık toplam yağış **860.3 mm** dir. Penman yöntemine göre yapılan hesaplama göre düzeltilmiş PE(Potansiyel Evapotranspirasyon) **597.1 mm** iken gerçek buharlaştırma (ET) ise **437.2 mm** olarak hesaplanmıştır. Buna göre havzada toplam yüzeysel akış da **423.3 mm** olarak hesaplanmıştır.(tablo-4) Thourthwaite yöntemine göre ise düzeltilmiş PE(Potansiyel Evapotranspirasyon) **620.9 mm** iken gerçek buharlaştırma (ET) ise **304.2 mm** olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre yüzeysel akış **535.7 mm** dir.(tablo-4)

İnceleme alanının mansap kesiminde yer alan 1805 nolu Akım Gözlem İstasyonundan (AGİ) elde edilen doğal akımlar üzerinden yapılan hesaplamada ise **429.2 mm** akım yüksekliği olduğu görülmektedir.(tablo-4) Yani diğer bir ifadeyle havzada yüzeysel akışa geçen su miktarıdır. Her iki yöntemin uygulanması sonucu elde edilen yıllık ortalama **yüzeysel akış** değerleri, Akım yüksekliği ile korela edildiğinde; Penman'a göre **0.98** iken Thournwaite ise **1.24** gibi bir oranlamalara sahiptir. Her iki yöntemin uygulama sonuçları, kendi arasında kıyaslandığında; havzanın litoloji, bitki örtüsü, morfolojik yapısı, yağışın zamansal seyri gibi parametreler farklılık göstermekle beraber Thournwaite yöntemine göre **0.98** gibi bir oranla Penman yönteminin oldukça başarılı olduğu gözlenmiştir. Buna karşılık Thournwaite yönteminin ise **1.24** gibi bir oran ile doğruluğunun Penman'a göre ikinci planda kaldığı görülmüştür. Yıllık ortalama **gerçek buharlaştırma(ET)** da ise yıllık ortalama **yağış** ve **akım yüksekliği** korelasyonunda; Penman **1.01** iken, Thournwaite ise **0.70** gibi oranlarla Penman yönteminin buharlaşmada da yüzeysel akışa benzer şekilde çok daha iyi bir performans gösterdiği saptanmıştır.

Ayrıca Göksu Havzası ölçeğinde, buharlaştırma ve yüzeysel akış hesaplaması için kullanılan Penman ve Thornwaite yöntemlerine ait parametreler karşılaştırıldığında; Penman yöntemine ait parametrelerin Thournwaite göre daha rasyonel kurgulandığını söylemek mümkündür. Penman yönteminin dünya çapında yapılan iklim ve hidrolojik süreçlere ilişkin araştırmalarda, **referans** bir yöntem olarak kabul görmüş olması da söz konusu süreçleri doğrular niteliktedir.

Key words: Göksu Havzası, Thornthwaite, Penman Yöntemi, Su Bilançosu

1. GİRİŞ

Suyun hidrolojik döngü ve yeryüzüne dağılımında doğal faktörlerden sadece meteorolojik faktörler etkili olmayıp, bunun yanında jeoloji (litoloji-tektonik), topografya, toprak, bitki örtüsü, hidrografik sistem, beşeri özellikler de hidrolojik döngüsü üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır. Bu bakımdan gerek Thornthwaite yöntemi gerekse Penman yöntemi birbirlerinden farklı kriterlere sahip olsada buradaki asıl amaç hidrolojik döngüde suyun buharlaşma ve yüzeysel akış arasında tutarlı bir denge kurmaktır. Söz konusu yöntemler yağış-sıcaklık-buharlaşma esasına dayalı bir şekilde formülize edilmekle beraber diğer faktörler de bu formül içerisinde belirli ölçütlerde değerlendirilmiştir.

Günümüzde her geçen gün su kaynakları ve akarsu havzaları üzerindeki baskı giderek artmaktadır. Akarsu havzaları üzerinde sayıları artarak devam eden proje, inşaa ve işletme halindeki baraj, HES, gölet v.b su yapıları, su kaynakları ve havzaların yönetimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Canlılar ve doğa için vazgeçilmez bir unsur olan su, bitkilerin en önemli ihtiyaçlarından da birisidir. Bitkilerin hayatsal faaliyetlerini sürdürmesinin yanı sıra tarım, sanayi, ulaşım gibi alanlarda da onun meydana getirdiği imkânlardan yararlanılmaktadır (Akın ve Akın, 2007). Hava ve iklim, insan etkinliklerini, insanın refahını ve sağlığını çok değişik yollardan etkiler. Gerçekte, iklim, insanoğlunun yaşama gereksinimlerini karşılayan kaynağın kendisidir. İnsanoğlu, yüzyıllar boyunca, barınaklarını, yiyecek ve enerji üretimlerini genel olarak iklim ve çevre koşullarıyla uyumlu bir yaşam tarzı oluşturmak için düzenlemiş ve kendisini bu kaynağa uyarlamıştır (Türkeş, 2001).

Buharlaşma (ET) hidrolojik döngünün önemli bir bileşenidir ve iklimde arazi yüzey süreçlerinin anlaşılmasında gereklidir. Ekosistem ve tarım çalışmalarındaki verimlilik gerçek buharlaşmayla (ET) yakın ilişkilidir. Uygulamada, gerçek buharlaşmanın (ET) tahmini, genellikle toprak nemi ve potansiyel buharlaşmayla ilgili bilgi kullanılarak yapılmaktadır (Dyck, S, 1983). Islak yüzey buharlaşması olarak ifade edilen potansiyel buharlaşma (PET), su varlığında sınırlı bir faktör olmadığı gibi atmosferik koşullar ve enerji mevcudiyeti tarafından yönetilen gerçek buharlaşmadır. Böylelikle potansiyel buharlaşma yüzey tiplerini ve atmosferi zorlayan bir işlevdedir. Yüzey tiplerinin etkisini gidermede referans gerçek buharlaşma konsepti, ürün tipine bağlı ürün gelişimi ve yönetim uygulamaları atmosferin buharlaşma talebini çalışmaya sunulmuştur (Allen et al, 1998).

Hava sıcaklığı geniş ölçüde değişebilir bir durumda olduğu için, (ET) yi tahmin etmek için sahanın sadece enlem ve sıcaklığını geniş ölçüde kullanan Thornthwaite tarafından basit bir şekilde geliştirilen Thornthwaite metodu, literatürde geniş ölçüde kullanılmaktadır. Fakat metod enlem ve sıcaklıktan hesaplanabildiği için kurak ve yarı kurak alanlar için yanlış buharlaşma tahmini oluşturmaktadır. (Jensen, ME, 1973). Thornthwaite yöntemiyle asıl amaç her ne kadar iklim sınıflandırması yapmak olsa da, tarım hidrojeoloji, su kaynaklarının geliştirilmesi gibi konularda evapotranspirasyonun doğrudan hesaplanmadığı durumlarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Böylelikle evapotranspirasyonun hesaplanması için hazırlanan su bilançosu çizelgesi kullanılarak iklim tipi belirlenebilmektedir (Bacanlı ve Saf, 2005). Bir çok araştırmacı iklim sınıflandırma yöntemlerini kullanarak bazı bölgelere ait su bilançosu ile iklim tipleri, özellikle su açığı belirlenmeye çalışmıştır (Yeşilnacar ve ark.,1998)

