TARIM VE HAYVANCILIKLA İLGİLİ YENİLİKÇİ ÇALIŞMALAR VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇÖZÜMLER

Editör: Prof. Dr. Çiğdem TAKMA



Prof. Dr. Çiğdem TAKMA
Prof. Dr. Yakut GEVREKÇİ
Prof. Dr. Turgay TAŞKIN
Prof. Dr. Nedim KOŞUM
Prof. Dr. Hülya ATIL
Doç. Dr. Çağrı KANDEMİR
Doç. Dr. Funda ERDOĞAN ATAÇ
Doç. Dr. Serdar KAMANLI
Dr. Öğr. Üyesi Selçuk USTA
Ziraat Yüksek Mühendisi Halime ÖZTÜRK
Ziraat Yüksek Mühendisi Mehmet Ali EMİNOĞLU

ISBN: 978-625-6181-90-8

Ankara -2025

TARIM VE HAYVANCILIKLA İLGİLİ YENİLİKÇİ ÇALIŞMALAR VE SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇÖZÜMLER

EDİTÖR

Prof. Dr. Çiğdem TAKMA
ORCID ID:0000-0001-8561-8333

YAZARLAR

Prof. Dr. Çiğdem TAKMA[1]

Prof. Dr. Yakut GEVREKÇİ[2]

Prof. Dr. Turgay TAŞKIN[3]

Prof. Dr. Nedim KOŞUM[4]

Prof. Dr. Hülya ATIL[5]

Doç. Dr. Çağrı KANDEMİR[6]

Doç. Dr. Funda ERDOĞAN ATAÇ[7]

Doç. Dr. Serdar KAMANLI[8]

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk USTA[9]

Ziraat Yüksek Mühendisi Halime ÖZTÜRK[10]

Ziraat Yüksek Mühendisi Mehmet Ali EMİNOĞLU[11]

[1]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir, Türkiye,
cigdem.takma@ege.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-8561-8333

[2]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir, Türkiye,
yakut.gevrekci@ege.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-4915-2238

[3]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir, Türkiye,
turgay.taskin@ege.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-8528-9760

[4]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir, Türkiye,
nedim.kosum@ege.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-8253-5337

[5]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir, Türkiye,
hulya.atil@ege.edu.tr
ORCID ID:0000-0002-6839-9404

[6]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir, Türkiye,
cagri.kandemir@ege.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-7378-6962

[7]Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, İzmir, Türkiye,
funda.erdogan.atac@ege.edu.tr
ORCID ID: 0000-0002-6681-212X

[8]Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü,
Kırşehir, Türkiye, serdar.kamanli@hievran.edu.tr
ORCID No: 0000-0003-1936-7550

[9]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Van, Türkiye, susta@yyu.edu.tr
ORCID ID: 0000-0001-8970-7333

[10]Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye, hlmoztrk92@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-9251-1750

[11]Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Aydın, Türkiye, eminoglumali@gmail.com
ORCID ID: 0000-0002-8752-5736

DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.14810670

Copyright © 2025 by UBAK publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. UBAK International Academy of Sciences Association Publishing House®
(The Licence Number of Publicator: 2018/42945)

E mail: ubakyayinevi@gmail.com
www.ubakyayinevi.org
It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
UBAK Publishing House – 2025©

ISBN: 978-625-6181-90-8
February / 2025
Ankara / Turkey

ÖNSÖZ

Tarım ve hayvancılık, yalnızca insanlığın temel gıda ihtiyacını karşılayan bir sektör olmakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik kalkınma, çevresel sürdürülebilirlik ve toplumsal refah için de kritik bir öneme sahiptir. Hızla değişen küresel koşullar, artan nüfus ve iklim değişikliği gibi faktörler, bu sektörlerin verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir. Elinizdeki bu eser, tarım ve hayvancılık alanında yürütülen güncel araştırmaları ve uygulamaları kapsayan, disiplinler arası bir yaklaşımı benimseyerek hazırlanmıştır.

Kitap, tarımın farklı boyutlarını ele alan altı bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, tarımsal üretimde temel bir element olan fosforun mevcut durumu ve gelecekteki kullanımına ilişkin perspektifler bilimsel bir çerçevede incelenmiştir. İkinci bölümde ise toprak sağlığını tehdit eden unsurlar, bu sorunların ekosistem üzerindeki etkileri ve çözüm odaklı yaklaşımlar ele alınmıştır.

Hayvancılık sektörü, kitabın üçüncü bölümünde ayrıntılı bir şekilde ele alınmış ve etçi ve yumurtacı damızlık tavuklarda horoz yönetiminin verimlilik üzerindeki etkileri incelenmiştir. Dördüncü bölüm, Doğu Anadolu Bölgesi'nin spesifik iklim koşullarını dikkate alarak FAO-56 Penman & Monteith eşitliği kullanımıyla referans çim bitkisinin su tüketimi ve sulama ihtiyacını belirleme çalışmalarına yer vermektedir. Son olarak, beşinci bölümde laktasyon eğrisi ve yapay sinir ağı modellerinin Saanen keçilerinde laktasyon süt verimi üzerindeki uyumu karşılaştırılarak, bu tür yenilikçi yöntemlerin sektöre nasıl katkı sağlayabileceği vurgulanmıştır.

Bu kitabın hazırlanma sürecinde, alanında uzman birçok araştırmacının katkıları ve titiz çalışmaları büyük bir rol oynamıştır. Her bir bölüm, özgün bilimsel bulgulara dayalı olarak hazırlanmış olup hem akademik çevrelerde hem de uygulamalı alanlarda çalışan profesyoneller için bir kaynak olmayı hedeflemektedir. Ayrıca, bu eser, tarım ve hayvancılık alanlarında çalışan bilim insanları, uygulayıcılar ve öğrenciler için bir başvuru kaynağı olmayı amaçlamaktadır. Alanın geleceğini şekillendirecek yenilikçi yaklaşımlara ilham vermesi dileğiyle...

Prof. Dr. Çiğdem TAKMA

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ..... v

İÇİNDEKİLER……...…..……viii

BÖLÜM 1. Tarımda Fosfor, Durum ve Perspektifler
(Halime ÖZTÜRK, Mehmet Ali EMİNOĞLU)……..…...…(1-19)

BÖLÜM 2. Toprak Sağlığını Tehdit Eden Unsurlar ve Çözüm Arayışları (Mehmet Ali EMİNOĞLU, Halime ÖZTÜRK)
……..……(20-59)

BÖLÜM 3. Etçi ve Yumurtacı Damızlık Tavuklarda Horoz Yönetimi (Serdar KAMANLI)……..……...(60-81)

BÖLÜM 4. FAO-56 Penman & Monteith Eşitliği Kullanılarak Doğu Anadolu Bölgesi Koşullarında Referans Çim Bitkisinin Su Tüketimi ve Sulama Suyu İhtiyacının Belirlenmesi
(Selçuk USTA)……...….....(82-109)

BÖLÜM 5. Laktasyon Eğrisi ve Yapay Sinir Ağı Modellerinin Saanen Keçilerinde Laktasyon Süt Verimine Uyumlarının Karşılaştırılması
(Çiğdem TAKMA, Yakut GEVREKÇİ, Turgay TAŞKIN, Çağrı KANDEMİR, Funda ERDOĞAN ATAÇ,
Nedim KOŞUM, Hülya ATIL)..……...(110-139)

BÖLÜM 4

FAO-56 PENMAN & MONTEİTH EŞİTLİĞİ KULLANILARAK DOĞU ANADOLU BÖLGESİ KOŞULLARINDA REFERANS ÇİM BİTKİSİNİN SU TÜKETİMİ VE SULAMA SUYU İHTİYACININ BELİRLENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Selçuk USTA

GİRİŞ

Yeryüzüne yağış olarak düşen su yüzeysel akış, sızma, buharlaşma (evaporasyon) ve terleme (transpirasyon) ile kayıplara uğramaktadır. Toprak ve su yüzeylerinden gerçekleşen evaporasyon (E) ve bitkilerden gerçekleşen transpirasyon (T) kayıplarının toplamı bitki su tüketimi ya da diğer bir ifadeyle evapotranspirasyon (ET) olarak tanımlanmaktadır. Yeryüzüne düşen yağışın yaklaşık olarak %62'sinin ET yoluyla atmosfere geri döndüğü tahmin edilmektedir. Genel olarak, yağış ile ET arasındaki fark, hem yüzey suyu hem de yer altı suyu şeklinde insanlar tarafından kullanılabilen rezerv su miktarını idafe etmektedir (Güngör ve Erözel, 2004; Dingman, 2008).

Hidrolojik döngünün ölçülmesi en zor ve karmaşık olan bileşeni evapotranspirasyondur. Meteoroloji, bitki fizyolojisi ve yüzey toprağı özelliklerine bağlı olarak değişkenlik gösteren evapotranspirasyon; bitkilerin su tüketimlerinin belirlenerek sulama programlarının hazırlanması, sulama ve drenaj sistemleri ile gölet ve barajların projelendirilmesi, yapımı ve işletilmesi, yer altı suyu havzalarının emniyetli veriminin tahmin edilmesi ve bununla birlikte kuraklık

eylem planı, su bütçesi ve taşkın kontrolü gibi hidroloji bilimi kapsamında yapılan birçok çalışmada ihtiyaç duyulan en temel veridir. Bu nedenle, su kaynaklarının doğru yönetimi ve gelecekteki kullanımlarının önceliklendirilmesi için doğru ölçülen veya tahmin edilen ET verilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Zhao ve Gao, 2019; Şarlak ve Bağçacı, 2020; Aghelpour ve Norooz-Valashedi, 2022).

