

## Trabzon İlinde İklim Değişikliğinin Mevsimsel Bitki Su Tüketimine Etkisi: Penman-Monteith Yöntemi

Elif BAYRAMOĞLU

Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Trabzon  
Sorumlu yazar: elifsol\_@hotmail.com

Geliş tarihi: 20.08.2013

### Özet

Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve gelişen sanayileşme ile doğal kaynakların azalması, su kaynaklarından en ekonomik ve verimli bir şekilde yararlanılmasını zorunlu kılmıştır. Sınırlı su kaynaklarının sürdürülebilir şekilde geliştirilmesi ve sudan devamlı, yüksek düzeyde yarar sağlanabilmesi; ancak bitkilerin yetiştikleri yörenin iklim şartlarına uygun olarak bitki su tüketim miktarlarının belirlenip, bitki yetiştirme dönemlerine göre uygun sulama programları oluşturularak sağlanabilmektedir.

Bu çalışma Trabzon ilinde Penman-Monteith eşitliğinden yararlanılarak 2009-2012 yılları arasında referans bitki su tüketimi hesaplanarak bu değerlere bağlı olarak yıllık ve aylar arasında elde edilen  $E_{t_0}$  miktarlarında meydana gelen değişimi saptamaya yönelik yapılmıştır. Bu amaçla Trabzon ili Meteoroloji İl. Bölge Müdürlüğü'nden alınan 2009-2012 yıllarına ait iklim verileri hesaplanan referans bitki su tüketimi yıllar içindeki değişen iklimsel değerler açısından değerlendirmeye alınmıştır. Değerlendirme sonucu yıllar arasındaki artan sıcaklık ve değişen verilere göre  $E_{t_0}$  miktarlarında artış olduğu görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Bitki su tüketimi, Penman-Monteith yöntemi, iklim değişikliği

### Evapotranspiration Seasonal Effects of Climate Change in Trabzon: The Penman-Monteith Method

#### Abstract

In recent years, rapid population growth and industrialization in developing the natural resources in the most economical and efficient manner by a reduction in utilization of water resources has become compulsory. Limited water resources, sustainable development and water continuously, ensuring a high level of benefits, but the plants are grown in accordance with the favorable climatic conditions in the region are determined according to the seasons of crop water consumption amounts can be achieved by creating irrigation programs.

This study was aimed at using the Penman-Monteith equation, between the years 2009-2012 in the province of Trabzon reference evapotranspiration calculated and months of the year depending on the values obtained were made to detect the change in the amounts of  $E_{t_0}$ . For this purpose, 11<sup>st</sup> Trabzon Meteorology Regional Directorate of climate data for the years 2009-2012 from the calculated reference evapotranspiration over the years in terms of changing climatic values were evaluated. Evaluation results according to data from the years of increasing temperature and changing  $E_{t_0}$  there was an increase in the amounts.

**Keywords:** Evapotranspiration, Penman-Monteith Method, climate change

#### Giriş

Canlılar ve doğa için vazgeçilmez bir unsur olan su, bitkilerin en temel ihtiyaçlarından birisidir. Bitkilerin hayatsal faaliyetlerinin sürdürülmesinin yanı sıra tarım, sanayi, ulaşım gibi alanlarda da sudan ve onun meydana getirdiği imkânlardan yararlanılmaktadır (Akın ve Akın, 2007; Saltürk, 2006). Yıllık kullanılabilir yerüstü ve yer altı su varlığının %75'i tarım sektöründe sulama amaçlı kullanıldığı düşünüldüğünde, küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliği sonucu oluşacak su kıtlığından en fazla etkilenecek olan varlıklar bitkiler olacaktır.

Su kaynaklarının etkin kullanımı, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de gittikçe artan oranda önem kazanmaktadır. Bu nedenle bitki yetiştiriciliğinde kullanılacak sulama suyunun, olanaklar ölçüsünde en az kayıpla sulama alanlarına iletilmesi, alan içinde dağıtılması ve bitki-su gereksinimini istenen düzeyde karşılayacak biçimde bitki kök bölgesine verilmesi bir bakıma zorunlu hale gelmiştir (Bayramoğlu, 2013).

