

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKDENİZ BÖLGESİ REFERANS
EVAPOTRANSPIRASYON HESAPLAMALARINDA
GÜNEŞ RADYASYON VERİLERİ VE REFERANS
EVAPOTRANSPIRASYON FREKANS ANALİZİ**

**Hazırlayan
Engin KAYMAZ**

**Danışman
Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA**

Yüksek Lisans Tezi

**Ağustos 2020
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**AKDENİZ BÖLGESİ REFERANS
EVAPOTRANSPIRASYON HESAPLAMALARINDA
GÜNEŞ RADYASYON VERİLERİ VE REFERANS
EVAPOTRANSPIRASYON FREKANS ANALİZİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Engin KAYMAZ**

**Danışman
Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA**

**Ağustos 2020
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Engin KAYMAZ

İmza:



“Akdeniz Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Güneş Radyasyon Verileri ve Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Tezi Hazırlayan

Engin KAYMAZ



Danışman

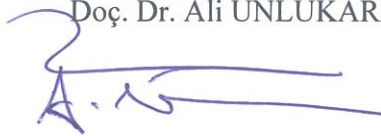
Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA



U

Biyosistem Mühendisliği ABD Başkanı

Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA



Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA danışmanlığında **Engin KAYMAZ** tarafından hazırlanan “**Akdeniz Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Güneş Radyasyon Verileri ve Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi**” adlı bu çalışma, jürimiz tarafından Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyosistem Mühendisliği** Anabilim Dalında **Yüksek Lisans** tezi olarak kabul edilmiştir.

„ / „ / „ „

JÜRİ:

Danışman	:	Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA	
Üye	:		
Üye	:		

ONAY:

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

..... / /

Prof. Dr. Mehmet AKKURT

Enstitü Müdürü

TEŞEKKÜR

Çalışma sürecinde desteklerini, bilgilerini benimle paylaşan, tecrübelerini esirgemeyen, gelecekteki mesleki hayatımda da bana verdiği değerli bilgilerinden yararlanacağımı düşündüğüm danışman hocam; Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA'ya en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında benden desteğini asla kesmeyen sevgili nişanlım Nur Selin ÇABUK'a teşekkürü borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında ne zaman danışsam zamanlarını ayırıp sabırla ve ilgiyle bana faydalı olmak için ellerinden geleni sunan, her sorun yaşadığımda yanlarına çekinmeden gidebildiğim, değerli hocalarım; Öğr. Gör. Zeynel Abidin KUŞ'a ve Arş. Gör. Necati ÇETİN'e ve Arş. Gör. İ.Serkan VAROLA'a katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Eğitim hayatımda her daim yanımda olarak bana desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen ve bugünlere gelmemde en büyük payın sahibi olan, bana çok güvenen sevgili aileme sonsuz teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Engin KAYMAZ
Kayseri, Ağustos 2020

AKDENİZ BÖLGESİ REFERANS EVAPOTRANSPIRASYON HESAPLAMALARINDA GÜNEŞ RADYASYON VERİLERİ VE REFERANS EVAPOTRANSPIRASYON FREKANS ANALİZİ

Engin KAYMAZ

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ağustos 2020

Danışman: Doç. Dr. Ali ÜNLÜKARA

ÖZET

Atmosferin bitki üzerindeki buharlaştırma talebi referans evapotranspirasyonla ifade edilmektedir. Bitki gelişme dönemlerine göre değişen bitki katsayılarıyla söz konusu döneme ait referans evapotranspirasyon çarpılarak bitki su tüketimi hesaplanmaktadır. Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından referans evapotranspirasyon hesaplamalarında FAO Sulama ve Drenaj Yayınları No.56'da ortaya konulan yöntem standart bir yöntem olarak önerilmektedir. Söz konusu yaklaşımda, güneş radyasyonu hesaplamalarında bölgeye ilişkin yerel Angstrom katsayılarının kullanılması önerilmektedir. Bu çalışmada Ülkemizin önemli tarım bölgelerinden Akdeniz Bölgesi için bölgesel Angstrom katsayılarının saptanması ve referans evapotranspirasyonun frekans analizinin yapılması (%95, %75, %50, %25, %10 ve %5 ihtimalle) amaçlanmıştır. Bunun için gerekli uzun yıllık meteorolojik veriler, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Osmaniye dışında Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Adana, Antalya, Kahramanmaraş, Isparta, Burdur, Mersin ve Hatay illeri Angstrom katsayıları elde edilmiştir. Uzun yıllık iklim verileri ve Angstrom katsayıları kullanılarak tüm bu illerin aylık ortalama referans evapotranspirasyon verileri hesaplanmıştır. Yıllık ortalama toplamlar açısından en düşük ET_0 değerine 875 mm ile Isparta ve en yüksek 1332 mm ile Antalya sahip olmuştur. Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri rehber değerlerinden Kahramanmaraş ve Mersin %0.3 ve %1.06 daha yüksek, Isparta, Adana, Burdur, Hatay ve Antalya sırasıyla %15.8, %1.1, %8.6, %7.3 ve %1.55 daha düşük bulunmuştur. Cropwat 8.0 sonuçlarına göre Mersin %8.2 daha yüksek sonuç verirken Kahramanmaraş %17.9, Adana %8.6, Isparta %10.6, Burdur %7.4, Hatay %21.1 ve Antalya %7.6 daha düşük sonuç vermiştir.

Anahtar Kelimeler: Referans evapotranspirasyon, Akdeniz Bölgesi, Angstrom katsayıları, frekans analizi

**USING SOLAR RADIATION DATA IN CALCULATION OF REFERENCE
EVAPOTRANSPIRATION AND MEDITERRANEAN SEA REGION
REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION FREQUENCY ANALYSIS**

Engin KAYMAZ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, August 2020

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA

ABSTRACT

Evaporative demand of atmosphere on plant is expressed as reference evapotranspiration. Crop water consumption is calculated by multiplying plant coefficients varying based on plant development period with the reference evapotranspiration of that period. The method specified in FAO Irrigation and Drainage Bulletin No.56 is used as a standard method to calculate reference evapotranspiration. In this method, local Angstrom coefficients are recommended in solar radiation calculations. In this study, regional Angstrom coefficients and frequency analysis (95, 75, 50, 25, 10 and 5% probable) were determined for Mediterranean Region, an important agricultural region of Turkey. Long-term meteorological data were supplied from General Directorate of Meteorology. Angstrom coefficients were determined for Mediterranean provinces of Adana, Antalya, Kahramanmaraş, Isparta, Burdur, Mersin and Hatay. With the use of long-term climate data and Angstrom coefficients, monthly average reference evapotranspiration of these provinces was calculated. As the annual average totals, the lowest ET_0 value (875 mm) was calculated for Isparta province and the greatest (1332 mm) for Antalya province. Total ET_0 values of Kahramanmaraş and Mersin provinces were about 0.3% and 1.6% greater than the values specified in Guidebook for Crop Water Consumptions of Irrigated Plants in Turkey and the values of Adana. Isparta, Burdur, Hatay and Antalya were found 1.1%, 15.8%, 8.6%, 7.3% and Antalya 1.5% lower from the Guidebook values, respectively. Comparing to Cropwat 8.0 results, only Mersin yielded 8.2% higher values while Kahramanmaraş, Adana, Isparta, Burdur, Hatay and Antalya yielded 17.9%, 8.6%, 10.6%, 7.4%, 21.1% and 7.6% lower values, respectively.

Key Words: Reference evapotranspiration, Mediterranean Sea Region, Angstrom coefficients and frequency analysis

İÇİNDEKİLER

AKDENİZ BÖLGESİ REFERANS EVAPOTRANSPIRASYON HESAPLAMALARINDA GÜNEŞ RADYASYON VERİLERİ VE REFERANS EVAPOTRANSPIRASYON FREKANS ANALİZİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK.....	ii
ONAY	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
ÖZET.....	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	ix
TABLO LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ	1

1.BÖLÜM LİTERATÜR ÖZETİ

2.BÖLÜM MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal	12
2.2. Yöntem	13

3. BÖLÜM BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Bulgular ve Tartışma	17
3.1.1. Kahramanmaraş	20
3.1.2. Adana	25
3.1.3. Isparta	29
3.1.4. Burdur	32

3.1.5. Mersin	35
3.1.6.Hatay	39
3.1.7. Antalya	44

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler	47
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ.....	52

KISALTMALAR VE SİMGELER

<u>SEMBOL</u>	<u>ANLAMI</u>
%	: Yüzde
$(e_s - e_a)$	: Doygun buhar basıncı açığı
$^{\circ}\text{C}$	: Derece celsius
a_s ve b_s	: Angstrom katsayıları
c_p	: Havanın özgül ısısı
d_r	: Yerküre güneş arası ters nispi uzaklık
DSİ	: Devlet su işleri
e_a	: Gerçek buhar basıncı
e_s	: Doygun buhar basıncı
ET_o	: Referans evapotranspirasyon
FAO	: Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
G	: Toprak ısı akısı
G_{sc}	: Solar sabit
J	: Yılın gün sayısı
K	: Kelvin
K_c	: Bitki katsayısı
m	: Metre
M	: İlgili aya ilişkin ET_o veri sayısı
n	: Güneşlenme süresi
N	: Gündüz süresi
P	: Referans evapotranspirasyonun dikkate alınan değerine eşit veya daha yüksek olma ihtimali
R	: Küçükten büyüğe doğru yapılan sıralamada dikkate alınan ET_o değerinin sırası
R_a	: Atmosfer dış yüzey radyasyonu
R_n	: Net radyasyon
R_{nl}	: Net uzun dalga radyasyon
R_{ns}	: Net kısa dalga radyasyon
RP	: Tekrarlama süresi

r_s	: Yüzey direnci
R_s	: Solar radyasyon
R_{so}	: Açık gökyüzü radyasyonu
T	: 2 m yükseklikte ortalama günlük hava sıcaklığı
TAGEM	: Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü
T_{mak}	: Maksimum sıcaklık
T_{min}	: Minimum sıcaklık
U_2	: 2 m yükseklikte rüzgâr hızı
α	: Albedo
γ	: Psikrometrik sabit
δ	: Solar deklinasyon açısı
Δ	: Buhar basıncı eğrisinin eğimi
λ_{ET}	: Eşdeğer buharlaşma
ρ_a	: Sabit basınçta ortalama hava yoğunluğu
σ	: Stefan-Boltzman sabiti
φ	: Enlem derecesi
ω_s	: Gün batımı saat açısı

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1.	Akdeniz Bölgesi ETo hesaplamaları yapılan iller, meteoroloji istasyonu numaraları, istasyon adı, enlem ve boylam dereceleri ve rakımları.....	12
Tablo 3.1.	Akdeniz Bölgesi İlleri Angstrom Katsayıları	18
Tablo 3.2.	Aylara göre Kahramanmaraş ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	23
Tablo 3.3.	Kahramanmaraş ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri.....	23
Tablo 3.4.	Aylara göre Adana ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları.....	27
Tablo 3.5.	Adana ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri	27
Tablo 3.6.	Aylara göre Isparta ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları.....	31
Tablo 3.7.	Isparta ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri	31
Tablo 3.8.	Aylara göre Burdur ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları.....	33
Tablo 3.9.	Burdur ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri	34
Tablo 3. 10.	Aylara göre Mersin ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları.....	38
Tablo 3. 11.	Mersin ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri	38
Tablo 3. 12.	Aylara göre Hatay ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları.....	42
Tablo 3. 13.	Hatay ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri	42
Tablo 3.14.	Antalya ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları	45
Tablo 3.15.	Antalya ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri	45

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1.	Kahramanmaraş ili 1984-2008 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları.....	22
Şekil 3.2.	Kahramanmaraş ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalleri için aylık referans evapotranspirasyon değerleri	24
Şekil 3.3.	Adana ili 1968-2014 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları.....	27
Şekil 3.4.	Adana ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri	28
Şekil 3.5.	Isparta ili 1968-2015 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları.....	30
Şekil 3.6.	Isparta ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri	32
Şekil 3.7.	Burdur ili 1995-2006 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları.....	33
Şekil 3.8.	Burdur ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri	35
Şekil 3.9.	Mersin ili 1983-2010 yılı 28 yıllık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları.....	37
Şekil 3.10.	Mersin ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon sonuçları.....	39
Şekil 3.11.	Hatay ili 1983-2011 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları.....	41
Şekil 3.12.	Hatay ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri	43
Şekil 3.13.	Antalya ili 1967-2006 arası yıllık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları.....	44
Şekil 3.14.	Antalya ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri	46

GİRİŞ

Hidrolojide, tarımsal sulamalarda ve sulama projelerinde bitki su tüketimi verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bitki yüzeyinden transpirasyonla ve toprak yüzeyinden evaporasyonla atmosfere kaybedilen ve evapotranspirasyon olarak adlandırılan bu süreç bitki su tüketiminin %98-99'una karşılık gelmektedir. Bitki evapotranspirasyonu ölçülebilir veya iklim verileri kullanılarak tahmin edilebilir. Bitki evapotranspirasyonun belirlenmesi için çeşitli formül ve deneysel eşitlikler üretilmiştir. Bitki evapotranspirasyonunu hesaplamak için üretilen tüm formüller ve yöntemler genellikle $ET_c = K_c \times ET_o$ eşitliğini dikkate almaktadır. K_c bitki katsayısını ve ET_o ise potansiyel veya referans evapotranspirasyonu göstermektedir. Potansiyel evapotranspirasyon, elverişli suyun en yüksek oranda toprak ve bitki yüzeylerinden uzaklaştırılmasıdır. Potansiyel evapotranspirasyon, buharlaşma için elverişli enerji miktarına bağlıdır ve günden güne değişir. Referans bitki evapotranspirasyonu ise özellikle çim veya yonca gibi özel bitkiler için potansiyel evapotranspirasyonu göstermektedir (James, 1988).

Bitki su tüketiminde referans evapotranspirasyon (ET_o), iklimin bitki üzerindeki etkisini yansıtır. Bu sebepten atmosferin buharlaştırma isteğinin düzgün şekilde tahmin edilmesi, bitki su tüketiminin de daha doğru tahminini sağlamış olur. Bitki tipinden, gelişiminden ve bitkinin bakım şeklinden bağımsız olarak atmosferin evaporatif isteğini anlayabilmek için ET_o kavramı ortaya atılmıştır. Referans evapotranspirasyon yüzeyinde yeterince su bulunduğundan, toprak faktörleri ET 'yi etkilemez. Özel bir yüzeyle ET 'nin ilişkilendirilmesi, diğer yüzeylerden oluşan ET ile ilişki kurulmasına bir referans sağlar. Her bitki ve gelişme dönemi için ayrıca ET tanımlanmasını gereksiz kılar. Farklı bölge veya farklı dönemlerde ölçülen, hesaplanan ET_o değerleri, aynı referans yüzeyden oluşan ET 'yi temsil etmelerinden dolayı karşılaştırılabilirler (Allen vd., 1998; Allen vd., 2005).

ET_0 'ı yalnızca iklim kontrol eden rüzgâr, güneş radyasyonu, yağış miktarı gibi parametreler etkiler. Yalnızca iklimsel parametrelerin etkilediği ET_0 , hava verileri kullanılarak hesaplanabilmektedir. ET_0 'ın spesifik bir yer ve yılın spesifik bir zamanında atmosferin buharlaştırma potansiyelini göstermesinden dolayı toprak faktörleri ve bitki katsayıları (K_c) ET_0 hesaplamalarında dikkate alınmaz. FAO, Penman-Monteith yöntemini ET_0 tahmini için tek yöntem olarak tavsiye etmektedir. Ele alınan bölgede çim bitkisi üzerinde meydana gelen ET_0 değerine yakın sonuçlar vermesi, fiziki olarak taban oluşturması, aerodinamik ve fizyolojik değişkenlerin net şekilde ilişkilendirilmesi için en uygun yöntem olarak seçilmiştir. Buna ek olarak ET_0 tahminlerinde gerekli olan ancak kaydedilmemiş iklim parametreleri için ek metotlar geliştirilmiştir (Allen vd., 1998).

Bitki boyu 0.12 m, sabit yüzey direnci 70 s m^{-1} ve albedosu 0.23 olarak kabul edilen referans yüzey, bir hipotetik çim referans yüzeyi temsil etmektedir. Referans yüzey, doğru şekilde iyi sulanmış, boy uzunluğu homojen olan, aktif olarak büyüyüp gelişebilen ve ekildiği yeri tam anlamıyla örtebilen yer kaplama oranı yüksek olan yeşil çim bitkisini temsil etmektedir. Sabit 70 s m^{-1} 'lik yüzey direnci ise, yaklaşık olarak 7 günlük sulama aralığı sonucu oluşan orta derecede kuru toprak yüzeyini vurgulamaktadır (Allen vd., 1998; Allen vd., 2005).

Evapotranspirasyonu en yüksek miktarda etkileyen güç enerjidir. Bu enerjinin en büyük dilimini güneşten gelmektedir. Dünyanın güneş etfarındaki hareketine bağlı olarak değişen güneş enerjisi, direkt ölçülebildiği gibi indirekt olarakta günlük güneşlenme süresinden hesaplanabilmektedir. Türkiye'de il merkezlerinde birçok meteoroloji istasyonlarında her iki parametrede ölçülmesine karşılık bu parametlerin ölçümüne başlandığı tarihlerde farklılıklar olduğu gibi ölçüm alınamadığı dönemler bulunmaktadır. FAO 56 Penman-Monteith Metodun'da minimum ve maksimum hava sıcaklıkları, minimum ve maksimum nem yüzdeleri, yer yüzeyine ulaşan solar radyasyon, yer yüzeyinden 2 metre yüksekte esen rüzgar hızı, rakım, hava basıncı, psikometrik sabit, enlem ve boylam dereceleri kullanılmaktadır. ET_0 eşitliğinde kullanılan kısa dalga solar radyasyonunun (R_s) hesaplanmasında Angstrom eşitliği kullanılmıştır [$R_s = (a_s + b_s \times (n/N)) \times R_a$]. Bu eşitlik kullanılarak hesaplama yapılacak bölge için orijinal Angstrom katsayıları (a_s ve b_s) kullanımı önerilmiştir. Ancak hesaplama yapılacak bölge için a_s ve b_s katsayıları mevcut olmadığı durumlarda $a_s =$

0.25 ve $b_s = 0.50$ alınarak hesaplama yapılması uygun bulunmuştur. Eşitlikte yer alan Angstrom katsayıları aynı zamanda açık bir günde gelen solar radyasyon (R_{s0}) hesaplanmalarında da kullanılmaktadır. Ayrıca R_{s0} , yer yüzü tarafından kaybedilen net uzun dalga radyasyon (R_{nl}) tahminlerinde yer almaktadır. Yer yüzeyine ulaşan kısa dalga radyasyon (R_s) ise, albedo ($1-\alpha$) dikkate alınarak referans yüzey tarafından absorbe edilen net kısa dalga solar radyasyon (R_{ns}) bulunmaktadır. Bu radyasyon değerinden yer yüzeyi tarafından kaybedilen net uzun dalga radyasyonun (R_{nl}) çıkartılmasıyla referans yüzey tarafından kullanılacak olan net radyasyon (R_n) hesaplanmaktadır. Yapılan tüm radyasyon hesaplamalarında Angstrom katsayıları direkt veya indirekt olarak sonuçları etkilemektedir.

Bu çalışmada Akdeniz Bölgesi için iller bazında Angstrom katsayılarının hesaplanması amaçlanmıştır. Bitki su tüketimi dinamik bir süreçtir. Bitki su tüketimi, oldukça değişken iklim parametrelerinden etkilendiği gibi bitki gelişimi sezonu boyunca da değişim göstermektedir. Ayrıca bitki su tüketimi tarımsal yönetim uygulamalarından, hastalıklardan, yabancı otlardan, zararlılardan, tuzluluktan, drenaj sorunlarından ve toprak verimliliği gibi birçok çevresel faktörlerden etkilenmektedir. Bitki su tüketimini etkileyen tarımsal yönetim uygulamalarının optimum olduğu ve diğer çevresel sorunların bulunmadığı kabul edilse bile iklim verilerinin yıldan yıla, aydan aya ve günden güne değişiminden dolayı bitki su tüketimi de değişmektedir. Bu nedenle hem sulama projelerinin hazırlanmasında hem de bitki sulama programlarının hazırlanmasında bitki su tüketimindeki söz konusu bu değişkenlik dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada bitki su tüketimi üzerindeki iklim değişkenliğinin etkisini ortaya koyabilmek için Akdeniz Bölgesinde iller bazında meteorolojik kayıt süresi boyunca frekans analizi yapılarak ET_0 değişiminin ortaya konulması da amaçlanmıştır.