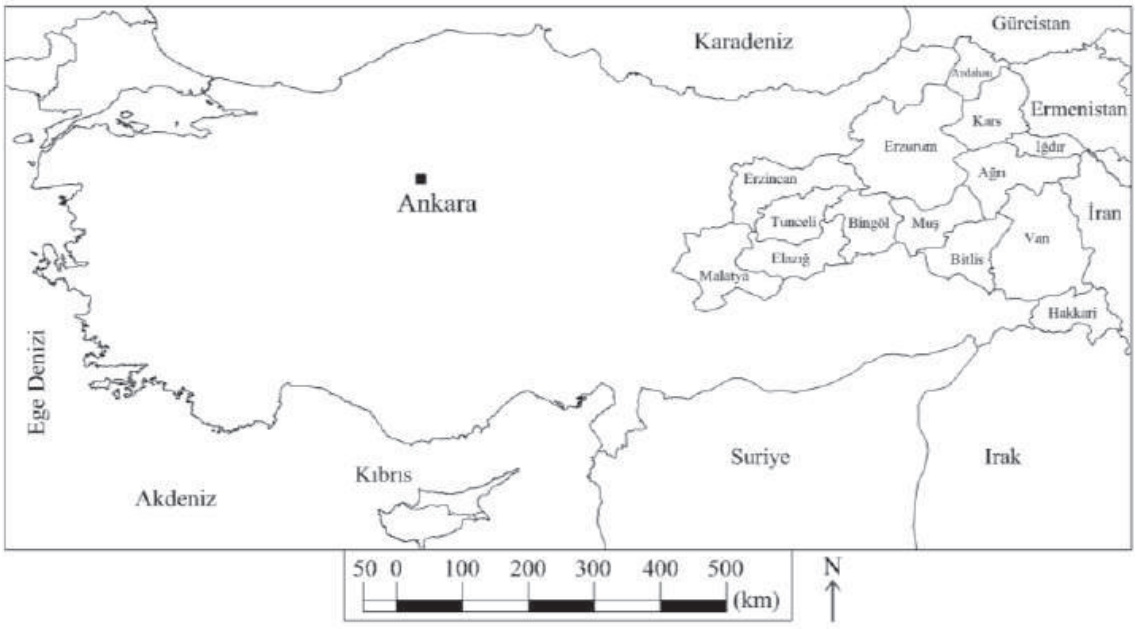
Genel su bütçesi analizlerinde evapotranspirasyonu buharlaşma ve terleme bileşenlerine ayırarak, lizimetre ve eddy kovaryans gibi yöntemlerle doğrudan ölçmek pratik bir yaklaşım değildir. Bu nedenle, genellikle meteoroloji, bitki fizyolojisi ve yüzey toprağı özellikleri dahil olmak üzere üç ana faktörden etkilenen buharlaşma ve terlemenin bir kombinasyonu olarak geliştirilen çok çeşitli ampirik yöntemler kullanılarak potansiyel evapotranspirasyonun (PET) tahmin edilmesi yaklaşımı daha çok tercih edilmektedir (Mehdizadeh, 2018; Marganingrum ve Santoso, 2019). Bu yaklaşımda, çeşitli ampirik yöntemler kullanılarak referans çim bitkisi için belirlenen evapotranspirasyon (ET_o) bitki katsayısı (K_c) ile düzeltilerek PET yüksek doğrulukla tahmin edilebilmektedir. Penman & Monteith (PM), ET_o tahminlerinde en çok tercih edilen yöntem olup, standart tahmin yöntemi olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemin en güncel versiyonu 1998 yılında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından oluşturularak, PM eşitliği FAO-56 modifikasyonu (FAO-56 PM) adı altında kullanıma sunulmuştur (Allen ve ark., 1998; Jacobs ve ark., 2004; Trajković ve Gocić, 2010).

Bu çalışmada, FAO-56 PM eşitliği kullanılarak Doğu Anadolu Bölgesi koşullarında çim bitkisi için tahmin edilen aylık ortalama bitki

su tüketimi (ET_o) değerleri ile yağış ve sulama suyu parametreleri arasındaki ilişkilerin ortaya konulması ve bu parametrelerin konum ve zamana bağlı olarak değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

Türkiye yüzölçümünün %21'ini oluşturan Doğu Anadolu Bölgesinde nüfusun büyük bir çoğunluğunun geçim kaynağı tarım ve hayvancılığa dayalıdır. Bölgede son yıllarda yaşanan kuraklıktan dolayı tarımsal amaçlı bitkisel üretimde sulamaya her zamankinden daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Coğrafi konum olarak 36º 57' – 41º 37' (N) enlemleri ile 38º 45' – 44º 49' (E) boylamları arasında yer alan bölgenin Türkiye haritasındaki konumu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Doğu Anadolu Bölgesi (Anonim, 2024)

Karasal iklimin egemen olduğu bölgede kışlar sert ve uzun, yazlar ise kısa ve serin geçmektedir. Bölge geneli yıllık ortalama hava

sıcaklığı ve nem oranı ile yıllık toplam yağış miktarı sırasıyla 10.20 °C, %60.20 ve 579 mm düzeyindedir (DMİ, 2023). Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde yer alan on dört şehrin iklim ve çevre özellikleri dikkate alınarak, referans çim bitkisinin aylık ortalama günlük bitki su tüketimi (ET_o) değerlerinin belirlenmesinde FAO tarafından hazırlanan CROPWAT yazılımından faydalanılmıştır. FAO-56 PM eşitliğine (Eşitlik 1) dayalı bu yazılıma şehir bazında sırasıyla enlem, boylam ve rakım değerleriyle birlikte günlük maksimum ve minimum hava sıcaklıkları, oransal nem, rüzgâr hızı ve güneşlenme süresi parametrelerinin aylık ortalamaları girilerek ET_o değerleri hesaplanmıştır (Allen ve ark., 1998; FAO, 2023). Şehirlerin enlem, boylam ve rakımları Tablo 1'de verilmiştir.

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

FAO-56 PM eşitliğinde; ET_o, referans evapotranspirasyon (mm gün^{-1}); Δ, doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); R_n, net radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}); G, topraktaki ısı akısı (MJ m^{-2} gün^{-1}); γ, psikometrik sabite (kPa °C^{-1}); T, ortalama hava sıcaklığı (°C); U_2, zemin yüzeyinden 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m s^{-1}); e_s, e_a, sırasıyla doygun ve gerçek buhar basıncı (kPa) değerlerini ifade etmektedir.

Çalışma, bölgede ağırlıklı olarak yetiştiriciliği yapılan buğday, arpa, mercimek, nohut, şeker pancarı, patates, kayısı, elma ve ceviz gibi ürünlerin büyüme mevsimi uzunlukları dikkate alınarak Nisan – Ekim dönemi için yürütülmüştür (TAGEM, 2022).

Tablo 1. Rakım, enlem ve boylam değerleri

Şehir	Rakım (°N)	Enlem (°N)	Boylam (°E)	İstasyon No.
Ağrı	1632	39.75	43.05	17099
Ardahan	1829	41.13	42.70	17046
Bingöl	1177	38.86	40.50	17779
Bitlis	1559	38.36	42.10	17208
Elazığ	882	38.60	39.28	17202
Erzincan	1215	39.73	39.50	17094
Erzurum	1758	39.91	41.26	17096
Hakkâri	1720	37.56	43.76	17285
Iğdır	858	39.93	44.03	17100
Kars	1775	40.60	43.08	17097
Malatya	849	38.43	38.08	17845
Muş	1335	38.73	41.50	17206
Tunceli	919	39.31	39.44	17165
Van	1661	38.45	43.31	17170

Tablo 1'de istasyon numaraları verilen Meteoroloji Genel Müdürlüğü yer gözlem istasyonları tarafından 1991 ve 2020 yılları arasında ölçülen günlük maksimum ve minimum hava sıcaklıkları (T_{max}, T_{min}), oransal nem (RH), rüzgâr hızı (U_2), güneşlenme süresi (n) ve solar radyasyon (R_s) verilerinin 30 yıllık aylık ortalama değerleri çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. Çim bitkisinin ET_o değerlerinin hesaplanmasında kullanılan bu iklim verileri ile birlikte aylık toplam yağış (P) miktarları Tablo 2'de verilmiştir (DMİ, 2023).

Referans çim bitkisinin aylık ortalama günlük sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde bir boyutlu su dengesi eşitliği kullanılmıştır (Eşitlik 2) (Young ve ark., 1996). Bu eşitlikte; çim bitkisinin etkili kök derinliği bölgesine yağış (P), sulama (I) ve kapiller yükselme yolu ile giren su (C_p) miktarları toplamının

evapotranspirasyon (ET_o), yüzeysel akış (R_f) ve derine sızma (D_p) yolu ile sistemden çıkan su miktarları toplamına eşit olduğu kabul edilmektedir. Nisan – Ekim dönemi boyunca Doğu Anadolu Bölgesi genelinde yeraltı suyu seviyesinin etkili kök derinliğinin çok altında olduğu düşünülerek C_p ihmal edilmiştir (Yaman, 2013). Bununla birlikte, sulamada damla sulama gibi modern sulama sistemleri kullanılarak R_f ve D_p kayıpları en aza indirilebilmektedir. Toprağın infiltrasyon hızından daha düşük debili damlatıcılar kullanılarak, suyun toprak yüzeyinde birikerek göllenmesi ve yüzeysel akışa geçmesi önlenebilmektedir (Al Ali ve ark., 2018). Bu nedenle, çalışma kapsamında R_f ve D_p kayıpları da ihmal edilmiştir. C_p, R_f ve D_p kayıplarının ihmal edilmesiyle birlikte elde edilen bir boyutlu su dengesi eşitliğinin en yalın hali kullanılarak, referans çim bitkisinin şehir bazında aylık ortalama günlük sulama suyu ihtiyaçları belirlenmiştir (Eşitlik 3). Bitki su tüketiminin (ET_o) yağışla (P) karşılanamayan bölümünün sulama suyu (I) olarak referans çim bitkisine verilmesi öngörülmüştür.

$$P + I + C_p = ET_o + D_p + R_f \quad (2)$$

$$I = ET_o - P \quad (3)$$

Bir boyutlu su dengesi eşitliğinde; ET_o, referans çim bitkisinin su tüketimi (mm gün^{-1}); I, çim bitkisinin sulama suyu ihtiyacı (mm gün^{-1}); P, yağış (mm gün^{-1}); C_p, etkili kök derinliği bölgesine kapiller yükselme ile giren su miktarı (mm gün^{-1}); D_p, etkili kök derinliği bölgesinin altına sızan su miktarı (mm gün^{-1}) ve R_f, yüzeysel akışa geçen su miktarı (mm gün^{-1}) değerlerini ifade etmektedir.