Sınırlı su kaynaklarının sürdürülebilir bir biçimde geliştirilmesinde başvurulacak yolların başında sulama programlaması gelmektedir. Doğru sulama programının iki önemli ögesi; suyun ne zaman ve ne

miktarda verilmesi gerektiğidir. Bu kararları verebilmek için tarla koşullarında bitki su tüketimi ile ilgili kesin bilgilere gereksinim vardır. Toprak-bitki-atmosfer ortamı içerisinde bulunan ve sulama projelerinin temelini oluşturan bitki su tüketimi, gerek tarım gerekse çok amaçlı projelerin planlanması, yapımı ve işletilmesinde vazgeçilmez bir öğedir (Akpolat, 2011; Burman ve Pochop, 1994).

Sudan ve suyun getirdiği faydalardan en yüksek düzeyde yararlanılması için bölge koşullarının iklim ve topoğrafya yapısına uygun bitki su tüketim miktarları belirlenip sulama programı hazırlanmalıdır (Aydınşakir ve ark., 2003). Bu açıdan bitki su tüketimi bir bölgede sulama programının belirlenmesinde oldukça önemli bir görev üstlenmektedir (Jensen ve ark., 1990).

Evapotranspirasyon (bitki su tüketimi) bitkiler tarafından transpirasyonla atmosfere verilen su ile bitkinin yetiştiği toprak yüzeyinden buharlaşan su miktarının toplamıdır. Bitki su tüketim ile aynı anlama gelmekte olup bitkinin su isteği ise evapotranspirasyon (bitkinin normal evaporasyon ve transpirasyon) aracılığı ile dışarı verilen su miktarı) oranıyla doğrudan ilişkilidir. Evapo-transpirasyon oranı iklimsel parametrelere (sıcaklık, yağış, nem, rüzgâr ve güneşlenme faktörleri) göre bölgeden bölgeye değişiklik gösterir (Altunkasa, 1998; Hakkören, 1996).

Bitki su tüketim yöntemleri direkt olarak veya indirekt olarak iklim parametrelerine bağlı olarak birçok metotla tespit edilebilmektedir. Direkt metodlar uzun bir zaman diliminde ve fazla miktarda iş gücü gerektirirken, indirekt yöntemler daha basit ve daha hızlı uygulanabilmektedir (Kaya, 2011).  $ET_0$ 'ı belirleyen iklim parametreleri ve hava verileridir. Belirlenmesinde FAO56 Penman-Monteith yöntemi değerlendirildiği bölgede çim  $ET_0$  değeriyle oldukça sıkı şekilde benzerlik gösterdiği için, fiziksel olarak, fizyolojik ve aerodinamik parametrelerin her ikisini de açıkça birleştirmiş bir yöntem olması sebebiyle tek yöntem olarak önerilmektedir. Yöntemin ilk aşamasında birçok iklim verisi formüle dâhil olduğu için zorluklar yaşanmasına karşın araştırmadaki ilerlemeler ve çim referans

ürünlerini içeren geçerli tahminleri ile büyük çapta aşılımıştır (Allen, 1989).

Bitki su tüketim yöntemleri birçok farklı koşula bağlı olarak değiştiğinden ve bölgeden bölgeye göre farklılık gösterdiğinden yöreye özgü eşitlikler geliştirilse bile sağlıklı sonuçlar vermemiştir. Bu amaçla bitki su tüketim miktarını belirlemeye yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Doorenbos ve Pruitt, 1977; Jensen ve ark., 1990). Bu çalışmalar içerisinde çok sayıda araştırma iklim verilerine bağlı olarak bitki su tüketimi belirleme yöntemlerinde en başarılı yöntemin Penman-Monteith olduğu belirtilmiştir (Monteith, 1965).