Bu amaçlar doğrultusunda Meteoroloji Genel Müdürlüğünden alınan güneşlenme süreleri ve elde edilen Angstrom katsayıları kullanılarak Akdeniz Bölgesi için referans evapotranspirasyon değerleri saptanmıştır. Meteorolojik kayıtlar dahilinde aylık ET_0 değerleri için frekans analizi yapılarak Akdeniz Bölgesi'nde bulunan illerde %95, %50, %25, %10 ve %5 ihtimalle görülebilecek muhtemel ET_0 değerleri sunulmaya çalışılmıştır.

1.BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ

Toprak suyu, bitkilerden traspirasyonla ve topraktan evaporasyonla atmosfere iletilmektedir. Bu her iki sürecin evaporasyonu içermesi ve birbirlerinden kolay şekilde ayırt edilememelerinden dolayı birleştirilmiş ve her iki sürece birlikte evapotranspirasyon (ET) denilmiştir. Bitki su tüketimi ise doğrudan bitki yüzeyinden ve toprak yüzeyinden buharlaşmayı içine aldığı gibi bitki gelişiminde, bitki turgorunun sağlanmasında, besin maddelerinin iletiminde, fotosentezde ve benzeri bitki faaliyetlerinde kullanılan suyu da içine almaktadır. Bitki su tüketimi ve bitki evapotranspirasyonu arasındaki farkın genellikle %1'den daha küçük olmasından dolayı bitki su tüketimi ve bitki evapotranspirasyonu normal olarak birbirine eşit kabul edilmektedir (James, 1988).

Diğer bitkilerin su gereksinimlerinin belirlenmesinde bir referans olarak çeşitli çim ve yonca türlerinin evapotranspirasyonu kullanılmıştır. Çim için ET_0 ve yonca için ET_r kullanımı tercih edilmiştir. Genelde ET_r yarı kurak bölgelerde ve orta derecede rüzgârlı şartlarda ET_0 'ın 1.2 katı kadar tahminde bulunmaktadır. Rüzgârlı ve nemli olmayan alanlarda bu oran 1.05 kadar düşük ve kurak rüzgârlı şartlarda 1.4 kadar yüksek olabilmektedir. Bazı çimler daha düşük su kullanırlarken diğerleri nispeten daha yüksek su kullanabilirler. Birçok durumda özel bir referans ET_0 eşitliğini kalibre etmek için hangi tip çim kullanıldığının bilinmesi gerekir (Hargreaves ve Merkle, 2004).

Referans ET, seçilen bitki için lizimetre ölçümleri kullanılarak kalibre edilen bir eşitliğe göre hesaplanır. Bu eşitlik yalnızca birkaç çevresel değişkenle deneysel olarak geliştirilebilir veya fizik, ısı transferi ve diğer çalışma alanlarına ait prensiplerden elde edilebilir. Bazı çok kompleks referans ET eşitlikleri çok fazla değişken içerebilir ve çok hassas sonuçlar verebilir. Buna karşın böyle kompleks bir referans ET eşitliğinde uygulamada güvenilir klimatolojik veriler ve gerekli diğer veriler kullanılmalıdır.

Genellikle referans ET eşitlikleri sıcaklığa dayalı metotlar, radyasyona dayalı metotlar ve kombine metotlar şeklinde sınıflandırılabilir. Araştırmacılar tarafından çok fazla sayıda referans ET eşitlikleri önerilmiş ve uygulanmıştır. Fakat bunlardan yalnızca birkaç tanesi genel kullanımda kalmıştır. Sulama ve Drenaj Dairesi, Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği (ASCE) ve Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu (ICID) tarafından yapılan son toplantılarda Penman-Monteith Eşitliğinin kullanımı tavsiye edilmiştir (Hargreaves ve Merkle, 2004).

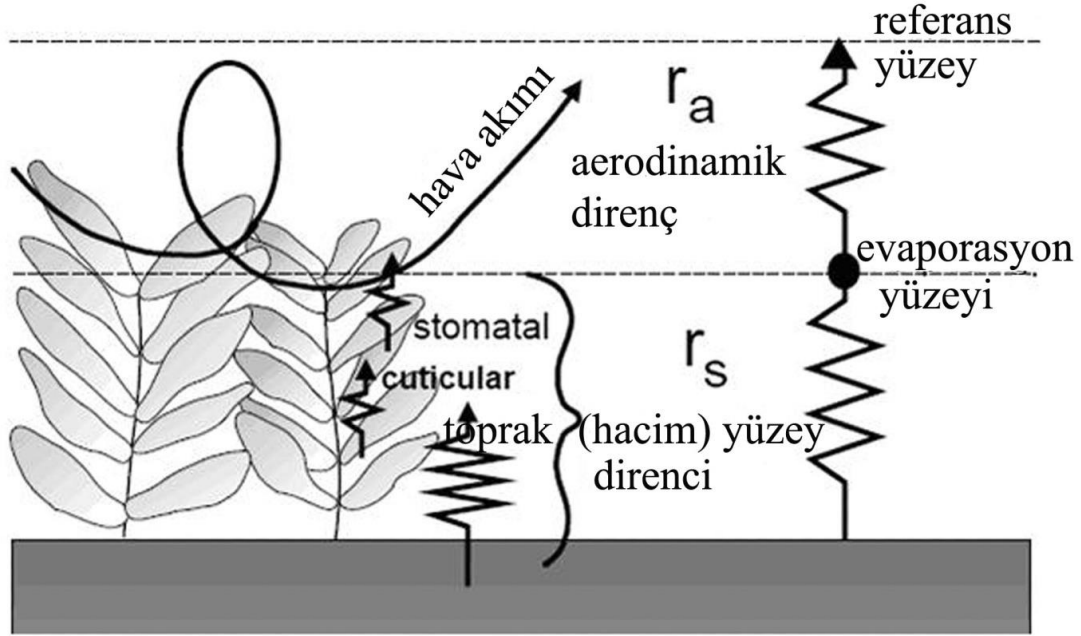
Su eksikliğinin olmadığı referans bir yüzeyden olan evapotranspirasyon hızı, referans bitki evapotranspirasyonu veya referans evapotranspirasyon diye adlandırılır ve ET_0 şeklinde gösterilir. Referans yüzey, özel karakterleri olan bir hipotetik çim referans bitkisidir. Potansiyel ET gibi diğer alternatiflerin kullanımları, tanımlarındaki tartışmalar nedeniyle ısrarla önerilmemektedir (Allen vd., 1998).

ET_0 tahminlerinde kap buharlaşması yöntemi de kullanılabilir. Buharlaşma kapları kendi pratik değerlerini ispat etmişlerdir. Kaptan oluşan su kaybı gözlenerek ve kap buharlaşmasını ET_0 ile ilişkilendiren deneysel katsayılar kullanarak ET_0 'ı tahmin etmek amacıyla kap buharlaşması yöntemi başarılı şekilde kullanılmıştır. Bununla birlikte, kap buharlaşması yönteminde özel yönetim ve ön uyarıların uygulanması gerekmektedir.

Penman 1948 yılında kütle transfer yöntemiyle enerji dengesi yöntemini birleştirmiş ve standart klimatolojik kayıtlardan elde edilen güneşlenme, sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı verilerini kullanarak açık su yüzeyinden oluşan buharlaşmayı hesaplayabilen bir eşitlik elde etmiştir. Birleştirilmiş metot diye adlandırılan bu yöntem sonraları birçok araştırmacı tarafından geliştirilmiş ve direnç faktörleri eklenerek bitki ekili yüzeylerde kullanıma elverişli hale getirilmiştir.

Bilimsel terminolojide aerodinamik direnç ve yüzey direnci faktörleri arasında ayırım yapılmıştır (Resim 1.1). Yüzey direnci parametreleri genellikle bir tek parametre (hacim direnci) içerisinde birleştirilmiştir. Hacimsel direnç aerodinamik dirençle bağlantılı şekilde işlemektedir. Yüzey direnci (r_s) stoma açıklıklarından, toplam yaprak alanından ve toprak yüzeyinden su buharı akış direncini tanımlamaktadır. Aerodinamik direnç (r_a) vejetasyon üstü dirençleri tanımlamakta ve vejetasyon yüzeyi üzeri hava akış sürtünmesini içine almaktadır. İki direnç faktörüyle vejetasyon tabakasındaki değişim sürecinin tamamen tanımlanması aşırı derecede karmaşık olmasına karşın, özellikle

üniform çim referans yüzeyi için ölçülen ve hesaplanan evapotranspirasyon oranları arasında iyi korelasyonlar elde edilmiştir (Allen vd., 1998).



Resim 1.1. Su buharı akışı için yüzey (hacim) direnci ve aerodinamik dirençlerin basitleştirilmiş gösterimi

Penman-Monteith birleşik eşitliği:

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p \frac{(e_s - e_a)}{r_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{r_s}{r_a})} \quad (3)$$

Eşitlikte, R_n net radyasyonu, G toprak ısı akısını, $(e_s - e_a)$ havanın buhar basıncı açığını, ρ_a sabit basınçta ortalama hava yoğunluğu, c_p havanın özgül ısısını, Δ doymun buhar basıncı eğrisinin eğimini, γ psikrometrik sabiti, r_s ve r_a yüzey (hacim) ve aerodinamik dirençleri göstermektedir. Yukarıda formüle edildiği şekliyle Penman-Monteith yaklaşımı, enerji değişimini ve üniform vejetasyondan oluşan gizli ısı akısını (evapotranspirasyon) idare eden tüm parametreleri içine almaktadır. Bu parametrelerin çoğu ölçülebilir veya hava verilerinden kolayca hesaplanabilirler. Yüzey ve aerodinamik dirençler bitkiye özel olduğu için bu eşitlik, herhangi bir bitki evapotranspirasyonunun doğrudan hesaplanmasında kullanılabilir.

Her bir bitki ve gelişme dönemleri için kendilerine özgü evapotranspirasyon parametrelerini tanımlama ihtiyacından kurtulabilmek amacıyla, bir referans yüzey

kavramı ortaya atılmıştır. Bitki katsayıları (K_c) vasıtasıyla çeşitli bitkilerin evapotranspirasyon oranları, referans yüzeyden oluşan evapotranspirasyonla (ET_0) ilişkilendirilmiştir (Allen vd., 1998).

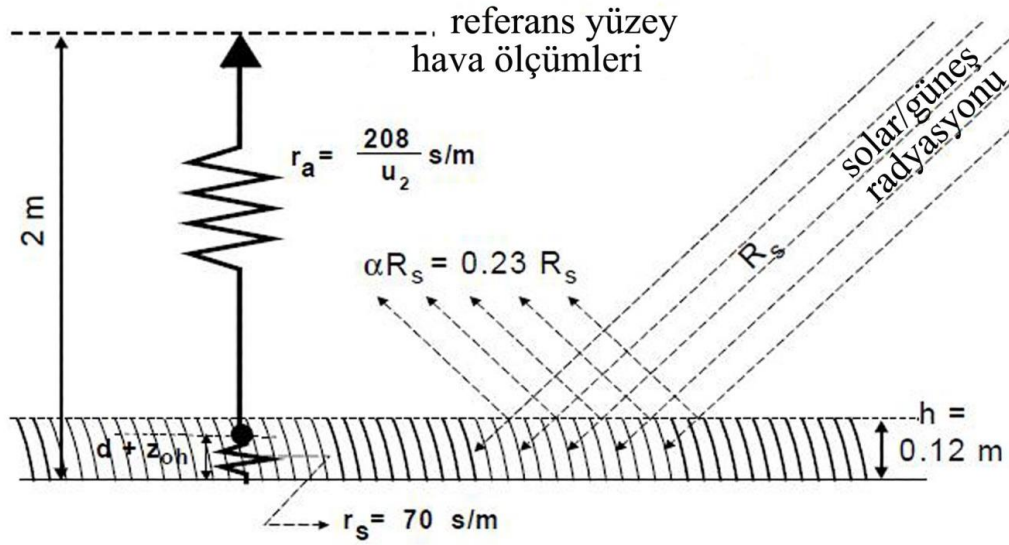
Geçmişte açık su yüzeyi, referans yüzey olarak ileri sürülmüştür. Buna karşın, aerodinamik direnç farklılıkları, vejetasyon kontrolü ve radyasyon karakteristiklerindeki farklılıklar, serbest su yüzeyi buharlaşmasıyla ET 'in ilişkilendirilmesinde önemli bir dönüm noktasını oluşturmuştur. Özel bir bitkiyle ET_0 'ın ilişkilendirilmesi yoluyla, bu bitkinin ekili olduğu yüzeylerden meydana gelen ET içerisindeki biyolojik ve fiziksel süreçleri ilişkilendirme üstünlüğü elde edilmiştir (Allen vd., 1998).

Aerodinamik ve yüzey dirençleri bakımından çim ve yonca bitkileri, iyi çalışılmış bitkilerdir ve dünya çapında referans yüzey olarak kabul edilmişlerdir. Buhar difüzyonu direncinin güçlü şekilde bitki boyuna, yer örtüsüne, yaprak alan indeksi (LAI) ve toprak nem şartlarına bağlı olması nedeniyle referans bitki karakteristikleri iyi tanımlanmalı ve sabit hale getirilmelidir. Bitki boyunda meydana gelen değişimler, yüzey pürüzlülüğü ve yaprak alan indeksinde (LAI) değişimlerle sonuçlanacaktır. Bunun neticesinde, dikkate alınan kanopi ve aerodinamik dirençler zamanla belirgin şekilde değişim gösterecektir. Bunun yanında, su stresi ve bitkinin yeri örtme derecesi, söz konusu dirençler üzerinde ve albedo üzerinde de bir etkiye sahiptir (Allen vd., 1998).

Yoğun çalışma, enerji, zaman ve iş gücü gerektirecek olan bölgesel kalibrasyon sorunların dan kaçınabilmek amacıyla, bir teorik referans çim bitkisi seçilmiştir. Canlı bir referans çim bitkisiyle birlikte gelen zorluklar, çim çeşidi ve morfolojisinin özellikle yüksek bitki su kullanımı esnasında evapotranspirasyon oranını etkileyeceği gerçeğinden kaynaklanmaktadır. Referans olarak dikkate alınan çim bitkisinin sıcak-mevsim veya soğuk-mevsim çim bitkisi olması da önemli farklılıklara yol açabilir. Soğuk-mevsim çimleri daha düşük bir stoma kontrolüne ve bunun sonucunda daha yüksek evapotranspirasyon oranlarına sahiptirler. Ayrıca soğuk-mevsim çimlerini bazı kurak ve tropik iklimlerde yetiştirmek zordur (Allen vd., 1998). Tüm bu değişkenlikler ve zorluklar nedeniyle herhangi bir çim çeşidinin referans yüzey olarak dikkate alınması sorunlara yol açabilir.

Referans yüzey, yeterli sulamayla birlikte aktif şekilde büyüyen, yeri tamamıyla örten, üniform yükseklikte geniş alanı kaplayan yeşil çim bitkisini çok yakın derecede temsil

etmektedir. Çim yüzeyin geniş alanı kaplaması ve üniform olması gereksinimi, tüm akımların yukarı doğru tek yönlü olması kabulünden kaynaklanır (Resim 1.2).



Resim 1.2. Teorik referans bitkinin özellikleri

FAO 56 Penman-Monteith Metodu, daha önceki FAO Penman yönteminin kısıtlarının üstesinden gelmekte ve dünya çapında gerçek bitki su kullanımı verileriyle daha tutarlı değerler sağlamaktadır. Yılın farklı dönemlerindeki evapotranspirasyonla veya başka bölgelerdeki evapotranspirasyonla karşılaştırmaların yapılabileceği ve diğer bitkilerin evapotranspirasyonu ile ilişki kurulabileceği bir standart sağlamaktadır (Allen vd., 1998; Allen vd., 2005).

Yer yüzeyi tarafından alınan solar radyasyon, hidrolojik, tarımsal, klimatolojik ve meteorolojik modellerde en çok kullanılan parametrelerden birisidir. Farklı iklimlerde bu parametreyi tahmin etmek için çok farklı deneysel eşitlikler önerilmiştir (Rahimi vd., 2012). Küresel radyasyon değeri, bir bölgede solar enerji üretiminin belirlenmesi için birincil değişkenlerden birisidir. Enlem, boylam ve birçok meteorolojik faktörlere bağlıdır. Modifiye Angstrom tipi eşitliklerin kullanılmasıyla, bir yatay yüzey üzerine gelen solar radyasyonu kolay bir şekilde tahmin edilebilir. Küresel solar irradyans ve güneşlenme süresi arasındaki ilk korelasyon, basit bir doğrusal modelle Angstrom

(1924) tarafından yapılmıştır. Sonra Prescott tarafından bu eşitliğin daha geçerli olan şekli geliştirilmiştir (Suehrcke, 2000; Sen, 2001; Prescott, 1940).

Küresel solar radyasyonun (R_s) tahmininde güneşlenme süresine dayalı Angstrom-Prescott eşitliği en doğru ve yaygın kullanılan eşitliklerden birisidir. Bu eşitliğin uygulanmasında anahtar etken, bölgesel kalibrasyon katsayılarıdır. Çin’de Sarı Nehir havzasında 31 yerde uzun dönemli verilerle günlük, aylık ortalamalar ve yıllık ortalamalar kullanılmıştır. Günlük veriler dikkate alınarak belirlenen Angstrom-Prescott katsayılarına göre aylık ortalama günlük veriler dikkate alınarak belirlenen Angstrom-Prescott katsayılarından a_s daha yüksek ve b_s daha düşük bulunmuş ve daha büyük varyasyon gösterdiği saptanmıştır (Liu vd., 2009).

Kuzeydoğu Nijerya’da güneşlenme süresine dayalı Angstrom-Prescott (1940) modeli, Ogelman vd. (1984) modeli ve Samuel (1991) modeli ile global solar radyasyon tahminleri yapılmış ve her üç model de sırasıyla $R^2 = \%99.74$, $R^2 = \%99.89$ ve $R^2 = \%99.93$ determinasyon katsayılarıyla iyi performans göstermişlerdir (Gana and Akpootu, 2013).

Çin Tibet’te yatay bir yüzeye gelen küresel güneş radyasyonunun hesaplanmasında yalnızca güneşlenme süresini kullanan 8 model değerlendirilmiştir. Uygulamada basit doğrusal Angstrom-Prescott modeli makul derecede doğru sonuçlar vermiştir (Li vd., 2011).

Mashhad Sinoptik istasyonunun 1993-2007 arası günlük solar radyasyon ve güneşlenme süreleri verileriyle Angstrom eşitliğindeki a_s katsayısı 0.2657 ve b_s katsayısı 0.4743 şeklinde belirlenmiştir. Bunun için Meta-Heuristic Harmony Search algoritması kullanılmıştır (Rahimi vd., 2012).

Ünlükara (2014) tarafından referans evapotranspirasyon hesaplamalarında solar radyasyon yoğunluğu ve nispi güneşlenme verilerinin kullanımı adlı çalışmada Kayseri için Angstrom katsayıları aylara göre belirlenmiştir. Kayseri’de ölçülen kısa dalga solar radyasyon verileri ile hesaplanan ET_0 değerleri ile belirlenen Angstrom katsayıları ve güneşlenme süreleri kullanılarak hesaplanan ET_0 değerleri arasında önemli bir farkın olmadığı belirtilmiştir.

Kırtan (2019) ve Şimşek (2019) tarafından Karadeniz Bölgesi ve İç Anadolu Bölgesi için aylar bazında illere göre Angstrom katsayıları saptanmış ve ET_o 'daki değişim frekans analizi yapılarak ortaya konulmuştur.

Yin vd. (2008) tarafından Çin'de 81 meteoroloji istasyonunun solar radyasyon ölçümleri ve Tibet Platosundaki uzun dalga radyasyon ölçümleri kullanılarak FAO 56 Penman-Monteith radyasyon tahmin modeli (Angstrom modeli) kalibrasyonu yapılmıştır. Doğrusal regresyonla $a_s = 0.20$ ve $b_s = 0.79$ olarak belirlenen yıllık katsayılarla Angstrom eşitliği en az hatayı vermiştir. Kalibrasyondan sonra hesaplanan net radyasyonun, ET_o 'ın doğru şekilde tahmin edilmesinde esas teşkil ettiğinin vurgulandığı bu çalışmada bölgesel kalibrasyon yapılmaksızın FAO 56 Penman-Monteith modelinin Çin'de net radyasyonu yaklaşık %27 aşırı tahmin ettiği ifade edilmiştir.