Tablo 2a. Aylık ortalama iklim verileri (1991–2020)

Ağrı	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	10.80	18.70	24.00	28.60	29.80	25.20	16.80
T_{min} (°C)	0.10	5.20	7.90	11.40	10.90	6.10	1.20
RH (%)	72.00	63.00	58.00	51.00	47.00	50.00	61.00
U_2 (km gün^{-1})	95.00	104.00	95.00	104.00	86.00	69.00	69.00
n (saat)	6.40	7.70	10.50	11.30	11.20	10.10	7.10
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	17.20	20.70	25.20	26.00	24.20	19.80	12.90
P (mm ay^{-1})	70.50	69.80	43.70	21.60	12.60	18.40	53.00
Ardahan	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	10.50	15.90	19.70	23.80	24.10	20.50	13.90
T_{min} (°C)	-1.50	2.90	5.30	8.40	7.80	3.90	-0.70
RH (%)	75.00	78.00	78.00	76.00	72.00	67.00	71.00
U_2 (km gün^{-1})	190.00	216.00	173.00	173.00	147.00	156.00	138.00
n (saat)	6.60	7.10	8.50	8.70	8.70	8.10	6.90
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	17.20	19.80	22.30	22.20	20.60	17.10	12.30
P (mm ay^{-1})	51.20	82.30	93.80	69.90	62.20	35.50	37.10
Bingöl	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	16.20	22.50	29.00	34.00	34.10	28.70	21.00
T_{min} (°C)	5.50	10.20	14.40	18.60	18.10	13.00	7.80
RH (%)	58.00	50.00	40.00	32.00	29.00	35.00	52.00
U_2 (km gün^{-1})	156.00	430.00	190.00	199.00	190.00	156.00	138.00
n (saat)	7.00	8.40	12.00	13.20	14.40	10.50	8.10
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	18.10	21.80	27.50	28.70	26.00	20.50	14.20
P (mm ay^{-1})	116.50	77.60	20.60	7.10	4.30	12.50	65.00
Bitlis	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	12.30	18.70	24.60	29.70	30.00	25.80	17.60
T_{min} (°C)	3.10	7.30	11.10	15.00	14.60	10.70	6.10
RH (%)	67.00	62.00	52.00	46.00	46.00	48.00	62.00
U_2 (km gün^{-1})	147.00	130.00	156.00	156.00	130.00	156.00	112.00
n (saat)	6.20	8.60	12.00	13.10	12.30	10.20	7.40
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	17.20	22.10	27.50	28.70	26.00	20.20	13.60
P (mm ay^{-1})	114.50	100.10	16.70	7.80	8.30	20.50	94.50

Tablo 2b. Aylık ortalama iklim verileri (1991–2020)

Elazığ	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	16.80	22.50	28.40	33.30	33.20	28.80	20.90
T_{min} (°C)	6.60	11.10	15.60	19.60	19.20	14.80	9.10
RH (%)	51.00	44.00	33.00	28.00	23.00	32.00	45.00
U_2 (km gün^{-1})	138.00	147.00	156.00	173.00	147.00	121.00	95.00
n (saat)	6.00	8.40	11.10	11.90	11.50	9.60	7.10
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	16.80	21.90	26.10	26.90	24.80	19.50	13.30
P (mm ay^{-1})	63.40	53.70	12.40	3.30	1.80	8.50	39.30
Erzincan	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	16.50	21.70	26.40	31.00	31.10	27.00	19.40
T_{min} (°C)	4.60	8.50	11.60	15.00	14.30	10.00	5.10
RH (%)	59.00	56.00	50.00	45.00	42.00	47.00	58.00
U_2 (km gün^{-1})	147.00	130.00	147.00	173.00	164.00	121.00	86.00
n (saat)	5.00	7.10	9.50	11.00	10.50	8.80	6.30
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	15.30	19.80	23.90	25.50	23.20	18.30	12.10
P (mm ay^{-1})	53.40	53.40	30.80	12.20	6.90	15.60	39.00
Erzurum	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	10.80	16.40	21.30	26.30	26.60	22.30	14.50
T_{min} (°C)	0.60	4.70	7.80	11.70	11.30	7.10	2.30
RH (%)	69.00	67.00	55.00	42.00	44.00	48.00	62.00
U_2 (km gün^{-1})	225.00	225.00	207.00	225.00	207.00	199.00	190.00
n (saat)	5.40	7.10	9.50	10.80	10.50	8.90	6.70
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	15.80	19.80	23.90	25.30	23.20	18.20	12.40
P (mm ay^{-1})	55.10	72.90	48.90	27.10	17.80	24.00	47.00
Hakkâri	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	12.20	19.30	24.80	29.70	29.60	25.60	17.70
T_{min} (°C)	3.50	8.80	13.00	17.30	16.90	13.00	7.20
RH (%)	60.00	51.00	41.00	35.00	35.00	36.00	50.00
U_2 (km gün^{-1})	130.00	147.00	156.00	164.00	156.00	164.00	104.00
n (saat)	6.50	8.40	11.60	12.30	11.60	10.20	7.30
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	17.60	21.90	27.00	27.60	25.10	20.50	13.70
P (mm ay^{-1})	125.60	65.00	15.30	5.90	4.80	9.90	63.60

Tablo 2c. Aylık ortalama iklim verileri (1991–2020)

Iğdır	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	19.90	24.50	29.10	33.40	32.90	29.00	21.00
T_{min} (°C)	6.50	10.80	14.20	17.90	16.90	12.00	5.90
RH (%)	55.00	57.00	54.00	50.00	51.00	53.00	59.00
U_2 (km gün^{-1})	86.00	69.00	86.00	78.00	69.00	61.00	43.00
n (saat)	6.90	8.20	10.00	10.90	10.80	9.80	7.30
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	17.80	21.40	24.60	25.50	23.60	19.40	13.10
P (mm ay^{-1})	34.30	46.90	31.50	13.90	9.50	11.20	25.70
Kars	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	11.00	16.20	20.40	25.20	25.60	21.80	13.60
T_{min} (°C)	-0.20	3.70	6.40	9.60	9.30	5.10	0.10
RH (%)	70.00	68.00	68.00	65.00	63.00	59.00	67.00
U_2 (km gün^{-1})	181.00	173.00	147.00	147.00	147.00	138.00	121.00
n (saat)	4.10	6.20	7.90	9.00	9.50	8.00	5.50
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	14.00	18.50	21.60	22.60	21.70	17.10	11.10
P (mm ay^{-1})	49.30	82.60	76.90	56.50	43.70	29.50	41.70
Malatya	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	18.20	23.50	29.20	33.80	33.40	28.90	20.90
T_{min} (°C)	7.70	11.80	16.10	19.80	19.40	15.20	9.50
RH (%)	51.00	47.00	36.00	30.00	28.00	34.00	47.00
U_2 (km gün^{-1})	121.00	104.00	95.00	104.00	104.00	95.00	69.00
n (saat)	6.50	8.70	10.90	12.30	11.90	9.60	7.00
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	17.50	22.30	25.90	27.60	25.40	19.50	13.20
P (mm ay^{-1})	55.00	45.60	47.40	3.90	3.50	8.10	35.70
Muş	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	14.70	21.30	27.60	33.20	33.30	28.40	20.00
T_{min} (°C)	4.10	8.50	12.40	16.60	16.60	11.70	6.40
RH (%)	69.00	62.00	51.00	42.00	40.00	44.00	63.00
U_2 (km gün^{-1})	147.00	156.00	156.00	147.00	147.00	130.00	104.00
n (saat)	7.60	9.80	12.00	13.00	14.40	11.40	8.70
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	19.00	23.80	27.50	28.50	26.00	21.70	14.90
P (mm ay^{-1})	102.50	5.69	26.90	7.60	5.70	15.30	62.90

Tablo 2d. Aylık ortalama iklim verileri (1991–2020)

Tunceli	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	18.10	24.00	30.10	35.10	35.40	30.60	22.80
T_{min} (°C)	6.20	10.20	14.50	18.90	18.50	13.40	8.20
RH (%)	61.00	57.00	48.00	40.00	39.00	44.00	62.00
U_2 (km gün^{-1})	143.00	139.00	152.00	173.00	156.00	121.00	91.00
n (saat)	6.50	8.40	10.80	11.60	10.80	9.30	6.70
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	17.40	21.70	25.70	26.40	23.70	18.90	12.60
P (mm ay^{-1})	104.80	72.00	18.00	5.10	4.70	16.70	63.50
Van	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki
T_{max} (°C)	12.50	18.10	23.40	27.90	27.70	23.90	16.90
T_{min} (°C)	2.40	6.60	10.10	13.90	13.70	10.10	5.00
RH (%)	66.00	57.00	49.00	43.00	41.00	42.00	59.00
U_2 (km gün^{-1})	121.00	112.00	95.00	104.00	104.00	121.00	112.00
n (saat)	5.90	8.00	10.60	11.10	10.00	7.80	5.50
R_s (MJ m^{-2} gün^{-1})	16.80	21.20	25.50	25.80	22.70	17.30	11.60
P (mm ay^{-1})	54.90	45.70	18.30	6.20	5.90	15.30	46.90

Referans çim bitkisi için şehir bazında tahmin edilen aylık otalama günlük sulama suyu ihtiyaçları (I) ile bitki su tüketimi (ET_o) ve yağış (P) miktarları arasındaki istatistiksel ilişki düzeylerini ortaya koymak amacıyla, Eşitlik (4) kullanılarak regresyon analizleri yapılmıştır. Bu eşitlikte; X_i, bağımsız değişkenleri (mm ay^{-1}); Y_i, bağımlı değişkenleri (mm ay^{-1}); $\hat{X}$, bağımsız değişkenlerin ortalamasını (mm ay^{-1}); $\hat{Y}$, bağımlı değişkenlerin ortalamasını (mm ay^{-1}); R^2, regresyon katsayısını ve n, gözlem sayısını ifade etmektedir. Regresyon analizlerinde I bağımlı değişken, ET_o ve P ise bağımsız değişkenler olarak dikkate alınmıştır.

$$R^2 = \frac{\left[\sum_{i:1}^{n} (X_i - \hat{X})(Y_i - \hat{Y})\right]^2}{\sum_{i=1}^{n} (X_i - \hat{X})^2 \sum_{i=1}^{n} (Y_i - \hat{Y})^2} \quad (4)$$

FAO-56 PM eşitliği kullanılarak referans çim bitkisi için Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisindeki on dört şehir bazında tahmin edilen Nisan – Ekim dönemi sezonluk toplam ET_o değerleri, "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri" rehberinde verilen aynı değerler (Tablo 3) ile karşılaştırılmıştır (TAGEM, 2022). Karşılaştırma kriteri olarak ortalama mutlak yüzde hata oranı (MAPE) istatistiksel yaklaşımı kullanılmıştır (Eşitlik 5) (Lewis, 1982).

Tablo 3: TAGEM rehberinde verilen aylık toplam ET_o değerleri

Şehir	ET_o (mm ay^{-1})							ET_o (mm)
	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Toplam
Ağrı	69	107	137	161	147	101	52	774
Ardahan	69	100	119	136	123	85	48	680
Bingöl	86	129	173	201	178	123	65	955
Bitlis	76	114	154	177	157	111	60	849
Elazığ	98	140	188	216	192	135	75	1044
Erzincan	89	125	154	172	150	103	55	848
Erzurum	74	108	136	171	156	106	57	808
Hakkâri	85	126	164	184	165	119	68	911
Iğdır	96	128	159	173	150	103	54	863
Kars	70	99	123	143	132	92	50	709
Malatya	101	143	183	207	183	129	69	1015
Muş	79	119	155	180	162	113	59	867
Tunceli	89	128	164	186	164	112	61	904
Van	90	129	164	184	167	119	68	921

FAO-56 PM eşitliği ile tahmin edilen ET_o değerlerinin doğruluğu; MAPE < %10 ise "çok iyi", %10 ≤ MAPE < %20 ise "iyi", %20 ≤ MAPE < %50 ise "kabul edilebilir" ve MAPE ≥ %50 ise "uyumsuz" olarak değerlendirilmiştir (Lewis, 1982; Maiseli, 2019).