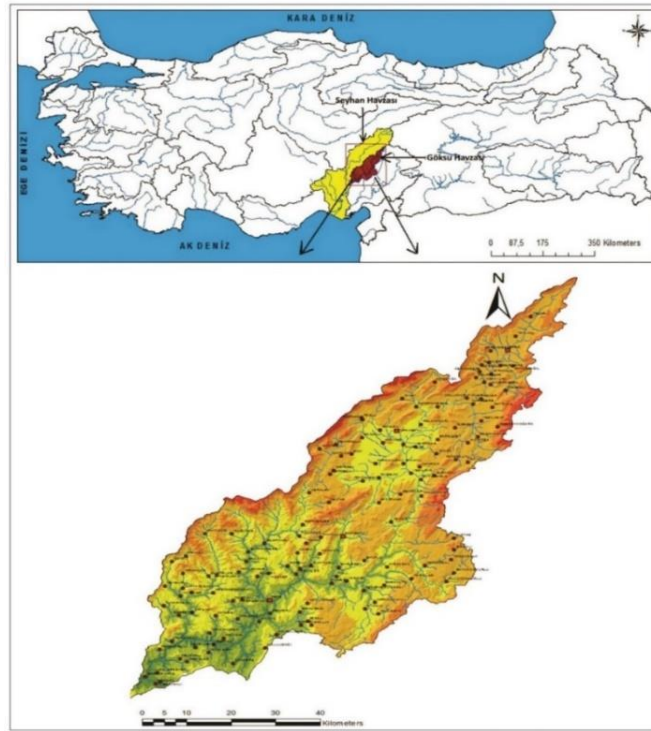
Penman 1948'de iklim değerleri (güneşlenme, sıcaklık, nem ve rüzgar hızı) kayıtlarını ele alarak açık su yüzeyinden buharlaşma formülünü geliştirmiştir. Monteith tarafından bu yöntem 1976'da aerodinamik ve yüzey direnci faktörleri eklenerek bitkiler için daha da geliştirilmiştir. 1990 yılında ise FAO tarafından, çeşitli uzmanlar bir araya gelerek FAO Penman- Monteith yöntemi adını ortaya çıkartmışlardır. Bu yöntem farklı ülkeler arasında farklı adlandırılmasına rağmen potansiyel su tüketiminin yerine 'referans bitki su tüketimi' kavramı ile FAO56- PM olarak kullanılmaya başlamıştır (Koç ve Güner, 2005; İlhan ve Utku, 1998; Allen ve ark., 1994). Bu metod, Amerikanın merkez doğusuna iklim olarak benzer olmayan alanlarda kullanımı önerilmemesine rağmen, Brezilya'da yapılan bir çalışmada, Potansiyel evapotranspirasyonu hesaplamak için basitleştirilmiş bir tahmin metodu geliştirilmiştir. Bu metod belirli bir tarım ekosistemi için atmosfere su buharı transfer sürecini, evapotranspirasyon oranlarının günlük değerlerini dikkate alarak Penman yaklaşımına dayanarak geliştirilmiştir. Ek olarak, Bowen oranının (b) klasik ifadesi, aynı zamanda, latent ısı akışı (LE) de taşıyan hava türbülanslı akımı ile bağlantılı olarak buharlaşan yüzeyden çıkan hisedilir ısı akışı (H) göz önüne alınarak burada modifiye edilmiştir. Bu uygulama, sonucunda panman yaklaşımının 0,92 gibi doğruluk oranıyla farklı iklim bölgelerinde kullanılabileceğini göstermiştir (Nilson, and ark, 2006). Çin'de bazı araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Thornthwaite metodunun yanında Penman metodu da çok farklı iklim bölgelerinde çalışılarak uygulanabilirliği belirlenmiştir. (Chen, D, and ark., 2005).

Bu çalışmanın amaçları şunlardır: (1) Penman-Monteith ve Thornthwaite yöntemlerini kullanarak Göksu havzasının gerçek ET'ı tahmin etmek; (2) Thornthwaite değerleri ile Penman-Monteith tdeğerlerini

karşılaştırmak ve (3) Thornthwaite yönteminin ve Penman-Monteith yönteminin akış değerlerinin bölgenin gerçek akış değerleri ile ne derece duyarlı olabileceğini belirlemektir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Göksu Havzası (Adana-Seyhan), ülkemizde 26 havzadan biri olan Seyhan Havzası'nın önemli bir alt havzasıdır. Göksu Havzası çoğunluğu Akdeniz Bölgesi, Adana bölümü, sınırları içinde Orta Toros Orojenik kuşağının doğu kesiminde yer almaktadır. Havza, kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanış göstermektedir. Matematik konum özellikleri bakımından $37^{\circ} 33'$ - $38^{\circ} 40'$ kuzey enlemleri ile $35^{\circ} 35'$ - $36^{\circ} 41'$ doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil:1). Havzanın batısında, kuzeydoğu-güneybatı yönde uzanış gösteren Tahtalı Dağları, doğusunda kuzeydoğu-güneybatı yönde uzanış gösteren Dibek dağlık kütlesi, kuzeydoğuda ise dağ birimi içinde yer alan Binboğa Dağlık kütlesi ile çevrilmektedir. Bu çalışmada; Seyhan Havzası'nın alt havzası olan Göksu Havzası seçilmiştir. Havza yaklaşık 4.392 km^2 'lik bir alan kaplamaktadır. Göksu Havzası genel olarak kuzeydoğu-güneybatı konumunda uzanış göstermektedir.

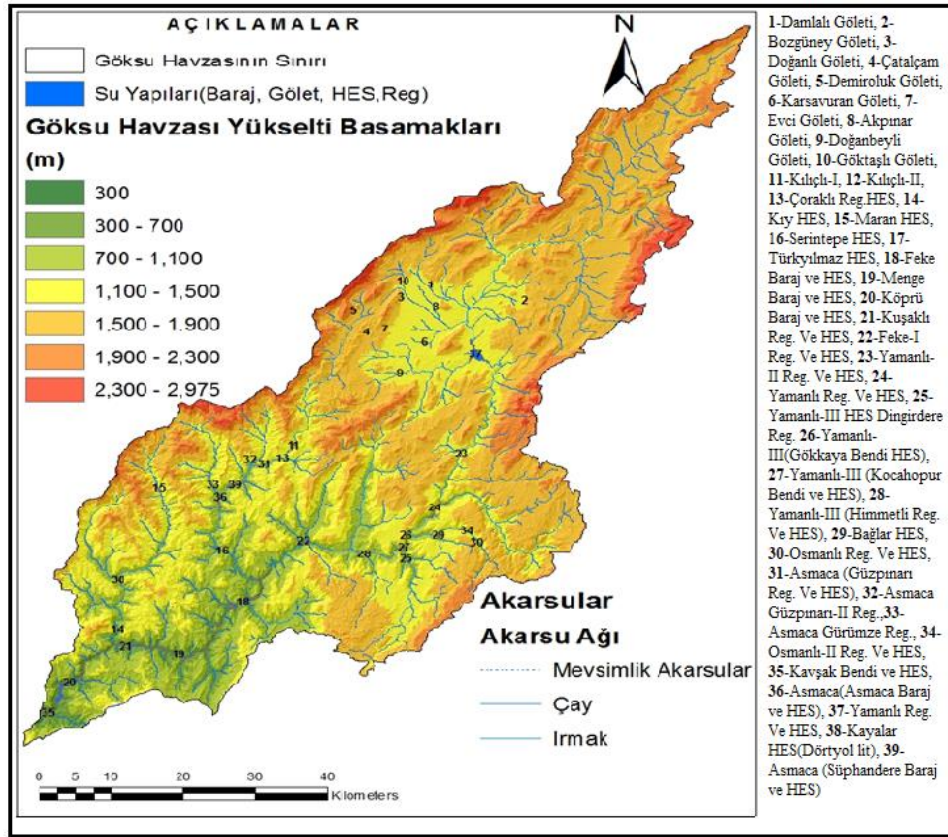


Şekil.1: Araştırma alanının(Göksu Havzası) lokasyonu

Çalışma alanında nisbi yükselti farklarına bağlı eğim değerlerinin fazla olması, havzada yer alan akarsuların yatak eğimlerini arttırmış ve aynı zamanda tektonik olarak kırıklı ve faylı bir yapıya sahip olması da bu sürece katkı sağlamış, bu durum havzada akış gösteren akarsuların hidrolik enerji potansiyelini oldukça önemli kılmıştır. Söz konusu nedenlerden dolayı Göksu Nehri ve kolları üzerinde bir çok baraj, HES, regülatör, gölet gibi su yapılarının inşa edilmiştir.

Çalışma alanının, jeolojik-litolojik özelliklerine bakıldığında; Paleozoikten Kuaterner'e kadar değişik yaş ve çeşitli litolojik özelliklerde kayalar yer almaktadır. Sahanın litolojik özelliklerin geçirimsizlik durumları incelendiğinde; mermer, dolomit, kireçtaşı, çakıltası, resifal kireçtaşı, kumtaşı, neritik kireçtaşı, konglomera, yamaç molozu ve alüvyon gibi geçirimsizlik düzeyleri iyi kayalardan oluşmaktadır. Bu kayalar genel olarak topografyanın yüksek ve karstlaşmanın etkili olduğu yüzeylere karşılık gelmektedir.

