

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

**GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ ÇİM BİTKİSİ
REFERANS EVAPOTRANSPIRASYONU
KARŞILAŞTIRMALARI VE FREKANS ANALİZİ**

**Hazırlayan
Mehmet KILIÇ**

**Danışman
Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA**

Yüksek Lisans Tezi

**Mart 2022
KAYSERİ**

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

**GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ ÇİM BİTKİSİ
REFERANS EVAPOTRANSPIRASYONU
KARŞILAŞTIRMALARI VE FREKANS ANALİZİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

**Hazırlayan
Mehmet KILIÇ**

**Danışman
Prof. Ali ÜNLÜKARA**

**Mart 2022
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.

Mehmet KILIÇ

İmza:

“Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çim Bitkisi Referans Evapotranspirasyonu Karşılaştırmaları ve Frekans Analizi” adlı Yüksek Lisans tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Mehmet KILIÇ

Danışman

Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA

Biyosistem Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Zeki GÖKALP

TEŞEKKÜR

Bu çalışma aşamalarının her noktasında destek veren saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA'ya,

Tez çalışma sürecimin desteğini esirgemeyen fedakarlık ve yardımlarından dolayı eşim Banu KILIÇ ve Talas Belediyesi Park ve Bahçeler Müdürü Sayın Mehmed Zubeyr SERİN'e,

Hayatımın başlangıcından itibaren beni hiç yalnız bırakmayan öncelikle annem, babam ve bana her zaman güvenen, emeğini esirgemeyen, yaptığım her işte beni cesaretlendiren sevgili aileme, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet KILIÇ

Kayseri, Mart 2022

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ ÇİM BİTKİSİ REFERANS EVAPOTRANSPIRASYONU KARŞILAŞTIRMALARI VE FREKANS ANALİZİ

Mehmet KILIÇ

**Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi, Mart 2022
Danışman: Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA**

ÖZET

Atmosferin bitki su tüketimine olan etkisi veya referans evapotranspirasyon (ET_o) tahminlerinde FAO-56 Penman-Monteith yöntemi önerilen bir yöntem olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Söz konusu yöntemde Angstrom eşitliği ile güneşlenme süresi verilerinden yer yüzeyine ulaşan kısa dalga boylu solar radyasyon (R_s) tahmin edilmektedir. Söz konusu radyasyon tahminlerinde bölgesel Angstrom katsayıları kullanımını önerilmekte ancak bölgesel Angstrom katsayılar yok ise $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ alınarak tahminler yapılmaktadır. İşte bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerinin bölgesel Angstrom katsayılarının saptanması hedeflenmiştir. Saptanan katsayılar ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde illere göre aylık ET_o değerlerinin tahmini ve çeşitli ihtimallerde (%5, %10, %25, %50, %75 ve %95) frekans değerleri ise bu çalışmanın ikinci hedefidir. Gerekli veriler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Genel Angstrom katsayılarıyla ($a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$) ET_{o1} , ölçülmüş güneş radyasyonu (R_s) verileriyle ET_{o2} ve elde edilen yerel Angstrom katsayılarıyla ET_{o3} aylık serileri hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. ET_{o1} serilerine göre ET_{o3} serilerinin mutlak hatasının daha düşük olduğu saptanmıştır. Yıllık ortalama ET_o tüm illerde hesaplanmıştır. Bu illerden Gaziantep'te en düşük 998 mm ile Mardin'de en yüksek 1577 mm olarak bulunmuştur. Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Şırnak, Kilis, Şanlıurfa ve Siirt illerinde sırasıyla yıllık toplam ET_o değerleri 1114, 1316, 1453, 1189, 1323, 1361 ve 1176 mm bulunmuştur. Bölgesel Angstrom katsayıları kullanılarak referans evapotranspirasyon tahminlerinin daha hassas yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Referans evapotranspirasyon, Angstrom katsayıları, frekans analizi

COMPARIZIONS OF GRASS REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION IN THE GÜNEYDOĞU ANATOLIAN REGION AND FREQUENCY ANALYSIS

Mehmet KILIÇ

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences

M.Sc. Thesis, March-2022

Supervisor: Prof. Dr. Ali ÜNLÜKARA

ABSTRACT

FAO-56 Penman-Monteith method has been widely used as a standard method for estimating reference evapotranspiration (ET_o) or atmospheric effect on crop evapotranspiration. Short wave solar radiation (R_s), which incomes to the earth, is calculated with the Angstrom equation by using sunshine duration in this method. Using local Angstrom coefficients (a_s and b_s) is advised to estimate short wave solar radiation. Still, these radiation estimations are also carried out using general coefficients ($a_s = 0.25$ and $b_s = 0.50$) when local coefficients are absent. This study aimed to determine the local Angstrom coefficients for the Güneydoğu Anatolian Region of Türkiye. Calculating monthly reference evapotranspiration values with these local Angstrom coefficients for the provinces in the region and performing their frequency analysis at some probabilities (5%, 10%, 25%, 50%, 75%, and 95%) were the second porposes of this study. For these purposes, required long term meteorological data were supplied by the General Directorate of Turkish State Meteorology Affairs. ET_{o1} with general Angstrom coefficients ($a_s = 0.25$ and $b_s = 0.50$), ET_{o2} with R_s data, and ET_{o3} with the obtained local coefficients were determined as monthly series and were compared to ET_{o2} . ET_{o3} series gave lower mean absolute errors than ET_{o1} . In the region minimum and maximum ET_o values as mean totals varied between 998 mm and 1577 mm for Gaziantep and Mardin, respectively. Respective total mean annual reference evapotranspiration values were 1114, 1316, 1453, 1189, 1323, 1361 and 1176 mm for Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Şırnak, Kilis, Şanlıurfa and Siirt. According to the findings, ET_o estimations with local Angstrom coefficients could be made sensitively.

Key Words: The Güneydoğu Anatolian Region, Reference evapotranspiration, Angstrom coefficients and frequency analysis

İÇİNDEKİLER

GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ ÇİM BİTKİSİ REFERANS EVAPOTRANSPIRASYONU KARŞILAŞTIRMALARI VE FREKANS ANALİZİ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK.....	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUK SAYFASI.....	iii
ONAY	iv
TEŞEKKÜR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
KISALTMALAR ve SİMGELER.....	x
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiv
 GİRİŞ	 1

1. BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ	5
-----------------------	---

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal	13
2.2.Yöntem	15

3. BÖLÜM

BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Bulgular ve Tartışma	21
3.1.1. Adıyaman	21
3.1.2. Batman	27

3.1.3. Diyarbakır	32
3.1.4. Gaziantep	37
3.1.5. Kilis	42
3.1.6. Mardin	48
3.1.8. Siirt	54
3.1.9. Şanlıurfa	59
3.1.10. Şırnak	62

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER	64
4.1. Sonuç ve Öneriler	64
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	72

KISALTMALAR ve SİMGELER

SEMBOL	ANLAMI
%	: Yüzde
$(e_s - e_a)$	: Doygun buhar basıncı açığı
$^{\circ}\text{C}$	: Derece celcius
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	: İlgili aya ilişkin ET _o veri sayısı
m	: Metre
N	: Gündüz süresi
n	: Güneşlenme 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	: Solar radyasyon
r _s	: Yüzey direnci

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	: Buhar basıncı eğrisinin eğimi
δ	: Solar deklinasyon açısı
λET	: Eşdeğer buharlaşma
ρ_a	: Basınç sabitken ortalama hava yoğunluğu
σ	: Stefan-Boltzman sabiti
φ	: Enlem derecesi
ω_s	: Gün batımı saat açısı

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Çalışmada Verilerin Kullanıldığı Güneydoğu Anadolu Bölgesi İleri Meteoroloji İstasyonlarına İlişkin Bilgiler	13
Tablo 3.1. Aylara Göre Adıyaman İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları	23
Tablo 3.2. 1968-2010 yılları arasında Adıyaman İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	25
Tablo 3.3. Aylara Göre Adıyaman İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri	25
Tablo 3.4. Aylara Göre Batman İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları	28
Tablo 3.5. 1968-2010 yılları arasında Batman İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	30
Tablo 3.6. Aylara Göre Batman İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri ...	30
Tablo 3.7. Aylara Göre Diyarbakır İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları	33
Tablo 3.8. 1968-2008 yılları arasında Diyarbakır İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	35
Tablo 3.9. Aylara Göre Diyarbakır İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri	36
Tablo 3.10. Aylara Göre Gaziantep İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları	38
Tablo 3.11. 1968-2010 yılları arasında Gaziantep İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	40
Tablo 3.12. Aylara Göre Gaziantep İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri	41
Tablo 3.13. Aylara Göre Kilis İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları	44
Tablo 3.14. 1985-2019 yılları arasında Kilis İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	46
Tablo 3.15. Aylara Göre Kilis İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri	47

Tablo 3.16. Aylara Göre Mardin İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları..	50
Tablo 3.17. 2011-2019 yılları arasında Mardin İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	52
Tablo 3.18. Aylara Göre Mardin İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri .	52
Tablo 3.19.Aylara Göre Siirt İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları	55
Tablo 3.20. 1975-2010 yılları arasında Siirt İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	57
Tablo 3.21.Aylara Göre Siirt İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri	57
Tablo 3.22.1983-2017 yılları arasında Şanlıurfa İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	60
Tablo 3.23.Aylara Göre Şanlıurfa İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri	60
Tablo 3.24.2010-2019 yılları arasında Şırnak İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları	63
Tablo 3.25.Aylara Göre Şırnak İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri	63

ŞEKİLLER LİSTESİ

Resim 1.1. Aerodinamik dirençlerin ve Su buharı akışı (hacim) direnci gösterimi Penman-Monteith birleşik denklemi:.....	7
Resim 1.2. Teorik referans bitkinin özellikleri.....	9
Resim 1.3 Nispi (solar radyasyon ve güneşlenme oranı) radyasyon ilişkisi.....	18

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. 1968-2010 arası yıllık bazda Adıyaman ili Angstrom ilişkisi	22
Şekil 3.2. 1968-2010 arası aylık bazda Adıyaman ili Angstrom ilişkisi	24
Şekil 3.3. Adıyaman ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	26
Şekil 3.4. 1986-2007 arası yıllık bazda Batman ili Angstrom ilişkisi	27
Şekil 3.5. 1986-2007 arası aylık bazda Batman ili Angstrom ilişkisi.....	30
Şekil 3.6. Batman ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	31
Şekil 3.7. 1968-2008 arası yıllık bazda Diyarbakır ili Angstrom ilişkisi	32
Şekil 3.8. 1968-2008 arası aylık bazda Diyarbakır ili Angstrom ilişkisi.....	35
Şekil 3.9. Diyarbakır ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	36
Şekil 3.10. 1968-2010 arası yıllık bazda Gaziantep İli Angstrom ilişkisi	38
Şekil 3.11.1968-2010 arası aylık bazda Gaziantep ili Angstrom ilişkisi.....	40
Şekil 3.12.Gaziantep ilinde %95, %50 ve %5 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	41
Şekil 3.13.1985-2019 arası yıllık bazda Kilis İli Angstrom ilişkisi	43
Şekil 3.14. 1968-2009 arası aylık bazda Kilis ili Angstrom ilişkisi	46
Şekil 3.15.Kilis ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	47
Şekil 3.16. 2011-2019 arası yıllık bazda Mardin İli Angstrom ilişkisi.....	49
Şekil 3.17. 2011-2019 arası aylık bazda Mardin ili Angstrom ilişkisi	51
Şekil 3.18.Mardin ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	53
Şekil 3.19.1975-2010 arası yıllık bazda Siirt İli Angstrom ilişkisi	54
Şekil 3.20.1973-2005 arası aylık bazda Siirt ili Angstrom ilişkisi.....	57
Şekil 3.21.Siirt ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	58

Şekil 3.22. 1983-2017 arası yıllık bazda Şanlıurfa İli Angstrom ilişkisi.....	59
Şekil 3.23. Şanlıurfa ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	61
Şekil 3.24.2009-2016 arası yıllık bazda Şırnak İli Angstrom ilişkisi.....	62
Şekil 3.25. Şırnak ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri.....	64

GİRİŞ

Güneydoğu Anadolu Bölgesi Ülkemizin Güneydoğusunda bulunan Toros dağlarının Anadolu'ya doğru dış bükey olarak kıvrım yaptığı alanın güney kısmı ile Suriye sınırı arasındadır. Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak illerini kapsayan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin yaklaşık yüzölçümü 59.176 km² olarak en küçük yüzölçümüne sahip bölgemizdir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yaklaşık nüfus 8 milyon 576 bin 391'dir.

Güneydoğu Anadolu bölgesinin kuzey kısmında Toros dağları sırasında güney kısımları ile beraber kıvrımlı dağlar uzanır. Bölgenin önemli akarsularından biri olan Fırat Karadağ ve Kâhta'dan gelen küçük akarsular ile beslenir. Önemli akarsularımızdan olan Dicle nehri Fırat nehri ile birleştikten sonra Basra körfezine dökülmektedir.

Bölge iklim özellikleri açısından; orta Fırat bölümünde bozulmuş Akdeniz iklimi görülebilir ve iç kesimlerine doğru karasal iklim hâkimdir. Bölgenin yüksek kesimlerinde kar yağışları görülür.

Su tüketim verilerinden sulama projelerinde, tarımsal sulamalarda ve sulama programlarında faydalanılmaktadır. Bitkilerden terleme ile kaybedilen ve topraktan buharlaşan suyun her ikisine birlikte evapotranspirasyon denir. ET_c (bitki evapotranspirasyon) için toprak verimi, toprak yapısı, toprak tuzluluk oranı, su oranı, hastalık, bitki zararlıları, bitki gelişim süreci ve iklimsel faktörler etkilidir. Buharlaşma, iklim verilerinden ve bitki su tüketiminden hesaplanabilirken, direk ölçüm de yapılabilir. Evapotranspirasyonu hesaplamanın birçok yolu olmasına rağmen, evapotranspirasyonu belirlemek için genellikle aşağıdaki formül önerilir.

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (1)$$

Denklemden K_c , bitki katsayısına ve ET_o , referans evapotranspirasyona karşılık gelir. Mevcut suyun bitki ve toprak yüzeylerinden en yüksek oranda uzaklaştırılmasına potansiyel evapotranspirasyondur. Potansiyel evapotranspirasyon günden güne değişir ve buharlaşma için uygun olan enerji miktarına bağlı olarak değişmektedir. Referans bitki evapotranspirasyon, özellikle çim bitkisi ve yoncanın potansiyel evapotranspirasyonunu gösterir. (James, 1988). Referans evapotranspirasyon, atmosferik faktörlerin atmosferik evapotranspirasyon kapasitesi ve bitki su tüketimi üzerindeki birleşik etkisi ile karakterize edilir.

Atmosferik evapotranspirasyon gereksinimlerinin doğru tahminleri, aynı zamanda, bitki su kullanımının doğru tahminlerini de sağlar. Bu doğrusal ilişki, iklimin bitkiler üzerindeki etkisini yansıtan referans evapotranspirasyondan (ET_o) türetilmiştir. ET_o kavramı, atmosferin buharlaşma kapasitesini ölçmek olarak tanımlanır.

Referans yüzeyde su sıkıntısının olmadığı durumlarda, ET_o 'nın toprak faktörlerinden etkilemediği kabul edilir. ET 'nin belirli bir yüzeyden bitki evapotranspirasyonu ile ilişkilendirilmesi, ET 'yi bitki büyüme aşamaları ve bitki türleri için ayrı ayrı tanımlama ihtiyacını ortadan kaldırır. Farklı zamanlarda farklı bölgeler için hesaplanan ET_o değerleri yardımıyla bölgeler arası karşılaştırmalar yapılabilir (Allen ve diğerleri, 1998; Allen ve diğerleri, 2005).

Referans evapotranspirasyon güneş enerjisi, hava nemi, sıcaklık ve rüzgâr hızı gibi hava parametrelerinden etkilenir. ET_o , yılın herhangi bir periyodunda herhangi bir yerde atmosferin buharlaşma kapasitesini gösterir. Bu nedenle, ET_o 'nun hesaplanmasında toprak faktörlerinin ve bitki faktörlerinin etkileri dikkate alınmaz. ET_o 'ı hesaplamada birçok yolu olsa da FAO-56 Penman-Monteith yöntemi genel kabul görmüş ve önerilen yöntemdir. Referans bitki olarak bitkilerde oluşan ET_o değerlerine en yakın sonuçları veren, aerodinamik ve fizyolojik değişkenleri açık bir şekilde ilişkilendiren ve en uygun fiziksel bir temel oluşturan yöntem olarak görülmektedir. ET_o tahmini için çok sayıda iklim parametresi kullanılmasına karşın, söz konusu iklim parametrelerinin eksik olması durumlarına göre de alternatif yollar geliştirilmiştir (Allen vd., 1998).

Referans çim yüzey, 0.23 albedo, 70 s m^{-1} sabit yüzey direnci ve 0.12 m bitki yüksekliği olarak kabul edilen varsayımsal bir referans yüzeydir. Referans yüzeyler,

tüm zemini kaplayan, yer örtücülüğü yüksek, eşit yükseklikte, iyi şekilde sulanan ve sağlıklı olarak gelişen yeşil çimi göstermektedir. 7 gün sulama frekansı sonucu oluşan orta derecede kuru yüzey için yüzey direnci 70 s m^{-1} şeklinde sabit alınmaktadır (Allen vd. 1998; Allen vd., 2005).

Evapotranspirasyonu en çok radyasyon enerjisi etkilemektedir. Bu süreçte kullanılan başlıca enerji güneşten gelir. Güneş enerjisi yılın gününe ve atmosferik koşullara göre değişir ve güneş ışığının uzunluğu kullanılarak doğrudan ölçülebilir veya hesaplanabilir. Her iki parametre de meteoroloji istasyonlarında ölçülmesine rağmen, Türkiye'nin illerinin merkezindeki bazı istasyonlarda bir kısmı ölçülemedi. Bu parametrelerin ölçülemediği dönemlerde veya ölçülmeye başlandığı tarihlerde farklılıklar olmuştur.

Bazen istasyon bakımı, onarımları ve donanım güncellemeleri nedeniyle ölçüm verileri yetersiz olabilir. Rüzgâr hızı, hava sıcaklığı ve bağıl nem (en düşük ve en yüksek), yüzeye gelen güneş radyasyonu, yükseklik, psikometrik sabit, koordinat, FAO 56 Penman-Monteith yöntemi verileriyle ET_o hesaplanırken, barometrik basınç ve Angstrom katsayıları, kısa dalga güneş radyasyonunu (R_s) hesaplamak için kullanılır (Denklem 2).

$$[R_s = (a_s + b_s \times (n/N)) \times R_a] \quad (2)$$

Bu denklemde tahmin yapılacak bölgenin yerel Angstrom katsayılarının (a_s ve b_s) kullanılması tavsiye edilir. Hesap yapılan alanda a_s ve b_s katsayıları yoksa $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ alınır ve hesaplamalara devam edilir.

Yerel Angstrom katsayıları biliniyorsa, güneşli bir günde güneş radyasyonunu (R_{so}) hesaplamak için de kullanılabilir. Aynı zamanda, R_{so} , referans yüzeyden uzun dalga radyasyon kayıplarının (R_{nl}) tahmininde yer alır.

Referans yüzeye ulaşan güneş radyasyonu (R_s), o yüzey tarafından emilen net kısa dalga güneş radyasyonunun (R_{ns}) hesaplanmasına dahil edilir. Referans yüzey tarafından kullanılacak net güneş enerjisini (R_n), R_{ns} değerinden R_{nl} 'yi çıkararak hesaplanır. Angstrom katsayıları, ister doğrudan ister dolaylı olsun, tüm radyasyon tahminlerine dâhil edilir.

Çalışmanın amacını Güneydoğu Anadolu bölgesindeki şehirlerin Angstrom katsayılarının saptanması oluşturmaktadır. Bulunan Angstrom katsayıları ile Güneydoğu Anadolu bölgesi için referans evapotranspirasyon değerlerinin tahmini ve farklı olasılıklarda aylık frekanslarının belirlenmesidir.

1. BÖLÜM

LİTERATÜR ÖZETİ

Bitki kök bölgesinde depolanan toprak suyu, toprak yüzeyinden buharlaşma ve bitki yüzeylerinden terleme yoluyla atmosfere kaybedilir. Her iki aşama da buharlaşmayı içerdiğinden ve birbirinden kolayca ayırt edilemediğinden, birleştirilir ve evapotranspirasyon (ET) olarak adlandırılır. Bitki su tüketimi ise topraktan ve bitki yüzeylerinden doğrudan buharlaşmanın yanı sıra bitki turgoru, besin taşınması, bitki gelişimi, fotosentez ve benzeri bitki faaliyetleri için kullanılan suyu içerir. Bitki su tüketimi ve bitki evapotranspirasyonunun yaklaşık bir birisine eşit olduğu kabul edilir. Çünkü her ikisi arasındaki fark genelde%1'den daha azdır (James, 1988).

Referans bitki dışındaki bitkilerin su ihtiyaçlarını belirlemek için referans olarak kabul edilen çeşitli yonca ve çim türlerinin evapotranspirasyonları kullanılmıştır. Genel olarak konuşursak, ET_o çim için ve ET_r yonca için en iyisidir. ET_o her durumda ET_r 'den daha düşüktür. ET_r yarı kurak bölgelerde ve orta derecede rüzgârlı koşullarda ET_o 'ın 1.2 katı kadar olduğu varsayımında bulunmaktadır. Nemli ve rüzgârlı olmayan alanlarda bu oran 1.05 kadar düşük olabilirken kurak ve rüzgârlı şartlarda 1.4 kadar yüksek olabilir. Çim bitkisi çeşitlerine göre su tüketimi değişebilir. Bu nedenlerden ötürü özel bir referans ET_o denklemini kalibrasyonu için çim bitkisinin cinsi bilinmelidir (Hargreaves ve Merkle, 2004).