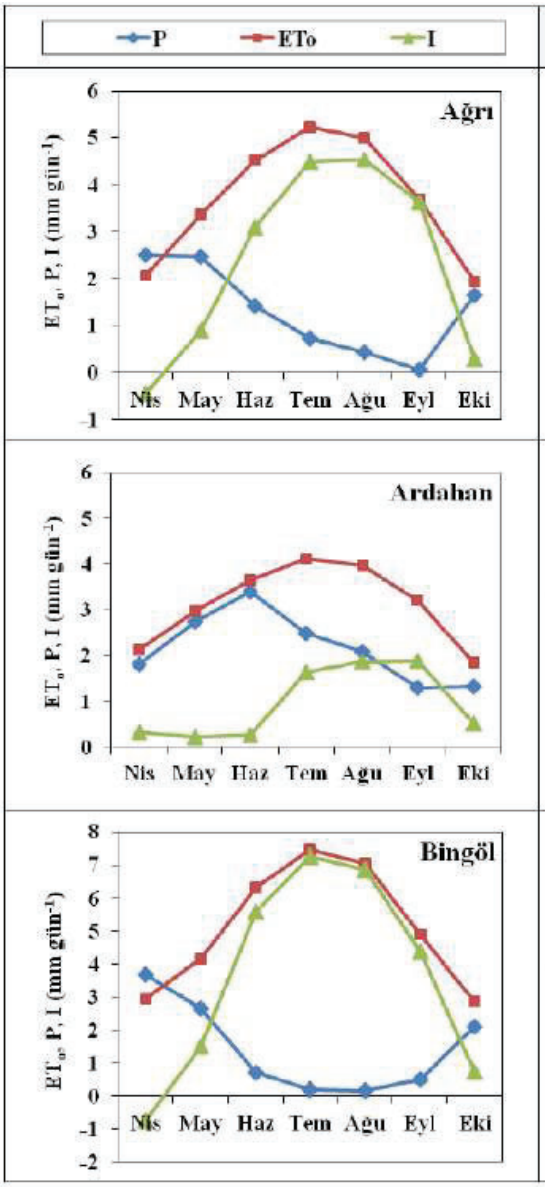
$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i:1}^{n} \left| \frac{X_i - Y_i}{X_i} \right| \times 100 \quad (5)$$

Eşitlikte; MAPE, ortalama mutlak yüzde hata oranını (%); X_i, TAGEM rehberinde şehir bazında verilen Nisan – Ekim dönemi sezonluk toplam ET_o değerlerini (mm) ve Y_i, FAO-56 PM eşitliği kullanılarak şehir bazında tahmin edilen Nisan – Ekim dönemi sezonluk toplam ET_o değerlerini (mm) ifade etmektedir.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

Doğu Anadolu Bölgesi sınırları içerisinde yer alan on dört şehir için meteoroloji yer gözlem istasyonları tarafından ölçülen aylık ortalama yağış (P) miktarları, CROPWAT yazılımı kullanılarak referans çim bitkisi için tahmin edilen aylık ortalama bitki su tüketimi (ET_o) değerleri ve bir boyutlu su dengesi eşitliği kullanılarak çim bitkisi için tahmin edilen aylık ortalama sulama suyu ihtiyaçları (I) Tablo 4'de verilmiştir. Bölge genelinde güneyden kuzeye doğru gidildikçe azalan hava sıcaklığına paralel olarak ET_o'ın azalma eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Şehir bazında tahmin edilen aylık ortalama ET_o değerleri Temmuz (4.13–7.47 mm gün^{-1}) ayında maksimum düzeylere ulaşırken, Ekim (1.80–2.85 mm gün^{-1}) ayında minimum düzeylere gerilemiştir. Nisan – Ekim dönemi için elde edilen Bölge geneli aylık ortalama ET_o değerleri büyükten küçüğe doğru; 5.95 mm gün^{-1} (Temmuz), 5.54 mm gün^{-1} (Ağustos), 5.06 mm gün^{-1} (Haziran), 4.14 mm gün^{-1} (Eylül), 3.75 mm gün^{-1} (Mayıs), 2.57 mm gün^{-1} (Nisan) ve 2.26 mm gün^{-1} (Ekim) olarak sıralanmıştır. Sezonluk ortalama ET_o değeri 4.18 mm gün^{-1} olarak belirlenmiştir.

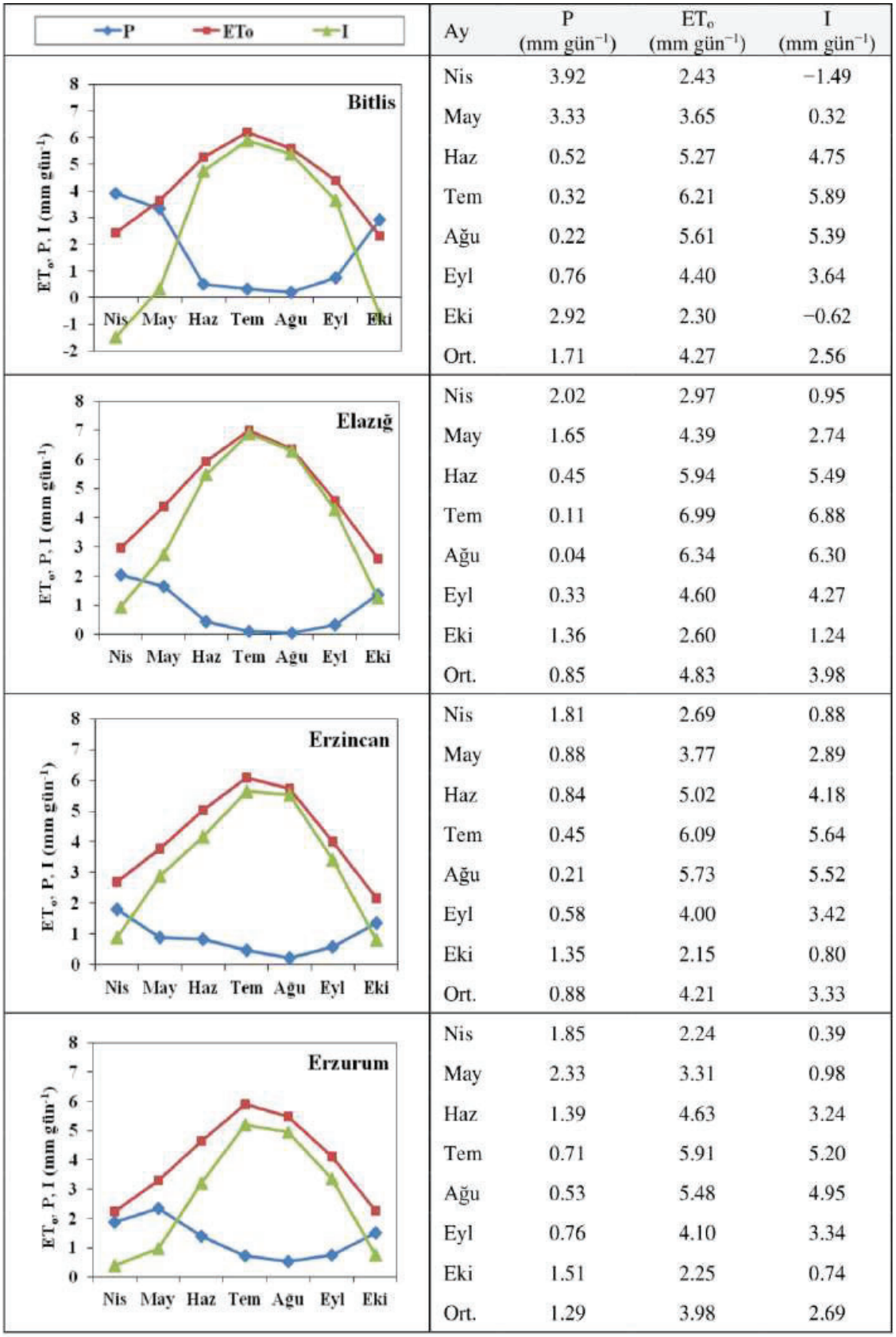
Tablo 4a. Aylık ortalama günlük P, ET_o ve I değerleri



Ay	P (mm gün^{-1})	ET_o (mm gün^{-1})	I (mm gün^{-1})
Nis	2.50	2.07	−0.43
May	2.46	3.37	0.91
Haz	1.43	4.52	3.09
Tem	0.73	5.23	4.50
Ağu	0.44	4.99	4.55
Eyl	0.07	3.70	3.63
Eki	1.66	1.95	0.29
Ort.	1.33	3.69	2.36
Nis	1.81	2.13	0.32
May	2.75	2.97	0.22
Haz	3.39	3.66	0.27
Tem	2.49	4.13	1.64
Ağu	2.09	3.97	1.88
Eyl	1.30	3.20	1.90
Eki	1.33	1.85	0.52
Ort.	2.16	3.13	0.97
Nis	3.68	2.95	−0.73
May	2.66	4.15	1.49
Haz	0.71	6.30	5.59
Tem	0.21	7.47	7.26
Ağu	0.16	7.03	6.87
Eyl	0.51	4.90	4.39
Eki	2.11	2.85	0.74
Ort.	1.43	5.09	3.66

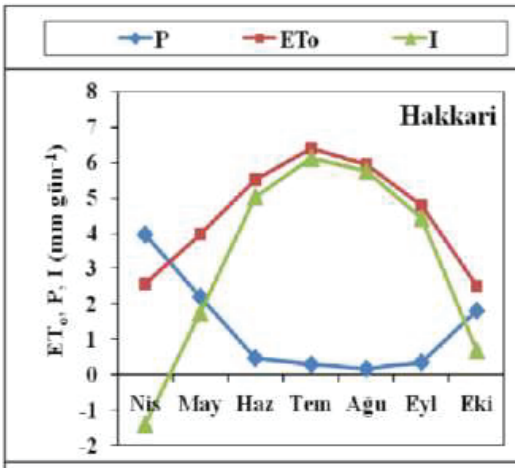
Doğu Anadolu Bölgesi genelinde batıdan doğuya doğru gidildikçe artan rakıma bağlı olarak ET_o'ın azalma eğilimi gösterdiği gözlemlenmiştir. Bölgenin kuzeydoğusunda yer alan Ardahan en düşük sezonluk ortalama ET_o değerine sahip şehir olmuştur. Bölge ortalamasının üzerinde yağış alan bu şehir için sezonluk ortalama ET_o 3.13 mm gün^{-1} olarak belirlenmiştir.