Jeong vd. (2018) tarafından Güney Kore'de 16 bölgede FAO-56 Penman-Monteith metodunda önerilen ($a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$) Angstrom-Prescott katsayıları ile bölgesel olarak belirlenen Angstrom-Prescott katsayıları kullanılarak sulama suyu ihtiyacı ve projelendirme su ihtiyacı tahminleri yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Önerilen Angstrom-Prescott katsayıları 16 bölge için belirlenen katsayılara göre ET_o 'ı %3.8-14 arasında değişen oranlarda yüksek tahmin etmiştir. Bu aşırı tahmin, sulama suyu ihtiyacında ortalama olarak %5.1 ve projelendirme su ihtiyacında ise ortalama %4.8 aşırı tahmine neden olmuştur.

Fernandes vd. (2019) tarafından İspanya'nın Andalusia Bölgesinde 56 meteoroloji istasyonundan 2001-2015 dönemi için ET_o verileri elde edilmiştir. Günlük, 5 günlük, 10 günlük ve 30 günlük ET_o toplamaları 9 farklı ihtimal dağılımına uyarlanmıştır. Toplanmış ET_o verilerinin büyük çoğunluğu en iyi Gumbel II ve Weibull dağılımına uyum göstermiştir. Araştırmacılar söz konusu bölge için Gumbel II dağılımını önermişlerdir. Silva vd. (1998) tarafından Brezilya Cruz das Almas şehri için ET_o dağılımının normal, log-normal ve beta dağılımına uyum gösterdiğini belirlemiştir. Yine Brezilya Telemaco Borba şehrinde %5 ihtimalde Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmış ve 10 günlük ET_o değerlerinin %65'nin normal dağılıma uyum sağladığı saptanmıştır (Jerszurki vd., 2015).

Amarkai (2019) tarafından Konya’da dört farklı meteoroloji istasyonunun on yıllık verileri kullanılarak Radyasyon Metodu, ASCE Penman-Monteith Metodu, Blaney Cridlle Metodu, Hargreaves-Samani Metodu ve FAO 56 Penman–Monteith Metoduna göre referans ET ve çeşitli bitkiler için bitki su tüketimleri hesaplanmıştır. Bu çalışmada FAO 56 Penman–Monteith Metodu ile diğer metotların her biri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar olduğu gösterilmiştir.

Hidrolojik modellerde de referans evapotranspirasyon kullanılmaktadır. Kuraklık indisi hesaplarında ET_0 değerlerinden yararlanılmakta ve çeşitli illerin kuraklıkları değerlendirilmektedir (Yürekli vd. 2010; Yürekli ve Ünlükara, 2013a; Yürekli vd. 2013). Şimşek vd. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada Konya merkez ilçe referans bitki su tüketimi değişiminin belirlenmesi için bir çalışma yapılmıştır. Aylık ve mevsimsel ET_0 serilerindeki değişimin analizinde Kuruskal Wallis, varyanslar analizinde Levene Testi ve değişim noktalarının saptanmasında Pettitt Testi uygulanmıştır. Tüm testlere göre aylık ve mevsimsel ET_0 serilerinde değişim olduğu belirtilmiştir. Ünlükara ve Yürekli (2014) tarafından Ankara, Konya, Kayseri, Karaman ve Afyon illerinde küresel ısınmanın etkisini araştırmak amacıyla iklim parametrelerinin önemli bir kısmını içine alan ET_0 değerlerine trend analizi uygulamışlardır. ET_0 serilerinin istatistik analizinde Mann-Kendal ve Theil-Sen Eğim testleri kullanılmıştır. Dikkate alınan istasyonlarda birçok sezonda %5 önem düzeyinde ve bazı sezonlarda ise %1 önem düzeyinde trend olduğu saptanmıştır. Dadaser-Celik vd. (2015) tarafından Türkiye’de 77 istasyonda 32 yıllık bir dönem için Penman-Monteith yöntemiyle hesapladıkları ET_0 verilerine trend analizi uygulamışlardır. Bu çalışmada Türkiye’deki istasyonların büyük çoğunluğunda (%88) yıllık toplam ET_0 ’ın 750-1200 mm olduğunu ve güneyden kuzeye doğru azaldığını belirtmişlerdir. İstasyonların %58’inde yıllık toplam ET_0 değerlerinde yukarı doğru bir trendin olduğunu ve bu yukarı doğru trendin istasyonların %32’sinde 0.05 düzeyinde önemli olduğunu bulmuşlardır.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Materyal

Akdeniz Bölgesinde yer alan 8 ilin uzun yıllar kaydedilen meteorolojik verileri bu çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan iller, istasyon numarası, istasyon adı, enlem ve boylam dereceleri ve rakımları Tablo 2.1’de verilmiştir.

Tablo 2.1. Akdeniz Bölgesi ET₀ hesaplamaları yapılan iller, meteoroloji istasyonu numaraları, istasyon adı, enlem ve boylam dereceleri ve rakımları

İller	İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem (°)	Boylam (°)	Rakım (m)
Kahramanmaraş	17255	Onikişubat	37.5760	36.9150	572
Adana	17351	Yüreğir	37.0041	35.3443	023
Isparta	17240	Merkez	41.4490	31.7770	135
Burdur	17238	Merkez	37.7220	30.2940	957
Mersin	17340	Yenişehir	36.7808	34.6031	007
Hatay	17372	Antakya	36.2048	36.1513	104
Antalya	17300	Muratpaşa	36.9063	30.7990	064
Osmaniye	17355	Merkez	37.1021	36.2539	094

Akdeniz Bölgesinin genişliği 120-180 km arasında değişir. Adını güneyindeki Akdeniz’den alan Akdeniz Bölgesi, kuzey batıda Ege Bölgesi, kuzeyde İç Anadolu Bölgesi, kuzeydoğuda Doğu Anadolu Bölgesi ve doğuda Güneydoğu Anadolu Bölgesi ile komşudur. Akdeniz bölgesinin kıyı uzunluğu doğuda Suriye sınırından batıda Dalaman Çayına kadar 1542 km alana kadar yayılmaktadır. Türkiye yüz ölçümünün %16’sı Akdeniz Bölgesinde bulunmaktadır.

Akdeniz Bölgesi’nde Akdeniz iklimi hakimdir. Türkiye’de ortalama yağış 250-2300 mm arasında değişir. Akdeniz Bölgesinde ise ortalama yağış 600-1000 mm arasında seyreder. Bu coğrafi bölgede 600 mm’nin üzerinde yıllık yağışlar görülmekte olup yağışın büyük bir bölümü yağmur şeklinde düşmektedir. Akdeniz Bölgesinde yıllara ve

aylara göre yağışın değişimi son derece fazladır. Bu Bölgede kaydedilen maksimum yağışlar yıllık ortalamanın %50-90'ı arasında değişim gösterir. Türkiye'de yıllık ortalama güneşlenme şiddeti 250-400 cal cm⁻² arasında değişir. Anadolu'nun Güney kesiminde güneşlenme 350 cal cm⁻²'nin üzerindedir. Ocak ayında Akdeniz kıyı kuşağı ve Güneydoğu Anadolu'nun büyük bir kısmı 180 cal cm⁻² üzerinde enerji alır. Türkiye'de yıllık ortalama sıcaklık 3.7 °C ile 19.9 °C arasında değişim gösterir. 18 °C'nin üzerindeki sıcaklıklar Güneydoğu Anadolu'nun Güneyi ile Akdeniz Söke'ye kadar olan kıyı kuşağını kapsar. 15-18 °C arasındaki sıcaklıklar, Güneydoğu Anadolu'nun alçak düzlüklerinde başlayarak Akdeniz ve Ege kıyılarını takiben Çanakkale'ye kadar uzanır. Akdeniz kıyı kuşağında ocak ayında 10-12 °C olan sıcaklık temmuz ayında 27-28 °C düzeylerine çıkar. Akdeniz Bölgesinde bağıl nem kıyı kuşağında %60-70 arasında değişirken Çukurova ve Nur Dağlarının İskenderun Körfezine bakan Batı kıyıların da %65-70, göller bölgesinin batısında %55-60 ve göller bölgesinin iç kesiminde %60'ın altındadır (Atalay, 2010).

Tablo 2.1'de verilen istasyonlara ilişkin meteorolojik veriler Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilmiştir. Ölçüm alınan her bir yıl için aylık ortalamalar şeklinde güneş radyasyonu şiddeti, güneşlenme süresi, rüzgâr hızı, ortalama, minimum ve maksimum sıcaklıklar ve bağıl nem değerleri hesaplamalarda kullanılmıştır.

2.2. Yöntem

Atmosferin buharlaşma talebini gösteren referans bitki su tüketiminin (ET₀) tahmininde, Allen vd. (1998)'de belirtilen yöntemler takip edilmiştir:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0.34 u_2)} \quad (1)$$

Eşitlikte, ET₀ referans evapotranspirasyon (mm/gün), Δ doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C⁻¹), R_n referans yüzeye gelen net güneş radyasyonu (MJ m⁻² gün⁻¹), G toprak ısı akısı (MJ m⁻² gün⁻¹), γ psikrometrik sabit (kPa °C⁻¹), T ortalama günlük sıcaklık (°C), u₂ 2 m yükseklikte rüzgâr hızı (m.s⁻¹), e_s doygun buhar basıncı (kPa) ve e_a güncel buhar basıncını (kPa) göstermektedir. Bu eşitlik ile ölçüm yapılan tüm yıllar için aylık olarak ET₀ değerleri hesaplanmıştır.

Atmosfer dış yüzey radyasyonu (R_a), solar radyasyon (R_s), açık gökyüzü radyasyonu (R_{so}), net kısa dalga radyasyon (R_{ns}), net uzun dalga radyasyon (R_{nl}) ve net radyasyon (R_n) hesaplamaları aşağıdaki eşitlikler ile yapılmıştır (Allen vd. 1998):

$$R_a = \frac{24 \cdot (60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\phi) \sin(\delta) + \cos(\phi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (2)$$

$$d_r = 1 + 0.033 \cos\left(\frac{2\pi}{365} J\right) \quad (3)$$

$$\delta = 0.409 \sin\left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39\right) \quad (4)$$

$$\omega_s = \arccos[-\tan(\phi) \tan(\delta)] \quad (5)$$

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (6)$$

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N}\right) R_a \quad (7)$$

$$R_{so} = (a_s + b_s) R_a \quad (8)$$

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (9)$$

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{mak,K}^4 + T_{min,K}^4}{2} \right] (0.34 - 0.14 \sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right) \quad (10)$$

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (11)$$

Eşitliklerde; G_{sc} solar sabit ($0.082 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{dak}$), d_r yerküre güneş arası ters nispi uzaklık, ω_s gün batımı saat açısı (rad), ϕ enlem derecesi (rad), δ solar deklinasyon açısı (rad), n güneşlenme süresi (saat), N gündüz süresi (saat) ve a_s ve b_s Angstrom katsayıları, α albedo (0.23), σ Stefan-Boltzmann sabiti ($4.903 \times 10^{-9} \text{ MJ/K}^4 \text{ m}^2$), T_{mak} ve T_{min} Kelvin cinsinden sırasıyla aylık ortalama maksimum ve minimum sıcaklıkları göstermektedir.

Eşitlik (7)'i aşağıdaki şekilde düzenlenirse:

$$\frac{R_s}{R_a} = a_s + b_s \frac{n}{N} \quad (12)$$

Eşitlik (12)'in sağ tarafında yer alan n/N nispi güneşlenme süresi apsis değerlerine karşılık sol tarafında yer alan R_s/R_a ordinat değerleri işaretlenmiş ve regresyonla her bir

ilin her bir ayı için doğrusal eşitlikler elde edilmiştir (Ünlükara, 2014). Bu grafiklerde Akdeniz Bölgesi merkez illere ait güneş radyasyonu yoğunluğu (R_s) ve güneşlenme süresi verileri (n) Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilerek kullanılmıştır. Doğrusal bir eşitlik olan Angstrom eşitliğinde regresyon doğrusundan belirgin şekilde sapma gösteren veriler çıkarılmıştır. Aylık grafiklerde regresyon doğrusunun Y eksenini kesmiş olduğu değer a_s ve söz konusu doğrunun eğimi ise b_s olarak dikkate alınmıştır. Angstrom katsayıları belirlendikten sonra güneşlenme süresinin kaydedildiği yıllar boyunca ET_0 değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen referans evapotranspirasyon değerlerinin tekrarlama ihtimallerinin belirlenmesi için James (1988)'e göre frekans analizi uygulanmıştır.

$$RP = \frac{100}{P} \quad (13)$$

Eşitlikte RP tekrarlama süresi ve P ise ET_0 'ın verilen bir değerine eşit veya bu değeri aşma ihtimalidir. Aylık ET_0 değerleri küçükten büyüğe doğru sıralandıktan sonra her bir değer için meydana gelme ihtimali aşağıdaki eşitlik ile bulunmuştur:

$$P = \left(1 - \frac{R}{M+1}\right) \cdot 100 \quad (14)$$

Eşitlikte; P referans evapotranspirasyonun dikkate alınan değerine eşit veya bu değeri aşma ihtimali (%), R küçükten büyüğe doğru yapılan sıralamada dikkate alınan ET_0 değerinin sırası ve M ise toplam ET_0 değerleri sayısını ifade etmektedir. Eşitlik (15) ile P değerlerinin Weibull dönüşümü yapıldıktan sonra ET_0 değerlerine karşılık gelen grafiği çizilmiş ve regresyon analizi ile frekans eşitliği elde edilmiştir:

$$W = \log \left[-\log \left(\frac{P}{100} \right) \right] \quad (15)$$

Frekans analizi esnasında yarı logaritmik frekans doğrusundan belirgin şekilde sapma gösteren ET_0 verileri ayıklanmıştır (Ünlükara, 2014). ET_0 dağılımının uç değerleri yani %5-95 ihtimalle görülen değerlerden daha büyük ve daha küçük ET_0 değerleri göz ardı edilerek dikkate alınan bölgedeki ET_0 'ın dalgalanması gösterilmek istenmiştir. ET_0 değerlerinin uyduğu dağılıma göre değişmekle birlikte %50 ihtimalle görülen ET_0 değeri yaklaşık olarak ortalamayı temsil etmektedir. %75-25 ihtimalle görülen ET_0 değerleri ise projelendirme maksatlarıyla yaygın olarak kullanılan ihtimal değerleri

olduğu için dikkate alınmıştır. Tüm bu nedenlerle elde edilen frekans eşitliğinden %95, %75, %50, %25, %10 ve %5 tekrarlanma olasılıklarına karşılık gelen ET_0 değerleri bulunmuştur.

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Bulgular ve Tartışma

Eşitlik 12 kullanılarak Akdeniz Bölgesinde bulunan 8 ilden 7 ilin Angstrom katsayıları hesaplanmış ve Tablo 3.1’de verilmiştir. Ancak Antalya ve Burdur illerinde güneş radyasyonunda görülen aşırı dalgalanma nedeniyle yıllık olarak Angstrom katsayıları verilmesine karşılık Osmaniye illinde yetersiz güneş radyasyonu verileri nedeniyle Angstrom katsayıları hesaplanamamıştır.

Güneş radyasyonu, direkt radyasyon ve difüz radyasyon şeklinde iki bileşene ayrılabilir. Direkt güneş radyasyonu, güneşten doğrudan alınan radyasyondur ve aynı zamanda bu radyasyon keskin gölge oluşturur. Diğer yandan difüz radyasyon bulutlar, tozlar vb. nedenleriyle dağıtılan radyasyondur ve tüm yönlerden geldiğinden dolayı gölge üretmezler (Şen ve Tan, 2001). Herhangi bir yer de güneşlenmeyi, coğrafi enlem bulutluluk, bağıl nem ve yükseklik belirler (Atalay, 2010). Angstrom eşitliğinde a_s katsayısı atmosfer dış yüzeyine gelen radyasyona (extraterrestrial radiation) göre kapalı bir günde gelen difüz radyasyon oranını gösterir açık bir günde gelen radyasyon oranı ise a_s ve b_s toplamına eşittir. (Allen vd., 1998).

Tablo 3.1. Akdeniz Bölgesi İlleri Angstrom Katsayıları

Aylar	Kahramanmaraş		Adana		Isparta		Burdur	
	a_s	b_s	a_s	b_s	a_s	b_s	a_s	b_s
Ocak	0.195	0.5834	0.2810	0.3827	0.294	0.3706	0.3241	0.3972
Şubat	0.2216	0.5371	0.2982	0.3933	0.3098	0.3123	0.3241	0.3972
Mart	0.195	0.6272	0.2829	0.4480	0.2583	0.3807	0.3241	0.3972
Nisan	0.2424	0.5226	0.3522	0.4671	0.2522	0.337	0.3241	0.3972
Mayıs	0.2079	0.5757	0.2961	0.3730	0.2644	0.287	0.3241	0.3972
Haziran	0.1852	0.6001	0.2965	0.3588	0.2813	0.2502	0.3241	0.3972
Temmuz	0.2018	0.5678	0.1143	0.6236	0.1783	0.3747	0.3241	0.3972
Ağustos	0.0204	0.7732	0.1317	0.5612	0.1492	0.4038	0.3241	0.3972
Eylül	0.104	0.6884	0.1977	0.4821	0.2509	0.3108	0.3241	0.3972
Ekim	0.0855	0.7224	0.1795	0.5731	0.2294	0.3816	0.3241	0.3972
Kasım	0.2087	0.511	0.1351	0.6532	0.2511	0.4038	0.3241	0.3972
Aralık	0.234	0.5088	0.1982	0.5465	0.2785	0.3838	0.3241	0.3972
Aylar	Mersin		Hatay		Antalya		Osmaniye	
	a_s	b_s	a_s	b_s	a_s	b_s	a_s	b_s
Ocak	0.2474	0.5199	0.1587	0.4494	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Şubat	0.2695	0.5092	0.2225	0.3102	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Mart	0.3019	0.4791	0.1690	0.4586	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Nisan	0.3209	0.4169	0.1860	0.4214	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Mayıs	0.2958	0.4499	0.2307	0.3266	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Haziran	0.1654	0.6328	0.1196	0.4607	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Temmuz	0.3083	0.4065	0.1241	0.4434	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Ağustos	0.1480	0.6030	0.1404	0.4163	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Eylül	0.2073	0.5450	0.0741	0.4971	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Ekim	0.2510	0.4895	0.2789	0.2372	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Kasım	0.2496	0.5042	0.2740	0.2132	0.3929	0.2739	0.25	0.50
Aralık	0.2509	0.4995	0.2275	0.2930	0.3929	0.2739	0.25	0.50

Kahramanmaraş'ta kapalı bir günde en az radyasyon oranı ekim ayında ($a_s = 0.0855$) ve en fazla ise temmuz ayında ($a_s = 0.5678$) görülmektedir. Açık bir günde ise en az radyasyon oranı ($a_s + b_s = 0.7197$) kasım ayında ve en fazla radyasyon oranı ($a_s + b_s = 0.7936$) ağustos ayında meydana gelmiştir. Yıllık ortalama olarak Kahramanmaraş için $a_s = 0.2056$, $b_s = 0.5710$ ve $a_s + b_s$ toplamı 0.7766 olup FAO 56 tarafından önerilen 0.75 oranından yaklaşık %3.55 oranında daha yüksek bulunmuştur.

Belirlenen Angstrom katsayılarına göre Adana'da kapalı bir günde gelen en az radyasyon oranı temmuz ayında ($a_s = 0.1143$) ve en fazla ise nisan ayında ($a_s = 0.3522$) görülmektedir. Açık bir günde ise en az $a_s + b_s$ toplamı (0.6553) haziran ayında ve en fazla (0.8193) nisan ayında meydana gelmiştir. Yıllık ortalama olarak Adana için $a_s = 0.2303$, $b_s = 0.4886$ ve $a_s + b_s = 0.7188$ olup FAO 56 tarafından önerilen 0.75 oranından yaklaşık %4.16 oranında daha düşük bulunmuştur.

Isparta’da kapalı bir günde en az radyasyon oranı ağustos ayında ($a_s = 0.1492$) ve en fazla ise şubat ayında ($a_s = 0.3098$) olarak görülmektedir. Açık bir günde ise en az a_s+b_s toplamı haziran ayında ($a_s+b_s = 0.5315$) ve en fazla ocak ayında ($a_s+b_s = 0.6646$) belirlenmiştir. Yıllık ortalama olarak Isparta için $a_s = 0.2498$, $b_s = 0.3497$ ve $a_s+b_s = 0.5995$ saptanmış olup FAO 56 tarafından önerilen 0.75 katsayısına göre yaklaşık %20.1 daha düşük bulunmuştur.