Herhangi seçilebilecek bir çim bitkisi için referans ET, lizimetre verileri kullanılarak kalibre edilmiş bir denklem ile belirlenir. Bu denklem fizik, ısı transferi ve diğer çalışma alanlarından sayısal olarak bulunabilir ve yalnızca çevresel değişkenlerle deneyler metoduyla gelişmesi sağlanabilir. Referans ET denklemleri çok karmaşıktır ve çok sayıda değişken içerebilir ve çok kesin sonuçlar üretebilir. Bu tür karmaşık referans ET formülasyonlarında uygulamada farklı ve hassas iklim verileri kullanılmalıdır.

Referans ET denklemleri genel olarak radyasyona ve sıcaklığa dayalı yöntemler ve her ikisini birleştiren kombine yöntemler şeklinde sınıflandırılabilir. ET denklemleri ve hesaplama işlemlerinde çok sayıda yöntem geliştirilmiş olmakla birlikte, bunlardan sadece bir kısmı genel kullanıma uygundur.

Amerikan İnşaat Mühendisleri Derneği (ASCE), Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu (ICID), Sulama ve Drenaj Dairesi tarafından yapılan görüşmeler neticesinde Penman-Monteith denkleminin kullanımı önerilmiştir (Hargreaves ve Merkle, 2004).

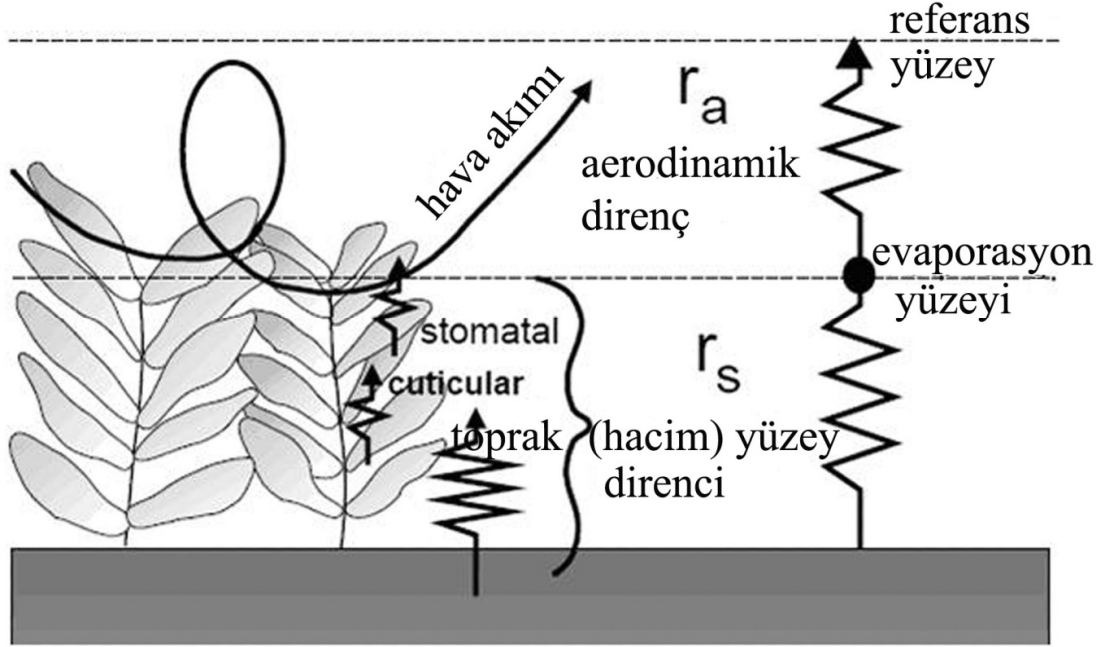
Su sınırlaması olmaksızın bir referans yüzeyden meydana gelen buharlaşma hızına referans evapotranspirasyon veya referans bitki evapotranspirasyon denir. Bu tanımda ET_0 olarak adlandırılır. Referans düzlemler olarak tanımlanan özellikli bitkiler, özelliklere sahip varsayımsal çim bitkisidir. Potansiyel ET gibi diğer seçeneklerin gösterilmesi, tanımda tartışmalı olabileceğinden önerilmez. (Allen ve ark., 1998).

ET_0 'yu tahmin etmek için kap buharlaşması yöntemi kullanılabilir. Buharlaştırma kaplarının doğruluğu kanıtlanmıştır. ET_0 'ı belirlemek için, kapta oluşabilecek su kayıpları incelenerek ve buharlaşmayı ET_0 ile ilişkilendiren bilimsel katsayılar kullanılarak, kap buharlaşma metodu uygulanmıştır. Ayrıca bu duruma özgü yönetim ve ön uyarıların uygulanmasına kap buharlaşmasındaki kayıplara da dikkat edilmesi gerekmektedir.

1948 yılında kütle transfer yöntemiyle enerji dengesi metodunu birleştiren Penman, rüzgâr hızı, nem, güneşlenme ve sıcaklık gibi standart iklim verileri kullanarak referans su yüzeyinden buharlaşmayı hesaplamak amacıyla bir formül üretmiştir. Kombine yöntem olarak nitelendirilen bu yöntem daha sonra birkaç araştırmacı tarafından geliştirilerek, bitki için direnç faktörü de ilave edilmiştir ve bitki ekili alanlar için uygulanabilirliği oluşturulmuştur.

Aerodinamik direnç ve Yüzey direnç terimleri arasında bir ayrım yapılır. (Resim 1.1). Yüzey direnci için tek bir değişken (hacim direnci) dikkate alınmaktadır. Bu dirençler birbiri ile bağlantılı olarak hesaplanmaktadır. Yüzey direnci (r_s) toplam yaprak alanının gözenek açıklarından ve referans yüzeyden gelen su buharı akış direncinin tanımını oluşturmaktadır. Vejetasyon yüzey üstü hava akış sürtünmesini ve Vejetasyon üstü dirençleri Aerodinamik direnci (r_a) tanımlamaktadır. Özellikle çim referans yüzeyi için

verileri alınarak tahmin edilen evapotranspirasyon değerleri arasında korelasyonlara rastlanmıştır (Allen vd. , 1998).



Resim 1.1. Aerodinamik dirençlerin ve Su buharı akışı (hacim) direnci gösterimi

Penman-Monteith birleşik denklemi:

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

Denklemden, Δ doymuş buhar basıncı eğrisi eğimi, R_n referans yüzeyde net solar radyasyonu, G toprak ısı akışı, ρ_a ortalama hava yoğunluğunu, c_p hava özgül ısısını, $e_s - e_a$ havanın buhar basıncı açığını, r_a hava akışına karşı aerodinamik dirençleri, γ psikrometrik sabiti, r_s ise yüzey (hacim) direncini göstermektedir.

Tüm parametreleri kapsayan Penman-Monteith yöntemi, homojen bitki vejetasyonundan oluşan gizli ısı akışını (evapotranspirasyon) ve enerji değişimini oluşturmaktadır. Bu parametrelerin çoğu hesaplanabilmektedir. Yüzey dirençleri ve Aerodinamik dirençler bitkiye özgü bir hesaplama yöntemi olduğu için herhangi bir bitki için evapotranspirasyonunun doğrudan tespit edilmesinde bu denklem önerilmektedir. Geliştirme sırasında her bitkiye ait evapotranspirasyon faktörlerinin belirlenmesi lazımdır. Bu zorluktan kurtulmak için sabit bir referans yüzey kavramı ileri

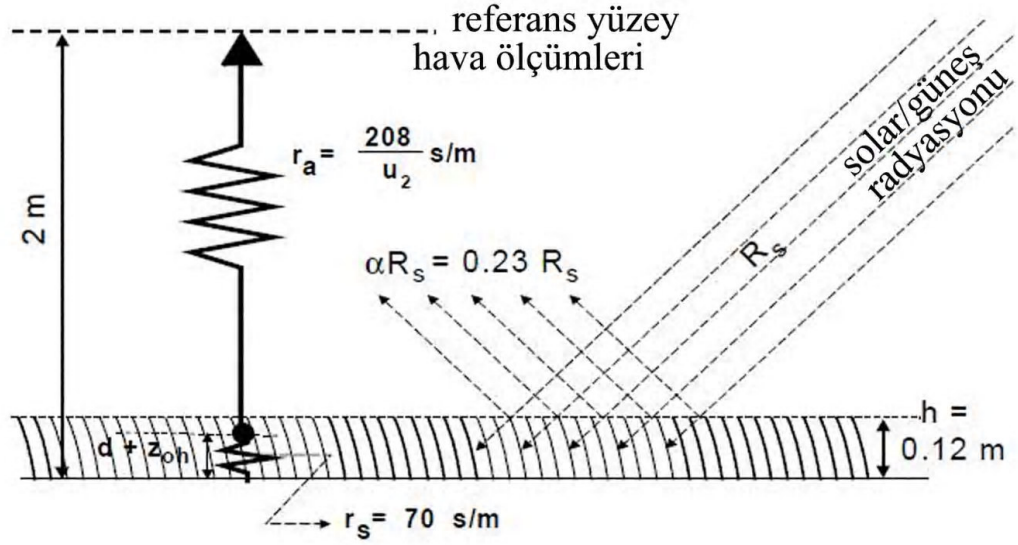
sürülmüştür. Farklı bitki evapotranspirasyonlarının bir referans yüzeyden meydana gelen buharlaşma (ETo) korelasyonu ve bitki katsayılarıyla (Kc) sağlanmıştır. (Allen ve diğerleri, 1998).

Daha önceki çalışmalarda, referans yüzey olarak açık su yüzeyi belirlenmişti. Bununla birlikte, bitki örtüsünün rolü ve radyasyon absorpsiyonundaki farklılıklar ve aerodinamik farklılıklar, serbest su yüzeyi buharlaşmasının ET ile ilişkisinde önemli bir dönüm noktası oluşturur. Bir ETo 'ı belirli bir bitki ile ilişkilendirmek, bitkinin üzerinde büyüdüğü yüzeyden oluşan ET içindeki fiziksel ve biyolojik aşamaları ilişkilendirme üstünlüğüne sahiptir (Allen vd., 1998).

Yonca ve çim bitkileri, aerodinamik ve yüzey direnci açısından değerlendirmeye müsait bitkiler oldukları için genellikle referans yüzey olarak kabul edilmektedir. Buhar difüzyon direnci büyük ölçüde yaprak alan indeksine (LAI), zemin örtüsüne, toprak nem koşullarına ve bitki boyuna bağlıdır. Bu nedenle bitki özelliklerinin iyi bilinmesi ve sabitlenmesi gerekir. Bitki yüksekliğindeki değişiklikler, yaprak alan indeksindeki (LAI), yüzey pürüzlülüğü ve değişikliklerle belirlenmektedir. Bu nedenle, değerlendirilen aerodinamik sürüklenme ve kanopi gelecekte önemli değişiklikler gösterecektir. Su stresi ve bitki örtüsünün derecesi, yukarıda bahsedilen dayanıklılık ve albedosunda biraz farklılık göstermektedir. (Allen ve diğerleri, 1998).

Teorik referans çim bitkileri, yoğun çalışma, enerji, işçilik ve zaman gerektiren yerel kalibrasyon sorunlarından kaçınmak için seçilmiştir. Bu bitkinin yarattığı zorluklardan biri, özellikle bitkinin su tüketimi yüksekse, çim morfolojisi ve çeşitliliğinin buharlaşma oranlarını etkileyebilmesidir. Soğuk mevsim veya sıcak mevsim çim bitkilerinin belirleyicileri olarak kayıt yapan çim bitkilerinin seçilmesi önemli değişikliklere yol açabilir. Soğuk mevsim çim bitkilerinin daha az gözenek kontrolüne sahip olmaları nedeniyle evapotranspirasyon değerleri daha yüksektir. Ayrıca, soğuk mevsim çim bitkileri bazı kuru iklimlerde ve tropik iklimlerde yetiştirilmeyebilir (Allen vd., 1998).

Referans yüzey, gerek duyulan sulamayla etkin şekilde büyüyen ve gelişen, tam zemin örtüsü, üniform yükseklik ve geniş bir alan ile yeşil çim bitkisini çok iyi şekilde temsil eder. Üniform bir çim yüzeyin geniş bir alan kaplaması gerekliliği, yukarı doğru tüm su akışının tek yönlü olmadığı varsayımına yol açar (Resim 1.2).



Resim 1.2. Teorik referans bitkinin özellikleri

FAO 56 Penman-Monteith yöntemi, daha önceki yöntemlerin üstesinden gelmiş ve gerçek küresel bitki su tüketimi verileriyle daha uyumlu sonuçlar vermiştir. Yılın farklı bölgelerinden ve zamanlarından evapotranspirasyonun yanı sıra diğer bitkilerden gelen evapotranspirasyonla karşılaştırılabilecek bir standart gösterilmiştir (Allen ve diğerleri, 1998; Allen ve diğerleri, 2005).

Dünya'dan alınan güneş radyasyonu, tarımsal, hidrolojik, iklim ve meteorolojik modellerde en sık karşılaşılan parametrelerden biridir. Bu parametreyi farklı iklimlerde belirlemek için birçok farklı deneysel yöntem önerilmiştir. (Rahimi vd. , 2012). Yatay bir yüzey üzerine düşen güneş radyasyonu, değiştirilmiş Angstrom tipi denklem kullanılarak kolayca tahmin edilebilir. Angstrom (1924), küresel güneş ışıınımı ve güneşlenme süresi arasındaki ilk ilişkiyi belirlemek için basit bir doğrusal model kullandı. Zamanla Prescott tarafından geliştirilmiş olan yöntem daha etkili hale gelmiştir (Suehrcke, 2000; Sen, 2001; Prescott, 1940).

Güneşlenme süresine dayalı Angstrom-Prescott denklemi, küresel güneş radyasyonunu (R_s) tahmin etmek için en doğru ve yaygın olarak kullanılan denklemlerdendir. Yerel kalibrasyon faktörü bu denklemin uygulanmasında en önemli faktördür. Çin'in Sarı Nehir Havzası'ndaki 31 noktanın uzun dönemli verileri ve günlük, aylık ve yıllık ortalama verileri alınmıştır.

Günlük verilerle karşılaştırıldığında, aylık ortalama günlük verilerin b_s katsayısı daha düşük, a_s katsayısı daha yüksek ve değişkenlik daha fazladır (Liu vd., 2009).

Güneşlenme süresi modeline dayalı olarak Ogelman ve ark. (1940) tarafından küresel güneş radyasyonu (1984) modeli ve Samuel (1991) modeli kullanılarak Kuzeydoğu Nijerya için Angstrom-Prescott katsayıları tahmin edildi. Üç model de sırasıyla $R^2 = \%99.74$, $R^2 = \%99.89$ ve $R^2 = \%99.93$ belirleme katsayılarıyla kuvvetli sonuçlar vermiştir (Gana ve Akputou, 2013).

Yatay yüzey küresel güneş radyasyonu insidansının hesaplanmasında yalnızca güneşlenme saatlerini kullanan sekiz model Çin Tibet'te değerlendirildi. Doğrusal ve basit olarak elde edilen Angstrom-Prescott modellerinin iyi sonuçlar verdiği bildirilmiştir (Li ve diğerleri, 2011)

1993-2007 yılları arasında Mashhad Sinoptik Gözlemevi'nden alınan günlük güneş radyasyonu ve güneşlenme saati verilerine göre Meta-Heuristic Harmony Search algoritması kullanılarak Angstrom sabitleri ($a_s = 0.2657$ ve $b_s = 0.4743$) belirlenmiştir (Rahimi vd., 2012).

Güneş radyasyon yoğunluğu ve bağıl güneşlenme verileri kullanılarak Kayseri için Angstrom katsayısı Ünlükara (2014) tarafından belirlenmiştir. Elde edilen katsayılar kullanılarak tahmin edilen ETo sonuçları ile bölgede ölçülen güneş radyasyonu verileriyle hesaplanan ETo sonuçları arasında önemli bir fark olmadığı belirtilmiştir.

Yin vd. (2008) tarafından, Çin'deki 81 meteoroloji istasyonundan alınan güneş radyasyonu ölçümleri ve Qinghai-Tibet Platosu'ndaki uzun dalga radyasyon ölçümlerini kullanarak FAO 56 Penman-Monteith yöntemiyle ETo tahminleri yapmıştır. Bölge için kalibre edilen katsayılar ile ($a_s = 0.20$ ve $b_s = 0.79$) yapılan tahminler en az hata verdiği bildirilmiştir. FAO-56'da önerilen katsayılar kullanılarak yapılan tahminlerin Çin'de yaklaşık %27 daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Doğu Anadolu, Karadeniz, İç Anadolu, Akdeniz ve Marmara için Saban Palu (2021), Kırtan (2019), Şimşek (2019), Kaymaz (2020) ve Baran (2021) aylık hesaplamaları Bölgenin Angstrom ili ve ET_o frekans değişimlerini frekans analizi yaparak ortaya çıkarmıştır.

Güney Kore’de 16 ayrı alanda FAO-56 Penman-Monteith yönteminde önerilen Angstrom katsayıları ve yerel olarak belirlenen Angstrom-Prescott katsayıları karşılaştırılmıştır (Jeong vd., 2018). 16 alan için belirlenen katsayılara göre ET_o ’ı %3.8 ile 14 arasında değişen oranlarda daha yüksek tahmin ettiği saptanmıştır. Bu yüksek tahminler sulama suyu ihtiyaçlarını ve projelendirme su ihtiyaçlarını ortalama %5.1 ve %4.8 oranında daha yüksek hesaplanmasına neden olmuştur.

2001-2015 Endülüs, İspanya'daki 56 hava istasyonundan ET_o verileri, Fernandes vd. (2019) tarafından saptanmıştır. 9 farklı olasılık dağılımı için günlük, 5 günlük, 10 günlük ve 30 günlük ET_o toplamaları mevcuttur. ET_o verilerinin çoğunun Gumbel II ve Weibull dağılımlarına en uygun olduğu söylenir ve bu bölge için Gumbel II dağılımı önerilir. Silva vd (1998), burada ET_o dağılımı Brezilya'nın Cruz das Almas şehri için normal, lognormal ve beta dağılımlarına uyarlanmıştır. (1998). Brezilya, Telemaco Borba'da Kolmogorov-Smirnov testinin %5 olasılıkla uygulanması, 10 günlük ET_o değerlerinin %65'inin normal dağıldığı gözlemlenmiştir. (Jerszurki vd., 2015).

Konya'daki çeşitli santrallerin referans ET ve bitki su tüketimi Blaney Cridlle yöntemi, Hargreaves-Samani yöntemi, radyasyon yöntemi, dört farklı meteoroloji istasyonundan on yıllık veri kayıtları kullanılarak ASCE ve FAO 56 Penman- Monteith yöntemi (Amarkai, 2019). Araştırma bulgularına göre FAO 56 Penman-Monteith ve diğer yöntemler arasında önemli farklılık bulunmuştur.

Hidrolojik modelde referans evapotranspirasyon kullanılmıştır. Aynı zamanda kuraklık indeksini belirlemek için ET_o değeri kullanılmıştır (Yürekli ve Ünlükara, 2013a; Yürekli vd., 2010; Yürekli vd., 2013). Şimşek vd. (2014), Konya ili merkez ilçesindeki referans tesislerde su tüketimindeki değişiklikleri belirlemek amacıyla çalışma yapılmıştır.

Mevsimlik ve aylık ET_o serilerindeki değişimlerin analizi için Kuruskal Wallis ve Levene testi, değişim noktalarının saptanması için Pettitt testinin kullanıldığı bir çalışmada sezonluk ve aylık ET_o serilerinde yapılan tüm testlerin değiştiği saptanmıştır. Küresel ısınmanın etkisini incelemek için Konya, Kayseri, Karaman, Ankara, Afyon illeri için iklim parametrelerinin önemli bileşenlerini içeren ET_o değerlerinin bir eğilim analizi yapılmıştır. (Ünlükara ve Yürekli, 2014). ET_o serisinin trend analizi için Theil-

Sen ve Mann-Kendal eğim testleri kullanıldı. İncelenen testlerden birçok mevsimde %5, bazı mevsimlerde ise %1'lik bir önem eğilimi olduğu tespit edilmiştir. (Dadaser-Çelik vd., 2015) Türkiye'de 77 bölgede 32 senelik bir çalışma yürütmüştür. (2015) Penman-Monteith yöntemiyle belirlenen ET_o verilerine trend analizi uygulamıştır. Araştırmada, Türkiye'deki sahaların büyük çoğunluğunun (%88) güneyden kuzeye doğru toplam yıllık ET_o 'da bir düşüş yaşadığını ve bunun 750-1200 mm aralığında olduğunu tespit edilmiştir. İstasyonların %58'inde toplam yıllık ET_o değerinde bir artış eğilimi olduğu belirlenmiş ve bu eğilim istasyonlarının %32'si için 0,05 oranında önem düzeyinde olduğu görülmüştür.

2. BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Güneydoğu Anadolu bölgesindeki 9 ildeki meteoroloji genel müdürlüklerine ait istasyonlardan elde edilen veriler bu çalışmanın materyalini sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan istasyon numarası, istasyon adı, ilçe, enlem ve rakım Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Çalışmada Verilerin Kullanıldığı Güneydoğu Anadolu Bölgesi İlleri Meteoroloji İstasyonlarına İlişkin Bilgiler

İstasyon No	Tam Veri Seti Aralığı	İstasyon Adı	İlçe	Enlem (°)	Boylam (°)	Rakım (m)
17265	1964-2019	Adıyaman	Merkez	37.7553	38.2775	672
17282	1986-2019	Batman	Merkez	37.8636	41.1562	610
17280	1938-2019	Diyarbakır	Bağlar	37.8973	40.2027	675
17261	1967-2014	Gaziantep	Şahinbey	37.0585	37.3510	854
17262	1968-2009	Kilis	Merkez	36.7085	37.1123	640
17275	1968-2006	Mardin	Artuklu	37.3103	40.7284	1040
17210	1973-2005	Siirt	Merkez	37.9319	41.9354	895
17270	1983-2017	Şanlıurfa	Eyyübiye	37.1608	38.7863	550
17287	1983-2017	Şırnak	Merkez	37.5209	42.4523	1350

Güneydoğu Anadolu'da Akdeniz iklimi görülür ancak bölgenin iç kesimlerinde iklim karasal iklime geçer. Ortalama kış sıcaklıkları Dicle'nin ulaştığı yerden daha yüksektir. Bölgedeki bu kısımların ortalama kış sıcaklığı 0°C'den düşük değildir. Yağış en çok kış

aylarında görülür. Yaz aylarında görülen düşük yağışlar ve yüksek sıcaklıklar kuraklığı şiddetlendirebilir. İçeriye doğru karasal bir iklim görülmektedir.

Güneydoğu Anadolu bölgesi topografik durumuna bağlı olarak, yerleşim ve ekonomik özellikler açısından Orta Fırat ve Dicle bölümleri şeklinde ikiye ayrılabilir. Ayrım sınırı, Karacadağ volkanik konisinden geçmektedir.

Düz araziye sahip alanlarda, alçak rakımlı plato ve ovalar geniş bir alanı kaplar.

Toros Dağları'nın güney yamaçları bölgenin kuzeyine doğru uzanır. Burada ana Toros dağ silsilesi ve onun önünde ikinci bir kavisli dağ kuşağı uzanır. Alanın ortasında 1938 metre yüksekliğe sahip sönmüş Karacadağ yanardağı var. Bölgenin batı kesiminde Gaziantep platosu üzerindeki Kartal Dağları önemli yükseltilerden biridir.

Altınbaşak, Ceylanpınar ve Bilecik ovaları Karacadağ'ın batısında yer alır. Dicle Nehri ve kollarının bulunduğu Diyarbakır Havzası'nda fazla geniş olmayan ancak çok verimli bir ovaya geçilir. Bu bölgede doğal yollardan oluşmuş göl bulunmamaktadır. Bölgede baraj gölleri bulunmaktadır Fırat ve Dicle akarsuları üzerinde yer almaktadır. Atatürk barajı da bu bölgede bulunmaktadır bu baraj ise hem bölgenin hem ülkenin en büyük barajıdır.

Fırat, bölgedeki iki önemli nehirden biridir ve kaynağı Doğu Anadolu'dan gelmektedir. Bölgede Toros Dağları'ndaki Kahta ve Karacadağ'dan gelen küçük derelerle beslenir. Bir diğer önemli nehir ise güneydoğuda Toros Dağları'nın güney yamaçlarından birçok kol halinde çıkan Dicle'dir. Her ikisi de suları Basra Körfezi'nde son bulmaktadır.

Güneydoğu Anadolu karasal ve Akdeniz iklimlerinden etkilenir. Uzun geçen yaz dönemi çok sıcak ve kurak, Doğu Anadolu kadar soğuk olmayan kışlar ise yağışlı ve soğuk geçer. En soğuk ayın ortalaması 1.5°C ile 6°C arasında geçerken en sıcak ayda ortalama sıcaklık 30°C civarındadır. 17 Temmuz 1978'de Cizre'de ölçülen en yüksek sıcaklık 48°C idi.

Alanın doğal bitki örtüsü bozkır bitkilerinden oluşmaktadır. Türkiye'nin en az ormanlık alanı bu bölgededir. Orman alanı onda birden azdır. Mazı meşesi ormandaki yaygın bir ağaç türüdür. Genellikle bodur ağaç ve çalı görünümündeki meşelikler bazı yerlerde ormanlar oluştururlar.

Türkiye'deki nüfusun bu bölgede yaşayan oranı %11,5'tir. Nüfusunun dağılımı; kırsal alanlarda %48'i, 10.000'den fazla nüfusa sahip şehirlerde %52'si yaşamaktadır. Diğer bölgelerden farklı olarak nüfus yoğunluğu dağılımı farklıdır. Mesela, engebeli olmasına rağmen, Mardin ve çevresi kalabalık nüfusa sahipken, Diyarbakır Havzası'nın orta alanları daha az nüfusa sahiptir. En yoğun nüfuslu bölge Gaziantep ilindedir.

2.2.Yöntem

Atmosferin buharlaşma kapasitesini temsil eden referans bitki su tüketimini (ET_0) tahmin ederken, Allen vd. (1998)'de açıklanan yaklaşımı izlenmiştir:

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

Denklemde,

ET_0 : Referans evapotranspirasyon (mm/gün),

Δ : Doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$),

R_n : Referans yüzeye gelen net kısa dalga güneş radyasyonu ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$),

G : Toprak ısı akısı ($MJ \text{ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$),

γ : Psikrometrik sabit ($kPa \text{ } ^\circ C^{-1}$),

T : 2 m yükseklikte ölçülen ortalama günlük hava sıcaklığı ($^\circ C$),

u_2 : 2 m yükseklikte ölçülen günlük ortalama rüzgâr hızı ($m.s^{-1}$),

e_s : Doygun buhar basıncı (kPa),

e_a : Güncel buhar basıncı (kPa),

$e_s - e_a$: Doygun buhar basıncı açığı (kPa),

Belirtilen denklem kullanılarak, veri setinin tam olduğu dönemde ET_0 verileri bulunabilir. Bu amaçla günlük kaybolan güneşlenme süresi, güneşlenme şiddeti, ortalama (rüzgâr hızı, sıcaklık), en düşük ve en yüksek sıcaklıklar ile nispi nem, verilerinin aylık ortalamaları elde edilmiştir. Sonuçlar mm/gün olarak elde edilir ve aylık toplam, aydaki gün sayısı ile çarpılır.

Net radyasyon (R_n):

$$R_n = R_{ns} - R_{nl} \quad (1)$$

Net kısa dalga radyasyon (R_{ns}):

$$R_{ns} = (1 - \alpha) R_s \quad (2)$$

α : albedo (0.23)

Solar radyasyon (R_s):

$$R_s = \left(a_s + b_s \frac{n}{N} \right) R_a \quad (3)$$

a_s, b_s : Angstrom katsayıları

n : Güneşlenme süresi(saat)

N :Gündüz süresi

$$N = \frac{24}{\pi} \omega_s \quad (4)$$

Gün batımı saat açısı (ω_s):

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

φ : Enlem derecesi (rad)

Solar deklinasyon (δ):

$$\delta = 0.409 \sin \left(\frac{2\pi}{365} J - 1.39 \right) \quad (6)$$

J : 1 Ocak ile 365 veya 366 (31 Aralık) arasında yıl içerisindeki gün sayısı

Atmosfer dış yüzeyine gelen radyasyonu (R_a):

$$R_a = \frac{24 \cdot (60)}{\pi} G_{sc} d_r [\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s)] \quad (7)$$

G_{sc} : Solar sabit (0.082 MJ/m².dak)

Yerküre-güneş ters nispi mesafesi (d_r):

$$d_r = 1 + 0.033 \cos \left(\frac{2\pi}{365} J \right) \quad (8)$$

Net uzun dalga radyasyon (R_{nl}):

$$R_{nl} = \sigma \left[\frac{T_{mak,K}^4 + T_{min,K}^4}{2} \right] (0.34 - 0.14\sqrt{e_a}) \left(1.35 \frac{R_s}{R_{so}} - 0.35 \right) \quad (9)$$

σ : Stefan-Boltzman sabiti (4.903×10^{-9} MJ/K⁴ m²)

Açık gökyüzü radyasyonu (R_{so}):

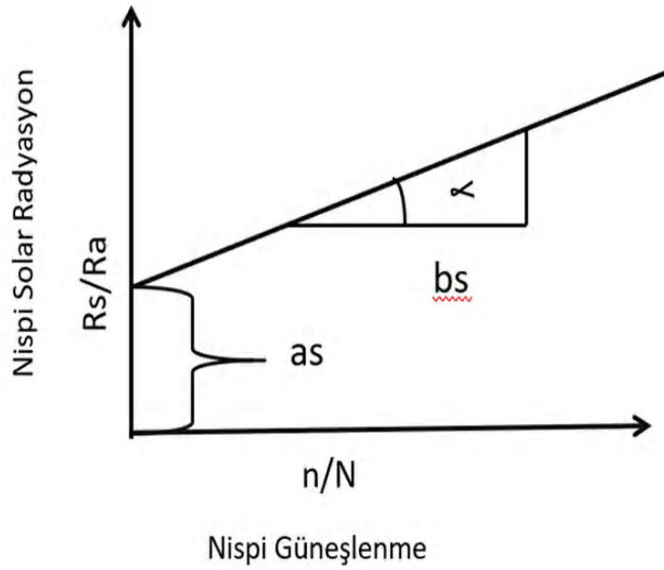
$$R_{so} = (a_s + b_s) R_a \quad (10)$$

T_{mak} ve T_{min} Sıcaklıkları Kelvin cinsindeki sırasıyla en yüksek ve en düşük ortalamaları göstermektedir.

Denklem'i aşağıda gösterildiği gibi düzenlenecek olursa (11):

$$\frac{R_s}{R_a} = a_s + b_s \frac{n}{N} \quad (11)$$

Denklemin sağ tarafında n/N bağıl güneşlenme saatlerinin apsis değeri, sol tarafında R_s/R_a ordinat değeri işaretlenmiş ve her ilin ve ayın lineer denklemi şu şekilde bulunmuştur. (Ünlükara, 2014). Bu çizelgelerde Güneydoğu Anadolu bölgesinin illerine ait güneş ışıyım şiddeti (R_s) ve güneşlenme süresi verileri (n) Genel Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmış ve kullanılmıştır. 2005 yılına kadar güneşlenme süresini kaydetmek için heliometri (von Negretti&Zambra) cihazı kullanılırken, 2005 yılından sonra Kipp Zonen marka cihazlarla güneşlenme süresi ve şiddeti ölçülmüştür. 2005 yılına kadar güneşlenme şiddeti Müller marka fotometre cihazları ile ölçülmüştür. Doğrusal bir denklem olan Angstrom denkleminde, regresyon çizgisinden önemli ölçüde sapan veriler kullanılmamıştır. Aylık bir grafikte, regresyon çizgisinin Y eksenini kestiği değer olarak kabul görür ve doğrunun eğimi (b_s) olarak adlandırılır. Cohen'e (1988) göre korelasyon katsayısına göre elde edilen ilişki gücü $R=0.10$ ile 0.29 ise düşük, $R=0.30$ ile 0.49 ise orta ve $R=0.50$ ile 1.0 arasında ise kuvvetli olarak ayrımı yapılmıştır.



Resim 1.3 Nispi (solar radyasyon ve güneşlenme oranı) radyasyon ilişkisi

Resim 1.3'te verilen bağıl güneşlenme ve güneş radyasyonu verileri arasında doğrusal, Angstrom ilişkisi olarak tanımlanmaktadır. Çizginin y eksenini (R_s/R_a) kestiği nokta a_s , doğrunun eğimi b_s katsayısını temsil eder. Ölçülen n ve R_s değerleri meteorolojik verilerden alınmıştır. R_a ve N değerlerinin hesabı yapılarak ve n/N ile R_s/R_a arasındaki korelasyonu ile arasındaki bağlantı bulunmuştur. Hesaplama, bir günün süresinin (n) bir günün uzunluğuna (N) eşit veya daha kısa olması gerektiği kuralına dikkat edilerek, veri setinde, bir gün uzunluğundan daha uzun bir süreye sahip veriler elimine edilmiştir. Ayrıca $R_a > R_{s0} > R_s$ kuralına göre sorunlu verileri hesaplama alınmamıştır. Angstrom ilişkisi doğrusal pozitif bir ilişkidir. n/N oranı ile doğru orantılı olarak R_s/R_a oranı da artış göstermelidir. Kural çerçevesinde bu duruma uymayan veriler hesaplama alınmamıştır (Allen vd., 1998; Allen vd., 2005; Ünlükara, 2014).

ET_{01} Penman-Monteith tarafından öneride bulunulan katsayıların ($a_s=0.25$ ve $b_s=0.50$ olarak), ET_{02} bölge için ölçülen güneş radyasyonu (R_s) verilerini ve ET_{03} aylık serisi yerel Angstrom katsayılarını alınır. ET_{03} serisinin ET_{02} serisine göre ortalama mutlak hatası aşağıdaki gösterildiği gibi denklemle hesabı belirtilmiştir:

$$OMH = \frac{|ET_{01} - ET_{02}|}{2} \quad (13)$$

$$OMH = \frac{|ET_{03} - ET_{02}|}{n} \quad (14)$$

Denklem; OMH ortalama mutlak hata (mm), referans evapotranspirasyon (mm) ET_{01} kullanılarak hesaplanmıştır. Penman-Monteith tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayıları, ET_{02} bölgeleri, ET_{03} alanları (R_s) kullanılarak ölçülen referans evapotranspirasyon (mm) güneş radyasyonu Angstrom katsayısı, hesaplanan referans evapotranspirasyon kullanılarak hesaplanır ve n değeri ise aylık veri sayıdır.

Yerel Angstrom katsayıları hesaplandıktan sonra güneşlenme sürelerinin kaydedildiği yıl için ET_{03} değeri saptanmıştır. Tekrarlama olasılığı belirlenmek için bulunan veriler ile James'e (1988) göre frekans analizi kullanılmıştır.

$$RP = 100 / P \quad (15)$$

Denklemde, P dikkate alınan ET_0 değerine eşit yada daha fazla olma olasılığı, RP tekrarlama periyodudur. Küçükten büyüğe doğru aylık ET_0 sıralamasından sonra her bir değer için meydana gelme olasılığı aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

$$P = (1 - R / (M + 1)) \times 100 \quad (16)$$

Denklem; P, referans evapotranspirasyon hesaplamaya alınacak değere eşit veya bu değerden fazla olma olasılığı (%), R, artan sırada ele alınan ET_0 değerlerinin sırası ve M, ET_0 değerlerinin toplam sayısıdır. Formül (15) ile P değeri üzerinde Weibull dönüşümü sonrasında ET_0 değerine karşılık grafik çizilir ve regresyonla frekans eşitliği saptanır:

$$WT = \log[-\log(P/100)] \quad (17)$$

Frekans analizinde yarı logaritmik frekans çizgisinden önemli ölçüde sapan ET_0 verileri çıkarılmıştır. (Ünlükara, 2014). Amacı, ET_0 dağılımının uç değerlerini yok sayarak, yani ET_0 değerlerinin görülenlerden daha büyük ve daha küçük olma olasılığının %5-95 oranında dikkate alınmayarak, ele alınan alan içerisinde ET_0 'daki dalgalanmaları göstermektir. ET_0 değerlerinin dağılımı ancak %50 olasılıkla görülen ET_0 değerleri kabaca ortalamayı temsil etmektedir. Tipik olarak proje tasarımı amacıyla kullanılan olasılık değerleri olduğu için %75-25 olasılığa sahip ET_0 değerleri hesaba katılmıştır.

Ortaya çıkan frekans denkleminde %5, %10, %25, %50, %75 ve %95 tekrarlanma ihtimaline karşılık gelen ET_0 verileri saptanmıştır.

3. BÖLÜM

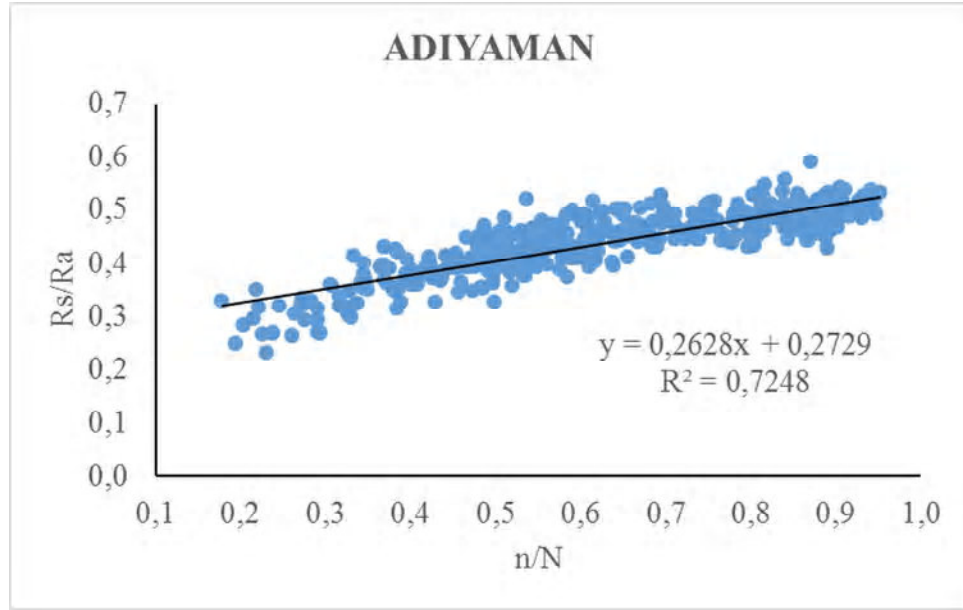
BULGULAR ve TARTIŞMA

3.1. Bulgular ve Tartışma

Güneydoğu Anadolu'nun 9 il aylık Angstrom katsayılarını hesaplamak için Denklem (12) kullanılmaktadır. Şanlıurfa ve Şırnak şehirlerinde güneş radyasyonu ölçümleri yeterli olmadığı için aylık bazda Angstrom katsayıları belirlenememekte ve bu illerde yıllık olarak verilmektedir. Sonuçlar aşağıda il bazında detaylandırılmıştır.

3.1.1. Adıyaman

Adıyaman'ın 1964'ten 2019'a kadar 56 yıllık meteorolojik veri kayıtları olmasına rağmen bazen veri eksikliği bulunmaktadır. Şekil 3.1'de yıl bazlı bir ilişki ve Şekil 3.2'de aylık bazlı bir ilişki gösterilmektedir. Şekil 3.1'de görülebileceği gibi, Adıyaman'da nispi güneşlenme süresi (n/N) ile yıllık nispi güneş radyasyonu arasında kuvvetli bir ($R^2 = 0.7248$) doğrusal pozitif bir ilişki vardır. Adıyaman'da her yıl $a_s = 0.2729$, $b_s = 0.2628$ ve $a_s + b_s = 0.5357$ olarak hesaplanmıştır. Açık bir günde, Adıyaman atmosferinin dış yüzeyine ulaşan radyasyonun (R_a) 0.5357'si yeryüzüne ulaşır. Güneşlenme hızına bağlı olarak kapalı günlerde R_a 0.2729, bulutlu olan günlerse 0.2628 bulunmuştur.