Tablo 4b. Aylık ortalama günlük P, ET_o ve I değerleri

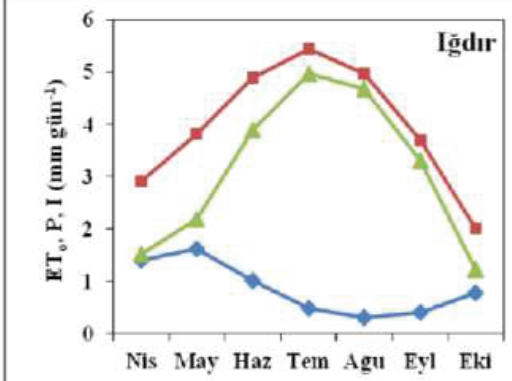


Ay	P (mm gün^{-1})	ET_o (mm gün^{-1})	I (mm gün^{-1})
Nis	3.92	2.43	−1.49
May	3.33	3.65	0.32
Haz	0.52	5.27	4.75
Tem	0.32	6.21	5.89
Ağu	0.22	5.61	5.39
Eyl	0.76	4.40	3.64
Eki	2.92	2.30	−0.62
Ort.	1.71	4.27	2.56
Nis	2.02	2.97	0.95
May	1.65	4.39	2.74
Haz	0.45	5.94	5.49
Tem	0.11	6.99	6.88
Ağu	0.04	6.34	6.30
Eyl	0.33	4.60	4.27
Eki	1.36	2.60	1.24
Ort.	0.85	4.83	3.98
Nis	1.81	2.69	0.88
May	0.88	3.77	2.89
Haz	0.84	5.02	4.18
Tem	0.45	6.09	5.64
Ağu	0.21	5.73	5.52
Eyl	0.58	4.00	3.42
Eki	1.35	2.15	0.80
Ort.	0.88	4.21	3.33
Nis	1.85	2.24	0.39
May	2.33	3.31	0.98
Haz	1.39	4.63	3.24
Tem	0.71	5.91	5.20
Ağu	0.53	5.48	4.95
Eyl	0.76	4.10	3.34
Eki	1.51	2.25	0.74
Ort.	1.29	3.98	2.69

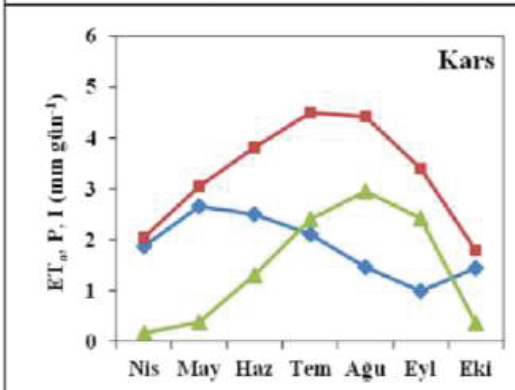
Tablo 4c. Aylık ortalama günlük P, ET_o ve I değerleri



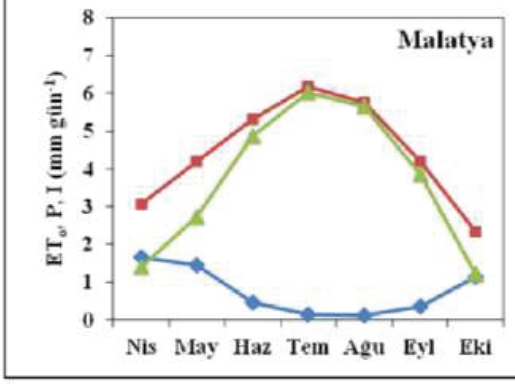
Ay	P (mm gün^{-1})	ET_o (mm gün^{-1})	I (mm gün^{-1})
Nis	3.97	2.56	−1.41
May	2.22	3.98	1.76
Haz	0.48	5.52	5.04
Tem	0.30	6.41	6.11
Ağu	0.17	5.93	5.76
Eyl	0.36	4.80	4.44
Eki	1.81	2.50	0.69
Ort.	1.33	4.53	3.20



Ay	P (mm gün^{-1})	ET_o (mm gün^{-1})	I (mm gün^{-1})
Nis	1.40	2.91	1.51
May	1.62	3.81	2.19
Haz	1.00	4.89	3.89
Tem	0.48	5.44	4.96
Ağu	0.30	4.97	4.67
Eyl	0.40	3.70	3.30
Eki	0.78	2.00	1.22
Ort.	0.85	3.96	3.11

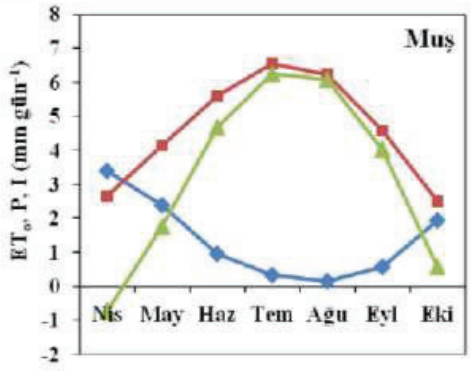
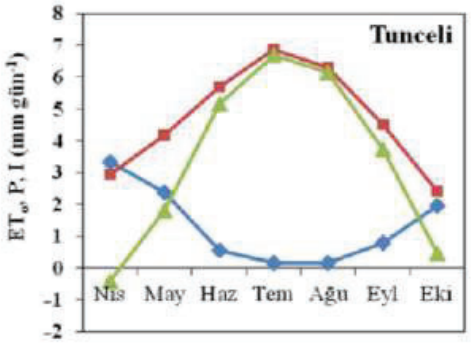
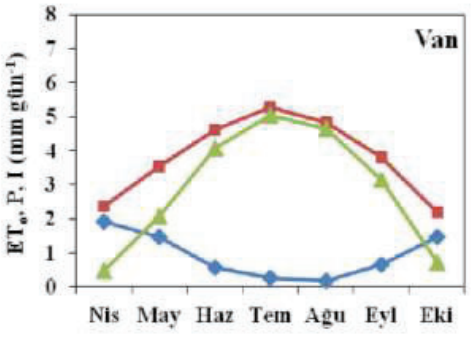
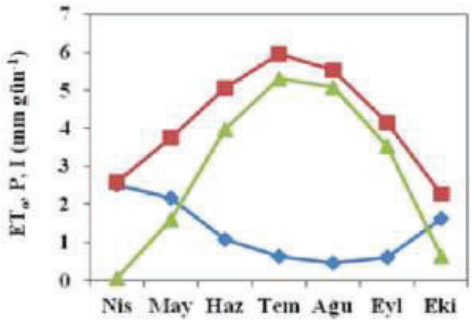


Ay	P (mm gün^{-1})	ET_o (mm gün^{-1})	I (mm gün^{-1})
Nis	1.88	2.04	0.16
May	2.66	3.05	0.39
Haz	2.50	3.81	1.31
Tem	2.10	4.49	2.39
Ağu	1.45	4.41	2.96
Eyl	0.99	3.40	2.41
Eki	1.44	1.80	0.36
Ort.	1.86	3.29	1.43

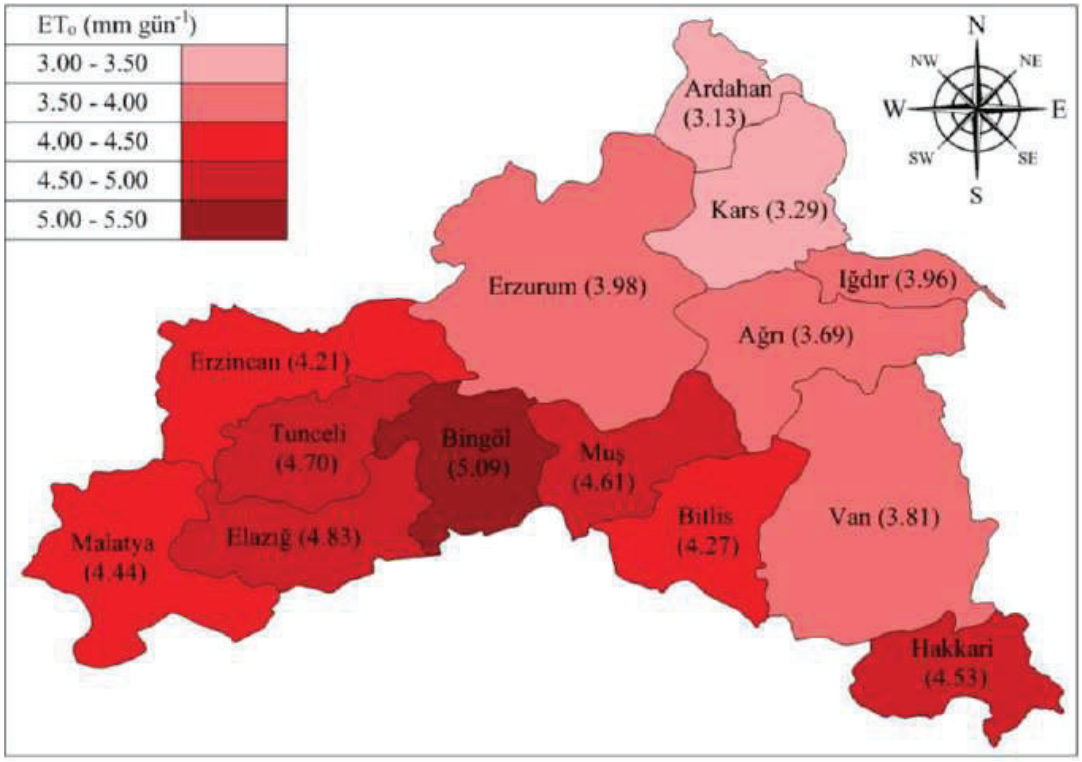


Ay	P (mm gün^{-1})	ET_o (mm gün^{-1})	I (mm gün^{-1})
Nis	1.65	3.06	1.41
May	1.45	4.19	2.74
Haz	0.44	5.32	4.88
Tem	0.15	6.18	6.03
Ağu	0.11	5.76	5.65
Eyl	0.36	4.20	3.84
Eki	1.13	2.35	1.22
Ort.	1.06	4.44	3.68

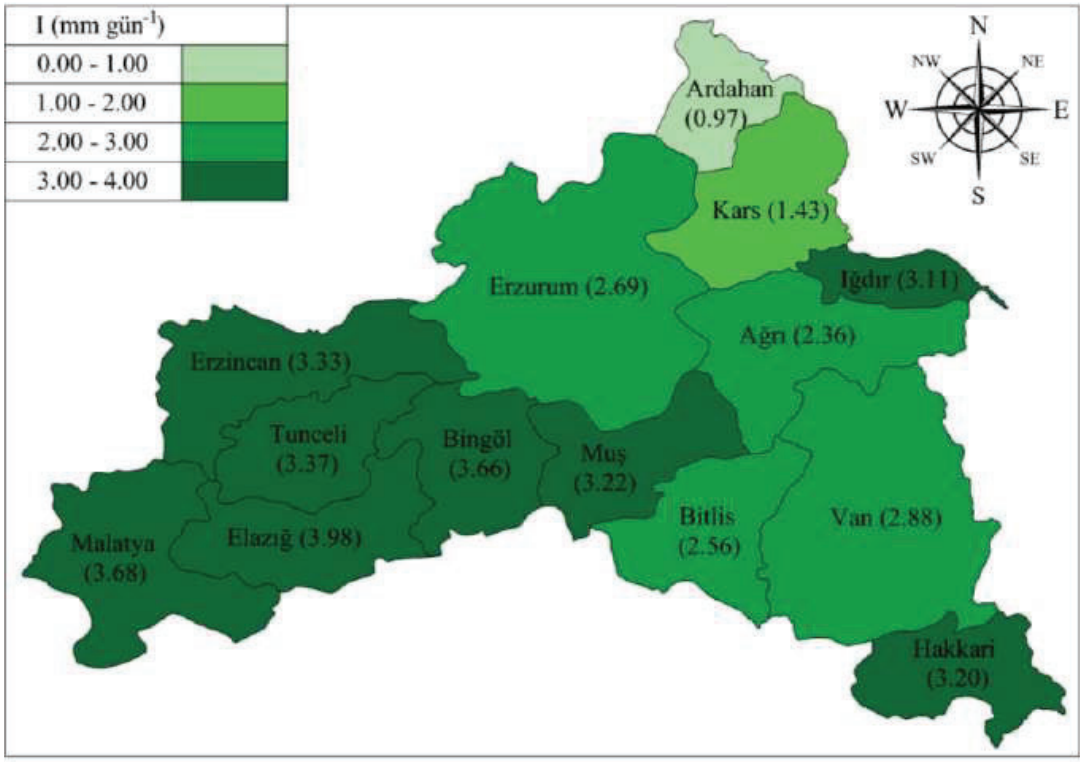
Tablo 4d. Aylık ortalama günlük P, ET_o ve I değerleri