Burdur ilinde solar radyasyon verilerindeki aşırı dalgalanmalar nedeniyle aylık bazda belirlenen Angstrom doğrusal ilişkisinde determinasyon katsayısı (R^2) son derece düşük çıkmıştır bu nedenle Burdur ili için aylık bazda Angstrom katsayıları verilmemiştir. Ancak yıllık bazda tüm aylar için veriler dikkate alındığında Burdur’da kapalı bir günde gelen radyasyon oranı ($a_s = 0.3241$ ve $b_s = 0.3972$) bulunmuştur. Burdur ilinde açık bir günde $a_s+b_s = 0.7213$ olup FAO 56 tarafından önerilen $a_s+b_s = 0.75$ katsayısına göre %3.8 daha düşük bulunmuştur.

Mersin’de kapalı bir günde en az radyasyon oranı ağustos ayında ($a_s = 0.1480$) ve en fazla ise nisan ayında ($a_s = 0.3209$) olarak belirlenmiştir. Açık bir günde ise a_s+b_s toplamı en az temmuz ayında ($a_s+b_s = 0.7148$) ve en fazla haziran ayında ($a_s+b_s = 0.7982$) ortaya çıkmıştır. Yıllık ortalama olarak Mersin için $a_s = 0.2513$, $b_s = 0.5046$ ve a_s+b_s toplamı 0.7560 olarak saptanmış olup FAO 56 tarafından önerilen 0.75 katsayısına göre %0.8 daha yüksek bulunmuştur.

Hatay’da kapalı bir günde en az radyasyon oranı eylül ayında ($a_s = 0.0741$) ve en fazla ise ekim ayında ($a_s = 0.2789$) olarak görülmektedir. Açık bir günde ise en az a_s+b_s toplamı kasım ayında ($a_s+b_s = 0.4872$) ve en fazla ise mart ayında ($a_s+b_s = 0.6276$) olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama olarak Hatay için $a_s = 0.1838$, $b_s = 0.3773$ ve $a_s+b_s = 0.5611$ saptanmıştır. Belirlenen katsayılar yıllık bazda FAO 56 tarafından önerilen $a_s+b_s = 0.75$ katsayısına göre %25.2 daha düşük bulunmuştur.

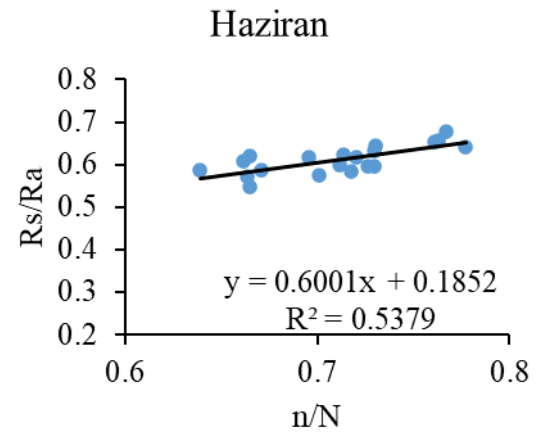
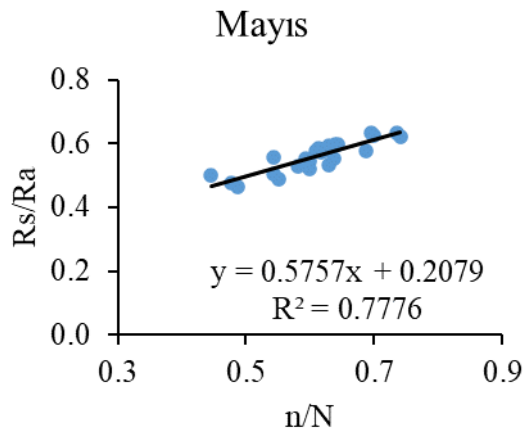
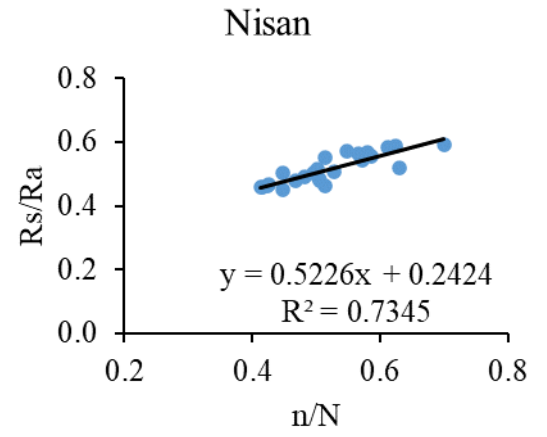
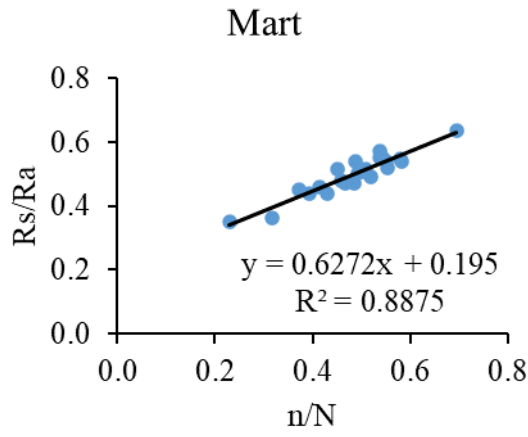
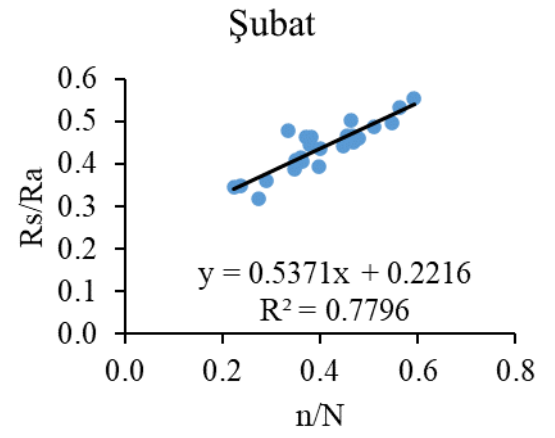
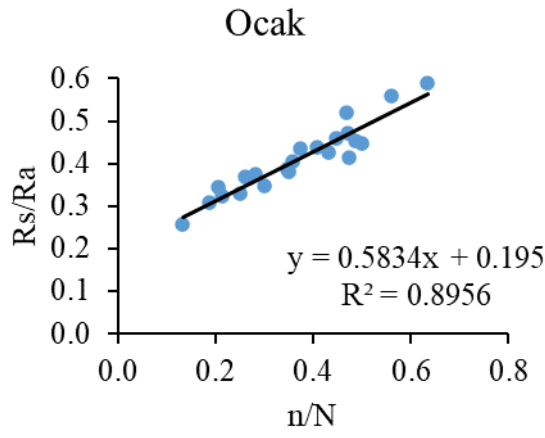
Antalya ilinde solar radyasyon verilerindeki aşırı dalgalanmalar nedeniyle aylık bazda belirlenen Angstrom doğrusal ilişkisinde determinasyon katsayısı (R^2) son derece düşük çıkmıştır bu nedenle Antalya ili için aylık bazda Angstrom katsayıları verilmemiştir. Ancak yıllık bazda tüm aylar için veriler dikkate alındığında Antalya’da kapalı bir günde gelen radyasyon oranı ($a_s = 0.3929$ ve $b_s = 0.2739$) bulunmuştur. Antalya ilinde açık bir günde $a_s+b_s = 0.6680$ olup FAO 56 tarafından önerilen $a_s+b_s = 0.75$ katsayısına

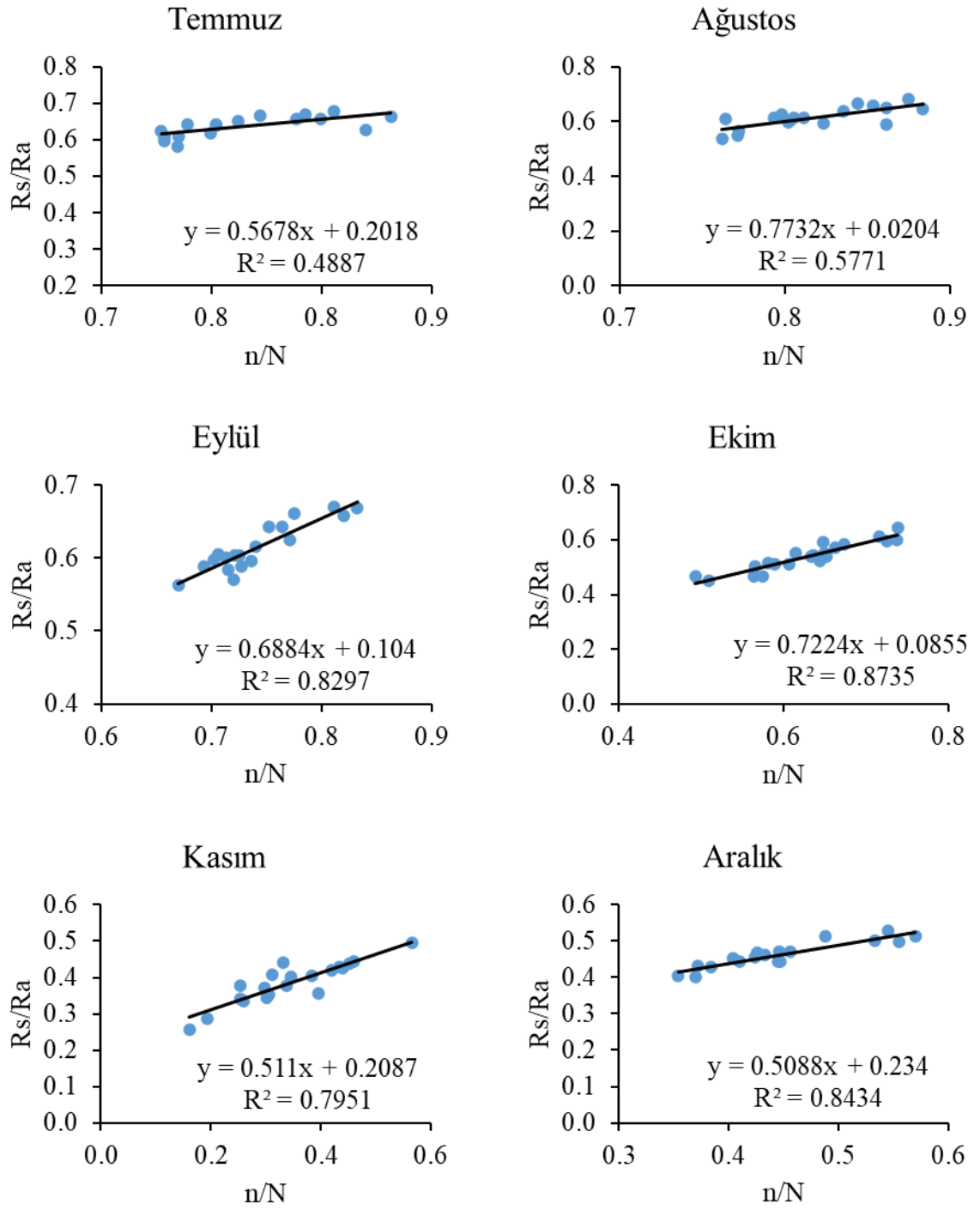
göre %10.9 daha düşük bulunmuştur. Osmaniye hesaplamalarda kullanılacak tam veri seti noksanlığından dolayı ET_0 hesaplamaları için lokal Angstrom katsayıları yerine FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları kullanılabilir.

Mısır'da 8 meteoroloji istasyonunda güneşlenme süreleri kullanılarak Angstrom katsayıları saptanmış ve FAO 56 tarafından önerilen a_s ve b_s katsayılarından farklı sonuçlar bulunmuştur. Toplam a_s ve b_s şeklinde Aswan'da 0.713, Kharga'da 0.733, Asyout'da 0.714, Cairo'da 0.705, Bahteem'de 0.707, El-Tahrir'de 0.726, Mersa Matruh'da 0.741 ve Sidi Barrani'de 0.740 olarak belirlenmiştir. En düşük a_s Cairo'da 0.268 ve en yüksek a_s Aswan'da 0.622 saptanmış olup en düşük b_s Aswan'da 0.092 ve en yüksek b_s Cairo'da 0.437 saptanmıştır (Tadros, 2000). Kırtan (2019) tarafından Karadeniz Bölgesi için Angstrom katsayıları saptanmış olup yıllık bazda $a_s + b_s$ toplamı Bartın'da 0.7093, Zonguldak'ta 0.7226, Sinop'ta 0.6734, Samsun'da 0.7245, Ordu'da 0.7129, Trabzon'da 0.69, Rize'de 0.662, Artvin'de 0.7451, Düzce'de 0.6791, Kastamonu'da 0.6057, Çorum'da 0.7280, Amasya'da 0.7149, Tokat'ta 0.7573 ve Gümüşhane'de 0.7279 bulunmuştur. Şimşek (2019) ise İç Anadolu Bölgesi için Angstrom katsayılarını belirlemiştir. Yıllık bazda $a_s + b_s$ toplamı Kayseri için 0.6916, Ankara için 0.6887, Kırıkkale için 0.6913, Kırşehir için 0.7065, Aksaray için 0.6814, Yozgat için 0.6639, Sivas için 0.6656, Niğde için 0.8184 ve Karaman için 0.6912 şeklinde saptanmıştır.

3.1.1. Kahramanmaraş

Kahramanmaraş'ta 1930 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak referans evapotranspirasyonun hesaplanmasına imkân verecek tam veri seti, 1985-2005 yılları arasında bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin gündüz süresine oranı olan nispi güneşlenme ile yer yüzeyine ulaşan solar radyasyonun atmosfer dış yüzeyine ulaşan solar radyasyona oranı arasındaki ilişkiler aylara göre Şekil 3.1'de verilmiştir. Şekil 3.1'de görülen doğrusal regresyon eşitliğinde x değişkeninin katsayısı doğrunun eğimini (b_s) ve sabit ise doğrunun y eksenini kestiği noktayı (a_s) göstermektedir. Kahramanmaraş'ta aylara göre Angstrom katsayıları Tablo 3.1'de sunulmuştur.





Şekil 3.1. Kahramanmaraş ili 1985-2007 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları

Kahramanmaraş'ta 1985-2007 arasında evapotranspirasyon hesaplamaları için 23 yıllık tam veri seti bulunmaktadır. Bu dönemdeki tam veri seti ve Şekil 3.1'de gösterilen bölgesel Angstrom katsayıları dikkate alınarak Kahramanmaraş için aylık referans evapotranspirasyon hesaplanmış, frekans analizi sonuçları Tablo 3.2'de ve frekans eşitlikleri Tablo 3.3'te sunulmuştur. Tablo 3.3'te görülen W değerleri sırasıyla %95, %75, %50, %10 ve %5 ihtimalleri için Weibull dönüşüm değerleri olup ilgili tablo altında verilmiştir. Söz konusu ihtimallere karşılık bu eşitliklerde W değerleri yerine konulduğunda ET_0 'ın bu ihtimalle görülme değeri bulunabilir. Ayrıca %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri Şekil 3.2'de gösterilmiştir.

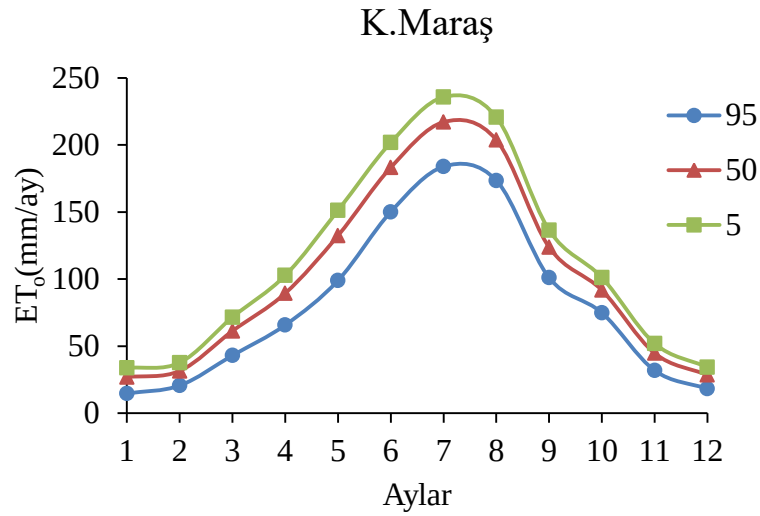
Tablo 3.2. Aylara göre Kahramanmaraş ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.47	0.73	1.39	2.19	3.19	5.00	5.93	5.60	3.37	2.41	1.06	0.59	2.66
75	0.73	0.99	1.78	2.71	3.91	5.73	6.64	6.24	3.87	2.77	1.34	0.81	3.13
50	0.87	1.12	1.98	2.98	4.27	6.11	7.00	6.57	4.13	2.96	1.49	0.92	3.37
25	0.97	1.23	2.13	3.19	4.56	6.40	7.29	6.83	4.33	3.10	1.60	1.01	3.55
10	1.05	1.30	2.25	3.34	4.77	6.62	7.50	7.02	4.47	3.21	1.69	1.07	3.69
5	1.09	1.34	2.31	3.42	4.88	6.73	7.61	7.12	4.55	3.26	1.73	1.10	3.76

Tablo 3.3. Kahramanmaraş ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0 = 0.3470 \times W + 1.0463$	7	$ET_0 = 0.9478 \times W + 7.4979$
2	$ET_0 = 0.3443 \times W + 1.3037$	8	$ET_0 = 0.8627 \times W + 7.0240$
3	$ET_0 = 0.5207 \times W + 2.2482$	9	$ET_0 = 0.6702 \times W + 4.4745$
4	$ET_0 = 0.6982 \times W + 3.3436$	10	$ET_0 = 0.4805 \times W + 3.2086$
5	$ET_0 = 0.9550 \times W + 4.7692$	11	$ET_0 = 0.3793 \times W + 1.6869$
6	$ET_0 = 0.9753 \times W + 6.6158$	12	$ET_0 = 0.2937 \times W + 1.0704$

Tekrarlanma olasılığı %95 için $W = -1.652$, %75 için $W = -0.903$, %50 için $W = -0.521$, %25 için $W = -0.220$, %10 için $W = 0.000$, ve %5 için $W = 0.114$



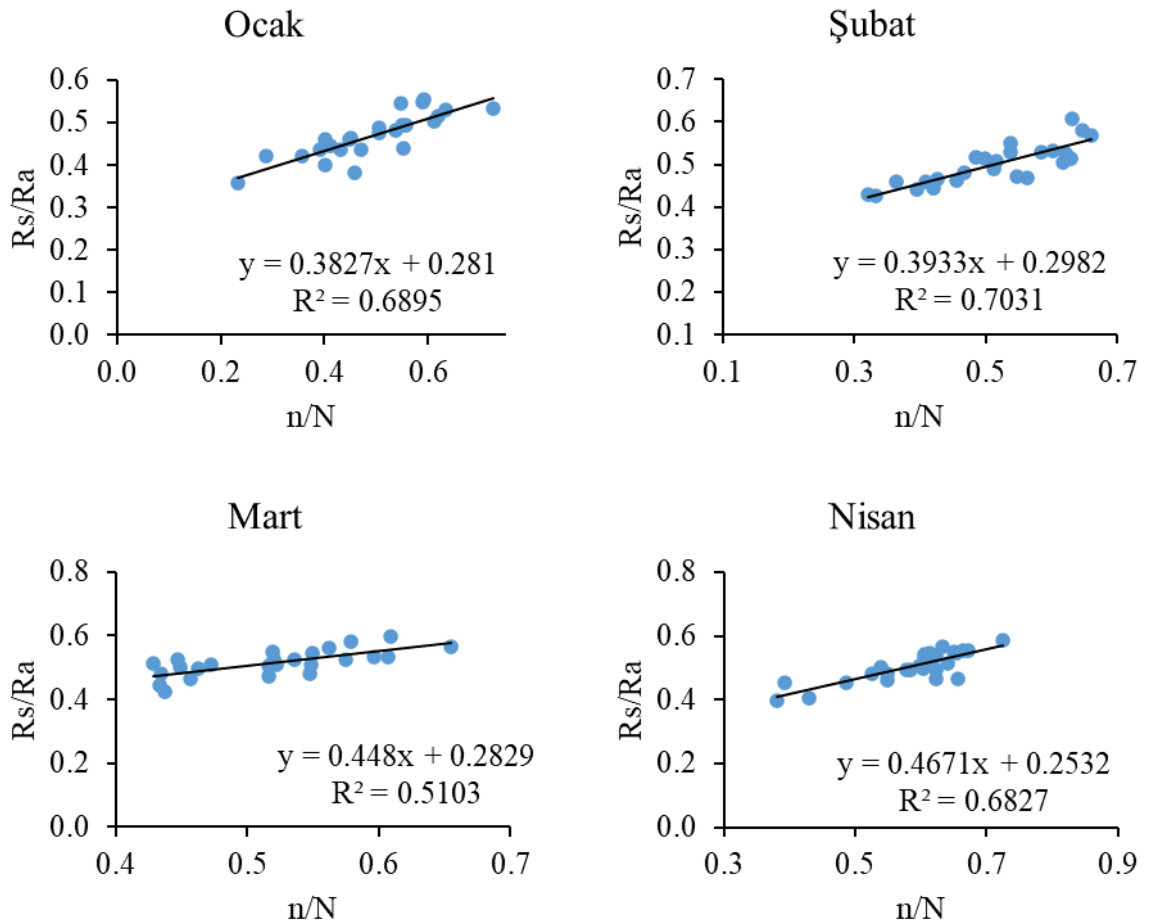
Şekil 3.2. Kahramanmaraş ilinde %95, %50 ve %5 ihtimalleri için aylık referans evapotranspirasyon değerleri

Kahramanmaraş'ta 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla ET_0 toplamı sırasıyla 26.8, 31.5, 61.3, 89.4, 132.4, 183.2, 217.1, 203.8, 123.8, 91.7, 44.7 ve 28.5 mm bulunmuştur. En yüksek aylık toplam ET_0 temmuz ayında ortalama 217.1 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 183.9 ila 235.8 mm arasında değişim sergilerken en düşük ocak ayında ortalama 26.8 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 14.7 ila 33.7 mm arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.2).