Havzanın güneydoğu Feka ve Saimbeyli yörelerinde nispeten Akdeniz iklim özelliklerini yansıtırken, sahanın kuzeydoğusu Tufanbeyli ve Sarız yörelerinde ise karasal iklim özelliklerinin etkisi görülmektedir. Bu durum havzada yer alan sıcaklık ve yağış değerlerinde açıkça gözlenebilmektedir. Feka yöresinde ortalama yağışlarda ova tabanından daha fazla yağışlar kaydedilmektedir. Bu yağış miktarı yükseltinin artmasıyla birlikte Saimbeyli'de ise yaklaşık yıllık ortalamada 140 mm civarında bir



Şekil.3: Göksu Havzasının Yükselti Basamakları ve Su Yapılarının (Baraj, Gölet, HES,Reg) Dağılışı.

3.1. Geliştirilmiş Penman-Monteith Yöntemi

Penman 1948’de, kütle transferi yöntemiyle enerji dengesini birleştirerek, güneşlenme, sıcaklık, nem ve rüzgar hızı gibi standart meteorolojik kayıtları kullanarak açık su yüzeyinden buharlaşma formülünü geliştirmiştir (Tablo.1).

Tablo. 1: Göksu Havzası’nın meteoroloji istasyonlarına ait 1966-2017 yıllarına ait iklim verileri

Aylar	Sıcaklık C		Ort. Sıc. °C	Ort.Yağış (mm)	Bağıl Nem (%)	Rüzgar Hızı (m/sn)	Buharlaşma (Thornthwaite) (PE-mm)	Buharlaşma (Penman) (PE-mm)
	Max	Min						
Ocak	11,9	-7,8	2	90	63	1,1	1,4	19,2
Şubat	13,8	-8,1	2,8	76,3	63,6	1,1	2,4	19,6
Mart	17,0	-4,0	6,4	79,7	62,7	1,1	10,4	35,4
Nisan	23,0	1,5	12,2	83,2	58,8	1,1	34,8	49,8
Mayıs	28,2	3,5	15,8	94,2	61,3	1,1	64,1	60,7
Haziran	30,6	9,8	20,2	65,2	57,4	1,3	98,2	65,2
Temmuz	35,3	13,3	24,3	25	49	1,5	139,1	96,5
Ağustos	34,8	14,0	24,4	25,1	48,6	1,4	129,7	92,1
Eylül	32,0	9,0	20,5	36,4	50,6	1,3	81,1	57,8
Ekim	27,1	2,3	14,7	59,9	60,0	1,0	41,9	42,3
Kasım	18,0	-3,5	7,1	98,7	66,2	0,9	15,1	40,6
Aralık	13,1	-6,0	3,5	12,8	69,2	0,9	2,7	17,9
Yıllık	23,7	2,0	12,8	860,6	63,3	1,1	620,9	597,1

(Not:Tabloda belirtilen iklim verileri, Göksu Havzası içinde Yer Alan ve Havzayı Temsil Eden, Adana, 17351 Nolu, Feke 6902 Nolu, Saimbeyli, 6560 Nolu, Tufanbeyli 6203 Nolu, Sarız, 17840 Nolu DMİ(Devlet Meteoroloji İstasyonu) Verileri Kullanılarak Elde Edilmiştir.)

Daha sonra, 1976'da Monteith tarafından aerodinamik ve yüzey direnci faktörleri eklenerek bitkiler için geliştirilmiştir. Son olarak FAO tarafından, Mayıs 1990'da dünyanın çeşitli ülkelerindeki uzmanlar bir araya getirilerek, FAO Penman-Monteith yöntemi adıyla standartlaştırılmıştır. Her ne kadar uygulamada potansiyel su tüketiminin belirlenmesi esas alınmışsada standart bir tanımı yapılamamıştır [İlhan, Utku, 1998]. Bu yöntemde; tarım alanındaki günlük evapotranspirasyon, referans bitki için hesaplanır (Beyazgül and ark. 2000). Bu çalışmada günlük evapotranspirasyon formülleri ve yardımcı tablolar kullanılarak hidrolojik su bütçesi oluşturulmuştur.

$$U = \frac{AH+0.27E_a}{A+0.27}$$

$$E = 0.35(e_w - e_a)(1 + 0.55w_2)$$

$$H = R(1 - r)(0.18 + 0.55 S) - B(0.56 - 0.092\sqrt{e_a})(0.1 + 0.9 S)$$

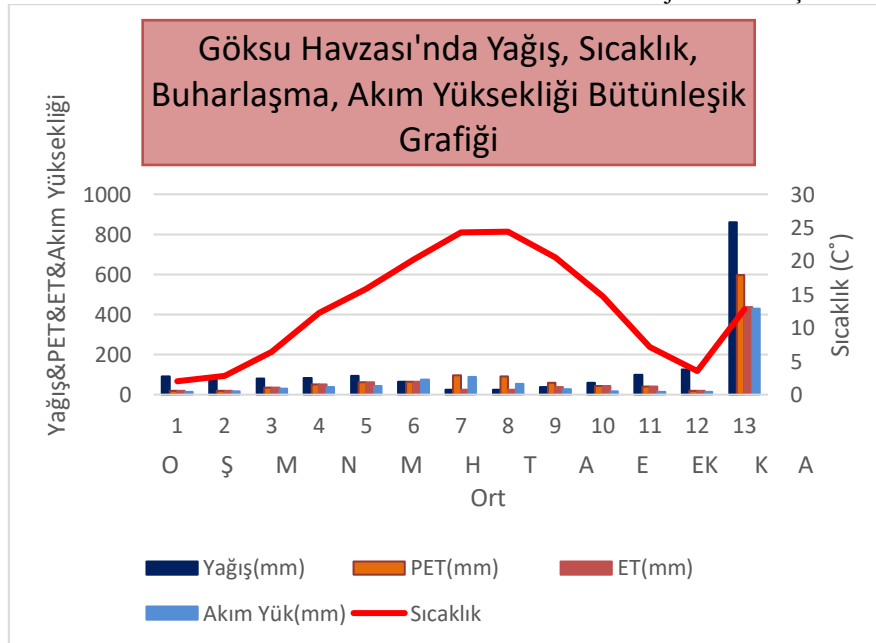
T: Günlük ortalama hava sıcaklığı, °C	
A: Doymun buhar basıncı eğrisinin T sıcaklığındaki eğimi	(föy TABLO 2)
B: Sıcaklığa bağlı bir sabit	(föy TABLO 2)
R: Günlük ortalama radyasyon	(föy TABLO 3)
r: Yüzeyin yansıtma katsayısı (Albedo)	(föy TABLO 4)
S: (aylara ve enleme bağlı)	
ea: Hesap yapılan günde aktüel buhar basıncı, (mmHg)	
R_a : Hesap yapılan günde nisbi nem	
e_w : Hesap yapılan sıcaklıkta havanın doymun buhar basıncı, mmHg	(föy TABLO 1)
W₂ : Yerden (veya su yüzeyinden) 2 m yüksekte rüzgar hızı (m/sn)	$e_a = e_w R_a$
W: Yerden h yüksekliğinde ölçülen rüzgar hızı (m/sn)	

Yukarıda hesaplama çizelgesi verilen Penman formülü Göksu Havzası'nda uygulanmıştır. Bu uygulamadan ortaya çıkan veriler analiz edildiğinde; PET(Potansiyel Buharlaşma) ve ET(Gerçek Buharlaşma) değerleri arasında ciddi bir uyum olduğu gözlenmiştir. Havzada 597.1 mm civarında gerçekleşen PET değerleri ile 437.2 mm ET değerleri arasında havzanın hidrolojik su bilançosunda tutarlı bir ilişki söz konudur. Araştırma alanında hidrolojik su bilançosu hesaplamasında 437.2 mm civarında ortalama

ET değerleri ile 423.3 mm yüzesel akış değerleri, 429.2 mm akım yüksekliği birlikte analizinde; sözü edilen parametreler arasında dengeli bir hidrolojik su bilançosunu oluşturmaktadır (Tablo.2). Temmuz ayından Ekim ayına kadar havzada genel olarak su açığı oluşmamaktadır. Özellikle temmuz Ağustos ve Eylül aylarında kuraklığın şiddeti hissedilmektedir. (Şekil.4). ekim ve Kasım aylarında gerçek buharlaşma karşılamanın yanında toprakta kurak dönemde oluşan nem açığıda kapanmaktadır. Aralık –Haziran ayları arasındaki dönemde güçlü bir su fazlası belirmektedir. Genel olarak yıllık ortalama; sahada 860.6 mm yıllık yağış miktarı ile 597.1 mm PET değerleri, 437.2 ET değerleri ve 429.2 mm Akım yüksekliği arasında rasyonel bir denge kurulmuştur.