	Ay	P (mm gün^{-1})	ET_o (mm gün^{-1})	I (mm gün^{-1})
	Nis	3.40	2.66	−0.74
	May	2.38	4.13	1.75
	Haz	0.95	5.61	4.66
	Tem	0.32	6.56	6.24
	Ağu	0.15	6.22	6.07
	Eyl	0.60	4.63	4.03
	Eki	1.92	2.49	0.57
	Ort.	1.39	4.61	3.22
	Nis	3.34	2.94	−0.40
	May	2.38	4.18	1.80
	Haz	0.55	5.71	5.16
	Tem	0.16	6.86	6.70
	Ağu	0.16	6.31	6.15
	Eyl	0.77	4.50	3.73
	Eki	1.95	2.40	0.45
	Ort.	1.33	4.70	3.37
	Nis	1.91	2.38	0.47
	May	1.48	3.54	2.06
	Haz	0.55	4.62	4.07
	Tem	0.25	5.28	5.03
	Ağu	0.18	4.83	4.65
	Eyl	0.66	3.80	3.14
	Eki	1.48	2.20	0.72
	Ort.	0.93	3.81	2.88
Bölge Ortalaması Değerler				
	Nis	1.81	2.57	0.76
	May	2.16	3.75	1.59
	Haz	1.09	5.06	3.97
	Tem	0.63	5.95	5.32
	Ağu	0.44	5.54	5.10
	Eyl	0.60	4.14	3.54
	Eki	1.52	2.26	0.74
	Ort.	1.28	4.18	2.90

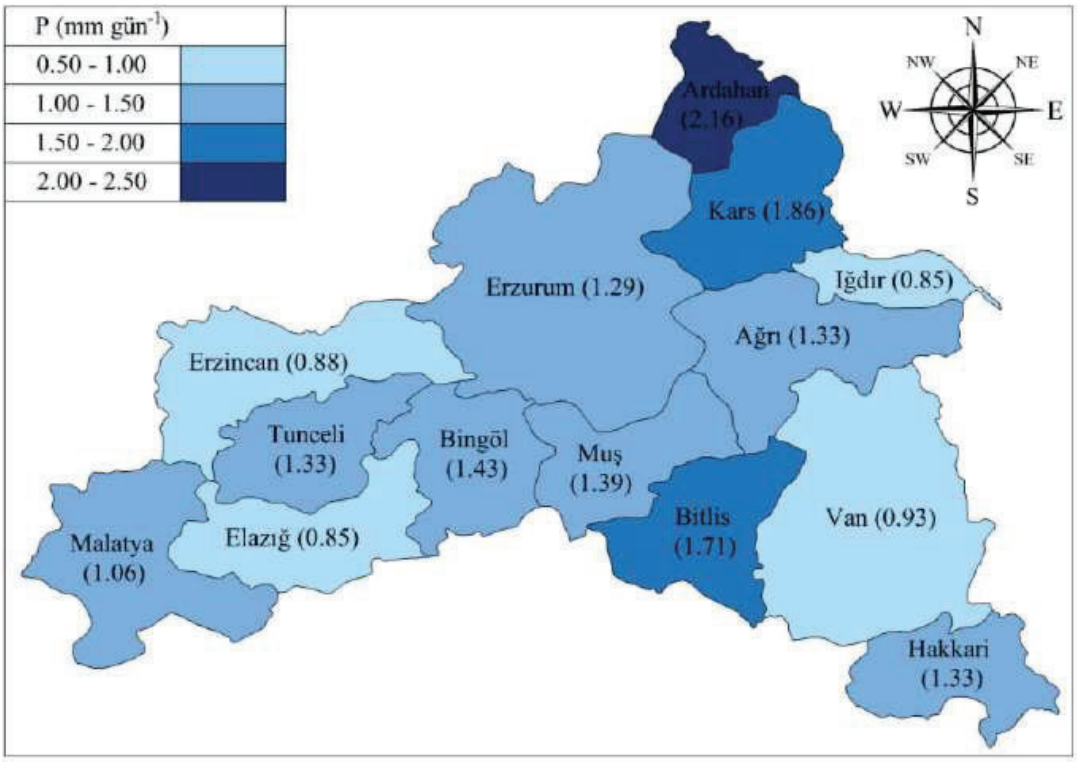
Hava sıcaklığının maksimum düzeylere ulaştığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek ET_o değerlerine sahip şehir Bingöl olmuştur. Bu aylar için sırasıyla 6.30 mm $gün^{-1}$, 7.47 mm $gün^{-1}$ ve 7.03 mm $gün^{-1}$ aylık ortalama ET_o değerlerine sahip olan bu şehrin sezonluk ortalama ET_o değeri 5.09 mm $gün^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Haziran ayında Bingöl'den sonra bölge ortalamasının (5.06 mm $gün^{-1}$) üzerinde ET_o değerlerine sahip şehirler sırasıyla Elazığ (5.94 mm $gün^{-1}$), Tunceli (5.71 mm $gün^{-1}$), Muş (5.61 mm $gün^{-1}$), Hakkâri (5.52 mm $gün^{-1}$), Malatya (5.32 mm $gün^{-1}$) ve Bitlis (5.27 mm $gün^{-1}$) olmuştur. Bu şehirlerin Temmuz ayı ET_o değerleri sırasıyla 6.99 mm $gün^{-1}$, 6.86 mm $gün^{-1}$, 6.56 mm $gün^{-1}$, 6.41 mm $gün^{-1}$, 6.18 mm $gün^{-1}$ ve 6.21 mm $gün^{-1}$ ile en yüksek düzeylere ulaşırken, Ağustos ayı ET_o değerleri sırasıyla 6.34 mm $gün^{-1}$, 6.31 mm $gün^{-1}$, 6.22 mm $gün^{-1}$, 5.93 mm $gün^{-1}$, 5.76 mm $gün^{-1}$ ve 5.61 mm $gün^{-1}$ olarak gerçekleşmiştir. Temmuz ve Ağustos aylarında bölge geneli aylık ortalama ET_o değerleri sırasıyla 5.95 mm $gün^{-1}$ ve 5.54 mm $gün^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Haziran ayı ortalama ET_o değeri (5.02 mm $gün^{-1}$) bölge ortalamasının altında olan Erzincan'ın Temmuz (6.09 mm $gün^{-1}$) ve Ağustos (5.73 mm $gün^{-1}$) aylarında bölge ortalamasının üzerine çıktığı görülmüştür. Referans çim bitkisinin Nisan – Ekim dönemi için belirlenen aylık ortalama günlük bitki su tüketimi (ET_o) ve sulama suyu ihtiyacı (I) değerleri ile birlikte meteoroloji yer gözlem istasyonları tarafından ölçülen yağış (P) miktarlarının konum ve zamana bağlı olarak bölge genelindeki değişimleri sırasıyla Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4'de verilen haritalar üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2: Bölge geneli sezonluk ortalama ET_o değerleri



Şekil 3. Bölge geneli sezonluk ortalama sulama suyu miktarları



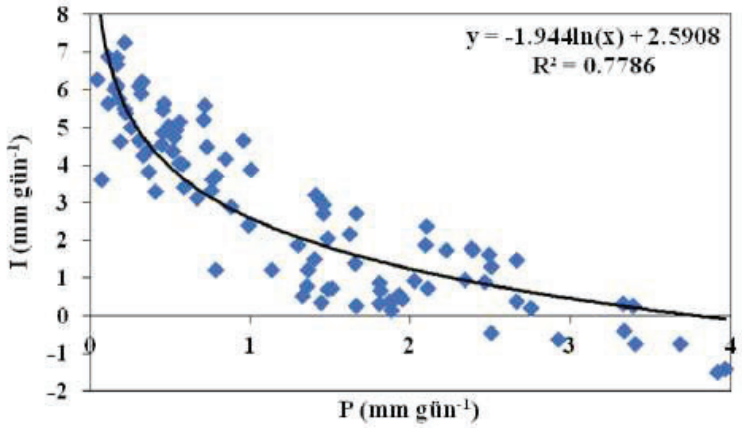
Şekil 4. Bölge geneli sezonluk ortalama yağış miktarları

Doğu Anadolu Bölgesi genelinde bitki su tüketiminin maksimum seviyelere yükseldiği, yağışın ise minimum seviyelere gerilediği Temmuz ve Ağustos aylarında sulama suyu ihtiyacı en yüksek düzeylere ulaşmıştır. Temmuz ayında bölge geneli ortalama 0.63 mm gün^{-1} düzeyinde gerçekleşen yağışın 5.95 mm gün^{-1} büyülüğündeki bitki su tüketimini karşılamada çok yetersiz kaldığı görülmüştür (ET_o > P). Bu nedenle bitki su tüketiminin yağışla karşılanamayan 5.32 mm gün^{-1} büyüklüğündeki bölümünün sulama suyu olarak referans çim bitkisine verilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Benzer şekilde, Ağustos ayında bölge geneli ortalama 0.44 mm gün^{-1} değeri ile minimum düzeye gerileyen yağışın 5.54 mm gün^{-1} büyülüğündeki bitki su tüketimini karşılamada çok yetersiz

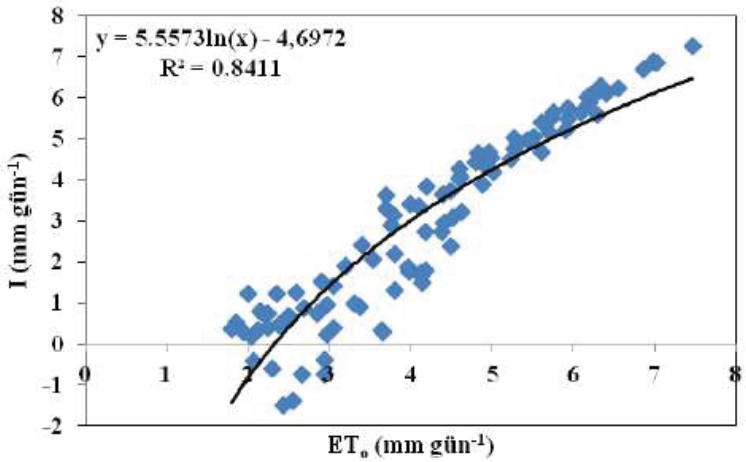
kaldığı gözlemlenmiştir ($ET_o > P$). Bu nedenle bitki su tüketiminin yağışla karşılanamayan 5.10 mm $gün^{-1}$ büyüklüğündeki bölümünün sulama suyu olarak referans çim bitkisine verilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Bölge geneli aylık ortalama sulama suyu ihtiyaçları büyükten küçüğe doğru; 5.32 mm $gün^{-1}$ (Temmuz), 5.10 mm $gün^{-1}$ (Ağustos), 3.97 mm $gün^{-1}$ (Haziran), 3.54 mm $gün^{-1}$ (Eylül), 1.59 mm $gün^{-1}$ (Mayıs), 0.76 mm $gün^{-1}$ (Nisan) ve 0.74 mm $gün^{-1}$ (Ekim) olarak sıralanmıştır. Nisan – Ekim dönemi bölge geneli sezonluk ortalama günlük sulama suyu ihtiyacı ise 2.90 mm $gün^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bitki su tüketiminin minimum seviyelere gerilediği, yağışın ise maksimum seviyelere yükseldiği Nisan ve Ekim aylarında sulama suyu ihtiyacı en düşük düzeye gerilemiştir. Ağrı, Bingöl, Hakkâri, Muş ve Tunceli'de Nisan, Bitlis'te ise hem Nisan hem de Ekim aylarında gerçekleşen yağış miktarı bitki su tüketiminden daha fazla olduğu için, bu aylarda yukarıda belirtilen şehirlerde sulama suyuna ihtiyaç duyulmadığı görülmüştür ($P > ET_o$).