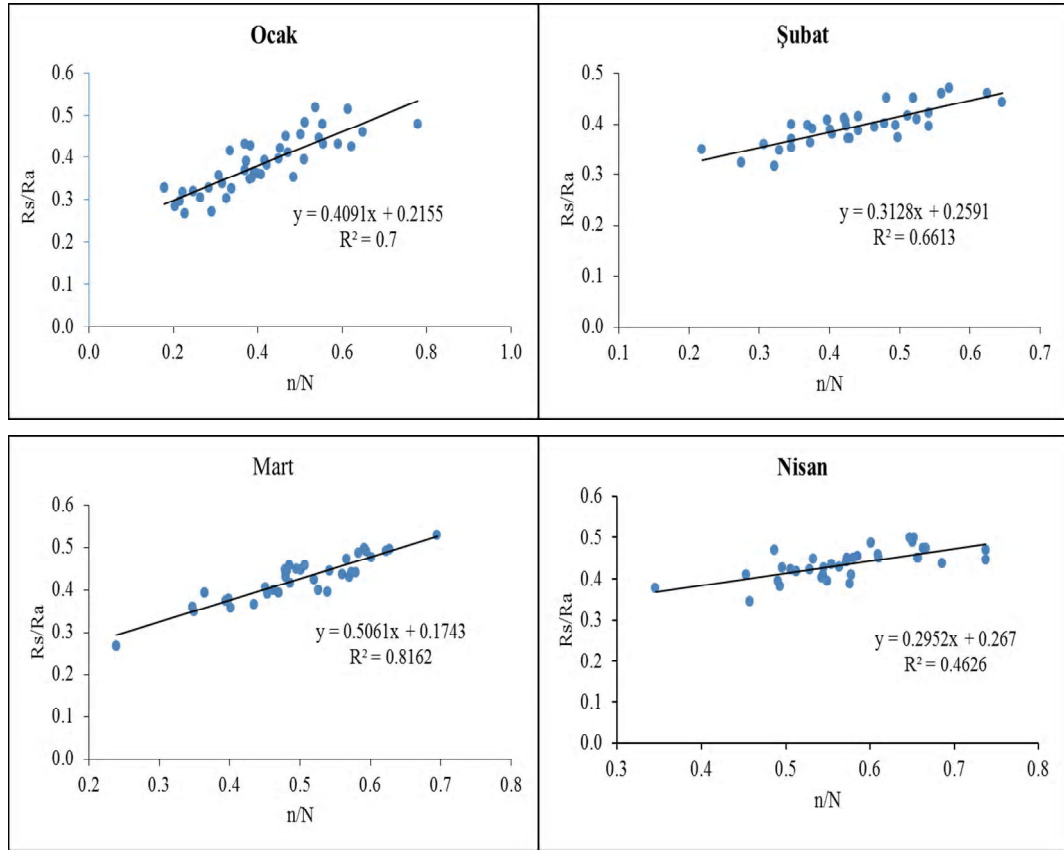
Şekil 3.1. 1968-2010 arası yıllık bazda Adıyaman ili Angstrom ilişkisi

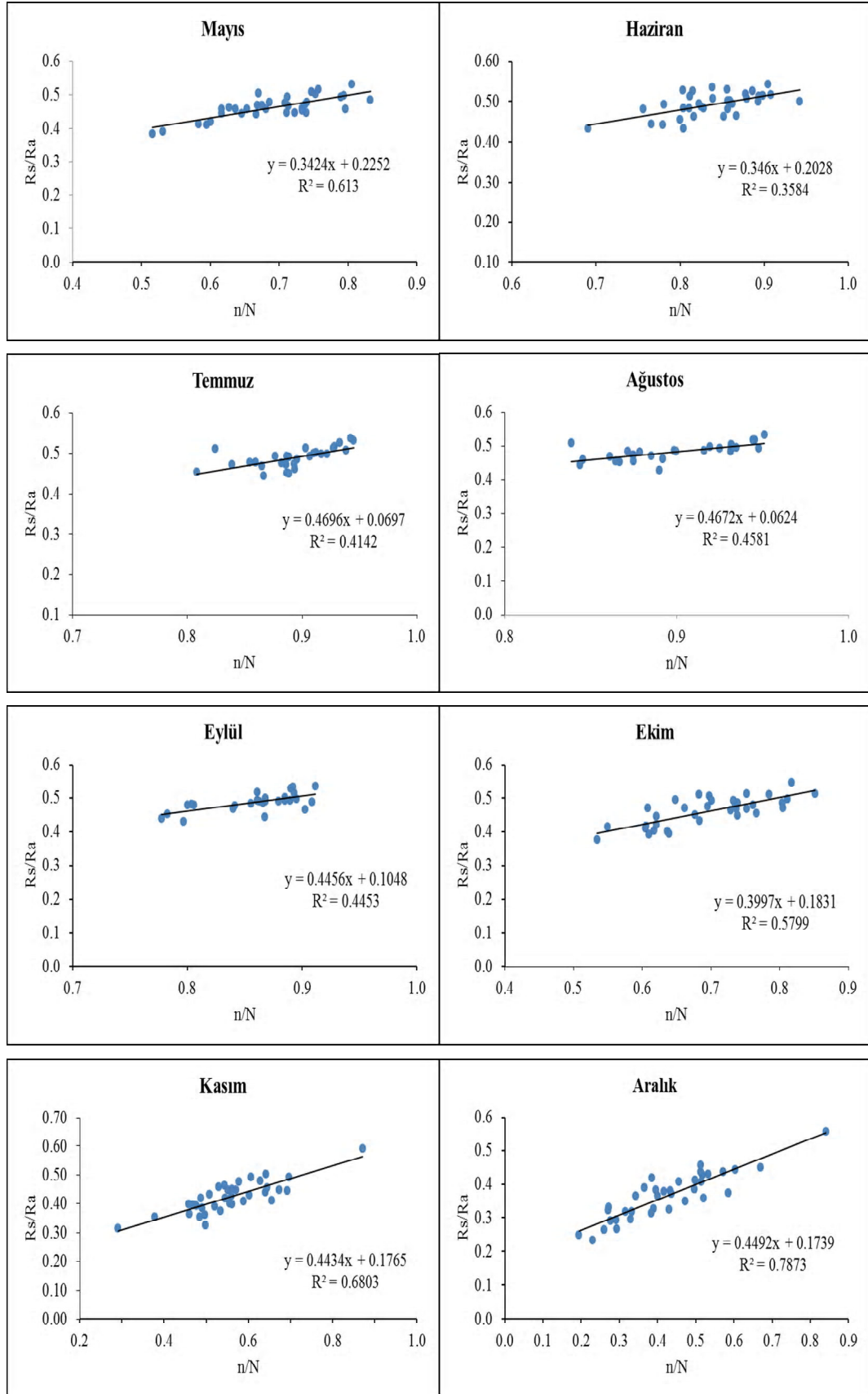
Tablo 3.1'de Adıyaman ilinde her ay Dünya yüzeyine ulaşan bağıl güneşlenme (n/N) ve bağıl güneş radyasyonu (R_s/R_a) için Angstrom katsayıları ve korelasyon katsayıları verilmektedir. Adıyaman ilinde Dünya'ya ulaşan R_a 'nın en yüksek oranlarının ocak (0.6246) ve mart (0.6804) en düşük olduğu ise temmuz (0.5393) ve Ağustos (0.5296) olduğu görülmektedir. FAO 56 yerel Angstrom katsayısını bilmediğinde (Allen ve ark. 1998), $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ olan katsayıların toplamının mart ayında 0.75'e en yakın (0.6804) ve en uzak Ağustos (0.5296) olduğu bulundu. Adıyaman ilinin kapalı olduğu günlerde Dünya'ya en yüksek R_a ulaşma oranının Şubat ($a_s = 0.2591$) ve nisan ayında ($a_s = 0.267$) en düşük ise temmuz ayında ($a_s = 0.0697$) olarak ve ağustos olarak ($a_s = 0.0624$). (Allen ve ark. 1998), $a_s = 0.25$ 'e en yakın oran şubat'ta (0.2591) olmuştur.

Adıyaman'da nispi güneşlenme nedeniyle parçalı bulutlu günlerde Dünya'ya ulaşan en yüksek güneş radyasyonu temmuz ($b_s = 0.4696$) ve ağustos ($b_s = 0.4672$), en düşük olduğu aylar nisan ($b_s = 0.2952$) ve şubat ($b_s = 0.3128$) olduğu görünür. (Allen ve ark. 1998), $b_s = 0.50$ 'a en yakın oranın mart ayında (0.5061) bulunmuştur. (Şekil 3.2 ve Tablo 3.1).

Tablo 3.1. Aylara Göre Adıyaman İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları

	I	II	III	IV	V	VI
a_s	0.2155	0.2591	0.1743	0.267	0.2252	0.2028
b_s	0.4091	0.3128	0.5061	0.2952	0.3424	0.346
a_s+b_s	0.6246	0.5719	0.6804	0.5622	0.5676	0.5488
R	0.8366	0.8132	0.9034	0.6526	0.7818	0.5986
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a_s	0.0697	0.0624	0.1048	0.1831	0.1765	0.1739
b_s	0.4696	0.4672	0.4456	0.3997	0.4434	0.4492
a_s+b_s	0.5393	0.5296	0.5504	0.5828	0.6199	0.6231
R	0.6435	0.6768	0.6673	0.7615	0.8248	0.8872





Şekil 3.2. 1968-2010 arası aylık bazda Adıyaman ili Angstrom ilişkisi

Tablo 3.2, Adıyaman'ın Angstrom katsayısı ve aylık güneşlenme saatlerini dikkate alan tahmini ET_o frekans analizi sonuçlarını sunmakta ve frekans analizi denklemleri Tablo 3.3'te listelenmektedir. Şekil 3.3, %5, %50 ve %95 olasılık için ET_o 'daki ortalama aylık değişiklikleri gösterir.

Tablo 3.2. 1968-2010 yılları arasında Adıyaman İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	1.03	1.31	2.49	3.22	4.56	6.29	6.89	6.01	4.59	2.94	1.69	1.08	3.51
10	1.00	1.28	2.42	3.14	4.45	6.16	6.74	5.88	4.49	2.87	1.65	1.05	3.43
25	0.95	1.20	2.28	2.99	4.24	5.89	6.45	5.63	4.29	2.74	1.57	0.99	3.27
50	0.88	1.11	2.08	2.77	3.96	5.53	6.05	5.30	4.02	2.56	1.45	0.91	3.05
75	0.79	0.98	1.83	2.50	3.61	5.07	5.54	4.87	3.68	2.33	1.30	0.80	2.78
95	0.61	0.74	1.35	1.98	2.91	4.17	4.55	4.03	3.01	1.88	1.01	0.59	2.24

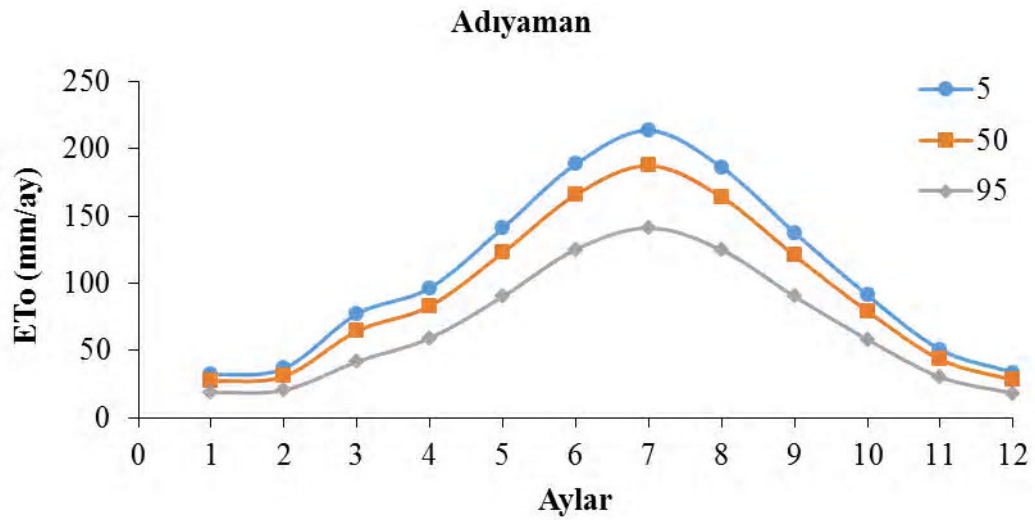
Tablo 3.3. Aylara Göre Adıyaman İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
I	$ET_o = 0.2388 \times WT + 1.0018$	VII	$ET_o = 1.3229 \times WT + 6.7386$
II	$ET_o = 0.3277 \times WT + 1.2772$	VIII	$ET_o = 1.1221 \times WT + 5.881$
III	$ET_o = 0.6485 \times WT + 2.4186$	IX	$ET_o = 0.8954 \times WT + 4.4885$
IV	$ET_o = 0.7039 \times WT + 3.1406$	X	$ET_o = 0.6017 \times WT + 2.8746$
V	$ET_o = 0.9314 \times WT + 4.4497$	XI	$ET_o = 0.3878 \times WT + 1.6505$
VI	$ET_o = 1.1988 \times WT + 6.1551$	XII	$ET_o = 0.281 \times WT + 1.0521$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull= 0.114, %10 göre Weibull= 0.000, %25 göre Weibull= -0.220, %50 göre Weibull= -0.521, %75 göre Weibull= -0.903 ve %95 göre Weibull= -1.652

Adıyaman ilinde evapotranspirasyonun en düşük olduğu ocak ayında yapılan frekans analizi sonuçlarına göre ET_o 'ın %5 ve %95 ihtimalle 1,03-0,61 mm/gün arasında değişme olasılığı olup %50 ihtimalle ise 0.88 mm/gün olarak hesaplanmıştır. En fazla atmosferik buharlaşma talebinin (ET_o) olduğu temmuzda, ET_o 'ın %50 olasılıkla 6.05 mm/gün, %5 ve %95 ihtimalle 6.89-4.55 mm/gün arasında değiştiği tespit edilmiştir.

Adıyaman'da 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 aylık olasılıklar 27.2, 31.0, 64.5, 83.2, 122.9, 165.9, 187.5, 164.2, 120.6, 79.4, 43.4 ve 28.1 mm referans evapotranspirasyonun meydana geldiği görülmektedir (Şekil 3.3). Adıyaman'da aylık toplam ET_o en yüksek 187.5 mm ile temmuz ayında, en düşük 27.2 mm ile ocak ayında belirlendi.



Şekil 3.3. Adıyaman ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

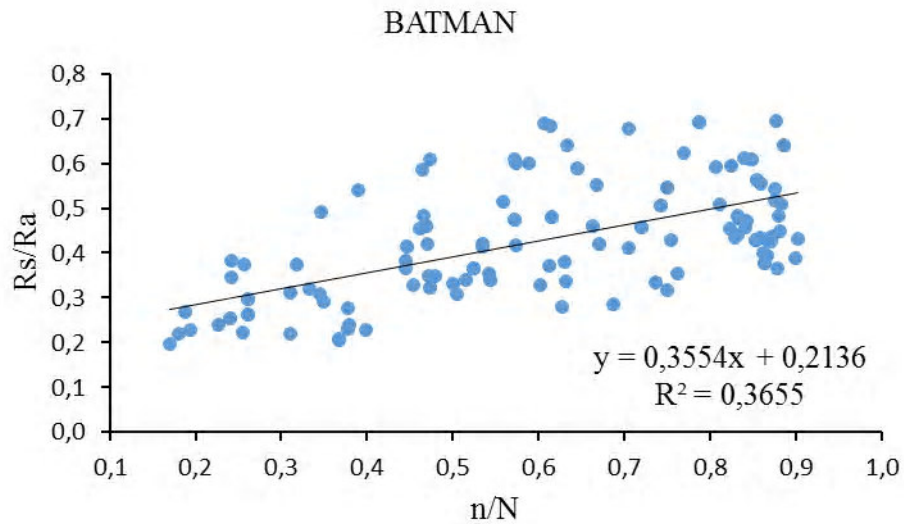
Önerilen Angstrom katsayıları ($a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$) ve günlük güneşlenme saatleri (n) kullanılarak bulunan ET_{o1} sonucu ile FAO 56 tarafından önerilen günlük ET_{o2} sonucu arasındaki mutlak hata 0,83 mm/gün olarak bulunmuştur. Yerel Angstrom katsayısı ve güneşlenme saatleri (n) cinsinden hesaplanan ET_{o2} sonuçları ile ET_{o3} sonuçları arasındaki mutlak hata 0,08 mm/gün olarak saptanmıştır. Bu bulgulara bölgesel Angstrom katsayısı kullanılarak Adıyaman'ın ET_o 'ı hesaplaması daha hassas yapılmıştır.

Adıyaman'da elde edilen verilere göre atmosferik buharlaştırma gücü yıllık (ET_o), Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri (TSBBST) (2017) ve Cropwat 8.0 tahminlerine göre yıllık toplam atmosferik buharlaşma gücü sırasıyla 1113 mm, 1293 mm ve 1431 mm olarak tahmin edilmektedir. Bu verileri kıyaslayacak olursak;

TSBBST (2017) verilerine göre, toplam yıllık ETo, %13.9 (180 mm) ve Cropwat 8.0 verilerine göre ise %22.2 (318 mm) daha düşüktür.

3.1.2. Batman

Batman'da 1986'dan 2019'a kadar 34 yıllık bir meteorolojik veri kaydı olmasına rağmen, verilerin bazı yıllarında eksiklikler bulunmaktadır. 1986 ile 2007 yılları arası yıllık bazda Angstrom katsayıları ilişkisi Şekil 3.4'te ve aylık bazda ilişkisi Şekil 3.5'te gösterilmiştir. Şekil 3.4'te gösterildiği gibi yıllık bazda Batman'da oransal güneşlenme süresi (n/N) ile oransal güneş radyasyonu arasında kuvvetli ($R^2 = 0.3655$) doğrusal pozitif bir ilişki vardır. Batman'da yıllık bazda $a_s = 0.2136$, $b_s = 0.3554$ ve $a_s + b_s = 0.569$ olarak hesaplanmıştır. Batman'da atmosfer dış çeperine ulaşan radyasyonun (R_a) 0.569'u açık bir gökyüzünde dünya yüzeyine ulaşır. Bulutlu bir günde 0.2136 (R_a) yeryüzüne ulaşırken, bulutlu günlerde güneş ışığının yoğunluğuna bağlı olarak 0.3554'e ulaştığı saptanmıştır.



Şekil 3.4. 1986-2007 arası yıllık bazda Batman ili Angstrom ilişkisi

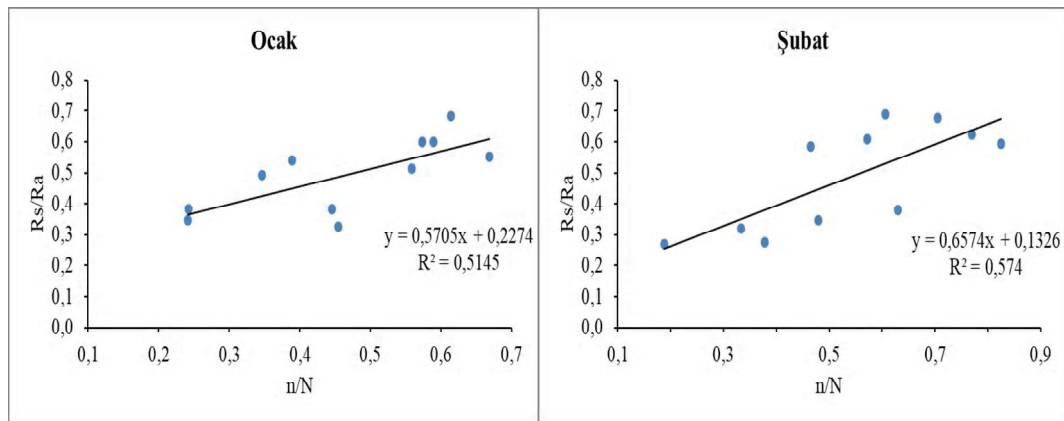
Tablo 3.4, Batman İli için aylık Angstrom katsayısını ve oransal güneşlenme (n/N) ile yeryüzüne ulaşan oransal güneş ışınımının (R_s/R_a) korelasyon katsayısını vermektedir. Batman İlinde, Yeryüzüne ulaşan en yüksek güneş ışınım oranlarını Ocak (0.7979) ve Şubat (0.79), en düşük oranı ise nisan (0.471) ve eylül (0.4809) aylarında

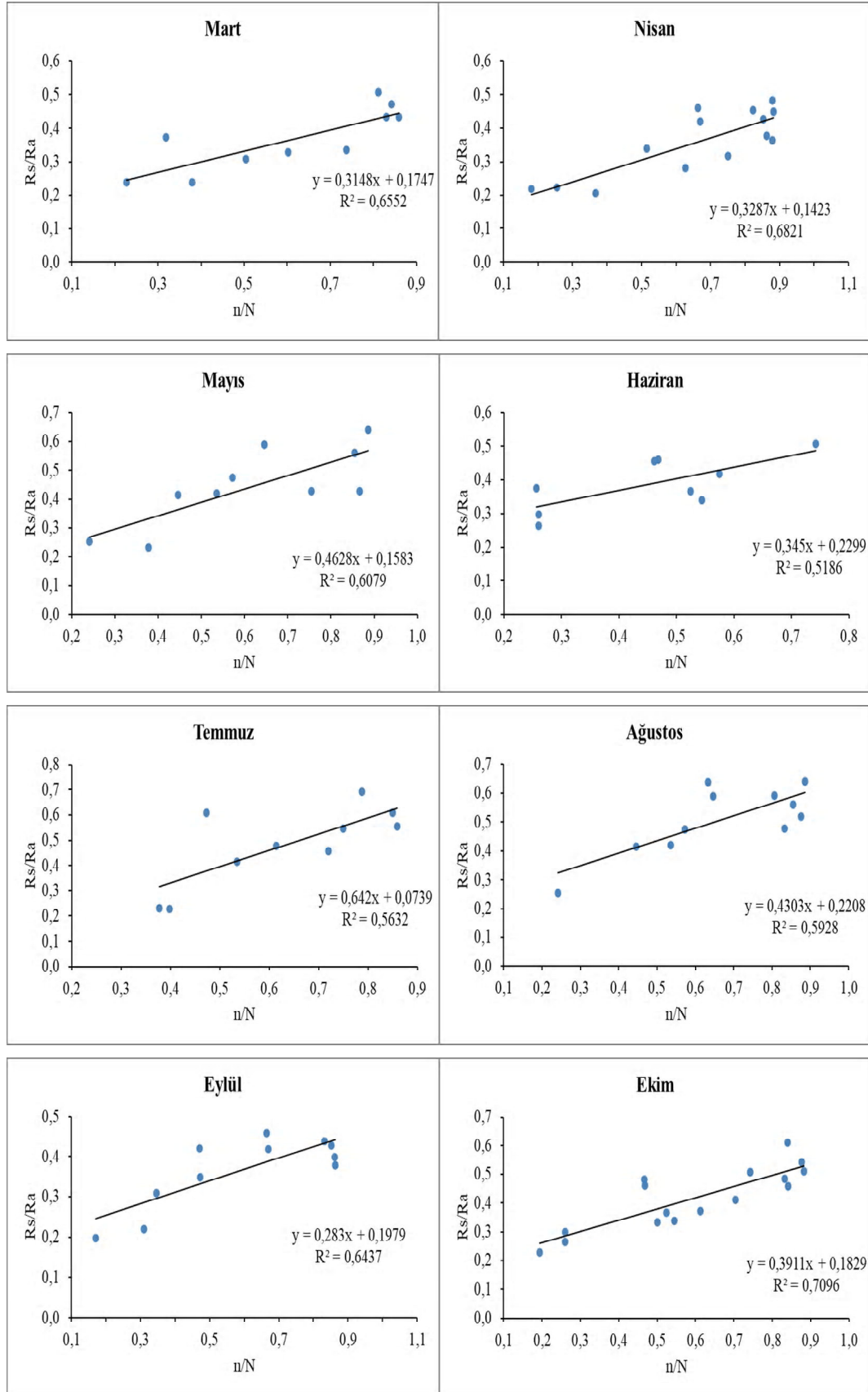
görülmektedir. FAO 56 (Allen vd., 1998)'da önerilen katsayı toplamına (0.75) en yakın oran temmuz (0.7159), en uzak oran (0.471) nisan aylarında saptanmıştır. Batman ilinin kapalı olduğu günlerde Yeryüzüne gelen en yüksek (R_a) ulaşma oranlarının ocak ($a_s=0.2274$) ve haziran'da ($a_s=0.2299$), en düşük ise temmuz'da ($a_s=0.0739$) ve Ağustos 'ta ($a_s=0.0739$) olduğu belirlenmiştir. Önerilen $a_s=0.25$ 'e en yakın oran haziran'da (0.2299) bulunmuştur.