Bilanço Elemanları	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	EK	K	A	Ort./Yıllık
Sıcaklık °C	2	2.8	6.4	12.2	15.8	20.2	24.3	24.4	20.5	14.7	7.1	3.5	12.8
Sıcaklık indisi (i)	0.25	0.42	1.45	3.86	5.71	8.28	10.95	11.02	8.47	5.12	1.70	0.58	57.8
Düzeltilmemiş PE (mm)	32.1	32.8	50.6	71.2	86.8	76.8	113.6	108.4	82.6	60.5	58	29.9	803.8
Güneş.sür.göre PE tashih	0.6	06	0.7	0.7	0.7	0.85	0.85	0.85	0.7	0.7	0.7	0.6	
Düzeltilmiş PET (mm)	19.2	19.6	35.4	49.8	60.7	65.2	96.5	92.1	57.8	42.3	40.6	17.9	597.1
Yağış (mm)	90	76.3	79.7	83.2	94.2	65.2	25	25.1	36.4	59.9	98.7	126.8	860.6
Depo Değişikliği (mm)		0	0	0	0	0	-71.5	-28.5	0	17.6	57.2	25.2	
Depolama (mm)	100	100	100	100	100	100	-	-	-	100	100	100	
Gerçek Evapotranspirasyon (mm) GET	19.2	19.6	35.4	49.8	60.7	65.2	25	25.1	36.4	42.3	40.6	17.9	437.2
Su Noksanı (mm)							71.5	67	21.4				159.9
Su Fazlası (mm)	70.8	56.7	44.3	33.4	33.5	0	-	-	-	17.6	58.1	108.9	423.3
Yüzeysel Akış (mm)	70.9	63.8	54	43.7	38.6	19.3	9.6	4.8	2.4	8.8	33.4	71.1	423.3

Tablo.2:Göksu Havzası'nda Penman Yöntemine Hidrolojik Su Bilançosu

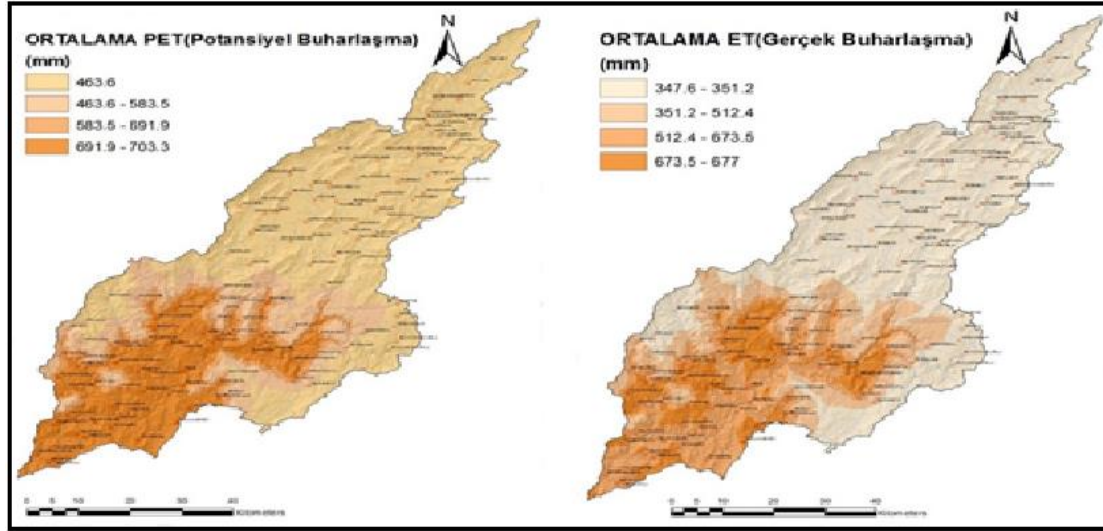


Şekil.4: Göksu Havzası'nda PENMAN'a Göre Yağış, Sıcaklık, Buharlaşma ve Akım Yüksekliği Bütünleşik Grafiği

Araştırma alanında; Penman metodu sonucu elde edilen ET değerleri ile PET değerleri arasındaki farklılık ise Temmuz ayının başından itibaren havzaya düşen yağış, buharlaşma seviyesinin çok daha alt düzeylerinde kaldığı için nem açığı ortaya çıkmaya başlamıştır. Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında ise

yağış buharlaşmadan düşüktür. Böylece bu üç aylık süreçte ET değerleri kurak dönem olarak belirmektedir.

Göksu Havzası'nda PET değerlerinin dağılışı incelendiğinde; Tufanbeyli ve Sarız çevrelerine karşılık gelen sahanın iç kesimleri ile çevre yüksek dağlık alanlarda, 463.6 mm civarında potansiyel buharlaşmanın gerçekleşmektedir (Şekil.5). Havzada kuzeydoğu-güneybatı doğrultuda uzanan vadilerin yüksek kesimlerinde ise hem yüzeysel nemin artışı hem de sıcaklık değerlerindeki artışa bağlı olarak potansiyel buharlaşmanın 583 mm civarına kadar yükselmektedir. Yine alçalan yükselti değerlerinin tersine olarak artan sıcaklık değerleriyle birlikte havzanın mansap kesimleri ve vadi tabanları boyunca 703 mm'ye kadar potansiyel buharlaşma alanları gözlenmiştir.



Şekil.5: Göksu Havzasında Penman Metoduna Göre PET ve ET Değerlerinin Dağılışı

Araştırma alanında gerçek buharlaşma (ET) düzeyleri analiz edildiğinde; potansiyel buharlaşma düzeylerine benzer özellikler gösterdiği saptanmıştır. Sahaya düşen yağış miktar ve dağılışı ile sıcaklık ve buharlaşma arasında sıkı bir ilişki olduğunu burada görmek mümkündür (Tablo.3). Yağış değerlerinin artışı vadi taban ve yamaçları boyunca mevcut yeterli nem koşulları sağladığı için 512.2 mm'den 677 mm'ye kadar gerçek buharlaşma değerleri saptanmıştır. Potansiyel buharlaşma değerleriyle karşılaştırıldığında, gerçek buharlaşma değerlerine yakın seyir takip etmesi zemin nem içeriğinin bu değerleri karşılamaya yeterli olmasıdır. Ayrıca havzanın söz konusu kesimleri bitki örtüsü bakımından kapalı olmasının da potansiyel buharlaşma ve gerçek buharlaşma için gerekli olan nem durumuna katkı sağlamaktadır.

Tablo.3. Göksu Havzası'nda Meteoroloji İstasyonlarına Ait 1966-2017 Yıllarına Ait İklim verileri ile PENMAN Metodu Sonucu Elde Edilen (PET) ve (ET) Değerlerinin Karşılaştırılması

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	EK	K	A	ORT.
Sıcaklık °C	2	2.8	6.4	12.2	15.8	20.2	24.3	24.4	20.5	14.7	7.1	3.5	12.8
Yağış mm	90	76.3	79.7	83.2	94.2	65.2	25	25.1	36.4	59.9	98.7	126.8	860.6
PET mm	19.2	19.6	35.4	49.8	60.7	65.2	96.5	92.1	57.8	42.3	40.6	17.9	597.1
ET mm	19.2	19.6	35.4	49.8	60.7	65.2	25	25.1	36.4	42.3	40.6	17.9	437.2
AkımYüksekliği mm	38.7	43.0	74.9	87.2	53.8	26.6	17.4	13.9	12.6	13.6	16.5	30.5	429.23
Yüzeysel.Akış mm	70.9	63.8	54	43.7	38.6	19.3	9.6	4.8	2.4	8.8	33.4	71.1	423.3

İnceleme alanındaki akım yüksekliği ile yağış, PET, ET değerleri birlikte düşünüldüğünde; havzanın yüksek kesimleri ile iç kesimlerinin özellikle kış aylarına karşılık gelen dönemde yağışın kar olarak düşmesi, ilkbahar ve yaz akımlarını daha yüksek olmasını etkilemektedir. Ancak sıcak dönemde su yüzeyindeki buharlaşma, akımı değerinin düşürmektedir. Sahamızda karstik alanların geniş olmasından dolayı yeraltı suyunun büyük ölçüde beslenmesi ve bunun sonucunda gür karstik kaynaklar oluşmuştur.