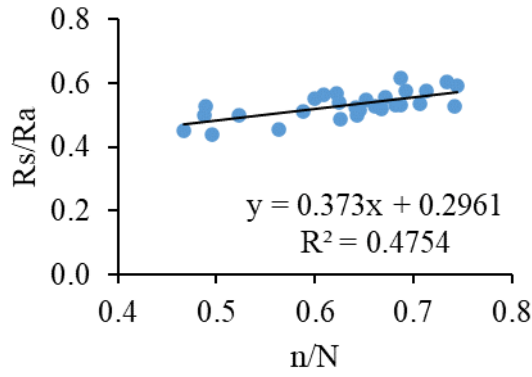
Ortalama olarak yıllık toplamda Kahramanmaraş'ta atmosferin buharlaştırma talebi (ET_0) 1228.6 mm bulunmuştur. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi adlı çalışmada Kahramanmaraş için yıllık toplam ET_0 1225 mm verilmiştir. Climwat 2.0 verileri ve Cropwat 8.0 programına göre ise 1496.5 mm olarak tahmin edilmiştir. Dolayısıyla TAGEM ve DSİ (2017) verilerine göre yıllık ET_0 3.6 mm (%0.3) daha yüksek ve Cropwat 8.0'a göre 267.9 mm (%17.9) daha düşük bulunmuştur. Böyle önemli bir fark, Angstrom katsayıları kısmında da ifade edildiği gibi a_s+b_s toplamının (0.5995) FAO 56 tarafından önerilen 0.75 oranından çok daha düşük olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca veri seti aralığında ve hesaplama işlemlerindeki farklılık da bu sonuca katkı sağlamış olabilir.

3.1.2. Adana

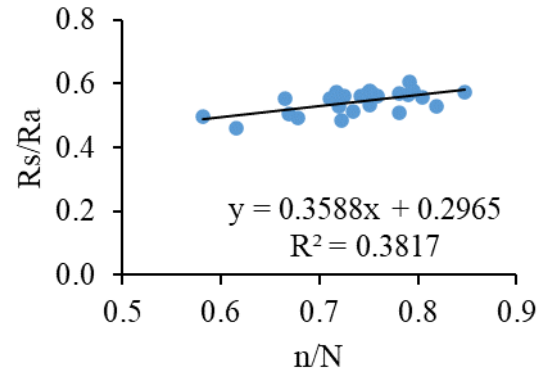
Adana’da 1961 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmakta ancak referans evapotranspirasyonun hesaplanmasına imkân verecek tam veri seti 1989-2017 yıllarında bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin gündüz süresine oranı olan nispi güneşlenme ile yer yüzeyine ulaşan solar radyasyonun atmosfer dış yüzeyine ulaşan solar radyasyona oranı arasındaki ilişkiler aylara göre Şekil 3.3’te verilmiştir. Şekil 3.3’te görülen doğrusal regresyon eşitliğinde x değişkeninin katsayısı doğrunun eğimini (b_s) ve sabit ise doğrunun y eksenini kestiği noktayı (a_s) göstermektedir. Aylara göre Angstrom katsayılar Tablo 3.1’de sunulmuştur.



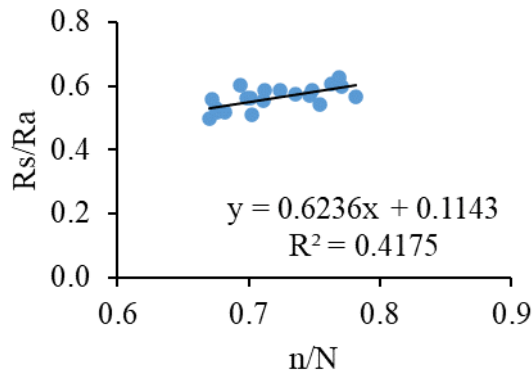
Mayıs



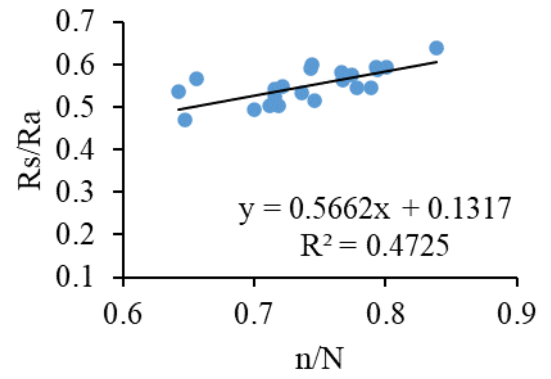
Haziran



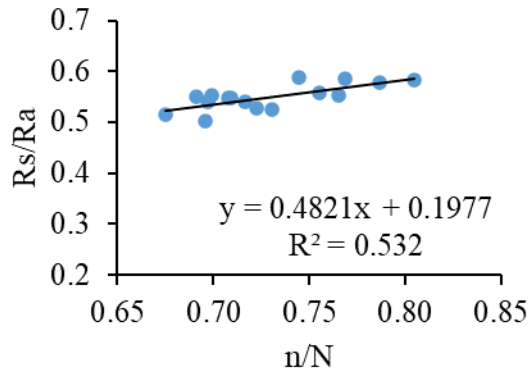
Temmuz



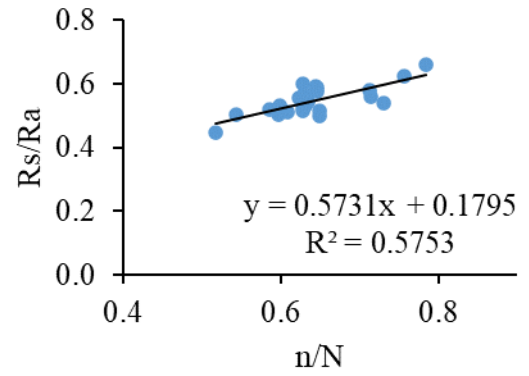
Ağustos

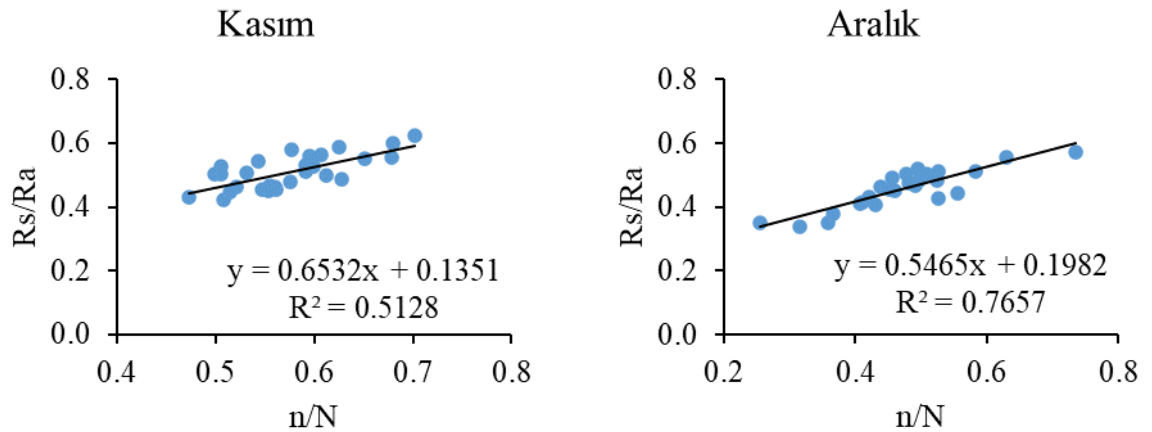


Eylül



Ekim





Şekil 3.3. Adana ili 1989-2017 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları

Referans evapotranspirasyon için 1989-2017 yılları arasında 29 yıllık tam veri seti bulunmaktadır. Frekans analizinde güneşlenme süreleri ve Adana için hesaplanan Angstrom katsayıları dikkate alınarak bu 29 yıllık dönem için aylık ET_o hesaplamaları yapılmıştır. Hesaplanan sonuçlar dikkate alınarak her bir ay için frekans analizi sonuçları Tablo 3.4'te, frekans analizi eşitlikleri Tablo 3.5'te sunulmuştur. %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değişimi Şekil 3.4'te gösterilmiştir.

Tablo 3.4. Aylara göre Adana ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.69	1.02	1.65	2.22	3.15	4.00	4.37	3.87	3.10	2.33	1.51	0.91	2.40
75	0.95	1.35	2.04	2.80	3.63	4.38	4.87	4.46	3.62	2.81	1.85	1.19	2.83
50	1.09	1.51	2.23	3.09	3.88	4.57	5.12	4.75	3.88	3.06	2.02	1.33	3.04
25	1.20	1.64	2.39	3.32	4.07	4.72	5.32	4.99	4.09	3.25	2.15	1.44	3.21
10	1.27	1.74	2.50	3.49	4.21	4.83	5.47	5.16	4.24	3.40	2.25	1.52	3.34
5	1.31	1.79	2.56	3.58	4.29	4.88	5.54	5.25	4.32	3.47	2.30	1.56	3.40

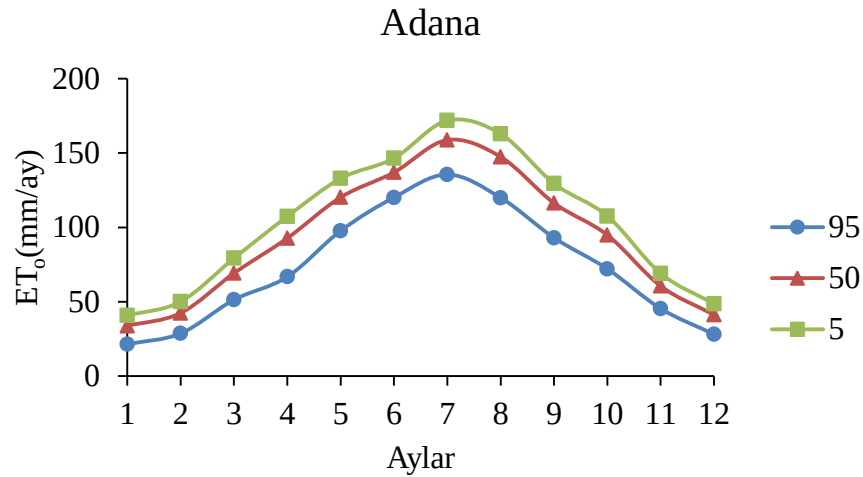
Tablo 3.5. Adana ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o = 0.3533 \times W + 1.2739$	7	$ET_o = 0.6627 \times W + 5.4667$
2	$ET_o = 0.4324 \times W + 1.7391$	8	$ET_o = 0.7846 \times W + 5.1640$
3	$ET_o = 0.5104 \times W + 2.4979$	9	$ET_o = 0.6882 \times W + 4.2370$
4	$ET_o = 0.7659 \times W + 3.4901$	10	$ET_o = 0.6487 \times W + 3.3978$
5	$ET_o = 0.6727 \times W + 4.2133$	11	$ET_o = 0.4471 \times W + 2.2507$
6	$ET_o = 0.4973 \times W + 4.8252$	12	$ET_o = 0.3721 \times W + 1.5217$

Tekrarlanma olasılığı %95 için $W = -1.652$, %75 için $W = -0.903$, %50 için $W = -0.521$, %25 için $W = -0.220$, %10 için $W = 0.000$, ve %5 için $W = 0.114$

Frekans analiz sonuçlarına göre %50 olasılıkla ocak ayı ET_o değeri 1.09 mm/gün olmasına karşılık %95-5 olasılıklarında ET_o 0.69-1.31 mm/gün arasında değişim göstermiştir. Temmuz ayında ortalama 5.12 mm/gün olan ET_o %95 ve %5 olasılıklarında 4.37 ve 5.54 mm/gün değerine eşit olmuştur.

Yıllık toplam olarak Adana'da ET_o ortalama 1111.1 mm hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi adlı çalışmada Adana için yıllık toplam ET_o 1124 mm verilmiş Climwat 2.0 verileri ve Cropwat 8.0 programına göre ise 1215.5 mm olarak tahmin edilmiştir. Dolayısıyla TAGEM ve DSİ (2017) verilerine göre yıllık ET_o 12.9 mm (%1.1) daha düşük ve Cropwat 8.0'a göre ise 104.4 mm (%8.6) daha düşük bulunmuştur. FAO 56 tarafından önerilen $a_s+b_s= 0.75$ toplamı Adana'da 0.711 bulunmasına paralel olarak ET_o 'ın Cropwat 8.0 sonucuna göre düşük çıkmasını açıklamaktadır.

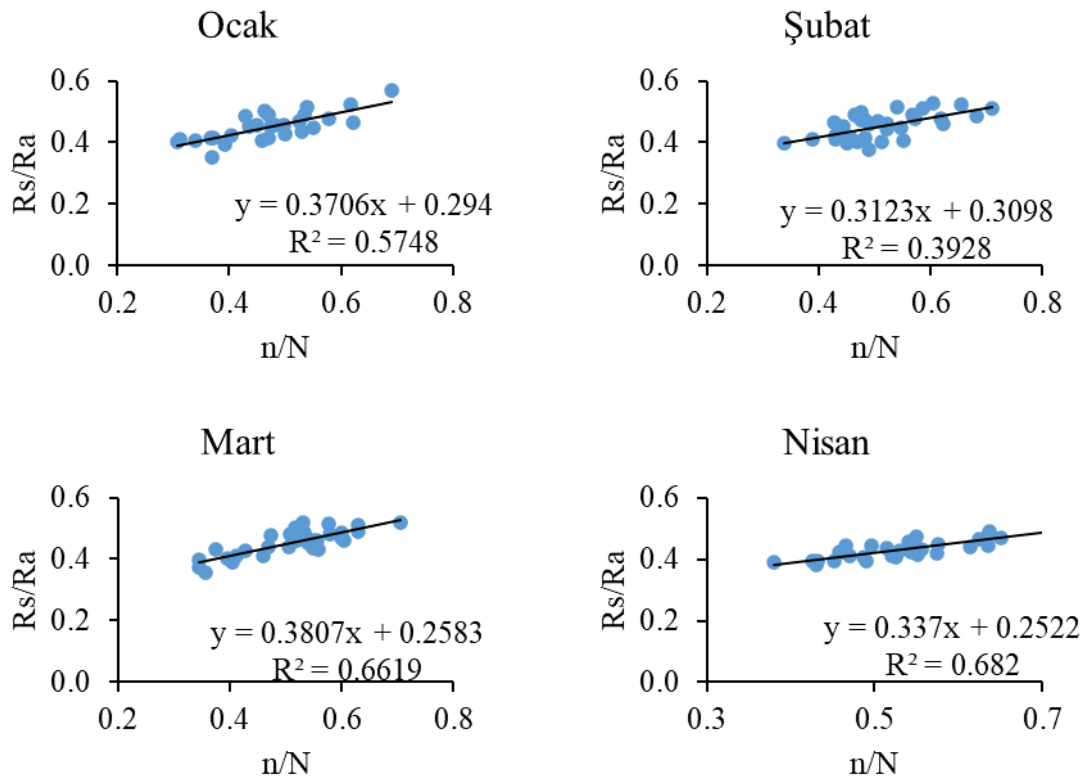


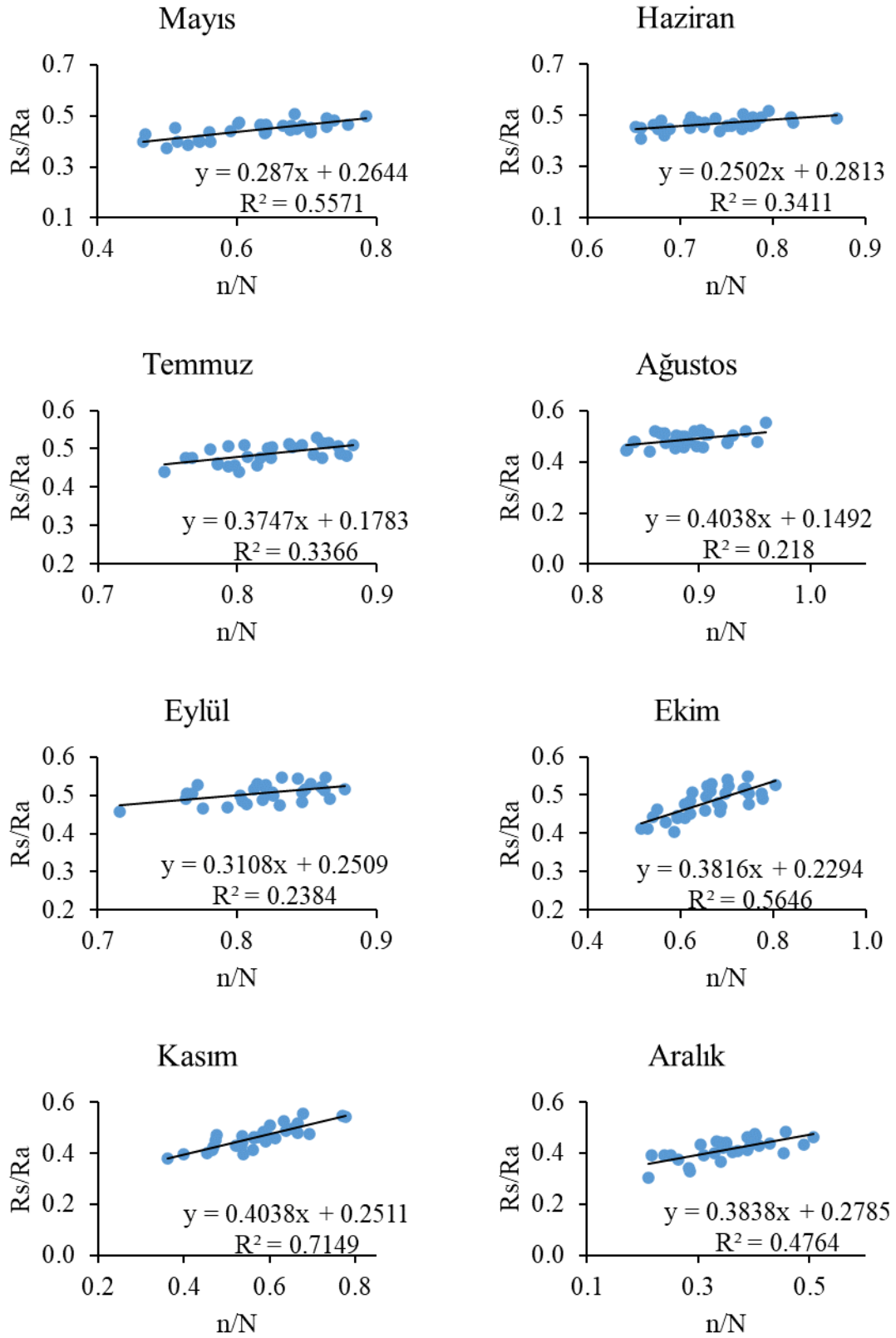
Şekil 3.4. Adana ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri

Adana'da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 33.8, 42.4, 69.2, 92.7, 120.2, 137, 158.8, 147.4, 116.3, 94.8, 60.5 ve 41.2 mm referans evapotranspirasyon meydana gelmektedir (Şekil 3.4). En yüksek aylık toplam ET_o temmuz ayında ortalama 158.8 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 135.5 ila 171.8 mm arasında değişim sergilerken en düşük ocak ayında ortalama 33.8 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 21.4 ila 40.7 mm arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.4).