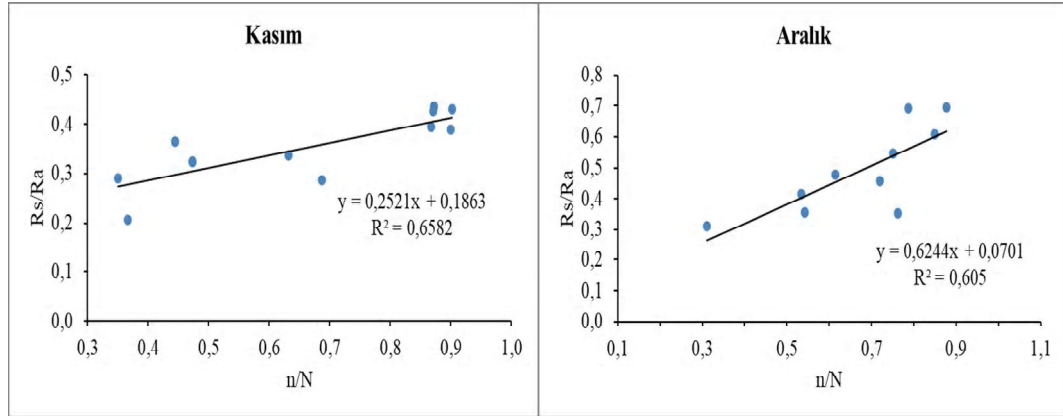
Batman ilinde nispi güneşlenme nedeniyle, parçalı bulutlu bir günde yeryüzüne ulaşan en yüksek solar radyasyonun şubat ($b_s=0.6579$) ve temmuz ($b_s=0.642$), en düşük kasım ($b_s=0.2521$) ve eylül ($b_s=0.283$) aylarında olduğu belirlenmiştir. Önerilen $b_s=0.50$ katsayısına en yakın oran (0.5705) ocak ayında bulunmuştur (Şekil 3.5 ve Tablo 3.4).

Tablo 3.4. Aylara Göre Batman İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları

	I	II	III	IV	V	VI
a_s	0.2274	0.1326	0.1747	0.1423	0.1583	0.2299
b_s	0.5705	0.6574	0.3148	0.3287	0.4628	0.3450
a_s+b_s	0.7979	0.7900	0.4895	0.4710	0.6211	0.5749
R	0.7172	0.7576	0.8094	0.8258	0.7796	0.7201
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a_s	0.0739	0.2208	0.1979	0.1829	0.1863	0.0701
b_s	0.6420	0.4303	0.283	0.3911	0.2521	0.6244
a_s+b_s	0.7159	0.6511	0.4809	0.5740	0.4384	0.6945
R	0.7504	0.7699	0.8023	0.8423	0.8112	0.7778







Şekil 3.5. 1986-2007 arası aylık bazda Batman ili Angstrom ilişkisi

Güneşlenme süreleri ve aylık Angstrom katsayıları dikkate alınarak tahmin edilen ET_o 'nın farklı olasılıklarda frekansları Tablo 3.5'te, frekans denklemleri ise Tablo 3.6'da gösterilmektedir. Şekil 3.5, %5, %50 ve %95 olasılık için ET_o 'daki ortalama aylık değişimi göstermektedir.

Tablo 3.5. 1968-2010 yılları arasında Batman İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	0.98	1.56	2.57	3.87	5.31	7.15	7.60	7.04	5.38	4.42	1.68	1.02	4.05
10	0.95	1.51	2.50	3.77	5.19	7.02	7.50	6.94	5.29	4.32	1.64	0.99	3.97
25	0.89	1.42	2.36	3.59	4.97	6.77	7.29	6.74	5.11	4.14	1.56	0.92	3.81
50	0.81	1.30	2.18	3.35	4.68	6.43	7.00	6.47	4.88	3.88	1.45	0.84	3.60
75	0.70	1.14	1.94	3.03	4.30	6.00	6.63	6.13	4.58	3.57	1.31	0.73	3.34
95	0.49	0.83	1.48	2.42	3.56	5.15	5.92	5.46	3.99	2.94	1.05	0.51	2.82

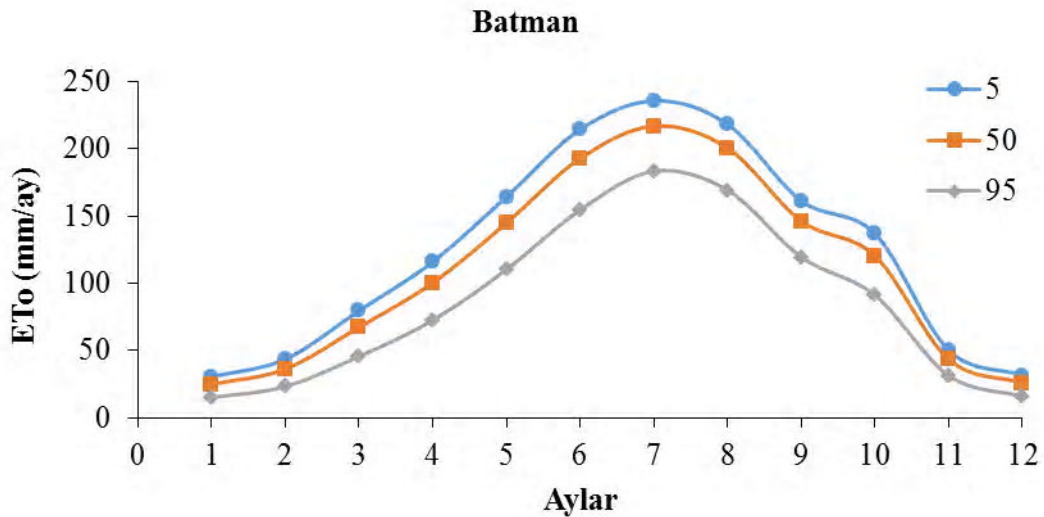
Tablo 3.6. Aylara Göre Batman İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
I	$ET_o = 0.2819 \times WT + 0.952$	VII	$ET_o = 0.9545 \times WT + 7.4954$
II	$ET_o = 0.4108 \times WT + 1.5125$	VIII	$ET_o = 0.8956 \times WT + 6.939$
III	$ET_o = 0.6206 \times WT + 2.5013$	IX	$ET_o = 0.7889 \times WT + 5.2884$
IV	$ET_o = 0.8211 \times WT + 3.7747$	X	$ET_o = 0.8346 \times WT + 4.3199$
V	$ET_o = 0.9882 \times WT + 5.1926$	XI	$ET_o = 0.3586 \times WT + 1.6384$
VI	$ET_o = 1.13 \times WT + 7.0203$	XII	$ET_o = 0.2893 \times WT + 0.9869$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull = 0.114, %10 göre Weibull = 0.000, %25 göre Weibull = -0.220, %50 göre Weibull = -0.521, %75 göre Weibull = -0.903 ve %95 göre Weibull = -1.652

Frekans analizi sonuçlarına göre, ET_o , %50 olasılıkla 0,81 mm/gün olarak hesaplanan %5 ile %95 ihtimalle 0.98-0.49 mm/gün arasında değişmekte ve en düşük buharlaşma ocak ayında meydana gelmektedir. En fazla atmosferik buharlaşma talebinin (7.00 mm/gün) görüldüğü temmuz ayında ET_o %5 ile %95 ihtimalle 7.60-5.92 mm/gün aralığında salınım yapmıştır

Batman ilinde aylık bazda ET_o , %50 ihtimalle 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylardan sırasıyla %50 olasılıkla 25.0, 36.4, 67.5, 100.4, 145.0, 192.9, 216.9, 200.6, 146.3, 120.4, 43.5 ve 25.9 mm saptanmıştır (Şekil 3.6). Bu verilere göre ise en yüksek ET_o 216.9 mm ile temmuz ayında 25.0 mm ile ocak ayında bulunmuştur.



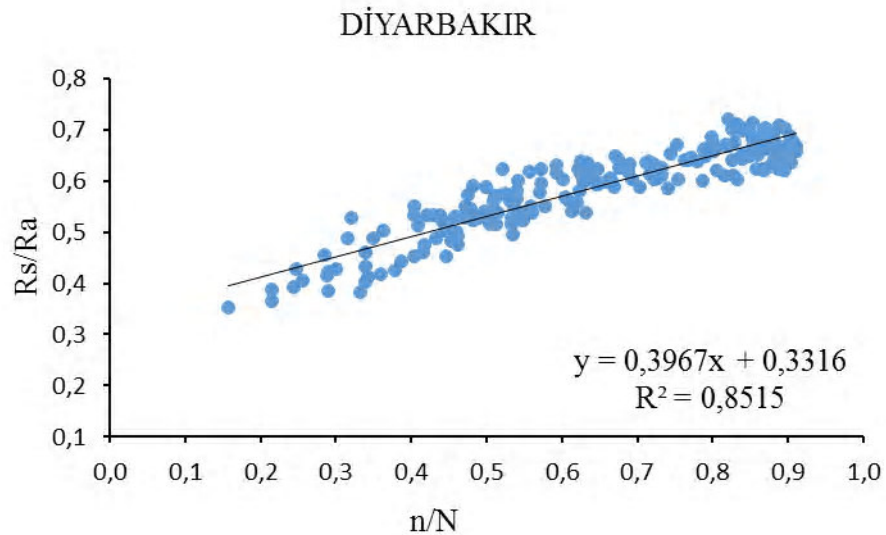
Şekil 3.6. Batman ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

Önerilen Angstrom katsayıları ile hesaplanan ortalama günlük ET_{o1} sonucu ve FAO 56 tarafından önerilen güneşlenme süresi sayısı (n) ile Batman'da ölçülen R_s ve bölgesel Angstrom katsayıları kullanılarak hesaplanan günlük ET_{o2} sonucu arasındaki mutlak hata 0.82 mm/gün'dür. Yerel katsayılar ve günlük güneşlenme süreleri (n) kullanılarak hesaplanan ET_{o2} sonuçları ile ET_{o3} sonuçları arasındaki mutlak hata 0.21 mm/gün'dür. Bu bulgulara göre, Batman'ın ET_o 'su Yerel Angstrom katsayısı kullanılarak daha kesin olarak tahmin edilebilir.

Batman'da elde edilen verilere göre atmosferik buharlaştırma gücü yıllık (ET_0), TSBBST (2017) yıllık toplam atmosferik buharlaşma gücü sırasıyla 1316 mm, 1210 mm bulunmuştur. Batman iline ait Climwat (2.0) programında veri bulunamamıştır. Bu verileri kıyaslayacak olursak; TSBBST (2017) verilerine göre, yıllık toplam ET_0 %8.7 (106 mm) daha yüksektir.

3.1.3. Diyarbakır

Diyarbakır'da 1929'dan 2019'a kadar meteorolojik kayıtlar alınmasına karşın 1968 ile 2008 arasında ET_0 hesaplamaları için tam bir veri seti vardır. 1968 ile 2008 arasındaki yıllık bazda (Şekil 3.7) Angstrom ilişkisini ve (Şekil 3.8) aylık ilişkiyi göstermektedir. Şekil 3.7'de gösterildiği gibi, Diyarbakır'ın nispi güneşlenme oranı (n/N) ile yıllık oransal güneş radyasyonu arasında kuvvetli ($R^2 = 0.8515$) doğrusal pozitif bir ilişki vardır. Diyarbakır'da yılda $a_s = 0.3316$, $b_s = 0.3967$ ve $a_s + b_s = 0.7283$. Diyarbakır'da atmosfer dış yüzey radyasyonunun 0,7283'ü açık bir günde yeryüzüne ulaşır. Tamamen kapalı günlerde bu radyasyonun 0.3316'sı ve bulutlu günlerde ise güneşlenme oranına bağlı olarak 0.3967'si yer yüzeyine ulaşmaktadır.



Şekil 3.7. 1968-2008 arası yıllık bazda Diyarbakır ili Angstrom ilişkisi

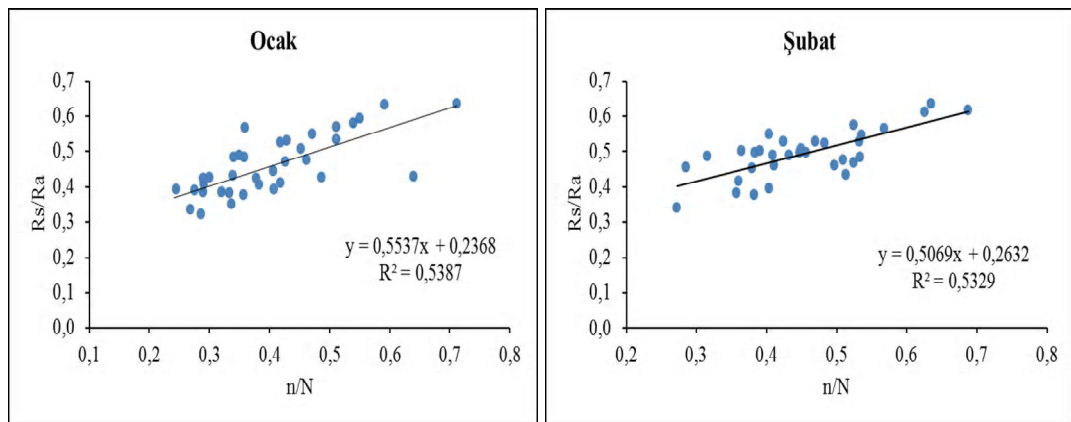
Şekil 3.7 Diyarbakır'ın aylık Angstrom katsayısını ve n/N - R_s/R_a korelasyon katsayısını vermektedir. Açık günlerde, Diyarbakır'da R_a en yüksek Ocak (0.8627) ve Mart (0.8787) ve en düşük Mayıs (0.7217) ve Ağustos (0.7154) aylarındadır.

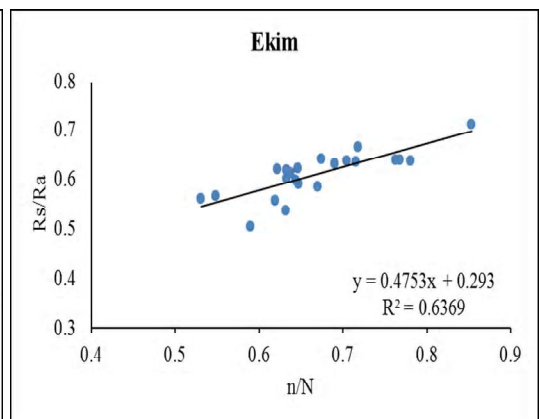
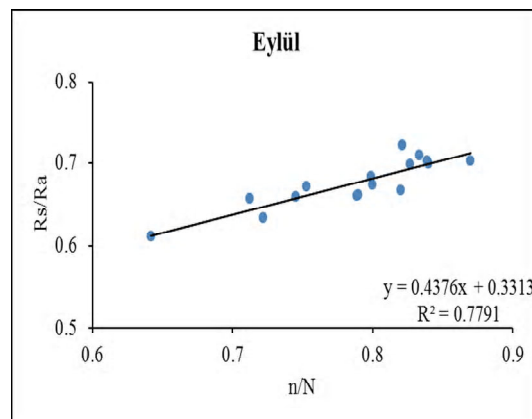
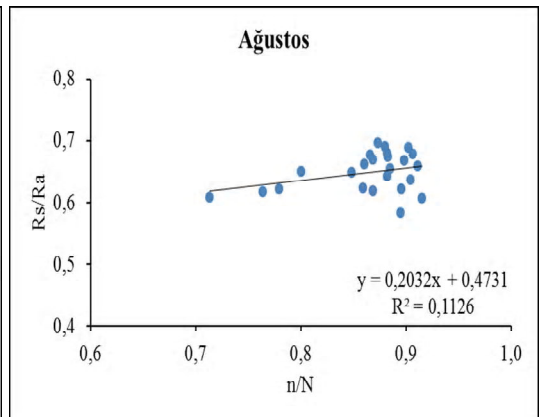
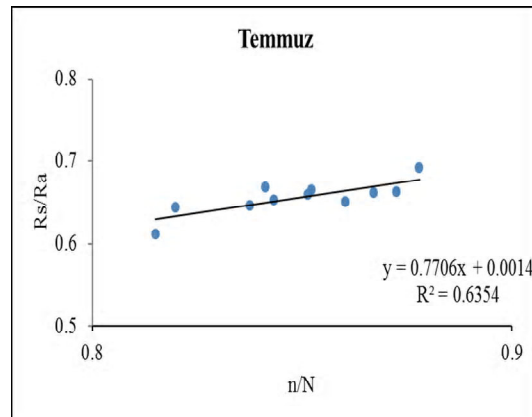
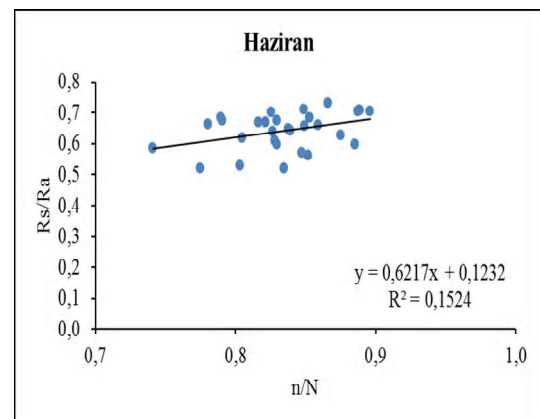
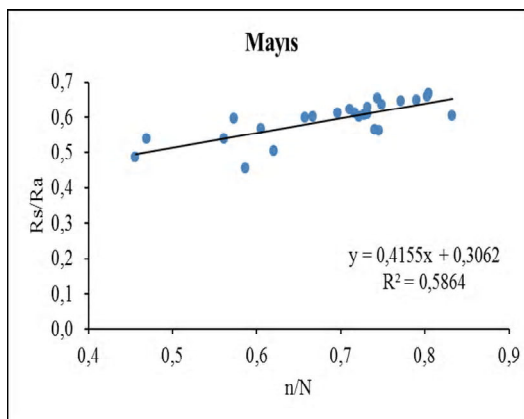
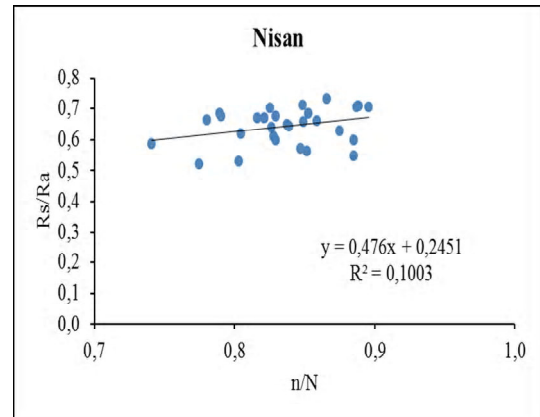
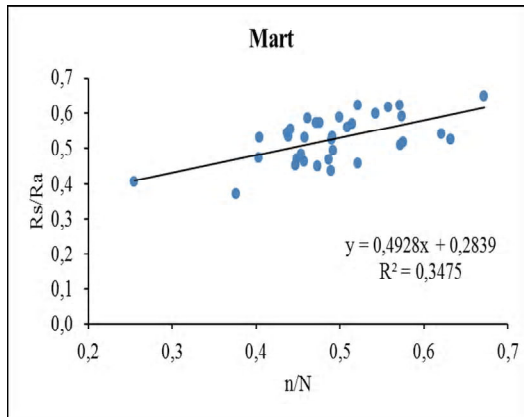
FAO 56'da önerilen katsayı toplamına (0.75) en yakın oran aralık ayında (0.7486) ve en uzak ocak ayında (0.8450) bulunmuştur. Diyarbakır'ın kapalı olduğu günlerde Dünya'ya en yüksek R_a ulaşma oranlarının ağustos ($a_s=0.3343$) ve eylülde ($a_s=0.3313$), en düşük ise Haziran ($a_s=0.0265$) ve temmuzda ($a_s=0.0014$) olduğu tespit edilmiştir. Önerilen $a_s=0.25$ 'e en yakın oran aralığında (0.2509) bulunmuştur.