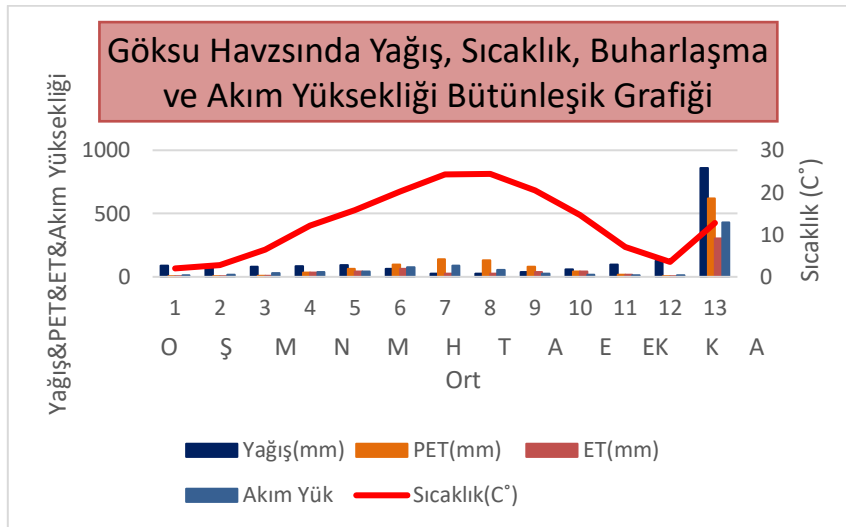
3. 2. Thornthwaite Yöntemi

Suyun sıvı veya katı halden gaz (su buharı) haline geçmesine *buharlaşma (=evaporasyon)*, bitkilerin bünyelerinde bulunan suyun su buharı şeklinde atmosfere verilmesine de *terleme (=transpirasyon)*, bu iki olayın her ikisine birden *buharlaşma-terleme (=evapotranspirasyon)* denir. Yağış ve yeraltı sularınca sürekli olarak ve yeterince beslenen zemin ve bitki örtüsünün atmosfere bıraktığı su miktarına *potansiyel evapotranspirasyon (PET)* denir. Yağış ve zemin, *PET* için gerekli suyu her zaman karşılamayabilir; bu durumda zemin, bitki örtüsü ve eğer varsa yağışın evapotranspirasyona verebileceği su miktarına *gerçek (reel) evapotranspirasyon (ET)* denir. Buharlaşma-terleme ortamlarındaki atmosfere geçen su buharı miktarlarının birbirinden farklı olması nedeniyle bunların ayrı ayrı hesaplanması güç olduğundan çeşitli yöntem ve formüller ileri sürülmüştür. Bunlardan en çok kullanılanlarından bazıları şunlardır: Thornthwaite, Serra, Turc, Coutagne, Lowry-Johnson, Blaney- Criddle, Hargreaves yöntem ve/veya formülleridir. Bu araştırmada en çok kullanılan yöntemlerin başında gelen Thornthwaite yöntemi (1948) kullanılmıştır.

Yukarıda hesaplama ve uygulama aşamaları belirtilen Thornwaite yöntemi Göksu Havzası'nda uygulanmıştır. Bu hesaplama ve uygulama süreci incelendiğinde; PET(Potansiyel Buharlaşma) ile ET(Gerçek Buharlaşma arasında belirgin bir farklılık olduğu saptanmıştır. Havzada yıllık toplam ortalama 620.9 mm PET değerleri gerçekleşirken, 304.2 mm ET değerleri gerçekleşmiştir. (Şekil.6) Bu sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; PET ve ET değerleri arasında hidrolojik açıdan belirgin bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Havzadaki bu yıllık ortalama sonuçlara ilişkin fark, aylık süreçlerde suyun hidrolojik döngüsündeki meydana gelen bir dengenin oluşmamasından kaynaklanmaktadır. Araştırma alanında yıllık ortalama 304.2 mm olan ET değerleri ile 429.2 mm olan akım yüksekliği arasında da önemli bir fark oluşmaktadır.(Tablo.4) Genel olarak söylemek gerekirse havzanın hidrolojik sürecinde Thornwaite yönteminde uygulanan parametreler yetersiz veya eksik kaldığı söylenebilir.

Tablo.3. Göksu Havzası'nda Meteoroloji İstasyonlarına Ait 1966-2017 Yıllarına Ait İklim verileri ile THOURNWAİTE Yöntemi Sonucu Elde Edilen (PET) ve (ET) Değerlerinin Karşılaştırılması

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	EK	K	A	ORT.
Sıcaklık oC	2	2.8	6.4	12.2	15.8	20.2	24.3	24.4	20.5	14.7	7.1	3.5	12.8
Yağış mm	90	76.3	79.7	83.2	94.2	65.2	25	25.1	36.4	59.9	98.7	126.8	860.6
PET mm	1.4	2.4	10.4	34.8	64.1	98.2	139.1	129.7	81.1	41.9	15.1	2.7	620.9
ET mm	1.4	2.4	10.4	34.8	43.8	65.2	25	25.1	36.4	41.9	15.1	2.7	304.2
Akım Yüksekliği. mm	38.7	43.0	74.9	87.2	53.8	26.6	17.4	13.9	12.6	13.6	16.5	30.5	429.2
Yüzeysel Akış mm	86.9	80.4	74.7	61.5	45.8	22.9	11.4	5.7	2.8	9	46.3	85.2	535.7

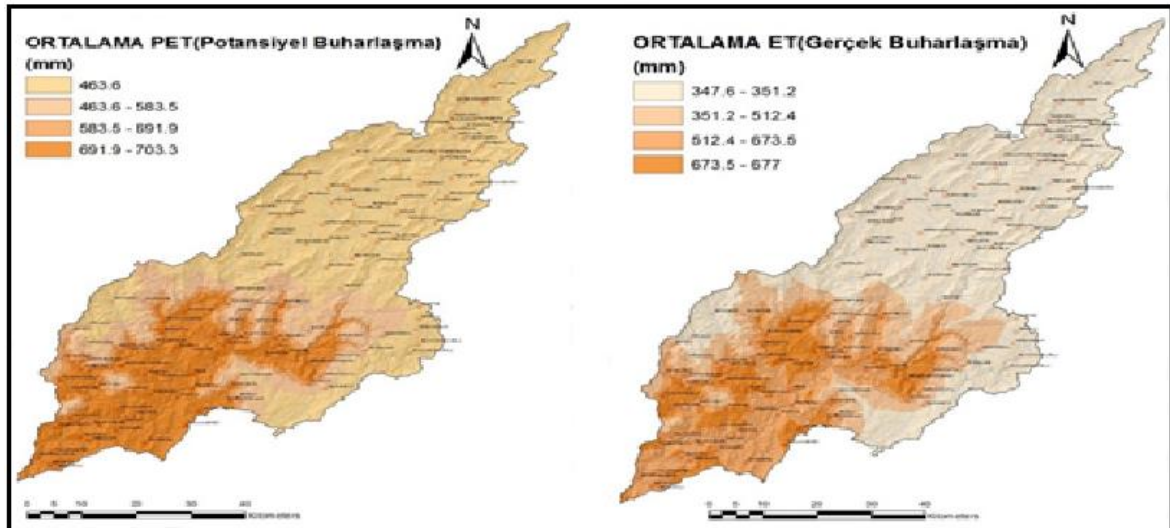


Şekil.6: Göksu Havzası'nda THORNWAİTE'e Göre Yağış, Sıcaklık, Buharlaşma ve Akım Yüksekliği Bütünleşik Grafiği

Yine burada daha öncede belirtildiği gibi Thournwaite yöntemiyle elde edilen ET değerleri ile akım yüksekliği arasında önemli bir fark olduğunu söylemek mümkündür. Ocak ayından Nisan ayına kadar olan süreçte akımda fazlalıktan söz edilirken, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarından akım yağışa oranla daha yüksektir. Akımların bu dönemlerde ortamşartlarından yüksek olması yeraltı suları ile ilgilidir. Ekim ayından itibaren yağışta artışlar gerçekleşirken zemin rezervindeki nem açığından dolayı akım yüksekliğindeki düşüşlerde devam etmektedir.