Kaya (2011), Smith (1996), Demirtaş vd. (2007), Ünlükara vd. (2010) yapmış oldukları çalışmalarda bitki su tüketimini belirlemeye yönelik iklim verilerine dayalı en iyi yöntemin Penman-Monteith eşitliği olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada yağışlı bir iklim bölgesi olarak nitelendirilebilen Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Trabzon ilinin Penman-Monteith eşitliğinden yararlanılarak aylık ve yıllık olarak referans çim kıyas bitki su tüketim değerlerinin iklim verilerindeki değişiklikler sonucu meydana gelen değişimi belirlemeye yönelik yapılmıştır. Bu şekilde küresel iklim değişikliğine bağlı olarak Trabzon ilindeki 2009-2012 yıllarına ait bitki su tüketimindeki değişim ortaya konulmaya çalışılacaktır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma alanı

Çalışmaya materyal olan Trabzon ili 4685km<sup>2</sup>'lik yüz ölçümü ile 40°33' ve 41°07' kuzey enlemleriyle 39°07' ve 40°30' doğu boylamları arasında olup Doğu Karadeniz Bölgesi'nde yer almaktadır (Anonim, 2010). Trabzon, batısında Giresun'a bağlı Eynesil ilçesi, güneyinde Gümüşhane'ye bağlı Torul ilçesi ve Bayburt, doğusunda da Rize'ye bağlı İkizdere ve Kalkandere ilçeleri ile kıyı uzunluğu 135 km olup Karadeniz'in antik çağlardan beri varlığı bilinen bir ilidir. Trabzon ili diğer Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bulunan illerde olduğu gibi oldukça dağlık bir yöredir. İl topraklarının % 30'u dağlık, %60'ı güneye doğru %25-30

eğimle artan alanlar ve ancak % 10'luk bir kısmı düz alanlardan oluşmaktadır.

### Trabzon ilinin iklimi

Trabzon ili her mevsim ve çok yüksek yağış miktarlarının görüldüğü, nispeten yaz aylarının sıcak geçtiği ve kışların ılık olduğu makro klima iklim tiplerinden Doğu Karadeniz iklim tipine girmektedir (Erinç, 1996). Sahile paralel doğru uzanan dağlar Trabzon ilinin sahil kesimi ile güney kısmı arasında iklim farkı oluşturur. İlin sahil kesimi genellikle yağışlı olmasına karşın iç kesimlere doğru gidildikçe kuraklık başlar (Anonim, 1981). Yıllık yağış miktarlarının yüksek olduğu bölgede yağışlar istisnalar dışında 1000 mm'nin üzerinde ve batı bölgelerden doğuya doğru artmaktadır. Ayrıca aylık yağış miktarları 40-60 mm'den fazla olmaktadır (Akman, 1990). Ancak son yıllarda Trabzon ilinde sıcaklıklardaki artış ve ani iklimsel değişimler yaşanmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü yıllarda 2009 yılında en fazla yağış Eylül ayında 117.2 mm, 2010 yılında Ekim ayında 107.1 mm, 2011 yılında Ekim ayında 129.2 mm ve 2012 yılında Kasım ayında 79.8 mm'dir.

Bu çalışma, Türkiye'nin yağışlı iklim bölgesi içerisinde yer alan Trabzon ilinde Penman-Monteith ilişkisinden yararlanılarak 2009-2012 yıllarına ait çim kıyas bitkisi referans alınarak aylık  $E_{t_0}$  değerlerindeki değişimin saptanmasına yönelik yapılmıştır. Çalışmada yıllara ait  $E_{t_0}$  değerlerinde

değişimin belirlenmesinde kullanılan Penman-Monteith Yöntemine ait açıklama aşağıdadır.

### Penman-Monteith Yöntemi

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 ile kavramı ile FAO56- PM olarak kullanılmaya başlamıştır (Koç ve Güner, 2005; İlhan ve Utku, 1998; Allen ve ark., 1994). Penman-Monteith Yöntemi'nde tek bitki katsayısı (kc) veya çift bitki katsayısı (ke + kcb) ile referans bitki su tüketimi düzeltildikten sonra bitkilerin su tüketimleri (ETc) belirlendiği gibi kuraklık, tuzluluk, hastalık ve diğer etmenlerden kaynaklanan çeşitli stresler nedeniyle bitki su tüketiminde meydana gelen değişim de stres katsayısı (ks) kullanılarak belirlenebilmektedir (Yürekli ve ark., 2010; Allen ve ark., 1998).