Şehir bazında referans çim bitkisi için belirlenen Nisan – Ekim dönemi sezonluk ortalama sulama suyu ihtiyaçları büyükten küçüğe doğru; 3.98 mm $gün^{-1}$ (Elazığ), 3.68 mm $gün^{-1}$ (Malatya), 3.66 mm $gün^{-1}$ (Bingöl), 3.37 mm $gün^{-1}$ (Tunceli), 3.33 mm $gün^{-1}$ (Erzincan), 3.22 mm $gün^{-1}$ (Muş), 3.20 mm $gün^{-1}$ (Hakkâri), 3.11 mm $gün^{-1}$ (Iğdır), 2.88 mm $gün^{-1}$ (Van), 2.60 mm $gün^{-1}$ (Erzurum), 2.56 mm $gün^{-1}$ (Bitlis), 2.36 mm $gün^{-1}$ (Ağrı), 1.43 mm $gün^{-1}$ (Kars) ve 0.97 mm $gün^{-1}$ (Ardahan) olarak sıralanmıştır. Güneyden kuzeye doğru gidildikçe bitki su tüketimindeki azalmaya ve yağıştaki artışa bağlı olarak sulama suyu ihtiyacı azalma eğilimi göstermiştir.

Sulama suyu miktarı ile yağış arasında negatif yönlü korelâsyona dayalı doğrusal olmayan bir ilişkinin mevcut olduğu ve yağış arttıkça sulama suyu miktarının azaldığı görülmüştür. Sulama suyu miktarındaki değişimin sadece yağış ile açıklanabilme oranı %77.86 (R^2 = 0.7786) olarak elde edilmiştir (Şekil 5). Bitki su tüketimi ve sulama suyu miktarı arasında pozitif yönlü korelâsyona dayalı doğrusal olmayan bir ilişki mevcut olup, bitki su tüketimi arttıkça sulama suyu miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Sulama suyundaki değişimin bitki su tüketimi ile açıklanabilme oranı %84.11 (R^2 = 0.8411) olarak belirlenmiştir (Şekil 6).

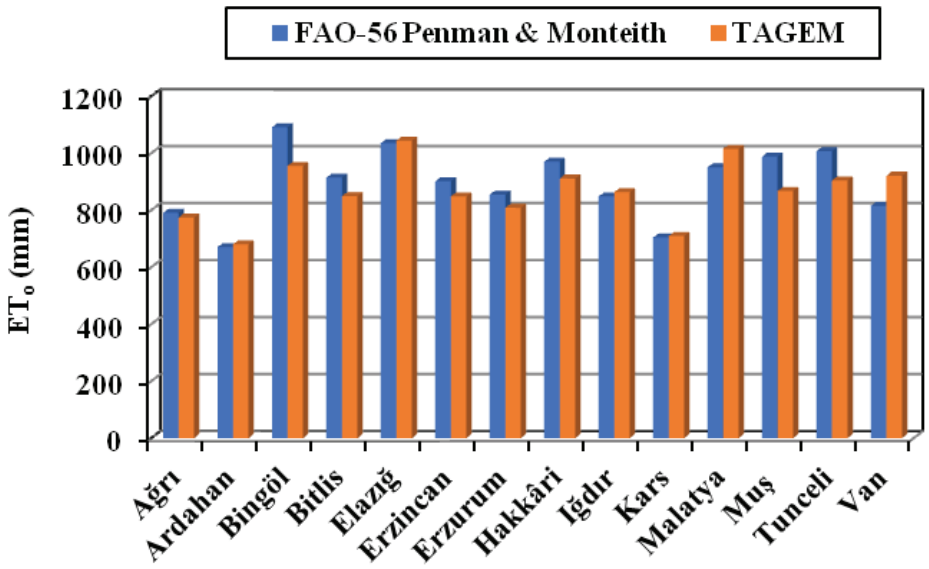


Şekil 5. Sulama suyu ve yağış arasındaki istatistiksel ilişki



Şekil 6. Sulama suyu ve bitki su tüketimi arasındaki istatistiksel ilişki

FAO-56 PM eşitliği kullanılarak çim bitkisi için şehir bazında tahmin edilen Nisan – Ekim dönemi sezonluk toplam ET_o değerleri ve TAGEM rehberinden aynı dönem için alınan sezonluk toplam ET_o değerleri Şekil 7'de verilmiştir. Bu değerler arasındaki sapma miktarlarının bir göstergesi olarak hesaplanan MAPE hataları ise Tablo 5'de verilmiştir. FAO-56 PM eşitliği ile tahmin edilen sezonluk toplam ET_o değerleri 670.22 – 1091.00 mm arasında değişmiştir. En düşük ve en yüksek sezonluk toplam ET_o değerleri sırasıyla Ardahan (670.22 mm) ve Bingöl (1091.00 mm) şehirleri için elde edilmiştir. TAGEM rehberinde şehir bazında verilen sezonluk toplam ET_o değerleri ise 680.00 – 1044.00 mm arasında değerler almıştır. En düşük ve en yüksek sezonluk ET_o değerleri sırasıyla Ardahan (680.00 mm) ve Elazığ (1044.00 mm) şehirleri için elde edilmiştir. FAO-56 PM eşitliği ile yapılan tahminlerde en yüksek sezonluk toplam ET_o değerine sahip olan Bingöl, TAGEM rehberinde Malatya'dan (1015 mm) sonra 955.00 mm ile üçüncü sırada yer almıştır.



Şekil 7. Bölge geneli sezonluk toplam ET_o değerleri

FAO-56 PM eşitliği ile tahmin edilen ve TAGEM rehberinden alınan sezonluk toplam ET_o değerleri arasında şehir bazında %0.74 ile %14.24 arasında değişen oranlarda sapmalar (MAPE = %0.74 – 14.24) olmasına rağmen, FAO-56 PM eşitliği kullanılarak tahmin edilen sezonluk toplam ET_o değerlerinin genel olarak çok iyi düzeyde (MAPE < %10) doğruluğa sahip olduğu görülmüştür (Tablo 5). Bu sapmaların her iki çalışmada dikkate alınan zaman aralıklarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 5. Nisan – Ekim dönemi sezonluk toplam ET_o değerleri

Şehir	ET_o (mm)		MAPE (%)	Doğruluk
	TAGEM	FAO-56 PM		
Ağrı	774.00	790.44	2.12	Çok iyi
Ardahan	680.00	670.22	1.44	Çok iyi
Bingöl	955.00	1091.00	14.24	İyi
Bitlis	849.00	913.87	7.64	Çok iyi
Elazığ	1044.00	1035.22	0.84	Çok iyi
Erzincan	848.00	901.24	6.28	Çok iyi
Erzurum	808.00	854.55	5.76	Çok iyi
Hakkâri	911.00	969.82	6.46	Çok iyi
Iğdır	863.00	847.82	1.76	Çok iyi
Kars	709.00	703.75	0.74	Çok iyi
Malatya	1015.00	950.28	6.38	Çok iyi
Muş	867.00	987.81	13.93	İyi
Tunceli	904.00	1006.75	11.37	İyi
Van	921.00	815.35	11.47	İyi
Ortalama	867.71	895.58	3.21	Çok iyi

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Doğu Anadolu Bölgesi koşullarında yürütülen bu çalışmada, referans evapotranspirasyon (ET_o) ile yağış (P) ve suluma suyu (I) arasındaki istatistiksel ilişkiler ortaya konularak, bu parametrelerin konum ve zamana bağlı değişimleri incelenmiştir. Öncelikle, bölgeyi oluşturan on dört şehrin 30 yıllık (1991–2020) Nisan – Ekim dönemi aylık ortalama iklim verileri kullanılarak, CROPWAT yazılımı aracılığıyla çim bitkisinin şehir bazında aylık ortalama ET_o değerleri tahmin edilmiştir. Daha sonra bir boyutlu su dengesi eşitliği kullanılarak, çim bitkisi için aylık ortalama I değerleri belirlenmiştir. ET_o ve I değerleri Temmuz ayında maksimum düzeylere ulaşırken, Ekim ayında minimum düzeylere gerilemiştir. Bölge geneli ortalama yağışın minimum seviyeye gerilediği Temmuz ayında ET_o ve I sırasıyla 5.95 mm gün^{-1} ve 5.32 mm gün^{-1} olarak gerçekleşmiştir. Aynı değerler yağışın maksimum seviyeye yükseldiği Ekim ayında sırasıyla 2.26 mm gün^{-1} ve 0.74 mm gün^{-1} olarak belirlenmiştir. Güneyden kuzeye doğru gidildikçe sıcaklıktaki azalmaya ve yağıştaki artışa bağlı olarak ET_o ve I azalma eğilimi göstermiştir. ET_o ve I arasında ilişkinin pozitif yönlü korelâsyona dayalı olduğu ve ET_o arttıkça I'nın da arttığı gözlemlenmiştir (R^2 = 0.84). P ve I arasındaki ilişkinin ise negatif yönlü korelâsyona dayalı olduğu ve P arttıkça I'nın azaldığı sonucuna ulaşılmıştır (R^2 = 0.78). Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçların Doğu Anadolu Bölgesi koşullarında hazırlanacak su bütçesi, sulama programı ve kuraklık eylem planı çalışmalarında faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Aghelpour, P., & Norooz-Valashedi, R. (2022). Predicting daily reference evapotranspiration rates in a humid region, comparison of seven various data-based predictor models. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 36, 4133-4155. https://doi.org/10.1007/s00477-022-02249-4

Al Ali, M., Gençoğlan, C., & Gençoğlan, S. (2018). Damla sulama yöntemiyle uygulanan farklı düzeylerde sulama suyu miktarının patlıcan su verim ilişkisine etkisi. Süleyman *Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi,* 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı, 385-393.