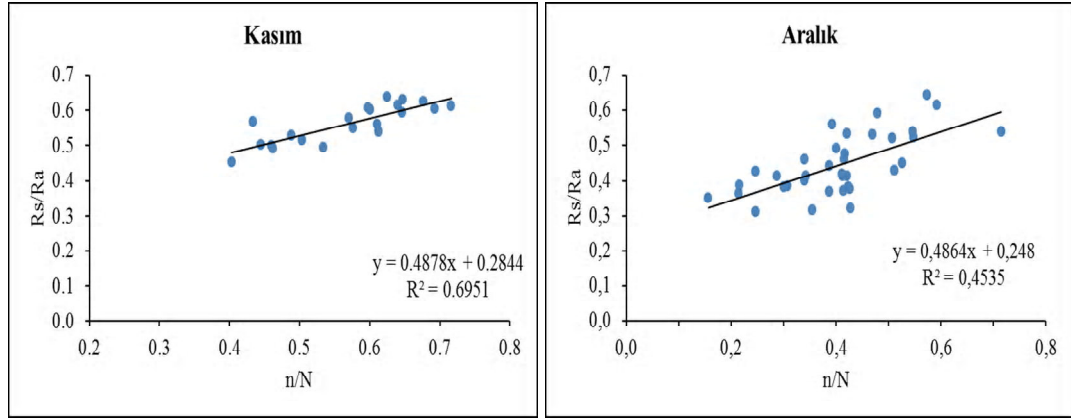
Diyarbakır'da, parçalı bulutlu günlerde, Dünya'ya ulaşan en yüksek solar radyasyon Temmuz ($b_s=0.7706$) ve Haziran ($b_s=0.734$) aylarında tespit edilmiştir. Ağustos ($b_s=0.3811$) Mayıs ($b_s=0.4155$) aylarında ise en düşük solar radyasyon tespit edilmiştir. ($b_s=0.4155$).Görünür. Önerilen $b_s=0.50$ oranına en yakın oranın şubat ayında (0.5069) olduğu görülmüştür (Şekil 3.8).

Tablo 3.7. Aylara Göre Diyarbakır İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları

	I	II	III	IV	V	VI
a_s	0.2368	0.2632	0.2839	0.2451	0.3062	0.1232
b_s	0.5537	0.5069	0.4928	0.476	0.4155	0.6217
a_s+b_s	0.7905	0.7701	0.7767	0.7211	0.7217	0.7449
R	0.7339	0.73	0.5894	0.5627	0.7657	0.3903
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a_s	0.0014	0.4731	0.3313	0.293	0.2844	0.2480
b_s	0.7706	0.2032	0.4376	0.4753	0.4878	0.4864
a_s+b_s	0.7720	0.6763	0.7689	0.7683	0.7722	0.7344
R	0.7971	0.3355	0.8826	0.7980	0.8337	0.6734







Şekil 3.8. 1968-2008 arası aylık bazda Diyarbakır ili Angstrom ilişkisi

Yıllık bazda Angstrom katsayısı ve güneşlenme verileriyle Diyarbakır tarafından tahmin edilen ET_o frekans analizi sonuçları Tablo 3.8'de ve frekans denklemleri Tablo 3.9'da gösterilmiştir. Şekil 3.8, %5, %50 ve %95 olasılık için ET_o 'daki ortalama aylık değişimleri verilmiştir.

Tablo 3.8. 1968-2008 yılları arasında Diyarbakır İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	1.28	1.78	2.88	4.05	5.65	8.33	9.78	8.41	6.53	3.89	1.96	1.33	4.65
10	1.23	1.71	2.79	3.92	5.49	8.11	9.53	8.25	6.41	3.80	1.90	1.28	4.53
25	1.13	1.58	2.62	3.67	5.18	7.68	9.05	7.93	6.17	3.61	1.79	1.19	4.30
50	0.99	1.39	2.40	3.33	4.76	7.10	8.40	7.49	5.86	3.35	1.64	1.06	3.98
75	0.83	1.16	2.11	2.91	4.23	6.36	7.57	6.93	5.45	3.03	1.46	0.90	3.58
95	0.49	0.71	1.54	2.07	3.18	4.90	5.95	5.84	4.66	2.40	1.09	0.58	2.78

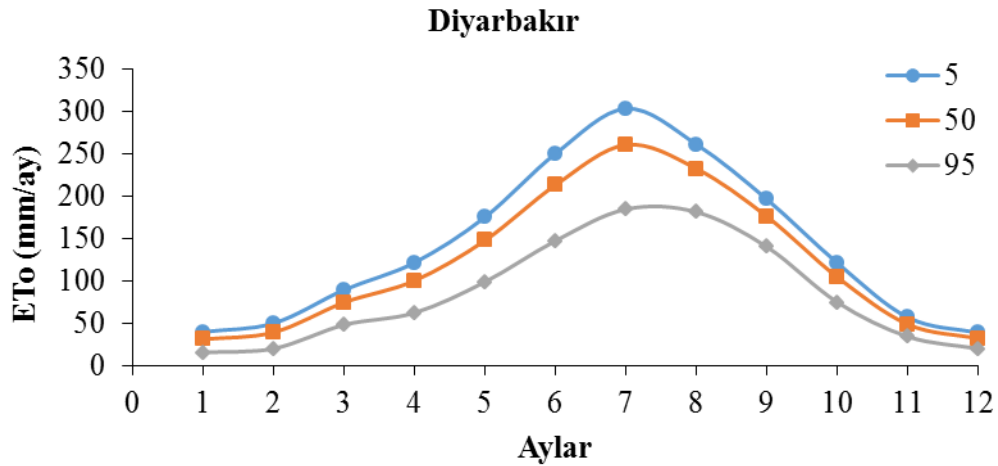
Tablo 3.9. Aylara Göre Diyarbakır İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
I	$ET_o = 0.4427 \times WT + 1.2257$	VII	$ET_o = 2.1677 \times WT + 9.5294$
II	$ET_o = 0.6056 \times WT + 1.7096$	VIII	$ET_o = 1.4595 \times WT + 8.2481$
III	$ET_o = 0.7541 \times WT + 2.7898$	IX	$ET_o = 1.0599 \times WT + 6.4082$
IV	$ET_o = 1.1187 \times WT + 3.9177$	X	$ET_o = 0.8464 \times WT + 3.7955$
V	$ET_o = 1.3962 \times WT + 5.4901$	XI	$ET_o = 0.4275 \times WT + 1.8345$
VI	$ET_o = 1.9413 \times WT + 8.111$	XII	$ET_o = 0.3391 \times WT + 1.1945$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull= 0.114, %10 göre Weibull= 0.000, %25 göre Weibull=-0.220, %50 göre Weibull=-0.521, %75 göre Weibull=-0.903 ve %95 göre Weibull= -1.652

Frekans analizi sonuçlarına göre ocak ayında en düşük evapotranspirasyonun bulunduğu Diyarbakır'da ET_o %5 ve %95 ihtimalle 1.28-0.49 mm/gün, %50 ihtimalle 0.99 mm/gün arasında değişmektedir. ET_o 9,78-5,95 mm/gün arasında değişmekte olup, En fazla atmosferik buharlaşma talebinin (ET_o) görüldüğü temmuz ayında %50 ihtimalle 8.40 mm/gün olarak bulunmuştur. Sonuç olarak Diyarbakır'da ortalama ET_o yıl boyunca 4,65-2,78 mm/gün arasında değişmektedir.

Diyarbakır ilinde %50 ihtimalle aylık toplam ET_o 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12. aylarda sırasıyla 30.8, 39.0, 74.3, 100.0, 147.6, 213.0, 260.4, 232.1, 175.7, 104.0, 49.3 ve 32.8 mm saptanmıştır (Şekil 3.8). Bu verilere göre ise en yüksek ET_o 260.4 mm ile temmuz ayında 30.8 mm ile ocak ayında bulunmuştur.



Şekil 3.9. Diyarbakır ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

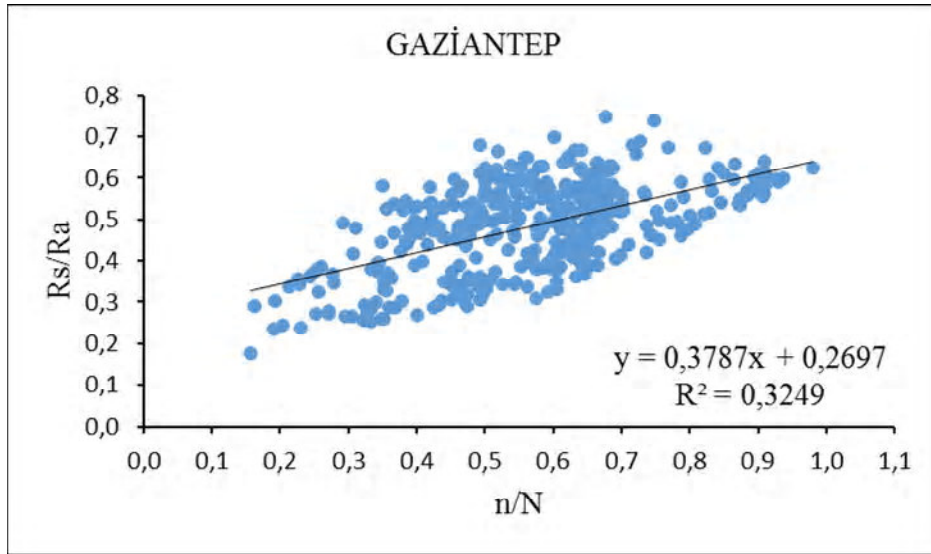
Angstrom katsayıları $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$ ile hesaplanan ET_{o1} sonucu ile FAO 56 tarafından önerilen güneşlenme süresi (n) ile Diyarbakır'da ölçülen R_s ve bölgesel Angstrom katsayısından hesaplanan ET_{o2} sonucu arasındaki mutlak hata 0.17 mm/gün'dür. Güneşlenme saatlerinde (n) ET_{o2} sonuçları ile bölgesel Angstrom katsayısı ve ET_{o3} sonuçları arasındaki mutlak hata 0.12 mm/gün idi. Bu sonuçlardan Diyarbakır'ın ET_o 'ı yerel Angstrom katsayısı kullanılarak daha kesin olarak tahmin edilebilir.

Diyarbakır'da elde edilen verilere göre) daha yüksek atmosferik buharlaştırma gücü yıllık (ET_o), TSBBST (2017) ve Cropwat 8.0 programına göre yıllık toplam atmosferik buharlaşma gücü sırasıyla 1453 mm, 1413 mm ve 1409 mm olarak tahmin edilmektedir. Bu verileri kıyaslayacak olursak; TSBBST (2017) verilerine göre, toplam yıllık ET_o , %2.83 (40 mm) ve Cropwat 8.0 verilerine göre ise %3.12 (44 mm) çıkmıştır.

3.1.4. Gaziantep

Gaziantep için hava kayıtları 1959 yılında başlamıştır. 1959'dan 2019'a kadar 60 yıllık meteorolojik veri kayıtlarında, veri içermeyen dönemler dışında ET_o hesaplamaları için eksiksiz bir veri seti bulunmaktadır. Şekil 3.10, 1968'den 2010'a kadar olan yıllık Angstrom katsayıları ilişkisini, Şekil 3.11'de ise aylık Angstrom katsayıları ilişkiyi göstermektedir. Şekil 3.10'da gösterildiği gibi, Gaziantep'te oransal güneşlenme saatleri (n/N) ile oransal güneş radyasyonu arasında orta derece kuvvetli ($R^2 = 0.3249$) doğrusal pozitif bir ilişki vardır (Cohen, 1988). Gaziantep'te yıllık olarak Angstrom ilişkisinde $a_s = 0.2697$, $b_s = 0.3787$ ve $a_s + b_s = 0.6484$ saptanmıştır.

Gaziantep'te atmosferin dış yüzey radyasyonunun (R_a) 0.6484 'ü açık bir günde yerküre yüzeyine ulaşmaktadır. Güneşlenme oranına bağlı olarak havanın kapalı olduğu bir günde $0.2697 R_a$ 'ya, bulutlu günlerde $0.3787 R_a$ 'ya ulaştığı görülmektedir.



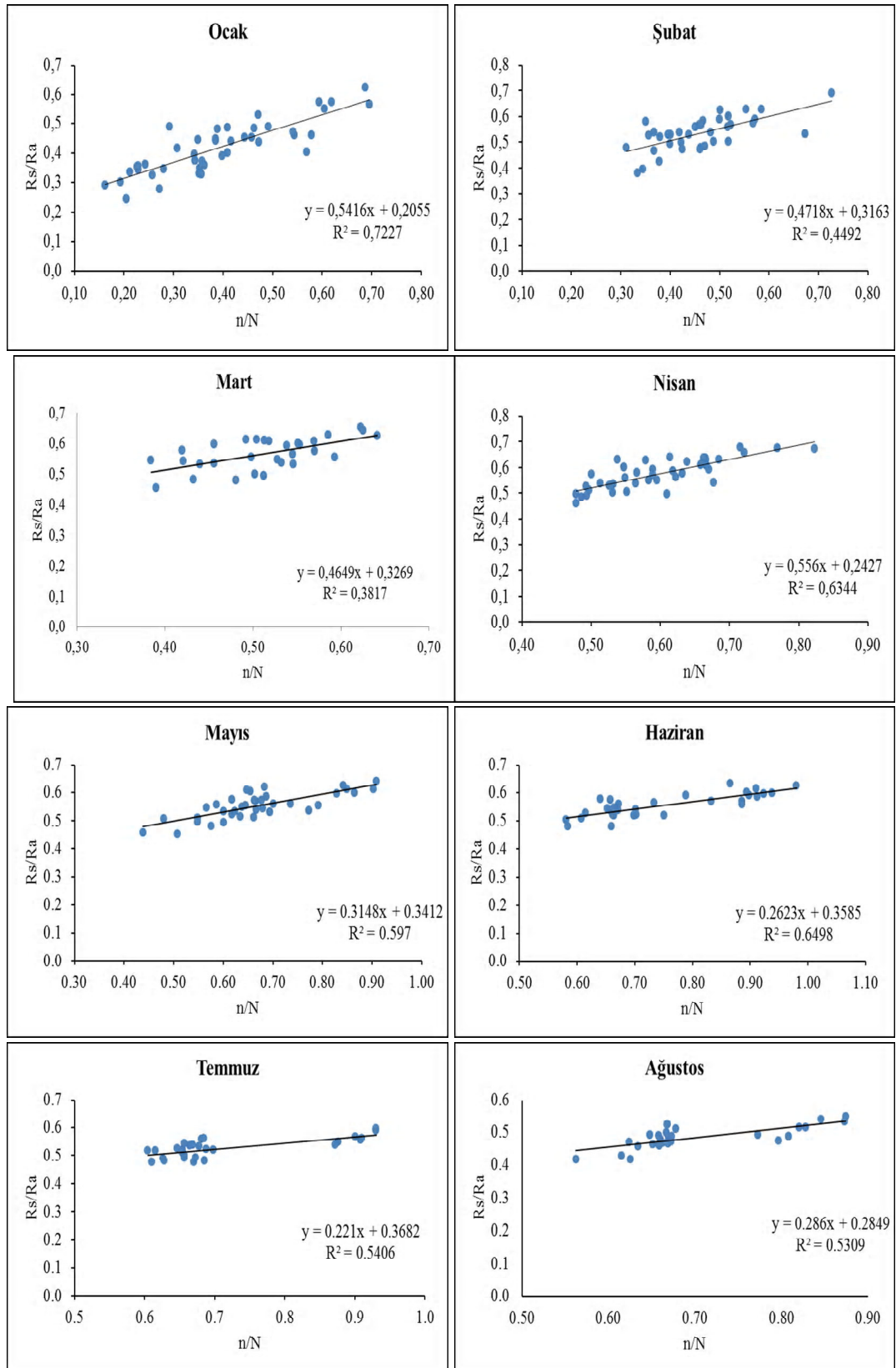
Şekil 3.10. 1968-2010 arası yıllık bazda Gaziantep İli Angstrom ilişkisi

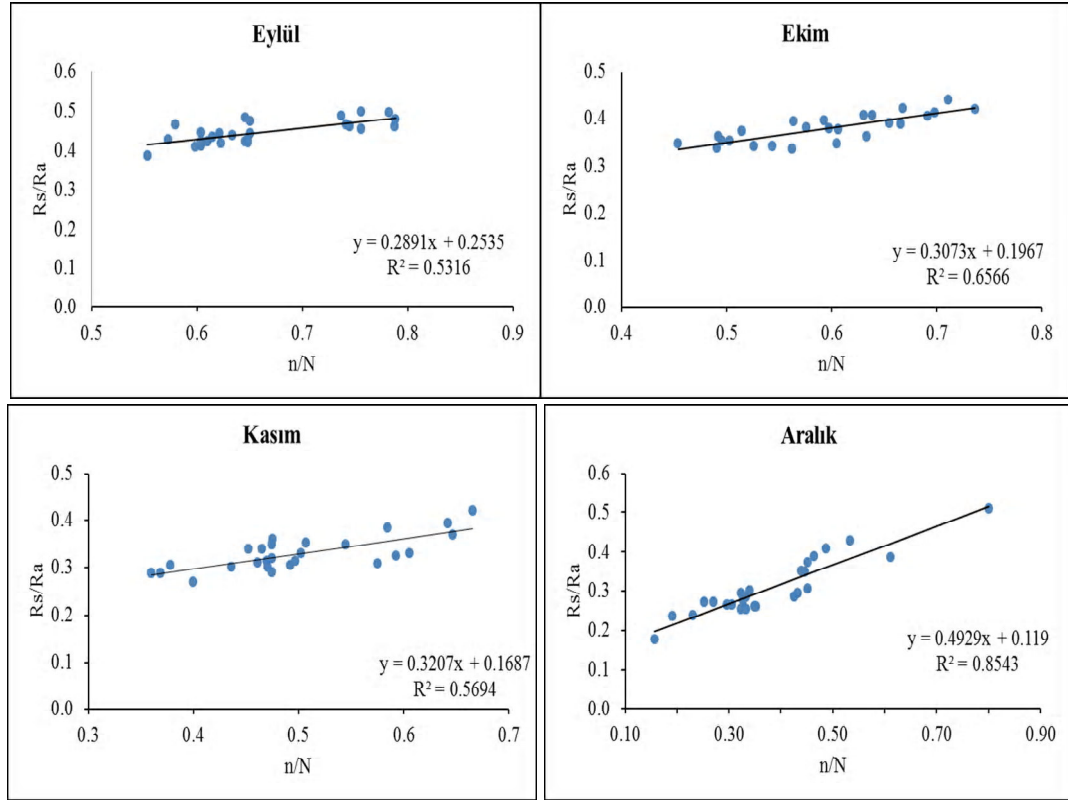
Yerel Angstrom katsayıları bilinmediği durumda önerilen katsayılar toplamına (0.75) yakın oran ocak ayında (0.7471) ve en uzak ise kasım ayında (0.4894) belirlenmiştir. Bulutlu günlerde Gaziantep'te yerküre yüzeyine ulaşan en yüksek R_a oranı haziran ($a_s = 0.3585$) ve mayıs aylarında ($a_s = 0.3412$), en az ise kasım ($a_s = 0.1687$) ve aralık ($a_s = 0.1119$) aylarında olduğu saptanmıştır. Önerilen $a_s = 0.25$ oranına en yakın olabilecek oran ise eylül ayında (0.2535) bulunmuştur.

Gaziantep'te, nispi güneşlenme nedeniyle bulutlu günlerde güneş (solar) radyasyonu (R_a) en yüksek şubat ($b_s = 0.5979$) ve mart ($b_s = 0.6955$), en düşük haziran ($b_s = 0.2623$) ve temmuz ($b_s = 0.2210$) aylarında görülmektedir. Önerilmiş olan $b_s = 0.50$ oranına en yakın katsayı Aralık ayında (0.4929) bulunmuştur (Tablo 3.10).

Tablo 3.10. Aylara Göre Gaziantep İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları

	I	II	III	IV	V	VI
a_s	0.2055	0.3163	0.3269	0.2427	0.3412	0.3585
b_s	0.5416	0.4718	0.4649	0.5560	0.3148	0.2623
$a_s + b_s$	0.7471	0.7881	0.7918	0.7987	0.6560	0.6208
R	0.8501	0.6702	0.6178	0.7964	0.7549	0.8061
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a_s	0.3682	0.2849	0.2535	0.1967	0.1687	0.1119
b_s	0.2210	0.2860	0.2891	0.3073	0.3207	0.4929
$a_s + b_s$	0.5892	0.5709	0.5426	0.504	0.4894	0.6048
R	0.7352	0.7286	0.7291	0.8103	0.7545	0.9242





Şekil 3.11. 1968-2010 arası aylık bazda Gaziantep ili Angstrom ilişkisi

Gaziantep için yıllık Angstrom katsayısı ve güneşlenme saatleri dikkate alınarak tahmini ET_o frekans analizleri Tablo 3.11'de ve frekans denklemleri Tablo 3.12'de gösterilmektedir. Şekil 3.12'de %5, %50 ve %95 olasılık için ET_o 'daki ortalama aylık değişiklikleri gösterir.