Bu yöntemde referans bitki su tüketimi;

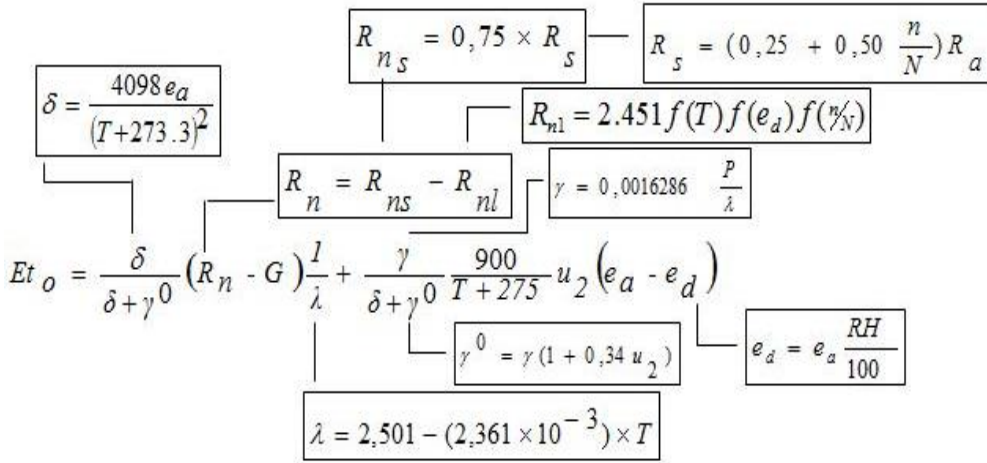
$$E_{t_0} = \frac{\delta}{\delta + \gamma} \left( R_n - G \right) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma} \frac{900}{T + 273} u_2 (e_a - e_d) \quad (1)$$

Eşitlikte;  
 $E_{t_0}$  = Referans evapotranspirasyon (mm/gün),  
 $\delta$  = Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/°C),  
 $\gamma^0$  = Modifiyepsikometrik sabite (kPa/°C),  
P = Atmosfer basıncı (kPa),  
 $R_n$  = Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>gün),  
 $R_a$  = Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>gün),  
 $R_s$  = Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>gün),

$R_{ns}$  = Kısa dalgalı net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>gün),  
 $R_{nl}$  = Uzun dalgalı net radyasyon (MJ/m<sup>2</sup>gün),  
f(ed) = Buhar basıncı fonksiyonu,  
 $e_d$  = Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı (kPa),  
 $e_a$  = Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı (kPa),  
G = Zemin ısı değişim yoğunluğu (MJ/m<sup>2</sup>gün),  
T = Sıcaklık (°C),

$u_2 = 2$  m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı (m/s),  
 $\gamma =$  Psikrometrik sabit (kPa / $^{\circ}$ C),  
RH = Ortalama bağıl nem (%)'dir.

Bu eşitliklerdeki bazı terimlerin hesaplanmasında kullanılan diğer eşitlikler ise;



Şekil 1. Penman-Monteith Yönteminin hesaplanmasında gerekli olan eşitlikler

Penman- Monteith yönteminde referans bitki olarak, suya doymun toprağı tamamen örten çimen seçilmiştir. Diğer bitkiler için ise ( $E_{tc}$ ) eşitlik 2 ile hesaplanır;

$$E_{tc} = E_{t0} \times K_c \quad (2)$$

Eşitlikte;  
 $E_{tc}$  = Bitkiler için evapotranspirasyon (mm/gün),  
 $K_c$  = Bitki katsayısı,  
 $E_{t0}$  = Referans evapotranspirasyon (mm/gün)'dir.  
 $K_c$ 'yi belirleyen karakteristikler; bitki türü, bitki yüksekliği, bitki ve toprak yüzeyinden yansıma, bitkinin buharlaşmaya

karşı direnci, bitki büyüme safhası, iklim ve toprak türüdür.

Referans bitki su tüketimi hesaplamaları 2009-2012 yılları arasında meteorolojik verilerden maksimum ve minimum sıcaklıklar, maksimum ve minimum bağıl nem değerleri, güneş radyasyonu ve rüzgâr hızı değerleri Trabzon ilinde T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü'nden alınarak Microsoft Office Excel 97-2003 programı kullanılarak hesaplama yapılmıştır. Çalışmanın yürütüldüğü 2009-2010-2011-2012 yıllara ilişkin iklim verileri Tablo 1, 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir.