Yukarıda ET ile Akım yüksekliği arasındaki uyumsuzluğun nedeni analiz edildiğinde; özellikle havzanın kuzeydoğu iç kesimleri ile yüksek dağlık alanlarında Aralık, Ocak, Şubat ayları olarak ifade edilen kış mevsiminde yağışın katı(kar) şeklinde alması, ayrıca sahanın karstik özellikler sunması nedeniyle yer altı kaynak sularını büyük ölçüde beslemesi şeklinde açıklanabilir. Katı yağışın sıcaklık artışına bağlı olarak erimesi sonucu hem yüzeyel akışı hemde karstik kaynakları büyük ölçüde beslediğini, bahar ve yaz aylarındaki akım yüksekliği değerlerinde açıkça görülmektedir.

Göksu Havzası'nda PET değerlerinin dağılışı incelendiğinde; Tufanbeyli ve Sarız çevrelerine karşılık gelen sahanın iç kesimleri ile çevre yüksek dağlık alanlarda, 480 mm civarında potansiyel buharlaşmanın gerçekleştiğini gözlemlemek mümkündür. Havzada kuzeydoğu-güneybatı doğrultuda uzanan vadilerin yüksek kesimlerinde ise hem yüzeyel nemin artışı hem de sıcaklık değerlerindeki artışa bağlı olarak potansiyel buharlaşmanın 608.4 mm civarına kadar yükselmektedir. Yine alçalan yükselti değerlerinin tersine olarak artan sıcaklık değerleriyle birlikte havzanın mansap kesimleri ve vadi tabanları boyunca 736.4 mm'ye kadar potansiyel buharlaşma alanları gözlenmiştir(Şekil.7).



Şekil.7: Göksu Havzası'nda Thornwaite Yöntemine Göre PET ve ET Dağılışı

Havzanın Tufanbeyli ve Sarız çevreleri ile çevre yüksek dağlık alanlarda 288 mm civarında ET değerleri gerçekleşirken, kuzeydoğu-güneybatı doğrultuda uzanan vadilerin yüksek kesimleri 294.7 mm ET değerleri oluşmuştur. Yükselti düzeylerinin azalmasıyla birlikte nem düzeylerinin arttığı sahanın vadi taban ve yamaçlarında ise 348.4 mm'den 542.6 mm'ye kadar gerçek buharlaşma meydana gelmektedir.

3.3. Penman ve Thournwaite Yöntemlerine Göre Yüzeysel Akış

Göksu Havzasında, Penman ve Thournwaite yöntemlerinin uygulaması sonucu ortaya çıkan PET değerleri 597.1mm, 620.9 mm aralığında 23 mm gibi bir fark bulunmaktadır (Tablo.5). Bu yıllık ortalamalardaki farklar aylar açısından değerlendirildiğinde; buharlaşma kayıpları ile havzaya düşen yağışın toplamından değil de, yağış ve buharlaşma arasındaki ilişkide zamansal seyirdeki uyumsuzluktan kaynaklandığını söylemek mümkündür. Bu durumun sonuçları, aynı zamanda yüzeysel akış üzerinde benzer şekilde de görmek mümkündür.

Tablo:5.Göksu Havzası'nda Penman ve Thournwaite Yöntemlerine İlişkin Buharlaşma, Yüzeysel Akış ve 1805 Nolu AGİ(Akım Gözlem İstasyonu) Ait Akım Yüksekliği, Akım, Özgül Verim Tablosu(1966-2017)

Not: Havzadaki 1805 Nolu AGİ Çalışma Alanının Mansabında Yer alıp Sahanın Tümünü Temsil

	O	Ş	M	N	M	H	T	A	E	EK	K	A	ORT.
Sıcaklık(C°)	2	2.8	6.4	12.2	15.8	20.2	24.3	24.4	20.5	14.7	7.1	3.5	12.8
Yağış(P) mm	90	76.3	79.7	83.2	94.2	65.2	25	25.1	36.4	59.9	98.7	126.8	860.6
Penman(PET) mm	19.2	19.6	35.4	49.8	60.7	65.2	96.5	92.1	57.8	42.3	40.6	17.9	597.1
Penman(ET) mm	19.2	19.6	35.4	49.8	60.7	65.2	25	25.1	36.4	42.3	40.6	17.9	437.2
Thornthwaite(PE T) mm	1.4	2.4	10.4	34.8	64.1	98.2	139.1	129.7	81.1	41.9	15.1	2.7	620.9
Thornthwaite(ET) mm	1.4	2.4	10.4	34.8	43.8	65.2	25	25.1	36.4	41.9	15.1	2.7	304.2
Penman Yüzeysel Akış mm	70.9	63.8	54	43.7	38.6	19.3	9.6	4.8	2.4	8.8	33.4	71.1	423.3
Thournwaite Yüzeysel Akış mm	86.9	80.4	74.7	61.5	45.8	22.9	11.4	5.7	2.8	9	46.3	88.2	535.7
Ort.Akım (m ³ /sn)	61.3	75.4	118.6	142.8	85.2	43.5	27.6	22.1	20.7	21.6	27.0	48.4	694.8
N.A. (Lt/sn/km ²)	14.4	17.7	27.9	33.6	20.0	10.2	6.5	5.2	4.8	5.0	6.3	11.4	163.7
A. Yük. mm	38.7	43.0	74.9	87.2	53.8	26.6	17.4	13.9	12.6	13.6	16.5	30.5	429.23
Akım hm ³	164.3	182.4	317.8	370.3	228.2	112.9	74.1	59.3	53.7	57.8	70.0	129.7	1821.17

Etmektedir

Havzaya yıllık ortamala toplam yağış **860.6** mm civarında düşerken, Penman ve Thournwaite gibi her iki yöntemde de PET değerleri 597.1, 620.9 civarında gerçekleşmektedir. Ancak her iki yöntemde gerçek buharlaşma kayıpları ise Penman **437.2** mm, Thournwaite **304.2** mm gibi değerlerle birbirinden farklı sonuçlar meydana gelmiştir.

Bütün bu sonuçlar; Penman yönteminde; **423.3** mm civarında yüzeysel akışa, Thournwaite ise **535.7** mm civarındaki yüzeysel akışı karşılamaktadır. Yüzeysel akışta meydana gelen bu değerler arasındaki farklılıklar her iki yöntemin birbirinden farklı ve çeşitlilikteki parametreleri hesaplamaya dahil etmesinden kaynaklanmaktadır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma alanında, Penman ve Thornwaite yöntemlerinin uygulanması sonucunda ortaya çıkan PET ve ET değerleri birlikte analiz edilip, kıyaslandığında; Penman'da **597.1** mm, Thornwaite'da **620.9** mm civarında PET değerleri gerçekleşmiştir. Ancak ET değerlerinde, Penman'a göre **437.2** mm iken Thornwaite ise **304.2** mm civarında önemli bir fark meydana gelmektedir. Havza içerisindeki alansal dağılımına; havzanın yüksek kesimleri ve dağlık alanlar Penman'a göre **463.6** mm PET, Thornwaite **480.4** mm aralığında düşük değerler göstermektedirler. Yöntemler karşılaştırıldığında, **16.8** mm'ye yakın farklar oluştuğunu söylemek mümkündür. Vadi tabanları ve havzanın alçak kesimlerinde ise Penman **703.3** mm, Thornwaite **736.6** mm'ler civarında PET değerlerine sahiptir. Her iki yöntem arasında ise **33.3** mm civarında belirgin bir fark oluşmaktadır (**Şekil.6**).

İnceleme alanında, gerçek buharlaşma düzeylerinde gerek yüzeysel ve gerek potansiyel buharlaşmada alansal dağılım yönünden ciddi farklar meydana gelmektedir. Gerçek buharlaşma düzeyleri akım yüksekliği değerleriyle karşılaştırıldığında; Penman yöntemi oldukça doğru ve geçerli sonuçlar ile Göksu Havzası'nın hidrolojik su bilançosunda başarılı bir denge oluşturduğu saptanmıştır.