3.1.3. Isparta

Isparta’da 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak referans evapotranspirasyon hesaplanmasına imkân verecek tam veri seti 1968-1999 yılları arasında bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin gündüz süresine oranı olan nispi güneşlenme ile yer yüzeyine ulaşan solar radyasyonun atmosfer dış yüzeyine ulaşan solar radyasyona oranı arasındaki ilişkiler aylara göre Şekil 3.5’te verilmiştir. Şekil 3.6’da görülen doğrusal regresyon eşitliğinde x değişkeninin katsayısı doğrunun eğimini (b_s) ve sabit ise doğrunun y eksenini kestiği noktayı (a_s) göstermektedir. Aylara göre Angstrom katsayılar Tablo 3.1’de sunulmuştur.





Şekil 3.5. Isparta ili 1968-1999 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları

Referans evapotranspirasyon için 1929-2017 yılları arasında 88 yıllık veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1968-1999 yılları arasında 32 yıllık dönem için bulunmaktadır. Frekans analizinde Isparta için belirlenen Angstrom katsayıları dikkate alınarak bu 32 yıllık dönem için aylık ET_0 değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen veriler dikkate alınarak her ay için frekans analizi sonuçları Tablo 3.6’da ve frekans analizi eşitlikleri Tablo 3.7’de sunulmuştur. %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değişimi Şekil 3.6’da gösterilmiştir

Tablo 3.6. Aylara göre Isparta ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.45	0.67	1.14	1.70	2.29	3.02	3.55	3.27	2.57	1.61	0.93	0.54	1.81
75	0.64	0.91	1.50	2.17	2.81	3.48	4.12	3.85	3.02	1.99	1.21	0.70	2.20
50	0.74	1.02	1.68	2.41	3.07	3.72	4.41	4.15	3.25	2.19	1.35	0.79	2.40
25	0.81	1.12	1.82	2.60	3.28	3.90	4.64	4.38	3.43	2.34	1.46	0.85	2.55
10	0.87	1.19	1.93	2.74	3.43	4.04	4.80	4.55	3.57	2.46	1.55	0.90	2.67
5	0.90	1.22	1.98	2.81	3.51	4.11	4.89	4.64	3.64	2.52	1.59	0.92	2.73

Tablo 3.7. Isparta ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri

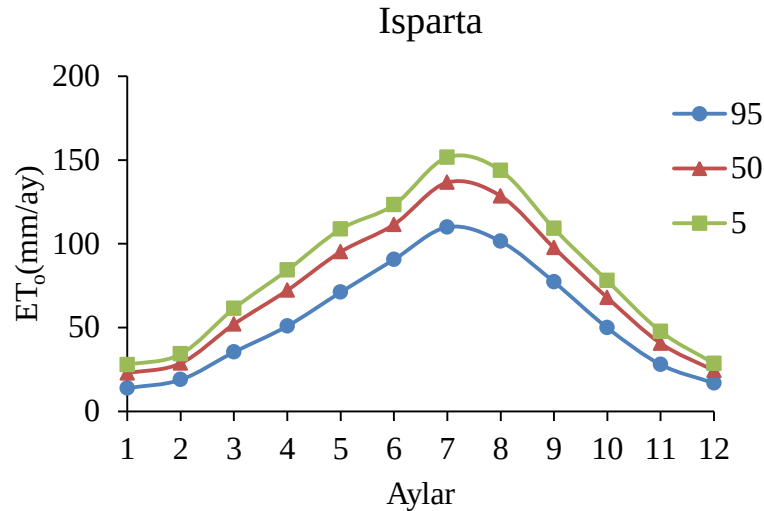
Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0 = 0.2551 \times W + 0.8692$	7	$ET_0 = 0.7602 \times W + 4.8028$
2	$ET_0 = 0.3095 \times W + 1.1863$	8	$ET_0 = 0.7722 \times W + 4.5477$
3	$ET_0 = 0.4756 \times W + 1.9270$	9	$ET_0 = 0.6014 \times W + 3.5673$
4	$ET_0 = 0.6290 \times W + 2.7363$	10	$ET_0 = 0.5136 \times W + 2.4568$
5	$ET_0 = 0.6881 \times W + 3.4303$	11	$ET_0 = 0.3725 \times W + 1.5469$
6	$ET_0 = 0.6165 \times W + 4.0386$	12	$ET_0 = 0.2293 \times W + 0.9153$

Tekrarlanma olasılığı %95 için $W = -1.652$, %75 için $W = -0.903$, %50 için $W = -0.521$, %25 için $W = -0.220$, %10 için $W = 0.000$, ve %5 için $W = 0.114$

Frekans analizi sonuçlarına göre %50 olasılıkla ocak ayı ET_0 değeri 0.74 mm/gün olmasına karşılık %95 ve %5 olasılıkla ET_0 0.45 ve 0.90 mm/gün arasında değişim göstermiştir. Isparta’da en yüksek temmuz ayında ortalama 4.41 mm/gün olan ET_0 değeri %95 ve %5 olasılıkla 3.55 ve 4.89 mm/gün değerlerine eşit çıkmıştır.

Ortalama olarak yıllık toplamda Isparta’da atmosferin buharlaştırma talebi (ET_0) 875 mm bulunmuştur. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi adlı çalışmada Isparta için yıllık toplam ET_0 1039 mm verilmiştir. Climwat 2.0 verileri ve Cropwat 8.0 programına göre ise 978.2 mm olarak tahmin edilmiştir. Dolayısıyla TAGEM ve DSİ (2017) verilerine göre yıllık ET_0 164 mm

(%15.8) ve Cropwat 8.0'a göre 103.2 mm (%10.6) daha düşük bulunmuştur. Böyle önemli bir fark, angstrom katsayıları kısmında da açıklandığı gibi a_s+b_s toplamının (0.5995) FAO 56 tarafından önerilen 0.75 oranından çok daha düşük olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca veri seti aralığında ve hesaplama işlemlerindeki farklılık da bu sonuca katkı sağlamış olabilir.



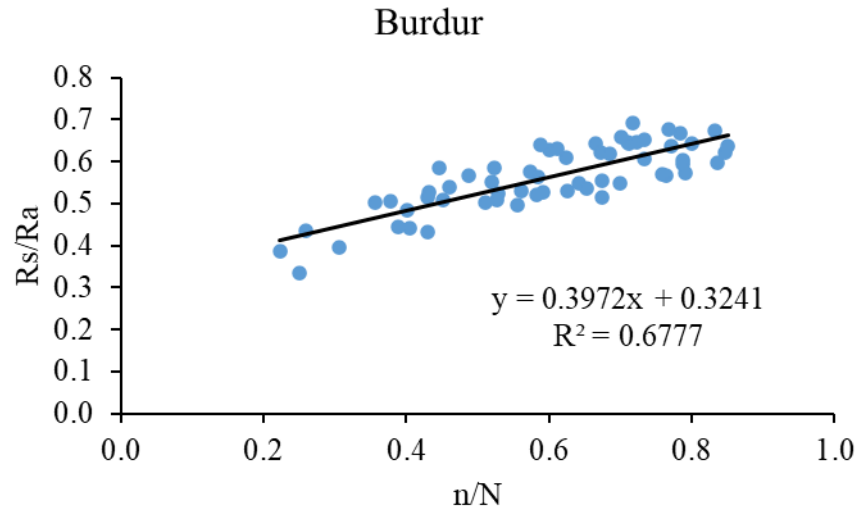
Şekil 3.6. Isparta ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri

Isparta 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkta sırasıyla 22.8, 28.7, 52, 72.3, 95.2, 111.5, 136.6, 128.5, 97.6, 67.9, 40.6 ve 24.4 mm referans evapotranspirasyon Isparta'da meydana gelmektedir (Şekil 3.6). %50 olasılıkta en yüksek aylık toplam ET_0 temmuz ayında ortalama 136.6 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 110 ila 151.6 mm arasında değişim sergilerken en düşük ocak ayında ortalama 22.8 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 13.9 ila 27.8 mm arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.6).

3.1.4. Burdur

Burdur'da 1931 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmasına rağmen referans evapotranspirasyon hesaplanmasına imkân verecek tam veri seti 1995-2005 yılları arasında bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin gündüz süresine oranı olan nispi güneşlenme ile yer yüzeyine ulaşan solar radyasyonun atmosfer dış yüzeyine ulaşan solar radyasyona oranı arasındaki ilişkiler aylara göre Şekil 3.7'de verilmiştir. Şekil 3.7'de görülen doğrusal regresyon eşitliğinde x değişkeninin katsayısı doğrunun eğimini

(b_s) ve sabit ise doğrunun y eksenini kestiği noktayı (a_s) göstermektedir. Aylara göre Angstrom katsayılar Tablo 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.7. Burdur ili 1996-2001 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları

Referans evapotranspirasyon için 1996-2001 yılları arasında 6 yıllık tam veri seti bulunmasına karşılık güneşlenme süreleri (n) 1963-2018 yılları arasında 56 yıllık dönem için bulunmaktadır. Frekans analizinde Burdur için hesaplanan Angstrom katsayıları dikkate alınarak 6 yıllık dönem için aylık ET₀ hesaplamaları yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak her ay için frekans analizi sonuçları Tablo 3.8’de ve frekans analizi eşitlikleri Tablo 3.9’da sunulmuştur. %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değişimi Şekil 3.8’de gösterilmiştir

Tablo 3.8. Aylara göre Burdur ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

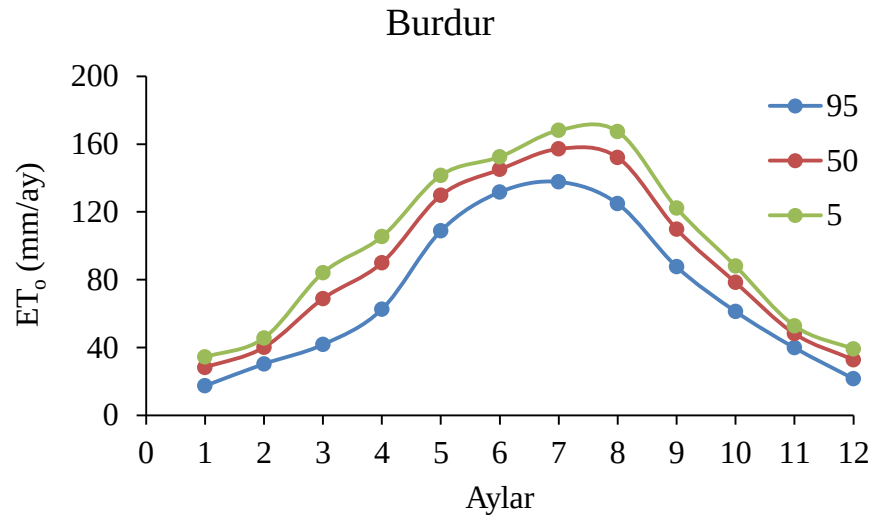
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.51	0.87	1.06	1.83	2.99	4.28	5.03	4.36	3.38	1.91	1.16	0.62	2.33
75	0.66	1.09	1.55	2.36	3.51	4.65	5.35	4.86	3.63	2.22	1.31	0.78	2.66
50	0.73	1.20	1.79	2.63	3.78	4.84	5.52	5.12	3.76	2.38	1.38	0.86	2.83
25	0.79	1.29	1.99	2.84	3.99	4.99	5.65	5.32	3.86	2.50	1.44	0.92	2.97
10	0.83	1.35	2.13	3.00	4.14	5.10	5.75	5.46	3.93	2.60	1.49	0.97	3.06
5	0.86	1.39	2.20	3.08	4.22	5.16	5.79	5.54	3.97	2.64	1.51	0.99	3.11

Tablo 3.9. Burdur ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o = 0.1974 \times W + 0.8332$	7	$ET_o = 0.4345 \times W + 5.7451$
2	$ET_o = 0.2938 \times W + 13532$	8	$ET_o = 0.6677 \times W + 5.4641$
3	$ET_o = 0.6478 \times W + 2.1309$	9	$ET_o = 0.3332 \times W + 3.9347$
4	$ET_o = 0.7056 \times W + 2.9989$	10	$ET_o = 0.4151 \times W + 2.5954$
5	$ET_o = 0.6950 \times W + 4.1407$	11	$ET_o = 0.1986 \times W + 1.4865$
6	$ET_o = 0.4972 \times W + 5.1033$	12	$ET_o = 0.2115 \times W + 0.9669$

Tekrarlanma olasılığı %95 için $W = -1.652$, %75 için $W = -0.903$, %50 için $W = -0.521$, %25 için $W = -0.220$, %10 için $W = 0.000$, ve %5 için $W = 0.114$

Frekans analiz sonuçlarına göre %50 olasılıkla ocak ayı ET_o değeri 0.73 mm/gün olmasına karşılık %95 ve %5 olasılıkla ET_o 0.51 ve 0.86 mm/gün değerlerine eşit çıkmıştır. En yüksek atmosferik buharlaştırma talebi (ET_o) temmuz ayında ortalama 5.52 mm/gün meydana gelmiş olup %95 ve %5 olasılıklarda 5.03 ve 5.79 mm/gün değerleri arasında değişim göstermiştir. Burdur'da toplam yıllık ET_o 1034 mm olarak hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından Türkiye'de sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi'nde Burdur için yıllık toplam ET_o 1127 mm ve Climwat 2.0 verileri ve Cropwat 8.0 programına göre 1117 mm olarak tahmin edilmiştir. TAGEM ve DSİ (2017) rehberine göre Burdur için yıllık toplam ET_o 97 mm (%8.6) ve Cropwat 8.0 programına göre 87 mm (%7.4) daha yüksek bulunmuştur. Küçük orandaki bu farkın Burdur'da yıllık ortalama $a_s + b_s = 0.7213$ olarak hesaplanan toplamın FAO 56 tarafından önerilen 0.75 toplamına çok yakın olmasından ve ayrıca hesaplamada dikkate alınan veri seri periyodu ve hesaplama farklılıklarından kaynaklandığı söylenebilir.



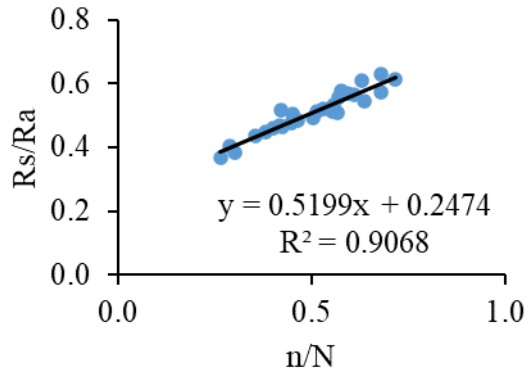
Şekil 3.8. Burdur ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri

Burdur’da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkta sırasıyla 22.7, 33.6, 55.6, 78.9, 117.1, 145.3, 171.1, 158.6, 112.8, 73.7, 41.5 ve 26.6 mm referans evapotranspirasyonu meydana gelmektedir. (Şekil 3.8). En yüksek aylık toplam ET_0 temmuz ayında ortalama 171.1 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 155.8 ila 179.6 mm arasında değişim sergilerken en düşük ocak ayında ortalama 22.7 mm olup 15.9 ila 26.5 mm arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.8).

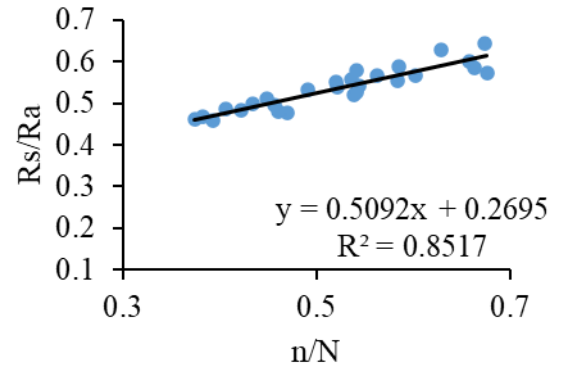
3.1.5. Mersin

Mersin’de 1929 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Fakat referans evapotranspirasyon hesaplanması için 1983-2010 arasında kadar 27 yıllık tam veri seti bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin gündüz süresine oranı olan nispi güneşlenme ile yer yüzeyine ulaşan solar radyasyonun atmosfer dış yüzeyine ulaşan solar radyasyona oranı arasındaki ilişkiler aylara göre Şekil 3.9’de verilmiştir Şekil 3.9’da görülen doğrusal regresyon eşitliğinde x değişkeninin katsayısı doğrunun eğimini (b_s) ve sabit ise doğrunun y eksenini kestiği noktayı (a_s) göstermektedir. Aylara göre Angstrom katsayılar Tablo 3.1’de sunulmuştur.

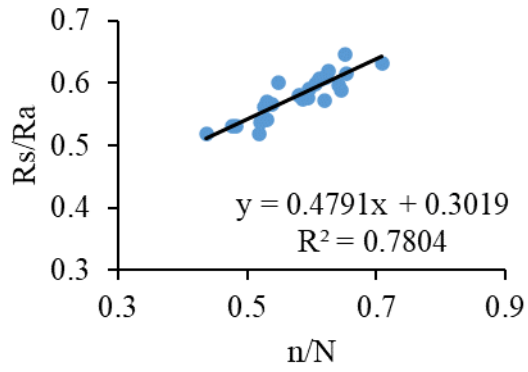
Ocak



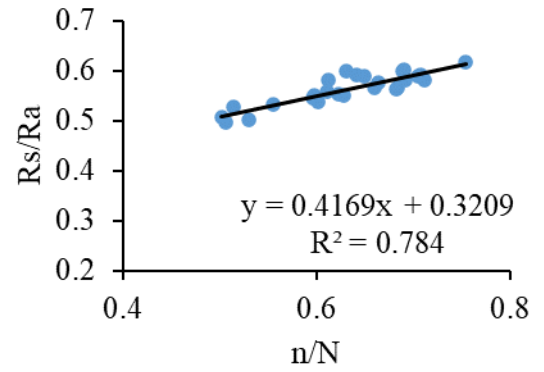
Şubat



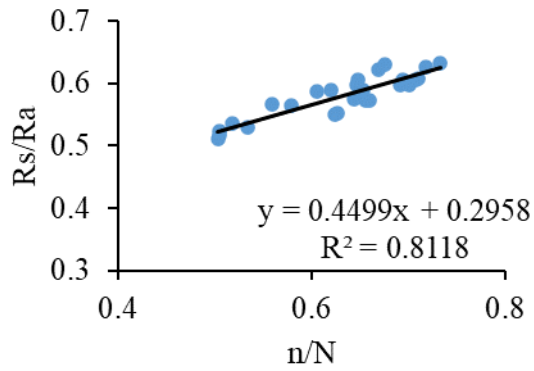
Mart



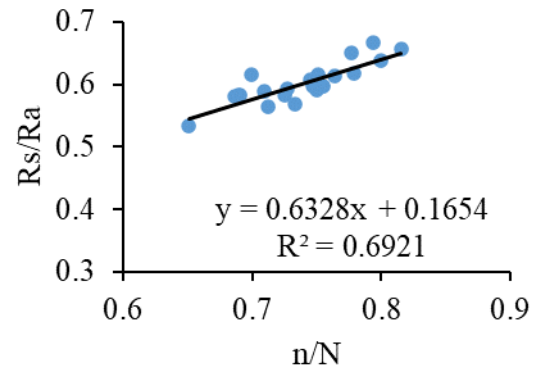
Nisan

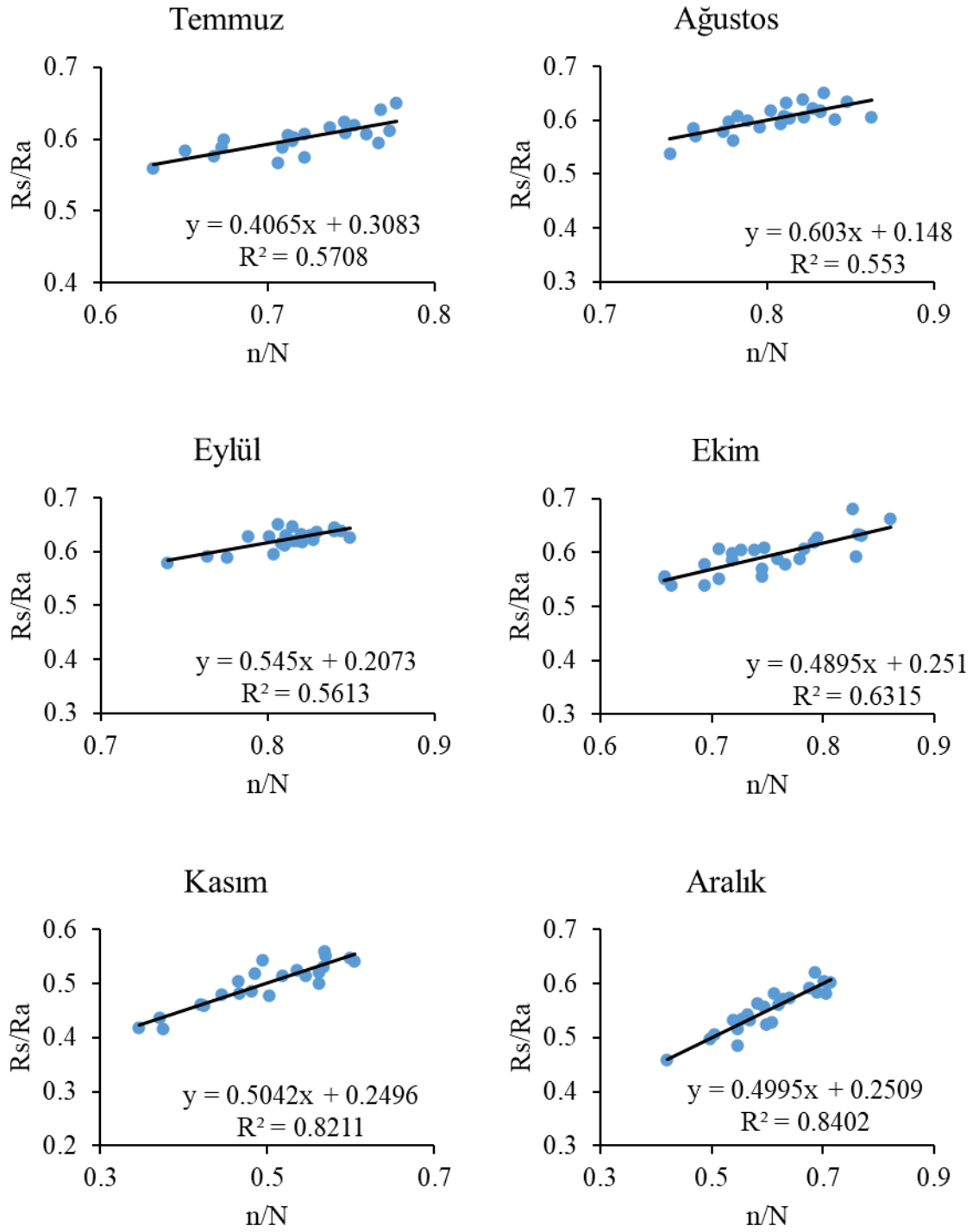


Mayıs



Haziran





Şekil 3.9. Mersin ili 1983-2010 yılı 28 yıllık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları

Güneşlenme süreleri dikkate alınarak bu dönem için ET_o değerleri hesaplanmış ve frekans analizi sonuçları hesaplanmış, Tablo 3.10'da ve frekans analizi eşitlikleri Tablo

3.11’de verilmiştir. %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değişimi Şekil 3.10’da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. Aylara göre Mersin ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

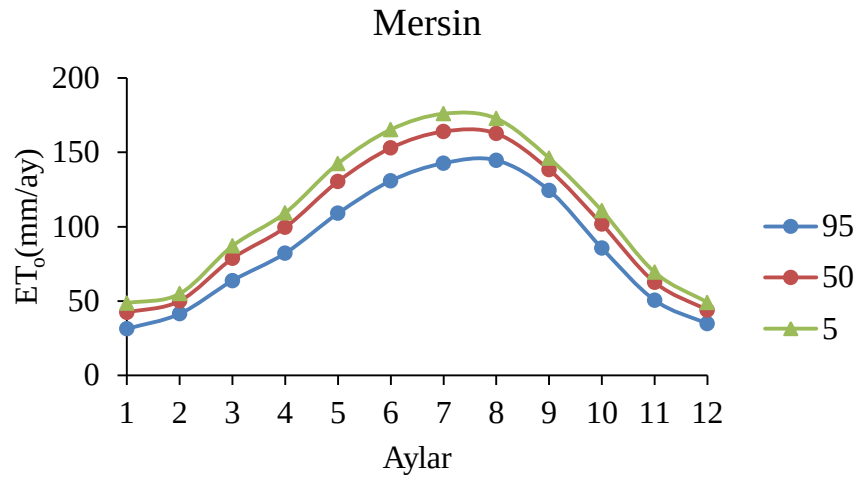
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	1.01	1.48	2.06	2.74	3.52	4.36	4.60	4.67	4.15	2.76	1.69	1.12	2.84
75	1.25	1.68	2.37	3.12	3.97	4.85	5.06	5.05	4.45	3.10	1.95	1.32	3.18
50	1.37	1.79	2.54	3.32	4.21	5.10	5.29	5.25	4.61	3.28	2.09	1.42	3.35
25	1.46	1.87	2.66	3.47	4.39	5.29	5.47	5.40	4.73	3.42	2.19	1.49	3.49
10	1.53	1.93	2.76	3.58	4.53	5.44	5.61	5.51	4.82	3.52	2.27	1.55	3.59
5	1.57	1.96	2.81	3.64	4.60	5.51	5.68	5.57	4.87	3.57	2.31	1.58	3.64

Tablo 3.11. Mersin ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0 = 0.3155 \times W + 1.5311$	7	$ET_0 = 0.6070 \times W + 5.6059$
2	$ET_0 = 0.2727 \times W + 1.9298$	8	$ET_0 = 0.5128 \times W + 5.5132$
3	$ET_0 = 0.4258 \times W + 2.7587$	9	$ET_0 = 0.4101 \times W + 4.8233$
4	$ET_0 = 0.5125 \times W + 3.3848$	10	$ET_0 = 0.4601 \times W + 3.5199$
5	$ET_0 = 0.6115 \times W + 4.5254$	11	$ET_0 = 0.3549 \times W + 2.2722$
6	$ET_0 = 0.6504 \times W + 5.4359$	12	$ET_0 = 0.2614 \times W + 1.5513$

Tekrarlanma olasılığı %95 için $W = -1.652$, %75 için $W = -0.903$, %50 için $W = -0.521$, %25 için $W = -0.220$, %10 için $W = 0.000$, ve %5 için $W = 0.114$

Frekans analiz sonuçlarına göre %50 olasılıkta ocak ayı ET_0 değeri 1.37 mm/gün olmasına karşılık %95 ve %5 olasılıklarda ET_0 1.01 ve 1.57 mm/gün arasında değişim göstermiştir. En yüksek atmosferik buharlaştırma talebi (ET_0) temmuz ayında ortalama olarak 5.29 mm/gün olup %95 ve %5 olasılıklarda 4.36 ve 5.51 mm/gün arasında değişim göstermiştir. Mersin’de toplam yıllık ET_0 1223.9 mm olarak hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi adlı çalışmada Mersin için yıllık toplam ET_0 1211 mm ve Climwat 2.0 verileri ve Cropwat 8.0 programına göre 1131.5 mm olarak tahmin edilmiştir. TAGEM ve DSİ (2017) rehberine göre Mersin için yıllık toplam ET_0 12.9 mm (%1.06) ve Cropwat 8.0 programına göre ise 92.4 mm (%8.2) daha yüksek bulunmuştur. En fazla fark Cropwat 8.0 sonucuna göre görülmesine karşın TAGEM ve DSİ (2017) rehberine göre ise fark önemsiz düzeydedir.



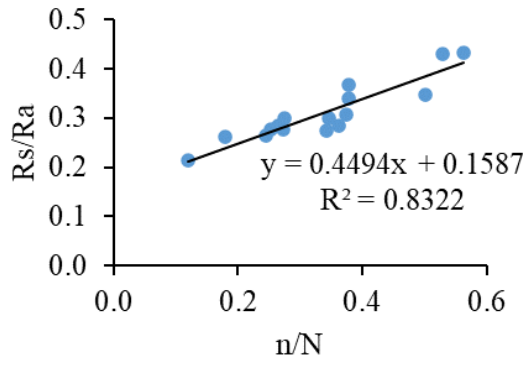
Şekil 3.10. Mersin ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon sonuçları

Mersin’de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 42.4, 50.1, 78.6, 99.5, 130.4, 152.9, 164, 162.6, 138.3, 101.7, 62.6 ve 43.9 mm referans evapotranspirasyon meydana gelmektedir (Şekil 3.10). En yüksek aylık toplam ET_0 temmuz ayında ortalama 164 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 142.7 ila 175.9 mm arasında değişim sergilerken en düşük ocak ayında ortalama 42.4 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 31.3 ila 48.6 mm arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.10).

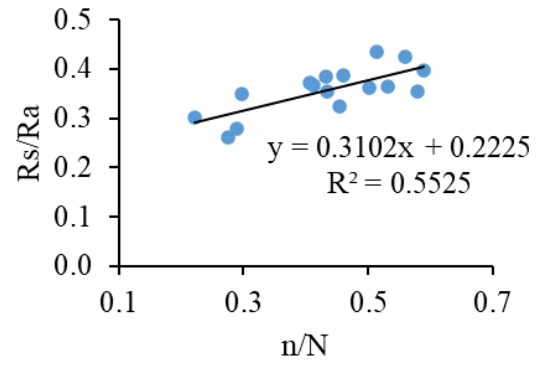
3.1.6. Hatay

Hatay’da 1940 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmaktadır. Ancak referans evapotranspirasyon hesaplamasına imkân verecek tam veri seti 1983’ün ekim ayından 2011’in ocak ayına kadar olan 27 yıllık dönemde bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin gündüz süresine oranı olan nispi güneşlenme (n/N) ile yer yüzeyine ulaşan solar radyasyonun atmosfer dış yüzeyine ulaşan solar radyasyona oranı (R_s/R_a) arasındaki ilişkiler, aylara göre Şekil 3.11’de verilmiştir. Şekil 3.11’de görülen doğrusal regresyon eşitliğinde x değişkeninin katsayısı doğrunun eğimini (b_s) ve sabit ise doğrunun y eksenini kestiği noktayı (a_s) göstermektedir. Aylara göre Angstrom katsayılar Tablo 3.1’de sunulmuştur.

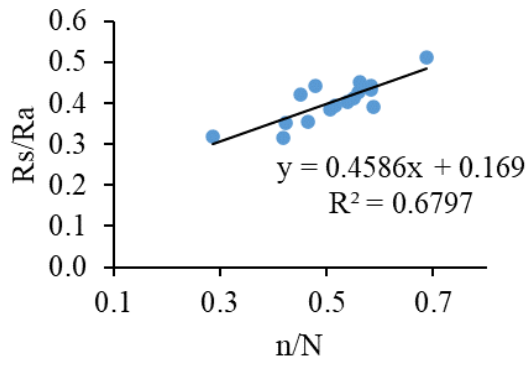
Ocak



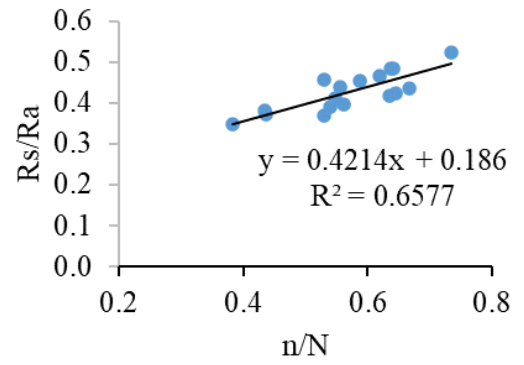
Şubat



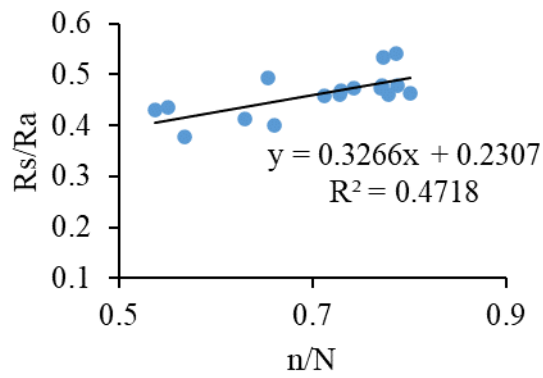
Mart



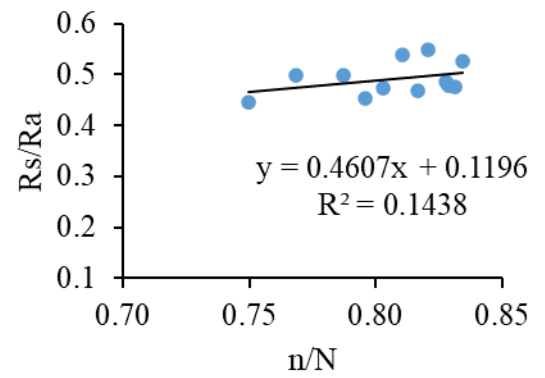
Nisan

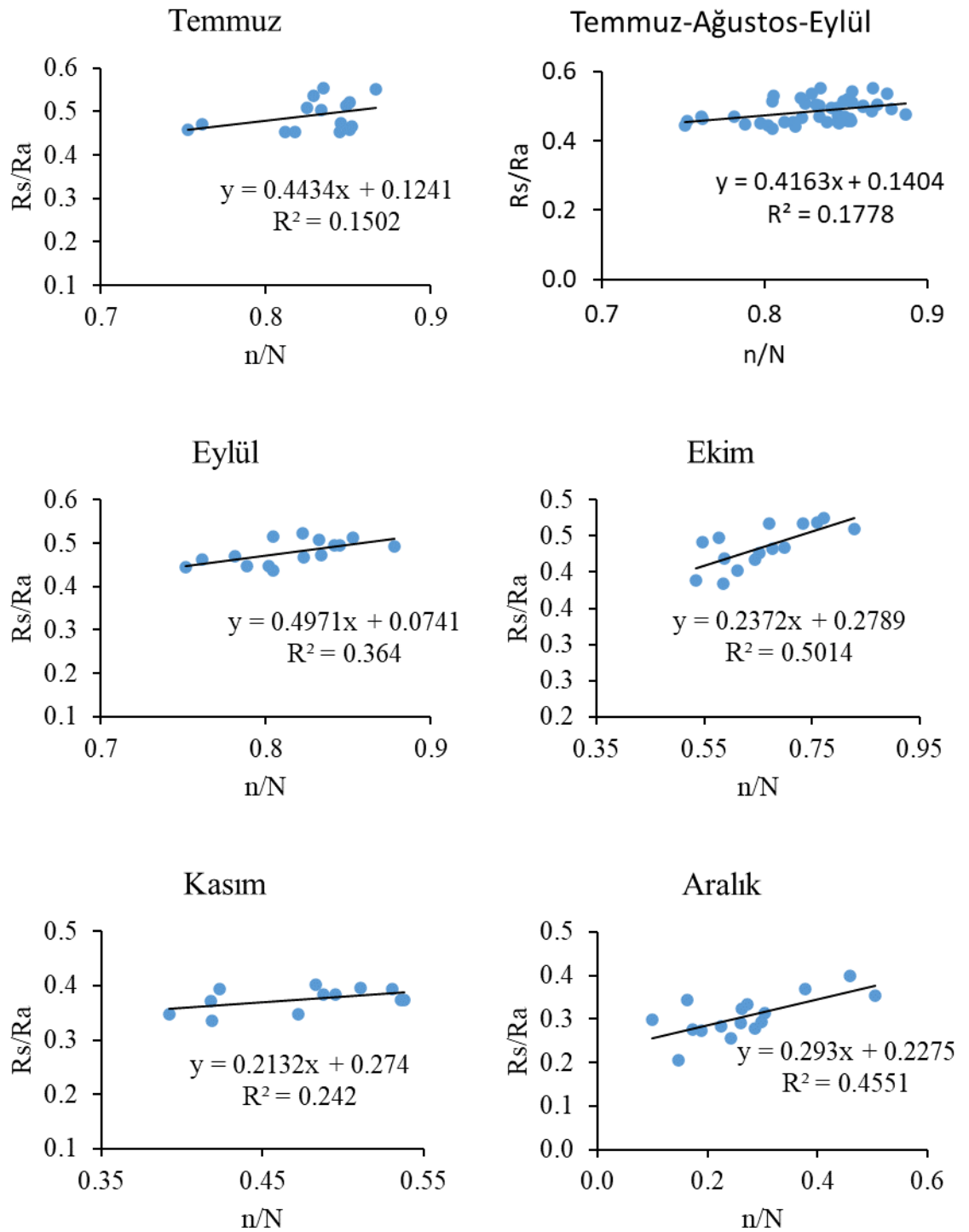


Mayıs



Haziran





Şekil 3.11. Hatay ili 1984-2010 yılı aylık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları

Referans evapotranspirasyon için 1984-2010 yılları arasında 27 yıllık veri seti kullanılarak frekans analizinde kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak her ay için frekans analizi sonuçları Tablo 3.12’de ve frekans analizi eşitlikleri Tablo

3.13'te sunulmuştur. %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değişimi Şekil 3.12'de gösterilmiştir.

Tablo 3.12. Aylara göre Hatay ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	0.51	0.72	1.49	2.75	3.84	5.27	5.76	4.65	3.21	1.64	0.68	0.38	2.58
75	0.81	1.09	2.06	3.24	4.38	5.86	6.11	5.12	3.77	1.98	0.92	0.65	3.00
50	0.96	1.28	2.35	3.50	4.65	6.16	6.28	5.37	4.06	2.15	1.05	0.78	3.21
25	1.08	1.42	2.57	3.69	4.86	6.40	6.42	5.56	4.28	2.29	1.15	0.89	3.38
10	1.17	1.53	2.74	3.84	5.02	6.57	6.52	5.70	4.45	2.39	1.23	0.97	3.51
5	1.21	1.59	2.82	3.91	5.10	6.66	6.57	5.77	4.53	2.44	1.26	1.01	3.57

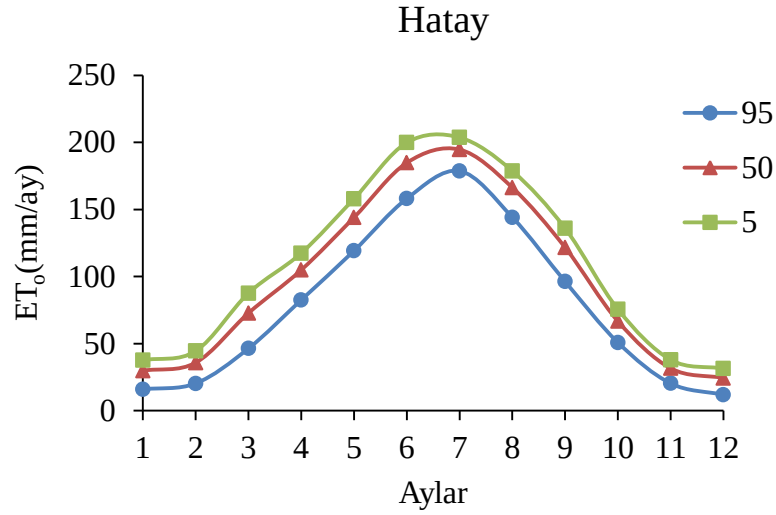
Tablo 3.13. Hatay ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0 = 0.3968 \times W + 1.1683$	7	$ET_0 = 0.4565 \times W + 6.5187$
2	$ET_0 = 0.4879 \times W + 1.5303$	8	$ET_0 = 0.6318 \times W + 5.6951$
3	$ET_0 = 0.7527 \times W + 2.7383$	9	$ET_0 = 0.7488 \times W + 4.4466$
4	$ET_0 = 0.6593 \times W + 3.8395$	10	$ET_0 = 0.4522 \times W + 2.3860$
5	$ET_0 = 0.7091 \times W + 5.0163$	11	$ET_0 = 0.3322 \times W + 1.2250$
6	$ET_0 = 0.7883 \times W + 6.5719$	12	$ET_0 = 0.3576 \times W + 0.9711$

Tekrarlanma olasılığı %95 için $W = -1.652$, %75 için $W = -0.903$, %50 için $W = -0.521$, %25 için $W = -0.220$, %10 için $W = 0.000$, ve %5 için $W = 0.114$

Frekans analiz sonuçlarına göre %50 olasılıkla ocak ayı ET_0 değeri 0.96 mm/gün olmasına karşılık olarak %95 ve %5 olasılıkta ET_0 0.51 ve 1.21 mm/gün arasında değişim göstermiştir. Hatay'da en yüksek ET_0 temmuz ayında ortalama olarak 6.28 mm/gün saptanmıştır. Temmuz ayında %95 ve %5 olasılıklarda ET_0 5.76 ve 6.57 mm/gün arasında değişim göstermiştir. Yıllık toplamda Hatay'da ET_0 1173.3 mm olarak hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi adlı çalışmada Hatay için yıllık toplam ET_0 1266 mm verilmiştir. Climwat 2.0 veri seti ve Cropwat 8.0 programına göre ise 1489.2 mm tahmin edilmektedir. Hesapladığımız ET_0 değeri TAGEM ve DSİ (2017) rehberinden 92.7 mm (%7.3) ve Cropwat 8.0 tahmininden 315.9 mm (%21.1) daha düşük bulunmuştur. Bu önemli farkın nedeni olarak Hatay için yıllık ortalama $a_s + b_s$ toplamının 0.5611 bulunması önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Nitekim (Atalay, 2010) tarafından yaz aylarında özellikle Temmuz'da Doğu Karadeniz ve İskenderun

Körfezi'nin Doğu Kıyısındaki güneşlenmenin düşük olmasının nedenini buralardaki bağıl nem ve bulutluluk oranının yüksek olmasıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir.