Tablo 1. 2009 yılına ait evapotranspirasyonu etkileyen hava elemanları

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T_{ort}$	8.2	9.2	8.3	10.1	15.8	21.8	24.3	22.9	20.8	19.0	13.1	12
RH	65	68	69	76	74	72	72	72	71	71	66	65
$U_2$	1.4	1.6	1.8	1.4	1.3	1.4	1.4	1.6	1.6	1.1	1.3	1.4
N	3.4	2.5	4.1	5.3	6.8	6.5	7.2	6.4	4.6	5.0	3.0	2.5
$\Gamma$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
$\gamma^0$	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09
$R_s$	8.82	7.87	11.19	15.27	19.18	19.67	20.12	17.54	12.84	10.31	8.40	7.87
$R_{ns}$	6.61	5.90	8.39	11.45	14.38	14.75	15.09	13.15	9.63	7.37	6.30	5.90
$R_{nl}$	2.72	2.22	2.74	2.94	3.14	2.68	2.65	2.69	2.47	2.82	2.53	2.22
$R_n$	3.88	3.68	5.65	8.51	11.24	12.07	12.44	10.46	7.15	4.91	3.76	3.68
P	101.5	100.8	100.9	101.2	101.1	100.8	100.5	100.9	100.9	101.5	101.2	100.9
$\Delta$	0.07	0.07	0.07	0.08	0.11	0.16	0.17	0.17	0.15	0.13	0.09	0.09

$T_{ort}$  = Sıcaklık ( $^{\circ}$ C), RH=Ortalama bağıl nem(%),  $U_2=2$  m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızı (m/s),  $\gamma$ = Psikrometrik sabit (kPa / $^{\circ}$ C),  $\gamma^0$ = Modifiye psikometrik sabite (kPa/  $^{\circ}$ C), P= Atmosfer basıncı (kPa),  $R_n$ = Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m $^2$  gün),  $R_s$ = Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon (MJ/m $^2$  gün),  $R_{ns}$ =Kısa dalgalı net radyasyon (MJ/m $^2$  gün),  $R_{nl}$ = Uzun dalgalı net radyasyon (MJ/m $^2$  gün),  $\delta$ = Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/  $^{\circ}$ C),

Tablo 2. 2010 yılına ait evapotranspirasyonu etkileyen hava elemanları

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T_{ort}$	9.1	9.6	8.7	11.6	17.1	22.4	25.6	27.0	23.1	16.9	16.6	14.1
RH	64	68	65	77	75	73	74	68	69	73	65	67
$U_2$	1.6	1.6	1.5	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.5	1.2	1.2
N	1.9	2.7	3.4	4.4	6.5	4.8	5.6	6.9	4.5	2.6	6.1	2.9
$\Gamma$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
$\gamma^0$	0.10	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.09
$R_s$	7.24	8.08	10.41	14.12	18.77	17.29	17.91	18.20	12.72	7.98	11.65	8.29
$R_{ns}$	6.22	5.43	7.55	8.77	11.31	13.70	14.67	11.86	10.25	6.78	6.37	6.53
$R_{nl}$	1.83	2.35	2.31	2.46	3.08	2.12	1.98	2.60	2.56	1.85	4.20	2.40
$R_n$	3.59	3.70	5.49	8.12	10.99	10.85	11.45	11.04	6.98	4.13	4.53	3.82
P	101.1	100.7	101.3	101.2	100.8	100.4	100.5	100.5	100.8	101.1	101.3	101.0
$\Delta$	0.07	0.08	0.07	0.08	0.12	0.16	0.19	0.20	0.17	0.12	0.11	0.10