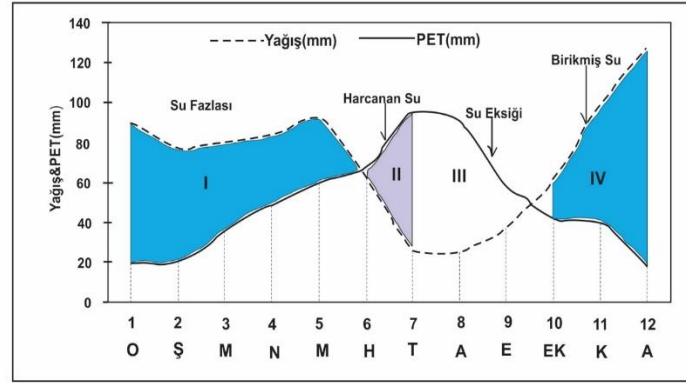
Göksu Havzası'nda Tufanbeyli ve Sarız çevreleri ile çevre yüksek dağlık alanlarda, Penman'a göre **347.6** mm, Thornwaite'e göre **288** mm civarlarında gerçek buharlaşma değerleri kaydedilirken, vadilerin yüksek seviyeleri ile vadi tabanlarında ve havzanın mansap kesimlerinde Penman'a göre **677** mm iken, Thornwaite göre ise **542.6** mm gibi değerler arasında gerçek buharlaşma seviyeleri oluşmaktadır. Gerçek buharlaşma seviyeleri arasında ise **134.4** mm gibi oldukça önemli bir fark oluşmaktadır. Bu önemli farkın nedeni ise PET değerleri, mevsimsel periyottaki PET değerlerinin miktarları ile yağış miktarları arasındaki uyumsuzluk, gerçek buharlaşma düzeyleri arasındaki farkı arttırmaktadır. Yani Penman yöntemindeki PET değerleri ile yağış değerleri arasında **dengeli bir uyum ilişkisi** gözlenirken, Thornwaite yönteminde ise PET değerleriyle yağış değerleri arasında **belirgin bir uyumsuzluk** gerçekleşmektedir. Bütün bu sonuçların her ikisi de, Penman'da yüzeysel akış değerleri ile 1805 Nolu AGİ'den elde edilen gerçek akım yüksekliği değerleri arasında neredeyse tam bir denge oluştururken, Thornwaite ise yüzeysel akış değerleri ile aynı istasyon değerleri arasında başarılı bir denge oluşturamamaktadır (**Tablo.4**).

Göksu Havzası'nın Evapotranspirasyon ve yüzeysel akış parametrelerinin hesaplanmasında havzaya ait çok yıllık iklim verileriyle birlikte havzanın su bilançosu için **PENMAN ve THORNTWAİTE** yöntemleri kullanılmıştır. **Thornwaite yöntemine** göre **tablo.4**'de görüldüğü gibi 12.8 C° ortalama yıllık sıcaklık, **860.3 mm** yıllık ortalama yağış, **620.9 mm** potansiyel evapotranspirasyon (PE) değerleri olduğu görülmüştür. Bu değerlere ilişkin **304.2** mm gerçek evapotranspirasyon (ET), **535.7** mm civarında da yüzeysel akış hesaplanmıştır. Söz konusu istatistik verilerle ilişkin su bilançosunun (**Şekil.5**) analizi yapıldığında; **IV-Ekim** ayından başlayarak Kasım ayına kadar zemin neminin tamamlanması gerçekleşmektedir. **Birikmiş Su I-Aralık** ayından Haziran ayına kadar **Su Fazlası**: yağış (P), buharlaşmadan (PET) fazla olduğu için PET'den artı kalan yağış yeraltı suyu ve yüzeysel akışa karışmaktadır. **II-Haziran**dan Temmuz ayına kadar yağış yetersiz olduğu için PET için gerekli su zemin rezervinden sağlanmaktadır. **Harcanan Su III-** Temmuz ayından Ekim ayının başına kadar **263.4** mm **su noksanlığı** ortaya çıkmaktadır.

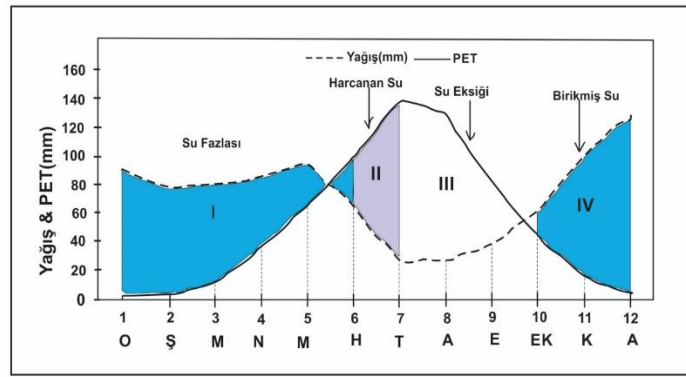
Penman yöntemine göre yine **tablo.4**'de görüldüğü **597.1 mm** potansiyel evapotranspirasyon (PE) değerleri olduğu görülmüştür. Bu değerlere ilişkin **437.2** mm gerçek evapotranspirasyon (ET), **423.3** mm civarında da **yüzeysel akış** hesaplanmıştır. Söz konusu istatistik verilerle ilişkin su bilançosunun (**Şekil.5**) analizi yapıldığında; **IV-Ekim** ayından başlayarak Kasım ayına kadar zemin neminin tamamlanması gerçekleşmektedir. **Birikmiş Su I-Aralık** ayından Haziran ayına kadar **Su Fazlası**: yağış (P), buharlaşmadan (PET) fazla olduğu için PET'den artı kalan yağış yeraltı suyu ve yüzeysel akışa karışmaktadır. **II-Haziran**da düşen yağış ile buharlaşan su birbirlerine ancak karşılık gelebilmektedir. Yani düşen yağış, harcanmaktadır. **Harcanan Su III-** Temmuz ayının başlarından Ekim ayının başına kadar **159.9** mm su noksanlığı ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda uygulama sonuçları analiz edilen Thornwaite ve Penman gibi her iki ampirik yöntem sonuçları, Göksu Havzası'nın temsil eden 1805 Nolu AGİ verilerinden elde edilerek yüzeysel akışa karşılık gelen gerçek **Akım Yüksekliği** değerleriyle kıyaslaması yapıldığında; Penman'a göre elde edilen 423 mm'lik akım yüksekliği yıllık 1824 357 6000 m³ toplam suya karşılık gelmektedir. **Thornwaite yöntemine** göre elde edilen 535 mm akım yüksekliği yıllık 2349 82700 m³ toplam bir değer oluşturmaktadır. Havzanın çıkış noktasına karşılık gelen 1805 Nolu akım istasyonunun ortalama 57.85 m³/sn değerinin yıllık toplamı 1885 521 544 m³ akıma karşılık gelmektedir. Değerle karşılaştırılınca gerçek akımla Penman akım değerleri 0,96 **Thornwaite akım** değerleri ise 1,25 gib oranlama

göstermektedirler. Bu sonuçlarda penman değerlerinin gerçek değerlere olan yakınlığın göstermektedir (Tablo.5).



Göksu Havzası'nın PENMAN'a Göre Su Bilançosu



Göksu Havzası'nın THOURNWAİTE'e Göre Su Bilançosu

Şekil.8: Göksu Havzası'nda Penman ve Thournwaite Yöntemlerine Göre Su Bilançosu

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, özellikle Göksu Havzası'na ait 1805 Nolu AGİ (Tablo.4) gerçek akım verileri ile Penman ve Thourwaite gibi ampirik yöntemlerden elde edilen **yüzeysel akış** ve buharlaşma değerlerinin, gerçek değerler ile ne kadar uyumlu olup olmadığının analizi yapılmıştır. Ayrıca söz konusu ampirik yöntemler, gerçek değerler temel alınarak birbirleri arasında da kıyaslaması yapılmıştır.