Allen, R. G., Pereire, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements – FAO Irrigation and drainage paper 56. https://www.fao.org/4/X0490E/X0490E00.htm (erişim tarihi: 18 Temmuz 2023).

Anonim, (2024). Türkiye Dilsiz İl Merkezli Haritası. http://cografyaharita.com/haritalarim/4jturkiye_dilsiz_il_merkezli_haritasi.png (erişim tarihi: 24 Mayıs 2024).

Dingman, S. L. (2008). *Physical Hydrology*. Long Grove, Illinois, USA: Waveland Press Inc.

DMİ, 2023. Doğu Anadolu Bölgesi İklim Verileri. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara

FAO. (2023). CROPWAT-A Computer Program for Irrigation Planning and Management. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://www.fao.org/land-

water/databases-andsoftware/cropwat/en/ (erişim tarihi: 22 Mart 2023).

Güngör, Y. & Erözel, A. Z. (2004). *Sulama*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Jacobs, J. M., Anderson, M. C., Friess, L. C. & Diak, G. R. (2004). Solar radiation long wave radiation and emergent wetland evapotranspiration estimates from satellite data in Florida. *Hydrological Sciences*, 49(3), 461-476. https://doi.org/10.1623/hysj.49.3.461.54352

Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. London: Butterworths Scientific.

Maiseli, B. J. (2019). Optimum design of chamfer masks using symmetric mean absolute percentage error. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 74, 1-15. https://doi.org/10.1186/s13640-019-0475-y

Marganingrum, D., & Santoso, H. B. (2019). Evapotranspiration of Indonesian tropical area. *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 16(3), 106-116. https://doi.org/10.14710/presipitasi.v16i3.106-116

Mehdizadeh, S. (2018). Estimation of daily reference evapotranspiration (ETo) using artificial Intelligence methods: offering a new approach for lagged ETo data-based modeling. *Journal of Hydrology*, 559, 794-812. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.02.060

Şarlak, N. & Bağçacı, S. Ç. (2020). Ampirik potansiyel evapotranspirasyon tahmin yöntemlerinin değerlendirilmesi: *Konya havzası. Teknik Dergi*, 31(1), 9755-9772. https://doi.org/10.18400/TEKDERG.408019

TAGEM, (2022). Türkiye'de sulanan bitkilerin bitki su tüketimleri. https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Tu%CC%88rkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tu%CC%88ketimleri.pdf. (erişim tarihi: 26 Mayıs 2022).

Trajković, S. & Gocić, M. (2010). Comparison of some empirical equations for estimating daily reference evapotranspiration. *Facta Universitatis – Series Architecture and Civil Engineering*, 8(2), 163-168. https://doi.org/10.2298/FUACE1002163T

Yaman, M. (2013). Van il merkezinin yerleşime uygunluk yönünden değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 99s, Niğde.

Young, M. H., Wierenga, P. J., & Mancino, C. F. (1996). Large weighing lysimeters for water use and deep percolation studies. *Soil Science*, 161(8), 491-501. https://doi.org/10.1097/00010694-199608000-00004

Zhao, G., & Gao, H. (2019). Estimating reservoir evaporation losses for the United States: Fusing remote sensing and modeling approaches. *Remote Sensing of Environment*, 226, 109-124. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.03.015

UBAK

ULUSLARARASI BİLİMLER AKADEMİSİ DERNEĞİ

YAYINEVİ

Konu: Müstakil kitap veya kitap bölümü davet mektubu **05.11.2024**

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Selçuk USTA ;

UBAK Yayınevi tarafından, Şubat 2025 yayın döneminde " **Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Temel Alanında** " bölümlü yada müstakil uluslararası bir kitap yayınlanacaktır.

Söz konusu kitap veya kitap bölümüne yazar olarak katkı sağlamanızdan memnuniyet duyarız.

Bilginize sunar, iyi çalışmalar dileriz.

Dr. Ethem İlhan ŞAHİN
Yayın Koordinatörü

SÖZLEŞME

İşbu sözleşme, **UBAK** ile **Dr. Öğr. Üyesi Selçuk USTA** arasında karşılıklı çalışma koşulları kayıt altına almak üzere düzenlenmiş bulunmaktadır

1. UBAK Yayınevi tarafından yayınlanan kitabın telif hakları UBAK Yayınevine aittir.

2. UBAK Yayınevi tarafından yayınlanan eser UBAK ve UBAK Yayınevine ait olan ve UBAK Uluslararası Bilimler Akademisi Derneği Yayınevi'nin bilgisi dahilinde olan web sitelerinden açık erişim olarak yayınlanacaktır.

3. Kitabın dijital kütüphanelerde ve indekslere kaydedilmesi ile üniversiteler gibi bütün platformlarda elektronik ya da basılı olarak kataloglanmasından UBAK Yayınevi sorumludur.

4. UBAK Yayınevi editör- yazar-yazarlara kitap yayınını nedeniyle telif ücreti ödememektedir.

5. Söz konusu kitap elektronik olarak yayınlanacaktır.

6. Grafik tasarımı, dizgisi ve diğer ilgili işlemler için yazardan bir defaya mahsus **2000 TL** masraf tahsil edilecektir.

7. Yazar, Eser üzerinde hiçbir üçüncü kişi veya kuruluşun herhangi bir hakkının var olmadığını, Eser'in sahibinin kendisi olduğunu, üçüncü kişi veya kuruluşlardan **Eser'in tamamı veya bir bölümü hakkında hak talep edildiği takdirde** bundan doğabilecek tazminat ve yasal sorumlulukların kendisine ait olacağını kabul ve beyan eder.

8. Eser'de, üçüncü kişilerin kişilik haklarına müdahale niteliğinde ifadeler olması halinde bundan doğacak yasal sorumluluk Eser'i kaleme alan Yazar'a aittir.

9. Yayınevi etik ihlalleri, intihal vs. gibi nedenlerle ilgili internet sitesinden yayını kaldırabilir ve veya erişime kapatabilir.

10. Bölümün Adı: **FAO-56 PENMAN & MONTEİTH EŞİTLİĞİ KULLANILARAK DOĞU ANADOLU BÖLGESİ KOŞULLARINDA REFERANS ÇİM BİTKİSİNİN SU TÜKETİMİ VE SULAMA SUYU İHTİYACININ BELİRLENMESİ**

11. ÜAK Anahtar Kelimeler: 1- Bitki su tüketimi 2- Sulama 3- Yağış

İmza- Tarih:03/02/2025

12. **Dr. Öğr. Üyesi Selçuk USTA**
Van Yüzüncü Yıl Üniv.
Van Meslek Yüksekokulu

Dr. Ethem İlhan ŞAHİN
Yayın Koordinatörü

RESMİ KÜNYEMİZ

Ülke

Türkiye

Kuruluş Tarihi

2019

Lisans/Ruhsat

Kültür ve Turizm Bakanlığı

Yayın Niteliği

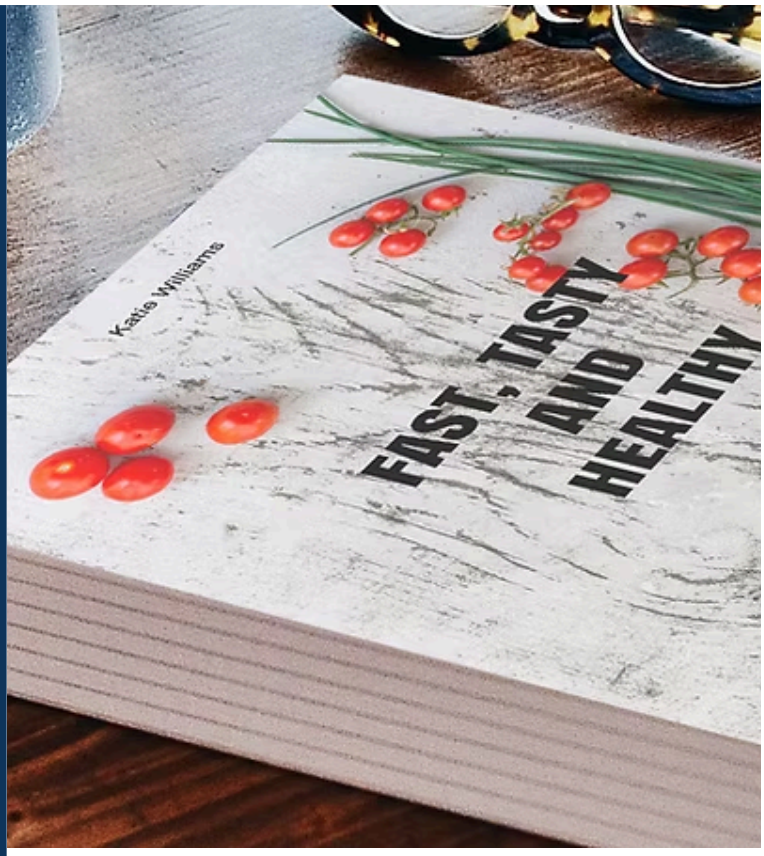
Uluslararası

Ruhsat Numarası

2018/42945

İletişim

ubakyayinevi@gmail.com



UBAK YAYINEVİ

Yayın Ruhsat Numarası

License: 2018/42945

ANKARA-TURKEY

© 2018 by Ubak Uluslararası Bilimler Akadem

ubakyayinevi@gmail.com

ULUSLARARASI YAYINCILAR DERNEĞİ
Ankara

SERTİFİKA

FİRMA/KURULUŞ ADI	: UBAK YAYINEVİ
KURULUŞ TARİHİ	: 2018
KÜLTÜR BAKANLIĞI RUHSAT NO	: 42945 (Yenileme/2024)
VERGİ NUMARASI	: 8830789827
FALİYET ALANI	: BİLİMSEL/AKADEMİK
YAYIN İHTİSAS ALANLARI	: ARAŞTIRMA VE DERLEME, TÜM BİLİM ALANLARI
YAYINCI STATÜSÜ	: ULUSLARARASI
YAYIN TÜRÜ	: BASILI VE DİJİTAL
YAYINCI URL	: www.ubakyayinevi.org

5253 Sayılı Kanuna göre kurulan ve İçişleri Bakanlığınca 06.146.030 Tüzel Kişilik Tescil Numarası ile faaliyet gösteren
ULUSLARARASI YAYINCILAR DERNEĞİ
yukarıda safahatı belirtilen Yayıncılık kuruluşunun ÜAK ve YÖK kriterlerine haiz olarak Uluslararası Statüye sahip olduğunu onaylar

SERTİFİKA NO	ONAY	GEÇERLİLİK SÜRESİ
2018/-P34	01.09.2024	01.09.2029

Onay kodu: www.uyad.net/iokdryzmvly2ay0uaiz41ksgeis