Tablo 3. 2011 yılına ait evapotranspirasyonu etkileyen hava elemanları

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T_{ort}$	9.4	9.4	9.0	9.4	14.8	20.8	25.7	28.3	23.7	16.9	17	14.1
RH	63	69	64	74	75	71	72	69	67	70	62	66
$U_2$	1.4	1.6	1.4	1.3	1.0	1.2	1.1	1.4	1.5	1.5	1.7	1.2
N	2.9	1.9	3.1	2.5	3.8	5.5	6.8	5.1	5.3	3.7	3.1	3.3
$\Gamma$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
$\gamma^0$	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09
$R_s$	8.29	7.24	10.07	11.69	15.08	18.27	19.57	15.82	13.67	9.05	8.50	8.71
$R_{ns}$	6.22	5.43	7.55	8.77	11.31	13.70	14.67	11.86	10.25	6.78	6.37	6.53
$R_{nl}$	2.44	1.83	2.29	1.72	1.92	2.49	2.34	2.06	2.86	2.58	2.47	2.74
$R_n$	3.77	3.59	5.26	7.04	9.39	11.21	12.33	9.80	7.39	4.19	3.90	3.79
P	101.5	101.2	101.6	100.9	101.0	100.7	100.5	101.7	101.0	101.3	101.9	101.6
$\Delta$	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.14	0.19	0.22	0.17	0.12	0.12	0.10

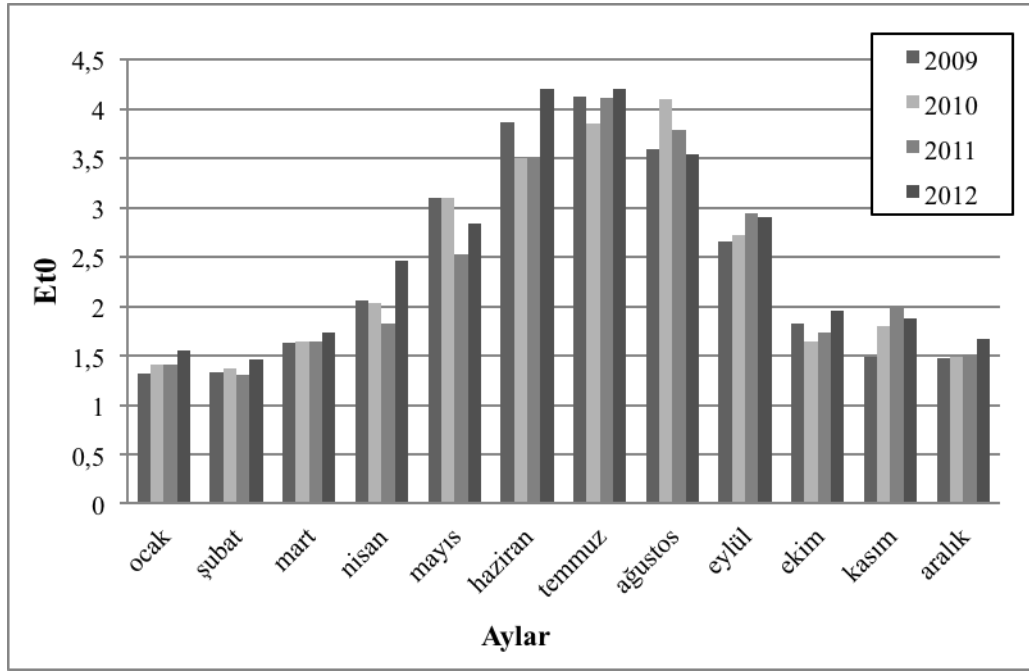
Tablo 4. 2012 yılına ait evapotranspirasyonu etkileyen hava elemanları

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T_{ort}$	9.5	9.4	8.7	13.2	18.2	22.7	25.5	28.7	23.4	20.2	15.6	14.9
RH	60	64	63	70	73	69	76	71	69	71	60	67
$U_2$	1.7	1.6	1.6	1.4	1.0	1.3	1.3	1.5	1.3	1.2	1.3	1.5
n	2.1	3.6	4.3	5.7	4.2	8.5	7.5	3.6	6.1	5.7	4.2	3.9
$\gamma$	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
$\gamma^0$	0.09	0.10	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.09
$R_s$	8.29	7.24	10.07	11.69	15.08	18.27	19.57	15.82	13.67	9.05	8.50	8.71
$R_{ns}$	6.22	5.43	7.55	8.77	11.31	13.70	14.67	11.86	10.25	6.78	6.37	6.53
$R_{nl}$	1.95	2.89	3.00	3.10	2.14	3.81	2.52	1.49	3.19	3.14	3.27	3.00
$R_n$	3.63	3.87	5.55	8.73	9.58	13.04	12.87	8.89	7.76	5.09	3.97	4.00
P	101.2	101.4	101.5	100.8	100.5	100.7	101.0	101.1	101.4	101.1	101.4	101.1
$\delta$	0.07	0.07	0.07	0.09	0.13	0.16	0.19	0.22	0.17	0.14	0.12	0.10