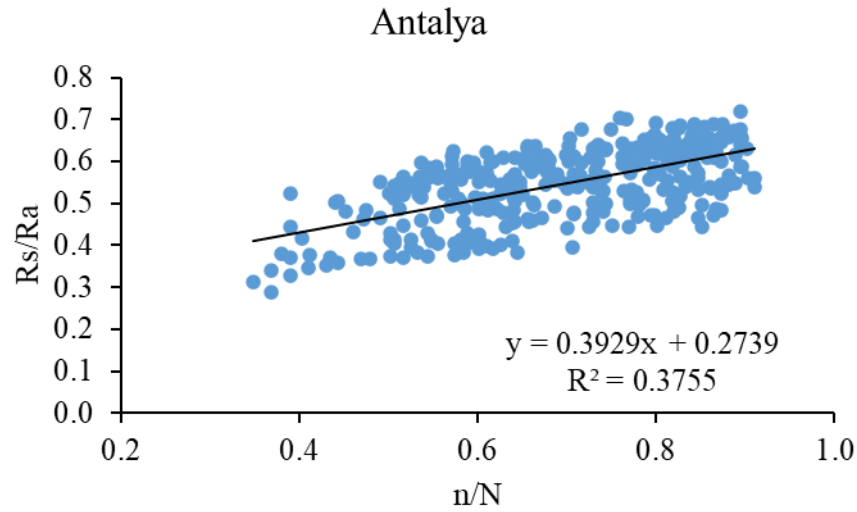


Şekil 3.12. Hatay ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri

Hatay'da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkla sırasıyla 29.8, 35.7, 72.7, 104.9, 144, 184.8, 194.7, 166.3, 121.7, 66.7, 31.6 ve 24.3 mm referans evapotranspirasyon meydana gelmektedir (Şekil 3.12). En yüksek aylık toplam ET_0 temmuz ayında ortalama 194.7 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 178.7 ila 192.3 mm arasında değişim sergilerken en düşük ocak ayında ortalama 29.8 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 15.9 ila 27.8 mm arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.12).

3.1.7. Antalya

Antalya’da 1960 yılından beri meteorolojik gözlemler yapılmakta ancak referans evapotranspirasyonun hesaplanmasına imkân verecek tam veri seti 1967-2006 yıllarında bulunmaktadır. Güneşlenme süresinin gündüz süresine oranı olan nispi güneşlenme ile yer yüzeyine ulaşan solar radyasyonun atmosfer dış yüzeyine ulaşan solar radyasyona oranı arasındaki ilişkiler aylara göre dikkate alındığı zaman radyasyon verilerindeki aşırı dalgalanmalar nedeniyle determinasyon katsayısı (R^2) çok düşük çıkmıştır. Bu nedenle Antalya için yıllık bazda Angstrom ilişkisi Şekil 13’te gösterildiği gibi elde edilmiştir. Şekil 13’te görülen doğrusal regresyon eşitliğinde x değişkeninin katsayısı doğrunun eğimini (b_s) ve sabit ise doğrunun y eksenini kestiği noktayı (a_s) göstermektedir. Yıllık olarak Angstrom katsayıları Tablo 3.1’de sunulmuştur.



Şekil 3.13. Antalya ili 1967-2006 arası yıllık ortalama verilerine göre Angstrom katsayıları

Referans evapotranspirasyon için 1967-2006 yılları arasında 39 yıllık veri seti frekans analizinde kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar dikkate alınarak her ay için frekans analizi sonuçları Tablo 3.14’te ve frekans analizi eşitlikleri Tablo 3.15’te sunulmuştur. %95, %50 ve %5 ihtimalle aylık referans evapotranspirasyon değişimi Şekil 3.14’te gösterilmiştir.

Tablo 3.14. Antalya ili referans evapotranspirasyon frekans analizi sonuçları

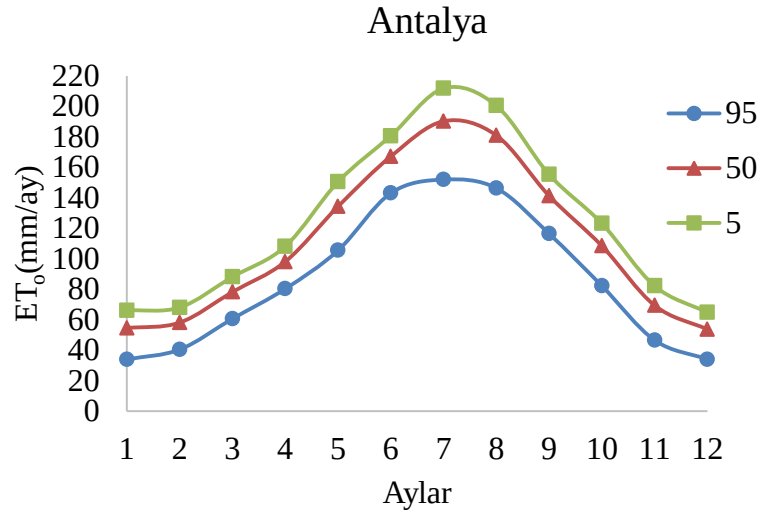
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Ort
95	1.10	1.44	1.96	2.68	3.40	4.77	4.90	4.72	3.88	2.65	1.55	1.10	2.85
75	1.53	1.86	2.33	3.07	4.02	5.30	5.72	5.46	4.43	3.21	2.06	1.52	3.38
50	1.76	2.08	2.52	3.27	4.33	5.57	6.14	5.84	4.71	3.50	2.31	1.73	3.65
25	1.94	2.24	2.67	3.43	4.58	5.79	6.47	6.14	4.93	3.72	2.51	1.90	3.86
10	2.07	2.37	2.78	3.54	4.76	5.94	6.71	6.35	5.09	3.89	2.66	2.02	4.02
5	2.13	2.43	2.84	3.60	4.85	6.02	6.83	6.47	5.18	3.97	2.74	2.09	4.10

Tablo 3.15. Antalya ili referans evapotranspirasyonun aylara göre frekans analizi eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_0 = 0.5873 \times W + 2.0654$	7	$ET_0 = 1.0925 \times W + 6.7084$
2	$ET_0 = 0.5579 \times W + 2.3667$	8	$ET_0 = 0.9886 \times W + 6.3545$
3	$ET_0 = 0.5015 \times W + 2.7848$	9	$ET_0 = 0.7342 \times W + 5.0943$
4	$ET_0 = 0.5258 \times W + 3.5443$	10	$ET_0 = 0.7477 \times W + 3.8878$
5	$ET_0 = 0.8222 \times W + 4.7608$	11	$ET_0 = 0.6726 \times W + 2.6628$
6	$ET_0 = 0.7096 \times W + 5.9421$	12	$ET_0 = 0.5612 \times W + 2.0242$

Tekrarlanma olasılığı %95 için $W = -1.652$, %75 için $W = -0.903$, %50 için $W = -0.521$, %25 için $W = -0.220$, %10 için $W = 0.000$, ve %5 için $W = 0.114$

Frekans analiz sonuçlarına göre %50 olasılıkla ocak ayı ET_0 değeri 1.76 mm/gün olmasına karşılık olarak %95 ve %5 olasılıkta ET_0 1.10 ve 2.13 mm/gün arasında değişim göstermiştir. Antalya’da en yüksek ET_0 temmuz ayında ortalama olarak 6.14 mm/gün saptanmıştır. Temmuz ayında %95 ve %5 olasılıklarda ET_0 4.90 ve 6.83 mm/gün arasında değişim göstermiştir. Yıllık toplamda Antalya’da ET_0 1332 mm olarak hesaplanmıştır. TAGEM ve DSİ (2017) tarafından Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi adlı çalışmada Antalya için yıllık toplam ET_0 1353 mm verilmiştir. Climwat 2.0 veri seti ve Cropwat 8.0 programına göre ise 1441.7 mm tahmin edilmektedir. Hesapladığımız ET_0 değeri TAGEM ve DSİ (2017) rehberinden 21 mm (%1.55) daha düşük ve Cropwat 8.0 tahmininden 109.7 mm (%7.6) daha düşük bulunmuştur. Antalya’da Cropwat 8.0 programından %7.6 oranında daha düşük tahmin yapmasının nedeni $a_s + b_s$ toplamının (0.6668) FAO 56 tarafından önerilen 0.75 toplamından daha düşük olmasıyla açıklanabilir.



Şekil 3.14. Antalya ilinde %95, %50 ve %5 olasılıkları için aylık referans evapotranspirasyon değerleri

Antalya’da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda %50 olasılıkta sırasıyla 54.5, 58.1, 78.22, 98.1, 134.3, 167.2, 190.3, 181, 141.3, 108.4, 69.4 ve 53.68 mm referans evapotranspirasyon meydana gelmektedir (Şekil 3.14). En yüksek aylık toplam ET_0 temmuz ayında ortalama 190.3 mm olup %95 ve %5 olasılıkla 152 ila 211.8 mm arasında değişim sergilerken en düşük ocak ayında 54.5 mm %95 ve %5 olasılıkla olup 34 ila 66.1 mm arasında değişim göstermiştir (Şekil 3.14).

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Kahramanmaraş, Adana, Isparta, Mersin ve Hatay illerinin tamamı için aylara göre Angstrom katsayıları hesaplanmıştır. Antalya ve Burdur'da aylık radyasyon verilerindeki aşırı dalgalanmalar nedeniyle yalnızca yıllık bazda Angstrom katsayıları saptanmıştır. Osmaniye illinde ise yetersiz solar radyasyon verileri nedeniyle Angstrom katsayıları belirlenememiştir.

Bölgesel Angstrom katsayılarının olmadığı yerlerde FAO 56 tarafından kullanımı tüm aylar için önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayılarının toplamı olan $a_s + b_s = 0.75$ toplamına göre Kahramanmaraş'ta bu toplam %3.55 ve Mersin'de %0.8 daha yüksek bulunmuştur. Söz konusu $a_s + b_s$ toplamı Adana'da %4.16, Isparta'da %20.1, Burdur'da %3.8, Hatay'da %25.2 ve Antalya'da %10.9 daha düşük bulunmuştur.

Yıllık ortalama toplamlar bakımından en düşük ET_o değerine 875 mm ile Isparta ili ve en yüksek 1332 mm ile Antalya ili sahiptir. Kahramanmaraş, Mersin, Hatay, Adana, Burdur'da 1228.6, 1223.9, 1173.3, 1111.1, 1034 mm ile Antalya'dan sonra en yüksek ET_o değerleri gözlemlenmiştir.

Bu çalışmada hesaplanan yıllık ortalama toplam ET_o değerleri, tüm iller için TAGEM-DSİ (2017) tarafından Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri adlı çalışmada verilen ET_o değerlerinden Mersin ve Kahramanmaraş'ta daha yüksek diğer illerde ise daha düşük tahmin edilmiştir. Yıllık bazdaki karşılaştırmalara göre her iki ET_o tahminleri arasındaki fark Kahramanmaraş'ta 3.6 mm (düşük), Adana'da 12.9 mm (yüksek), Isparta'da 164 mm (düşük), Burdur'da 97 mm (yüksek), Mersin'de 12.9 mm (düşük), Antalya'da 21 mm (düşük) ve Hatay'da 92.7 mm (yüksek) saptanmıştır.

TAGEM-DSİ (2017)'ye göre aradaki fark en düşük Kahramanmaraşta %0.3 ve en yüksek Isparta'da %15.8 olarak bulunmuştur.

Climwat 2.0 programında bulunan veriler kullanılarak Cropwat 8.0 sonuçlarına göre yıllık toplamda Mersin %8.2 daha yüksek sonuç verirken Kahramanmaraş %17.9, Adana %8.6, Isparta %10.6, Burdur %7.4, Hatay %21.1 ve Antalya %7.6 daha düşük sonuç vermiştir.

Referans evapotranspirasyon sonuçlarındaki bu farkın ana nedeni bölgesel Angstrom katsayıları ile önerilen katsayıların farklı olması, tahmin yöntemindeki farklılıklar ve kullanılan veri setindeki farklılıklar ile açıklanabilir. Referans evapotranspirasyonun daha doğru hesaplanabilmesi için bulunan bu sonuçlarla yerinde yapılan radyasyon ölçümleriyle hesaplanan değerlerin karşılaştırılması gerekir. Ayrıca bu farklılıkların bitki su tüketimine olan yansımaları dikkate alınmalıdır.

Frekans analiz sonuçlarına göre, Akdeniz Bölgesinde aylara bağlı olarak %95 ve %5 ihtimal düzeyinde önemli dalgalanmaların olduğu görülmüştür. Yapılacak sulama sistemi projelerinde söz konusu dalgalanma dikkate alınmalıdır. Sulama programlamalarında ise güncel veriler kullanılarak tahminler yapılmalıdır. Aksi takdirde bitkilere uygulanacak su miktarlarında önemli sapmalar olabilir.

KAYNAKLAR

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration. guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome.
- Allen, R.G., Walter, I.A., Elliott, R.L., Howell, T.A., Itenfisu, D., Jensen, M.E., Snyder, R.L., 2005. Reference Evapotranspiration Equation. **The American Society of Civil Engineers**. USA.
- Amarkai, P.A., 2019. İklim parametrelerindeki değişimin bitki su tüketimine etkisi. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 81 s.
- Angstrom, A., 1924. Solar and terrestrial radiation. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**, **50**: 121-126.
- Atalay, İ., 2010. Uygulamalı klimatoloji. Dokuz Eylül Üniversitesi, Meta Basın Matbaacılık Hizmetleri, Bornova- İzmir, 600 s.
- Bhagat, A.D., Patil, M.A., 2014. Probability distribution function of weekly reference crop evapotranspiration for Solapur district of Maharashtra. **International Journal of Agricultural Engineering**, **7** (2): 399-401.
- Dadaser-Celik, F., Cengiz, E., Guzel, O., 2015. Trends in reference evapotranspiration in Turkey: 1975-2006. **International Journal of Climatology**, **36**: 1733-1743.
- Fernandes, R.D.M., Jose, J.V., Wolff, W., Oliveira Costa, J., Folegatti, M.V., 2019. Probability Distribution Functions Applied in The Water Requirement Estimates in Irrigation Projects. Rev. Caatinga, **Mossoro**, **32** (1): 189-199.
- Gana, N.N., Akpootu, D.O., 2013. Angstrom Type Empirical Correlation for Estimation Global Solar Radiation in North-Eastern Nigeris. **The International Journal of Engineering and Science**, **2** (11): 58-78.
- Hargreaves, G.H., Merkley, G.P., 2004. Irrigation Fundamentals. Water Resources Publications, LLC. Utah, USA, 182 pp.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley & Sons Inc., Singapore, 512 pp.

- Jeong, H., Bhattarai, R., Hwang, S., Son, J-G., Jang, T., 2018. How Angstrom-Prescott Coefficients Alter the Estimation of Agricultural Water Demand in South Korea. **Water**, **10**: 1-16.
- Jerszurki, D., Souza, J.L.M., Evangelista, A.W.P., 2015. Probabilidade e variação temporal da evapotranspiração de referencia na região de Telemaco Borba-PR. **Rev.Bras.Biom., Sao Paulo**, **33** (2): 118-129.
- Li, H., Ma, W., Lian, Y., Wang, X., Zhao, L., 2011. Global solar radiation estimation with sunshine duration in Tibet, China. **Renewable Energy**, **36**: 3141-3145.
- Liu, X., Mei, X., Li, Y., Zhang, Y., Wang, Q., Jensen, J.R., Porter, J.R., 2009. Calibration of the Angström-Prescott coefficients (a, b) under different time scales and their impacts in estimating global solar radiation in the Yellow River basin. **Agricultural and Forest Meteorology**, **149**: 697-710.
- Prescott, J.A., 1940. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Trans Roy Soc Sci, Aust**, **64**: 25-114.
- Rahimi, I., Bakhtiari, B., Qaderi, K., Aghababaie, M., 2012. Calibration of Angstrom equation for estimating Solar Radiation using Meta-Heuristic Harmony Search Algorithm (Case study: Mashhad-East of Iran). **Energy Procedia**, **18**: 644-651.
- Sen Z., 2001. Angstrom equation parameter estimation by unrestricted method. **Solar Energy**, **71**: 95-107.
- Şen, Z., Tan, E., 2001. Simple models of solar radiation data for Northwestern part of Turkey. **Energy Conversion and Management**, **42**: 587-598.
- Silva, F.C., Fietz, C.R., Folegatti, M.V., Carvalho Pereira, F.A., 1998. Distribution and Frequency of Reference Evapotranspiration of Cruz Das Almas, BA. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, **2** (3): 284-286.
- Suehrcke, H., 2000. On the relationship between duration of sunshine and solar radiation on the earth's surface: angstrom's equation revisited. **Solar Energy**, **68**: 417-425.
- Şimşek, H., Yürekli, K., Ünlükara, A., 2014. Konya-Merkez'de Referans Bitki Su Tüketimindeki Değişimin Belirlenmesi. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Eylül, Konya, 90-95.

- Tadros, M.T.Y., 2000. Uses of sunshine duration to estimate the global solar radiation over eight meteorological stations in Egypt. **Renewable Energy**, **21**: 231-246.
- TAGEM-DSİ, 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Ünlükara, A., 2014. Referans evapotranspirasyon hesaplamalarında solar radyasyon yoğunluğu ve nispi güneşlenme verilerinin kullanımı. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs Tekirdağ, 84-89.
- Ünlükara, A., Yürekli K., 2014. Orta Anadolu Bölgesinde referans bitki su tüketimi trend analizi. Uluslararası katılımlı kuraklık ve çölleşme sempozyumu, 16-18 Eylül, Konya, 96-102.
- Yin, Y., Wu, S., Zheng, D., Yang, Q., 2008. Radiation calibration of FAO56 Penman-Monteith model to estimate reference crop evapotranspiration in China. **Agricultural Water Management**, **95**: 77-84.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., Safi, S., 2010. Kayseri İlinde Mevsimsel Bitki Su Tüketimindeki (ET_o) Değişimin Saptanması. **Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi**. **3 (2)**. 21-25.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., 2013a. Küresel Isınmanın Kuraklığa Etkilerinin Değerlendirilmesinde SPI ve SPEI İndislerinin Karşılaştırılması. 3. Uluslararası Bursa Su Kongresi. 22- 24 Mart. Bursa-Türkiye. 225-233.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., 2013b. Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi (SPEI) ile Tokat İlinin Kuraklık Analizi. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi. 22- 24 Ekim Tokat. 511-515.
- Yürekli, K., Ünlükara, A., Öztürk, Ö., Cebeci, İ., Sarısamur, F., 2013. Küresel Isınmanın Kuraklığa Etkilerinin Belirlenmesinde RDI (Reconnaissance) İndisi Kullanımı. III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi (TİKDEK), 3-5 Haziran, İstanbul.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı: Engin KAYMAZ

Doğum Tarihi: 01.01.1992

Doğum Yeri: Malatya

Cep Telefonu: 0 551 717 86 17

E-postası: enginks7@outlook.com

EĞİTİM

Derece	Bölüm	Üniversite	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Biyosistem Müh.	Erciyes	2016
Yüksek Lisans	Biyosistem Müh.	Erciyes	2020

YABANCI DİL

İngilizce