Göksu Havzasında, su bilançosuna ilişkin **Penman'a göre 423.3 mm** civarında yüzeysel akış gerçekleşmektedir. Bu bilançosuna göre, **IV-Ekim ayından başlayarak Kasım ayına kadar** zemin zervinin tamamlanması **Birikmiş Su I-Aralık ayından Haziran ayına kadar Su Fazlası, II-Haziran ayında ise** düşen yağışla buharlaşma kayıpları birbirlerini neredeyse karşıladıkları için **Harcanan Su III-** Temmuz ayının başlarından Ekim ayının başına kadar düşen yağış ve zemin rezervi karşılamaya yetmediği için **Su Eksiği** ortaya çıkmaktadır. Havzada **Thournwaite'te göre 535.7 mm** civarında yüzeysel akış oluşmaktadır. Bu bilançoya göre **IV-Ekim ayından başlayarak Kasım ayına kadar** zemin zervinin tamamlanması **Birikmiş Su I-Aralık ayından Haziran ayına kadar Su Fazlası II-Haziran ayında yağış** yetersiz olduğu için PET için gerekli su zemin rezervinden sağlandığından **Harcanan Su III-** Temmuz ayından Ekim ayının başına kadar **Su Eksiği** ortaya çıkmaktadır.

Yukarıda **Şekil.5'e** ilişkin değerlendirmesi yapılan Penman ve Thournwaite yöntemlerine ait su bilançosunun, havzayı temsil eden **1805 Nolu AGİ** istasyon verilerinden elde edilen **yüzeysel akışa** karşılık gelen **429.2 mm** gerçek akım yüksekliği (Tablo.5) değerleri ile kıyaslaması yapılmıştır. Buna göre Penman yöntemi sonucu ortaya çıkan **423.3 mm** civarındaki yüzeysel akış değerlerinin gerçek akım değerlerine oldukça yakın sonuçlar ortaya çıktığı görülmüştür. Thourwaite yöntemi sonuçlarında elde edilen **535.7 mm** civarındaki yüzeysel akış değerleri ile yine **429.2 mm** civarındaki gerçek akım değerleri arasında kıyaslama yapıldığında ise **106.5 mm** gibi ciddi bir yüzeysel akış farkı olduğu gözlenmektedir. Thournwaite yöntemi gerçek yüzeysel akış değerlerini yansıtmaktan uzak kalmıştır.

Bu çalışmada, bu ampirik yöntemlerden Penman yönteminin oldukça başarılı sonuçlar ortaya çıkarması nedeniyle diğer çalışmalarda da belirtildiği gibi referans yöntem olarak kabul görmesini doğrular

niteliktedir. Her iki ampirik yöntem kendi arasında kıyaslandığında; Penman ve Thournwaite su bilançoları arasında **112.4** mm civarında ciddi bir **yüzeysel akış farkı** oluşmaktadır. Penman'da harcanan suyun zemin rezervinden çok daha az sağlanırken, su eksiği daha düşük seviyelerde olması, Thournwaite ise harcanan suyun Penman'a göre çok daha fazla ve su eksiğinin de daha yüksek seviyelerde olması gibi sebepler yüzeysel akış farklılıklarının temel nedenleridir.

Bütün bu süreçlerden elde edilen sonuçlar; havzada 1805 Nolu AGİ istasyon verilerine ait doğal akışlardan üretilen yıllık ortalama **429.2** mm Akım yüksekliği değerleri ile korelasyonu yapıldığında şu çıkarımlar elde edilmiştir. Penman'a göre **423.3** mm yüzeysel akışla korelasyonuda, **0.98** gibi oldukça başarılı bir orana, Thournwaite'e göre **535.7** mm yüzeysel akışla **1.24** gibi farklı bir oranlama değerlerine oluşmaktadır.

8-Göksu Havzası'na ilişkin yukarıda 1805 Nolu AGİ' verileri kullanılarak oluşturulan gerçek yüzeysel akış değerleri ile Penman yöntemi uygulama sonuçlarının gerçek yüzeysel akış değerlerini oldukça başarılı bir şekilde yansıttığından dolayı referans olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple Thournwaite yöntemi uygulama sonucu elde edilen **buharlaştırma** değerlerinin Penman yöntemi uygulama sonuçları **buharlaştırma** değerleri ile karşılaştırması şöyledir.

Ayrıca havzaya ilişkin gerek grafiksel, gerekse tablo verileri birlikte değerlendirildiğinde; Aralık, Ocak, Şubat aylarına karşılık gelen kış mevsiminde yağışın büyük oranda katı(kar) şeklinde düşmesi sonucu 30.5, 38.7, 43.0 gibi düşük seviyede akım yüksekliği gerçekleşmektedir.(**Tablo.4**) Sıcaklık değerlerindeki artışla beraber önemli yağış miktarlarıyla Mart, Nisan, Mayıs, Haziran ve Ağustos aylarına karşılık gelen ilkbahar ve yaz mevsimlerinde oldukça yüksek düzeyde akım yüksekliği gerçekleşmektedir.

Özellikle havzanın su bilançosunda da görüldüğü gibi zeminden harcanan su miktarıyla su noksanlığı dönemlerine karşılık gelen aylarda da önemli ölçüde akım yüksekliği değerlerinin saptanması, sahanın tektono-karstik bir özelliğe sahip olmasından ötürü güçlü karstik kaynaklarla beslendiğinin bir delilidir. Ayrıca Tufanbeyli ve Sarız çevrelerine karşılık gelen iç kesimler ile Feke ve Saimbeyli çevrelerine karşılık gelen derin vadi ve yamaç kesimleri arasındaki **yağış ve buharlaştırma** arasındaki **farklar** da bu uyumsuzluğu doğrulamaktadır.

KAYNAKLAR

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M, (1998)**, Crop Evapotranspiration— Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation & Drainage Paper 56. FAO, Rome
- Bacanlı, Ü.G ve Saf, B. 2005**, Kuraklık Belirleme Yöntemlerinin Antalya İli Örneğinde İncelenmesi, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Sempozyumu, 22-25 Eylül, Antalya, s 184-19
- Yeşilnacar, M.İ., Yazgan, M.S., Gerger, R. 1998**. GAP Kapsamındaki İllerin Su Bilançosu, II. Ulusal Hidroloji Kongresi, 22-24 Haziran, İstanbul, s.283-297
- Birsoy, Y ve Ölgen, K. 1992**, Thornthwaite Yöntemi ile Su Bilançosunun ve İklimin Tipinin Belirlenmesinde Bilgisayar Kullanımı, Ege Coğrafya Dergisi, s:153-178, İzmir
- Akın, M., Akın, G., 2007**, Suyun Önemi, Türkiye'de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği, Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47(2): 105-10
- Erinç, S., 1996**, Klimatoloji ve Metodları, Alfa Basım Yayım Dağıtım, İstanbul
- Dyck, S, 1983**, Overview on the present status of the concepts of water balance models. In: Van der Beken A, Herrmann A(eds) Proc Hamburg Workshop on New Approaches in on Water Balance Computations. IAHS publ 148:3-19
- Chen, D and Others, 2005**, Comparison of the Thornthwaite metod and Pan data with the standart Penman-Monteith estimates of reference evapotranspirasyon in China, Climate Research, Vol.28:123-132, China
- Jensen, ME, 1973**, Consumptive use of water and irrigation water requirements, American Society of Civil, Engineers, New York.

- Koç T, Güner Ü., 2005, Mevcut Sulama Projelerinin Fao Kriterleriyle Yeniden Değerlendirilmesi: Tavas Ovası Örneği, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı 9, s. 93-106
Küthya
- Nilson A. Villa Nova, Jarbas H. De Miranda, André B. Pereira, Késia O. Da Silva** Estimation Of The Potential Evapotranspiration By A Simplified Penman Method, *Eng. Agric., Jaboticabal*, v.26, n.3, p.713-721, set./dez. 2006
- Yeşilnacar, M. İ., Yazgan, M. S., Gerger, R. 1998. GAP kapsamındaki illerin su bilançosu, II Ulusal hidroloji kongresi, 22-24 Haziran, İstanbul, s. 283-294
- Türkeş, M. 2001. Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma. İçinde: T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar, Seminerler Dizisi 1: 187-205, Meteoroloji Genel Müdürlüğü: Ankara.
- MENDONÇA, J.C.; SOUSA, E.F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, p.275-9, 2003.
- Beyazgül, M., Kayam, Y., Engelsman, F., 2000, Estimation Methods for Crop Water Requirements in the Gediz Basin of Western Turkey**, Elsevier, Journal of Hydrology, (2000), Vol. 229, p. 19-26.
- İlhan, A. İ., Utku, M., *GAP Sulama Alanında Bitki Su Tüketimi ve Bitki Su Gereksinimi*, Tarım Orman Meteorolojisi Sempozyumu (1998), İTÜ, İstanbul.