### Bulgular

Trabzon iline ait T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji İl Bölge Müdürlüğü'nden alınan 2009-2012 yıllarına ait alınan iklim verileri ile Penman-Monteith eşitliğine göre hesaplanan referans bitki su tüketiminin yıllara ve aylara göre dağılımı Şekil 2'de ve Tablo 5'de verilmiştir. Hesaplanan Penman-Monteith eşitliğine göre referans bitki su tüketim değerleri 2009

yılında en fazla Temmuz ayında 4,11 mm/gün, 2010 yılında Ağustos ayında 4,09 mm/gün, 2011 yılında Temmuz ayında 4,11 mm/gün ve 2012 yılında ise Haziran ayında 4,20 mm/gün olduğu belirlenmiştir (Tablo 5). Yine yıllara göre bitki su tüketimindeki değişime bakıldığında son 4 yıl içerisinde en fazla bitki su tüketim değeri 2012 yılında 4,20 mm/gün ile Haziran ayında gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Referans evapotranspirasyon değerlerinin 2009-2012 yılları arasında aylara göre değişimi

Tablo 5. 2009-2012 yıllarına ait  $E_{t0}$  değerlerinin aylara ve yıllara göre değişimi

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2009	1.32	1.33	1.63	2.05	3.10	3.86	4.11	3.58	2.66	1.82	1.48	1.47
2010	1.40	1.36	1.64	2.03	3.09	3.50	3.84	4.09	2.72	1.64	1.79	1.49
2011	1.40	1.31	1.64	1.82	2.52	3.49	4.11	3.79	2.94	1.73	1.99	1.51
2012	1.55	1.46	1.73	2.46	2.84	4.20	4.19	3.53	2.90	1.96	1.87	1.67

### Sonuç ve Öneriler

Özellikle son yıllarda küresel ısınmaya bağlı olarak ciddi bir tehdit olarak karşımıza çıkan ani iklimsel değişim, ülkemizdeki kısıtlı olan su kaynaklarının tükenmesine yol açmakta önemli bir oynamaktadır. Su tüketiminin en yoğun olarak kullanıldığı alanların sulama amaçlı olduğu düşünüldüğünde sulama projelerinin gerçekçi olarak iklim verilerine bağlı, uzun ya da kısa dönemlere ilişkin bitkilerin kullanacakları su miktarının belirlenmesi gereklidir. Bu amaçla daha fazla meteorolojik veri kullanarak bitki su tüketim tahminlerinde daha gerçekçi sonuçlara ulaşan bir yöntem olan Penman-Monteith eşitliği tercih edilmektedir. Bu bağlamda araştırmada referans evapotranspirasyon eşitlikleri, standart bir metod olarak uygulanan ve önerilen Penman-Monteith eşitliği ile ilişkilendirilmiştir.

Bu çalışmada Trabzon ili T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji 11. Bölge Müdürlüğü'nden kaydedilen meteorolojik verilere göre 2009-2012 yıllarına ait Penman-Monteith eşitliği ile  $E_{t0}$  miktarlarındaki değişimin iklimsel değişim ile etkisini saptamaya yönelik yapılmıştır. Trabzon ilinde iklim verilerine bağlı olarak gerçekleştirilen çalışmada son 4 yıldaki iklim verilerinde belirgin bir değişim olmuştur. Özellikle iklim değişikliğine bağlı ortalama sıcaklık değerlerinin en fazla olduğu 2012 yılındaki referans bitki su tüketimindeki artış ile doğru orantılıdır. Bu artış küresel ısınmanın bir etkisi olarak ele alınabilir.