Tablo 3.11. 1968-2010 yılları arasında Gaziantep İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	0.98	1.08	1.62	2.49	3.46	5.39	6.71	6.40	4.84	3.04	1.76	1.22	3.25
10	0.95	1.05	1.57	2.42	3.36	5.22	6.50	6.21	4.72	2.96	1.72	1.19	3.16
25	0.91	0.99	1.48	2.28	3.15	4.91	6.10	5.85	4.48	2.82	1.64	1.13	2.98
50	0.85	0.90	1.36	2.09	2.87	4.49	5.54	5.35	4.16	2.62	1.53	1.05	2.73
75	0.78	0.79	1.21	1.86	2.51	3.94	4.84	4.71	3.74	2.37	1.39	0.94	2.42
95	0.63	0.59	0.90	1.39	1.81	2.88	3.46	3.47	2.94	1.89	1.11	0.73	1.82

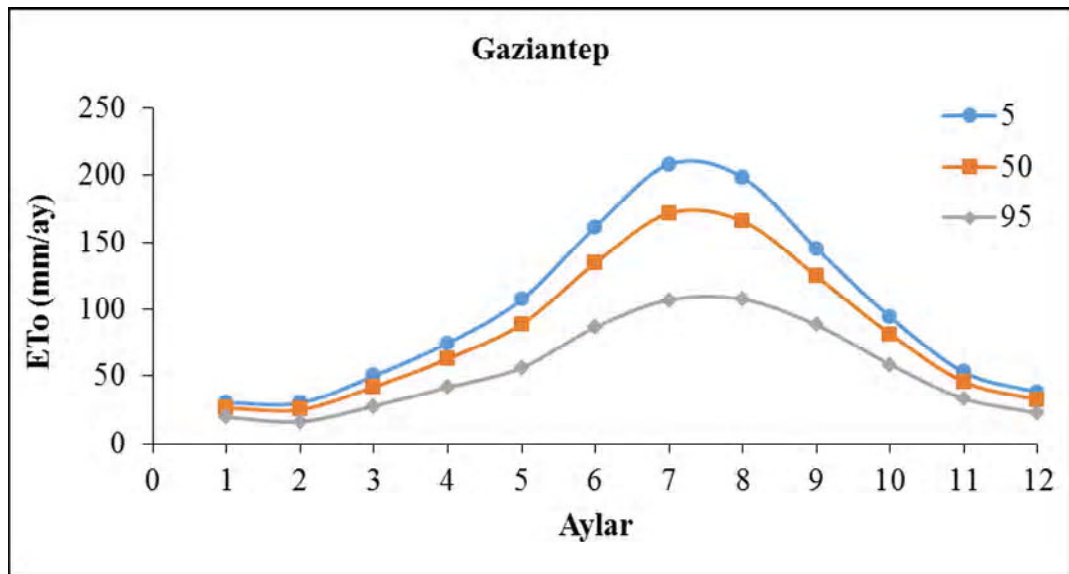
Tablo 3.12. Aylara Göre Gaziantep İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
I	$ET_o = 0.1952 \times WT + 0.9549$	VII	$ET_o = 1.8434 \times WT + 6.5038$
II	$ET_o = 0.2798 \times WT + 1.0476$	VIII	$ET_o = 1.6603 \times WT + 6.2141$
III	$ET_o = 0.4071 \times WT + 1.5733$	IX	$ET_o = 1.0784 \times WT + 4.7188$
IV	$ET_o = 0.6207 \times WT + 2.4168$	X	$ET_o = 0.6503 \times WT + 2.9613$
V	$ET_o = 0.9347 \times WT + 3.3562$	XI	$ET_o = 0.3687 \times WT + 1.7193$
VI	$ET_o = 1.4163 \times WT + 5.2242$	XII	$ET_o = 0.2775 \times WT + 1.1931$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull= 0.114, %10 göre Weibull= 0.000, %25 göre Weibull= -0.220, %50 göre Weibull= -0.521, %75 göre Weibull= -0.903 ve %95 göre Weibull= -1.652

Frekans analizi sonuçlarına göre, Gaziantep'in en düşük evapotranspirasyona sahip olduğu nisan ayında, ET_o %5-95 ihtimalle 0.98-0.63 mm/gün arasında değişmekte olup, %50 ihtimalle 0.85 mm/gün belirlenmiştir. ET_o %5-95 ihtimalle 6.71-3.46 mm/gün arasında değişmektedir ve %50 olasılıkla en fazla atmosferik buharlaşma talebinin (ET_o) 5.54 mm/gün ile görüldüğü temmuz ayıdır. Sonuç olarak, Gaziantep'in ET_o 'ı yıl boyunca %50 ihtimalle ortalama 3.25-1.82 mm/gün arasında değişmektedir.

Gaziantep'in %50 olasılıkla 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 ayda toplam ET_o 'su 26.4, 25.2, 42.2, 62.8, 88.9, 134.6, 171.8, 165.8, 124.7, 81.3, 45.8 ve 32.5 mm (Şekil 3.12). Gaziantep'te aylık toplam ET_o en yüksek temmuz ayında (171.8 mm), en düşük (26.4 mm) şubat ayında belirlenmiştir.



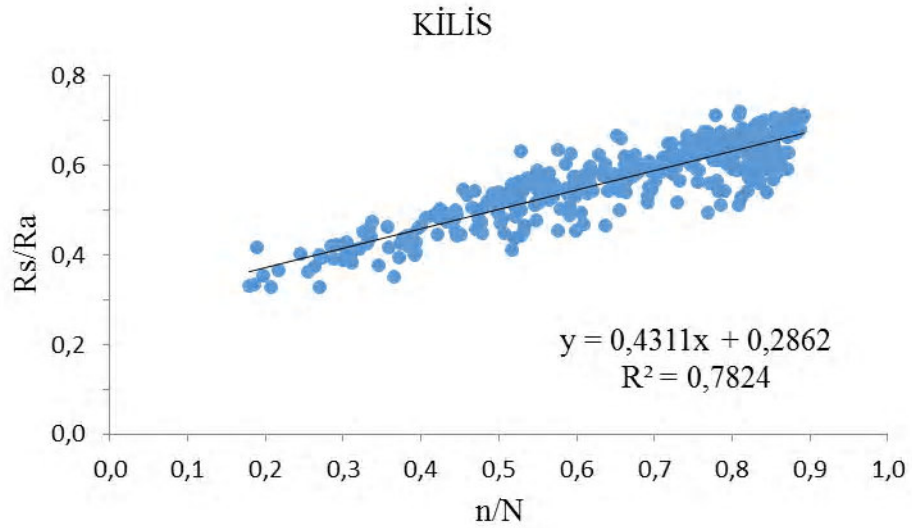
Şekil 3.12. Gaziantep ilinde %95, %50 ve %5 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

FAO 56 tarafından önerilen Angstrom katsayıları ve güneşlenme süresi verileriyle hesaplanan ET_{o1} sonuçları ile R_s verileri ve bölgesel Angstrom katsayıları kullanılarak hesaplanan ET_{o2} sonuçları arasındaki mutlak hata 0.65 mm/gün bulunmuştur. ET_{o2} sonuçları ile ET_{o3} sonuçları arasındaki mutlak hata ise 0.11 mm/gün bulunmuştur. Bu bulgulara göre Gaziantep'te yerel Angstrom katsayılarıyla ET_o daha hassas tahmin edilecektir.

Gaziantep'te elde edilen verilere göre atmosferik buharlaştırma gücü yıllık (ET_o), TSBBST (2017) ve Cropwat 8.0'a göre yıllık toplam atmosferik buharlaşma gücü sırasıyla 998 mm, 1132 mm ve 1292 mm olarak tahmin edilmektedir. Bu verileri kıyaslayacak olursak; TSBBST (2017) verilerine göre, toplam yıllık ET_o , %12 (136 mm) ve Cropwat 8.0'a göre ise %22.9 (296 mm) daha düşüktür.

3.1.5. Kilis

Kilis'te 1984 yılından beri meteorolojik veri kayıtları olmasına karşılık 1985 ile 2019 arasındaki ET_o hesaplamaları için tam 34 yıllık bir veri seti bulunmaktadır. Şekil 3.13, 1985-2019 için yıllık Angstrom ilişkisini, Şekil 3.14 ise aylık Angstrom ilişkisi gösterilmektedir. Şekil 3.13'te görüldüğü gibi Kilis'te (Cohen, 1988), bağıl güneşlenme (n/N) ile yıllık bağıl solar radyasyonu arasında güçlü ($R^2 = 0.7824$) doğrusal pozitif bir ilişki vardır. Kilis'te yıllık olarak $a_s = 0.2862$, $b_s = 0.4311$ ve $a_s + b_s = 0.7173$ olarak bulunmuştur. Açık bir günde Kilis atmosferinin dış yüzeyine ulaşan radyasyonun (R_a) 0.7173'ü Dünya yüzeyine ulaşır. Güneşlenme oranına bağlı olarak, tam kapalı bir günde R_a 0.2862, bulutlu günlerde 0.4311'ü ulaştığı görülmektedir.



Şekil 3.13. 1985-2019 arası yıllık bazda Kilis İli Angstrom ilişkisi

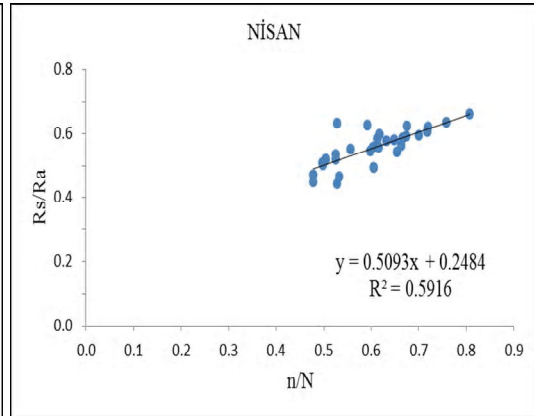
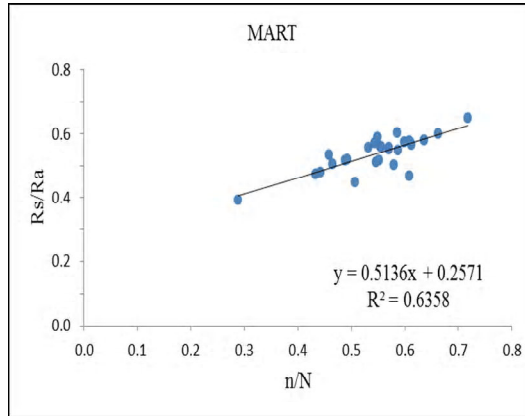
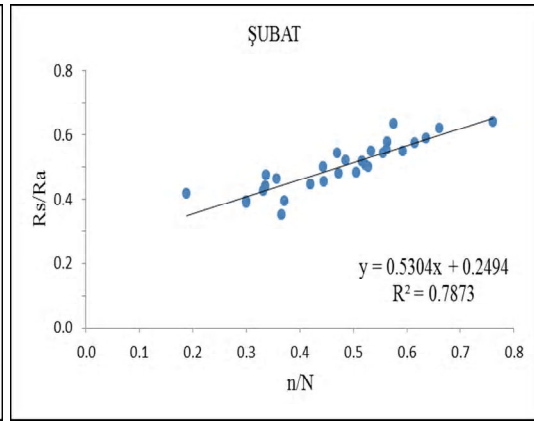
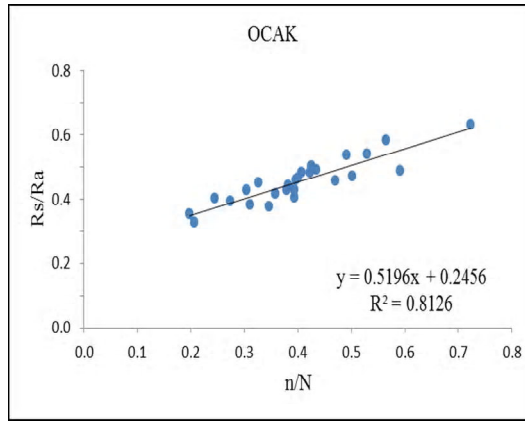
Kilis'te aylık bazda Angstrom eşitlikleri ve korelasyon katsayıları Şekil 3.14'te verilmiştir. Açık günlerde Kilis'te en yüksek R_s/R_a oranı ocak (0.6982) ve aralık (0.6772) ve en düşük şubat (0.0554) ve kasım (0.5346) aylarında görülmüştür. Önerilen katsayı toplamına (0.75) en yakın oran ocak (0.6982) ve en uzak ise şubat (0.5054) ayında bulunmuştur

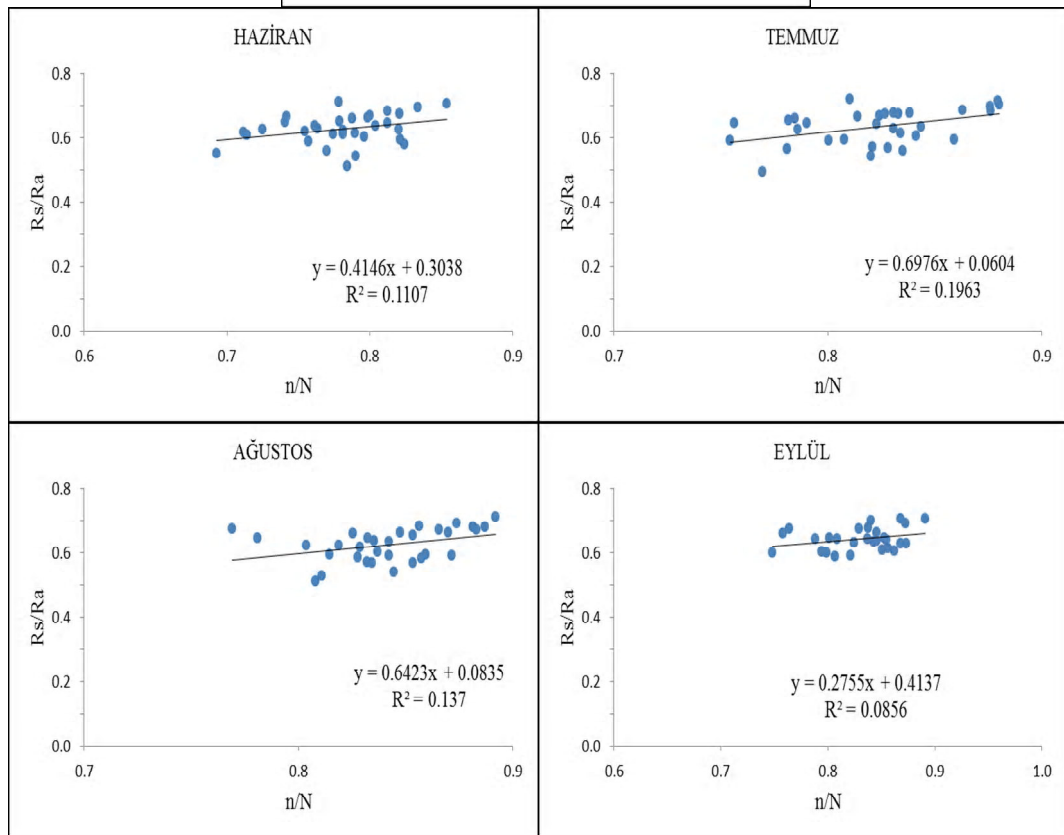
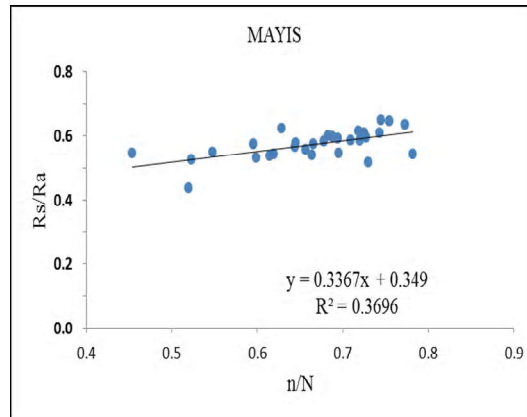
Açık gökyüzü durumunda R_a 'nın Dünya'ya ulaşma oranlarının en yüksek olduğu zamanlar mayıs ($a_s = 0.2537$ olarak) ve haziran ($a_s = 0.2302$ olarak) ve en düşük ocak ($a_s = 0.1168$) ve aralıkta ($a_s = 0.1263$) olduğu görülmektedir. Önerilen $a_s = 0.25$ 'e en yakın oran mayısta (0.2537) olduğu saptanmıştır.

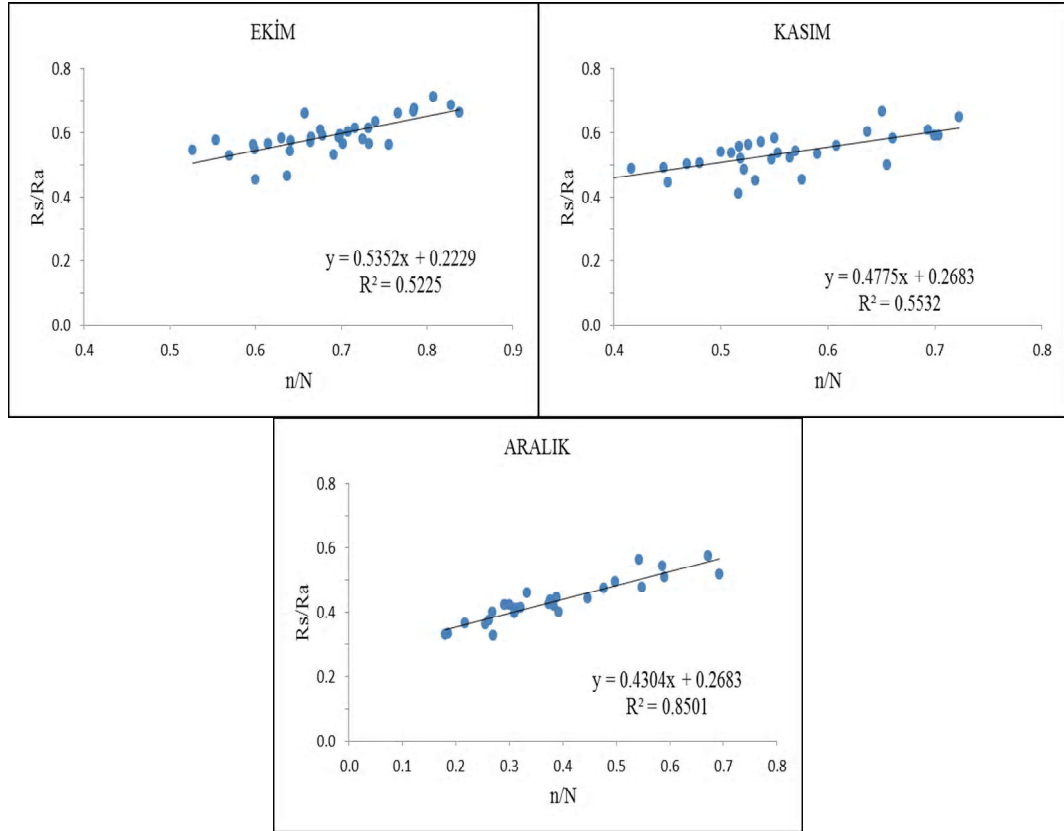
Kilis'te bulutlu günler için en yüksek solar radyasyon oranları temmuz ($b_s = 0.6976$) ve ağustos ($b_s = 0.6423$), en düşük olduğu aylar ise mayıs ($b_s = 0.3367$) ve haziran ($b_s = 0.4146$) aylarında görülür. FAO 56 tarafından katsayı $b_s = 0.50$ oranına en yakın ekim ayında (0.5032) bulunmuştur. (Şekil 3.13).

Tablo 3.13. Aylara Göre Kilis İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları

	I	II	III	IV	V	VI
a_s	0.2456	0.2494	0.2571	0.2484	0.349	0.3038
b_s	0.5196	0.5304	0.5136	0.5093	0.3367	0.4146
a_s+b_s	0.7652	0.7798	0.7707	0.7577	0.6857	0.7184
R	0.9014	0.9373	0.7973	0.7691	0.6079	0.3327
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a_s	0.0604	0.0835	0.4137	0.2229	0.2683	0.2683
b_s	0.6976	0.6423	0.2755	0.5352	0.4775	0.4304
a_s+b_s	0.758	0.7258	0.6892	0.7581	0.7458	0.6987
R	0.4430	0.3701	0.2925	0.7228	0.7437	0.9220







Şekil 3.14. 1968-2009 arası aylık bazda Kilis ili Angstrom ilişkisi

Kilis için tahmin edilen ET_o 'ın, yıllık Angstrom katsayısı ve güneşlenme zamanları göz önünde bulundurularak, frekans analizleri gösterilmektedir (Tablo 3.13). Aylara göre Kilis için Angstrom frekans analiz denklemleri verilmiştir. (Tablo 3.14). Aylık toplam ET_o , Şekil 3.15'te gösterildiği gibi %5, %50 ve %95 olasılıkla değişir.