Bu açıdan iklim verilerine bağlı olarak bitkilerin tüketecekleri su miktarlarının belirlenmesi, iklimsel değişime bağlı olarak sıcaklıkların artması ve yağışların azalması sonucu  $E_{t0}$ 'daki değişimi belirlemek ile sağlanır. Su kaynaklarının korunması adına

her yörenin iklim şartlarına göre uygun bir sulama programı oluşturulmalıdır. Bu amaçla, yörenin iklim verileri dikkate alınarak yetiştirilen bitkilerin sulama aralıkları arasındaki bitki su tüketimleri hesaplanmalı ve sulama programı hazırlanmalıdır.

### Kaynaklar

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): 105-118.

Akman, Y., 1990. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri), Palme Yayın Dağıtım, Ankara.

Akpolat, A., 2011. Mikrometeorolojik ve Lizimetre Yöntemleriyle Belirlenen Buğday Bitki Su Tüketimlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Allen, R.G., Jensen, M.E., Wright, J.L. Burman, R.D., 1989. Operational estimate of reference evapotranspiration, Agron.J.81:650-662.

Allen, R. G., Smith, M., Perrier, A., Pereira, L. S., 1994. An Update for the Definition of Reference Evapotranspiration. ICID Bull.,43(2): 1-34.

Allen, R.G., Pereira L.S., Raes D. ve Smith M., 1998. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements): FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.

Anonim, 1981. T.C. Toprak Genel Müdürlüğü, Doğu Karadeniz Havzası Toprakları, Toprak Genel Müdürlüğü Yayını, Yayın No: 310, Ankara.

Anonim, 2010. Trabzon İl Çevre Durum Raporu, T.C. Trabzon Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, Trabzon.

Aydınşakir, K. Büyüktaş, D., 2003. Antalya Yöresinde Çim Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Ampirik Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16 (1): 107-119.

Bayramoğlu, E., 2013. Damla Sulama Sistemi ile *Berberis thunbergii* ‘*Atropurpurea Nana*’ ve *Ilex aquifolium* Bitkilerinin Sulama Olanaklılığının Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Burman, R. D., Pochop L. O., 1994. Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data. Development in Atmospheric Science. Elsevier, the Netherlands, pp: 22:278.

Demirtaş, Ç., Büyükcangaz, H., Yazgan, S., Candoğan, B.N., 2007. Evaluation of

evapotranspiration estimation methods for sweet cherry trees (*Prunus avium*) in sub-humid climate. Pakistan Journal of Biological Sciences 10 (3):462-469.

Doorenbos, J., Pruitt, W.O., 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage Paper, Food and Agriculture organization of The United Nations, Rome, pp.144

Eriş, S., 1996. Klimatoloji ve Metodları, Alfa Basım Yayın Dağıtım, İstanbul.

Hakgören, F., 1996. Sulama, Planlama ve Projeleme İlkeleri, Akdeniz Üniversitesi Yayını, Yayın No: 67, Antalya, 237 s.

Jensen, M.E., Burman, R.D., Allen, R.G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No:70, ASCE, New York, 332 pp.

Kaya, S., 2011. Yarı-Kurak İklim Koşullarında Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Referans Evapotranspirasyon Değerlerinin Karşılaştırılması, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1(1):58-60, 2011.

Monteith, J.L., 1965. Evaporation and the environment. In the state and movement of water in living organism. XIX. Symposium Soc. For Exp. Biol. Swansea, Cambridge University Press. pp.205-234.

Saltürk, M., 2006. Problem of Water in the Middle East and Analysis of the Problem within the Perspective of Turkey, Journal of Security Strategies, 3: 21-38

Smith, M., Allen, R., Pereira, L. 1996. Revised FAO methodology for crop water requirements. Proceeding of the International Conference. (Eds. C.R. Camp, E.J. Sadler, and R.E.Y oder). 3-6 November, San Antonio, TX. pp. 116-123.

Ünlükara, A., Yürekli, K., Anlı, A.S., Örs, İ., 2010. Kayseri İlinin RDI (Reconnaissance) İndeksine Göre Kuraklığının Değerlendirilmesi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1):13-17.