Tablo 3.14. 1985-2019 yılları arasında Kilis İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	1.38	1.87	2.96	4.40	5.62	7.44	8.47	8.05	6.13	3.91	2.21	1.37	4.49
10	1.34	1.83	2.89	4.29	5.50	7.33	8.35	7.92	5.91	3.82	2.16	1.33	4.39
25	1.26	1.73	2.74	4.08	5.28	7.11	8.12	7.67	5.48	3.65	2.06	1.24	4.20
50	1.15	1.60	2.54	3.80	4.97	6.82	7.80	7.32	4.89	3.42	1.93	1.13	3.95
75	1.01	1.44	2.28	3.44	4.58	6.44	7.40	6.88	4.15	3.13	1.76	0.99	3.62
95	0.73	1.13	1.78	2.73	3.82	5.71	6.61	6.02	2.69	2.55	1.42	0.71	2.99

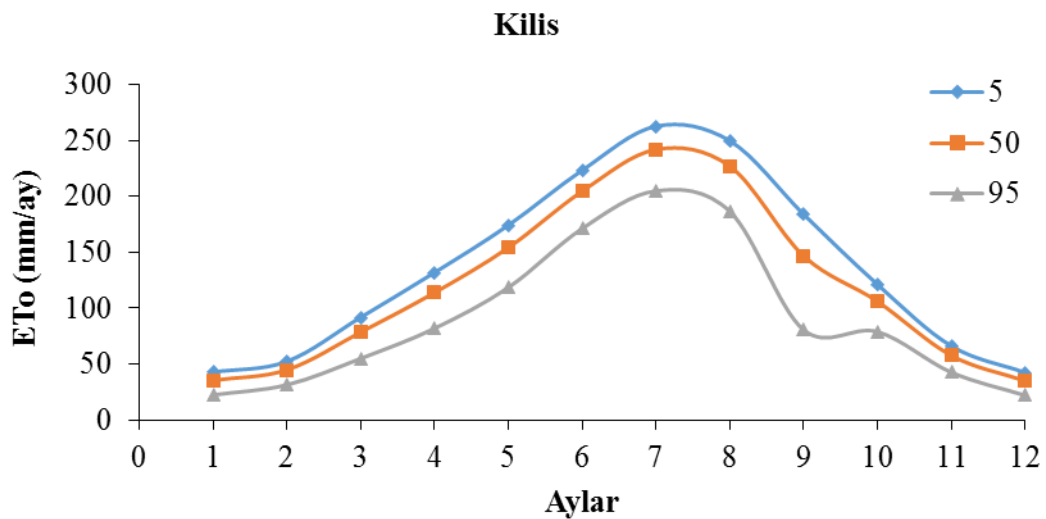
Tablo 3.15. Aylara Göre Kilis İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
I	$ET_o = 0.3723 \times WT + 1.3416$	VII	$ET_o = 1.0553 \times WT + 8.3536$
II	$ET_o = 0.4233 \times WT + 1.825$	VIII	$ET_o = 1.1533 \times WT + 7.9223$
III	$ET_o = 0.6725 \times WT + 2.8872$	IX	$ET_o = 1.9494 \times WT + 5.9099$
IV	$ET_o = 0.9424 \times WT + 4.2896$	X	$ET_o = 0.7714 \times WT + 3.8242$
V	$ET_o = 1.0157 \times WT + 5.5015$	XI	$ET_o = 0.444 \times WT + 2.158$
VI	$ET_o = 0.9823 \times WT + 7.3301$	XII	$ET_o = 0.3714 \times WT + 1.3259$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull= 0.114, %10 göre Weibull= 0.000, %25 göre Weibull= -0.220, %50 göre Weibull= -0.521, %75 göre Weibull= -0.903 ve %95 göre Weibull= -1.652

Minumum evapotranspirasyonun Kilis'te görüldüğü ay olan aralık ayı ET_o %5 olasılıkla 1.37-0.71 mm/gün, frekans analizine göre %95 olasılıkla 1.13 mm/gün olarak hesaplanarak %50 olasılıkla sonuçlanmaktadır. ET_o , En fazla atmosferik buharlaşma talebinin (ET_o) %50 olasılıkla 7.80 mm/gün ile görüldüğü temmuz ayı için %5 ve %95 olasılıkla 8.47-6.61 mm/gün arasında değişmektedir. Sonuç olarak ET_o , Kilis'te yıl boyunca ortalama 4.49-2.99 mm/gün arasında değişmektedir.

Kilis ilinde %50 tahminle; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 aylık sırasıyla 35.6, 44.9, 78.6, 113.9, 154.1, 204.5, 241.9, 227.0, 146.8, 106.1, 57.8 ve 35.1 mm referans evapotranspirasyon bulunmuştur. (Şekil 3.14). Kilis için en yüksek toplam aylık ET_o ortalaması temmuzda 241.9 mm, en düşük ise Ocak ayında 35.1 mm olarak gerçekleşti.



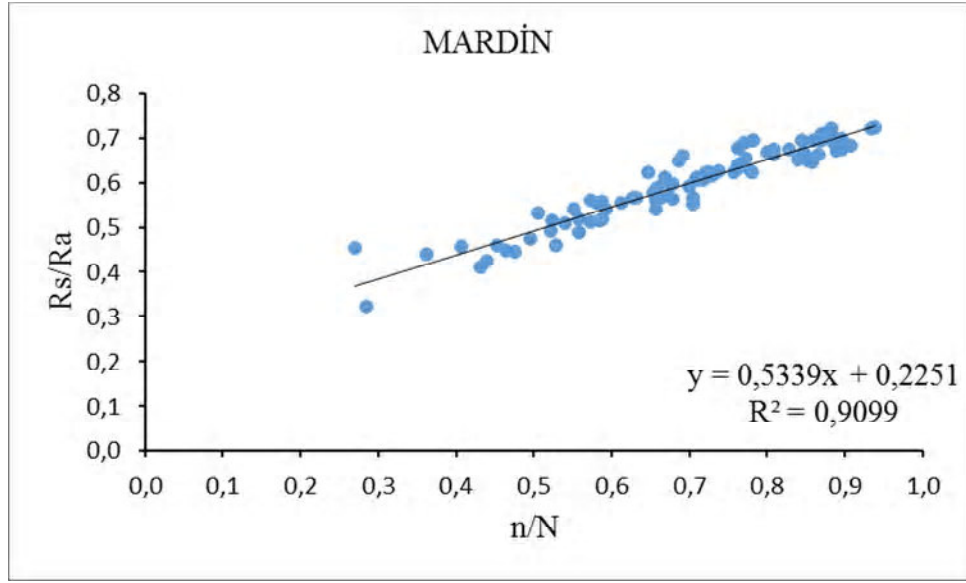
Şekil 3.15. Kilis ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

Allen ve ark. (1998) tarafından önerilen güneşlenme süresi (n) ile $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$ verileriyle hesaplanan ET_{o1} 'dir. Kilis'te ölçülen R_s ve bölgesel Angstrom katsayısı kullanılarak hesaplanan ET_{o2} sonucu arasındaki mutlak hata 2.89 mm/gün idi. Yerel Angstrom katsayısı ve güneşlenme süreleri (n) kullanılarak hesaplanan ET_{o2} sonuçları ile ET_{o3} sonuçları arasındaki mutlak hata 0.10 mm/gün'dür. Bu sonuçlar, Kilis'in ET_o 'sunun yerel Angstrom katsayısı kullanılarak daha doğru bir şekilde tahmin edilebilir olduğunu belirtmektedir.

Kilis'te elde edilen verilere göre atmosferik buharlaştırma gücü yıllık (ET_o), TSBBST (2017) ve Cropwat 8.0'a göre yıllık toplam atmosferik buharlaşma gücü sırasıyla 1441 mm, 1432 mm ve 1449 mm olarak tahmin edilmektedir. Bu verileri kıyaslayacak olursak; TSBBST (2017) verilerine göre, toplam yıllık ET_o , %0.63 (9 mm) göre yüksektir ve Cropwat 8.0'a göre ise %0.55 (8 mm) daha düşüktür.

3.1.6. Mardin

Mardin'in 1954'ten beri meteoroloji kayıtları alınmasına karşılık 2011-2019 yılları arasındaki ET_o hesaplamaları için tam 8 yıllık bir veri seti bulunmaktadır. 2011-2019 dönemi için yıllık Angstrom ilişkisi yıllara göre Şekil 3.16'da ve aylara göre Şekil 3.17'de gösterilmektedir. Şekil 3.16'da gösterildiği gibi, Mardin'de (Cohen, 1988) bağlı güneşlenme (n/N) ile bağlı güneş (solar) radyasyonu arasında güçlü ($R^2 = 0.9099$) pozitif doğrusal bir ilişki vardır. Yıllık $a_s = 0.2251$, $b_s = 0.5339$ $a_s + b_s = 0.759$ olarak bulunmuştur. Mardin'de açık bir günde atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyonun (R_a) 0.759'u Dünya yüzeyine ulaşır. Güneşlenme oranına bağlı olarak, kapalı bir günde 0.2251 R_a Dünya yüzeyine, bulutlu günlerde güneşlenme oranı ile de bağlantılı olarak 0.5339'ı yeryüzüne ulaşmaktadır.



Şekil 3.16. 2011-2019 arası yıllık bazda Mardin İli Angstrom ilişkisi

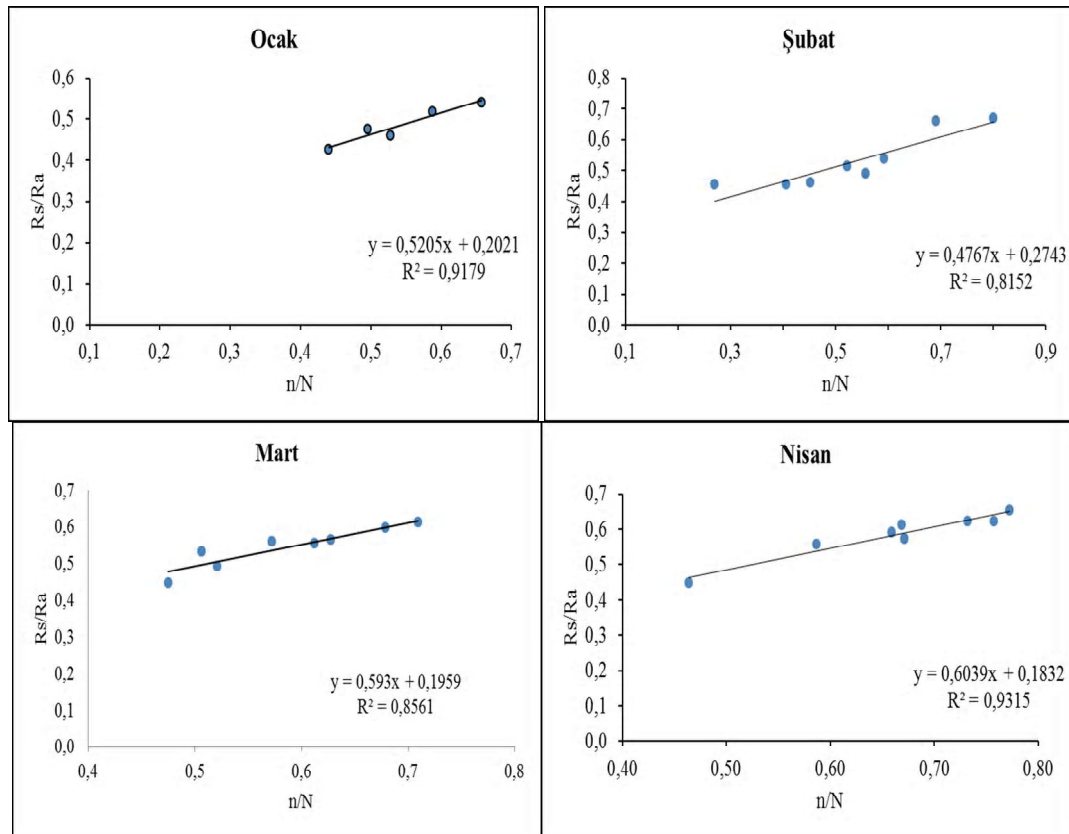
Mardin ilinde aylık Angstrom katsayısı, bağıl güneşlenme (n/N) ve yeryüzüne ulaşan bağıl güneş radyasyonu (R_s/R_a) korelasyon katsayısı Tablo 3.15'te gösterilmiştir. Açık günlerde R_a en yüksek oranda Haziran (0.7731) ve Temmuz (0.6815) ve en düşük oranı ise Şubat (0.4767) ve Ağustos (0.4796)'da dünya yüzeyine ulaşmaktadır. FAO yerel Angstrom katsayısını bilmediğimizde, katsayıların toplamı $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$, $a_s + b_s = 0.75$ 'e en yakın oran Ekim (0.7476) ve en uzak oran ise Haziran (0.8015) ayında belirlenmiştir.

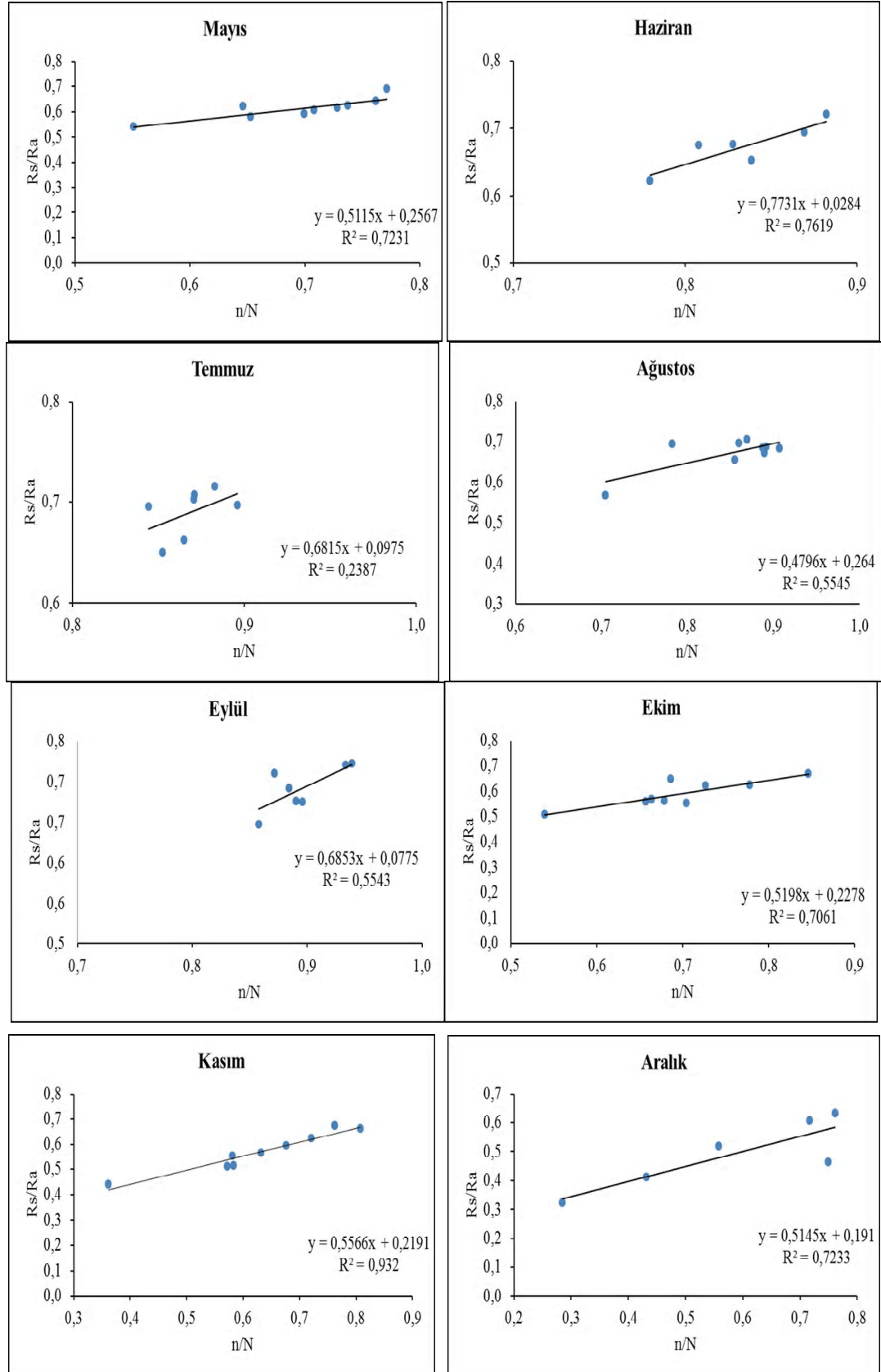
R_a 'nın kapalı olduğu günlerde Mardin'de en yüksek olduğu Ağustos ($a_s = 0.264$) ve Şubat ($a_s = 0.2743$) ve en düşük olduğu Temmuz ($a_s = 0.0975$) ve Eylül ($a_s = 0.0775$) görülmektedir. FAO 56 tarafından öneride bulunulan, $a_s = 0.25$ 'e en yakın oran Mayıs'ta (0.2567) bulunmuştur.

Mardin'de, nispi güneşlenmeye bağlı, parçalı bulutlu günlerde Dünya'ya ulaşan en yüksek solar radyasyon oranları Mart ayında ($b_s = 0.5361$) ve Ekim ayında ($b_s = 0.4959$), en düşük ise Eylül ayında ($b_s = 0.2467$) ve Ağustos ayında ($b_s = 0.3826$). FAO 56 tarafından öneride bulunulan katsayı $b_s = 0.50$ (0.4959) Ekim ayında en yakın olduğu bulunmuştur. (Şekil 3.17)

Tablo 3.16. Aylara Göre Mardin İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları

	I	II	III	IV	V	VI
a_s	0.2021	0.2743	0.1959	0.1832	0.2567	0.0284
b_s	0.5205	0.4767	0.5930	0.6039	0.5115	0.7731
a_s+b_s	0.7226	0.7510	0.7889	0.7871	0.7682	0.8015
R	0.9690	0.9	0.9219	0.9643	0.8485	0.8717
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a_s	0.0975	0.264	0.0775	0.2278	0.2191	0.1910
b_s	0.6815	0.4796	0.6853	0.5198	0.5566	0.5145
a_s+b_s	0.779	0.7436	0.7628	0.7476	0.7757	0.7055
R	0.4795	0.7416	0.7416	0.8366	0.9643	0.8485





Şekil 3.17. 2011-2019 arası aylık bazda Mardin ili Angstrom ilişkisi

Güneşlenme süreleri ve yıllık Angstrom katsayıları göz önünde bulundurularak Mardin'in tahmini ET_o frekans analiz sonuçları Tablo 3.17'de, frekans analiz denklemleri ise Tablo 3.18'de gösterilmektedir. Şekil 3.18'de gösterildiği gibi, aylık toplam ET_o 'daki değişim olasılıkları %5, %50 ve %95'tir.

Tablo 3.17. 2011-2019 yılları arasında Mardin İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	1.74	2.11	3.02	4.39	6.31	8.41	9.52	8.44	6.77	4.58	2.83	1.98	5.01
10	1.67	2.03	2.92	4.24	6.14	8.26	9.31	8.30	6.64	4.47	2.74	1.89	4.88
25	1.53	1.87	2.73	3.97	5.82	7.96	8.89	8.02	6.37	4.26	2.57	1.73	4.65
50	1.35	1.66	2.47	3.59	5.38	7.57	8.33	7.65	6.02	3.96	2.34	1.51	4.32
75	1.12	1.39	2.14	3.12	4.83	7.07	7.61	7.18	5.57	3.59	2.04	1.23	3.91
95	0.66	0.85	1.50	2.18	3.74	6.08	6.21	6.25	4.68	2.86	1.45	0.68	3.10

Tablo 3.18. Aylara Göre Mardin İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

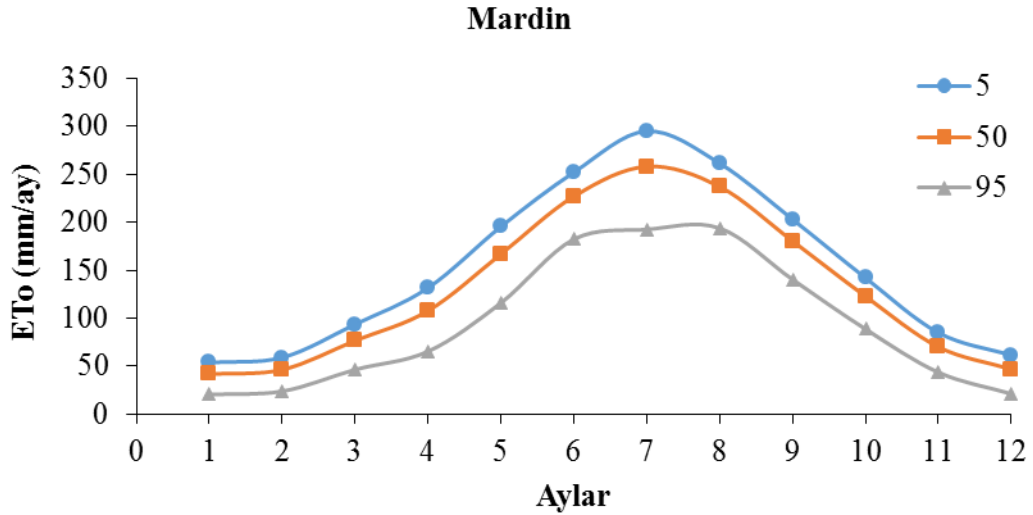
Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
I	$ET_o = 0.6109 \times WT + 1.6676$	VII	$ET_o = 1.8717 \times WT + 9.305$
II	$ET_o = 0.711 \times WT + 2.0278$	VIII	$ET_o = 1.2357 \times WT + 8.296$
III	$ET_o = 0.8632 \times WT + 2.923$	IX	$ET_o = 1.1834 \times WT + 6.6352$
IV	$ET_o = 1.2495 \times WT + 4.2448$	X	$ET_o = 0.975 \times WT + 4.4733$
V	$ET_o = 1.4534 \times WT + 6.1422$	XI	$ET_o = 0.7803 \times WT + 2.7423$
VI	$ET_o = 1.3176 \times WT + 8.2553$	XII	$ET_o = 0.7315 \times WT + 1.8927$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull= 0.114, %10 göre Weibull= 0.000, %25 göre Weibull= -0.220, %50 göre Weibull= -0.521, %75 göre Weibull= -0.903 ve %95 göre Weibull= -1.652

Frekans analizine göre Mardin'de buharlaşmanın en düşük olduğu ay olan ocak ayında ET_o %5 ve %95 olasılıkla 1.74-0.66 mm/gün ve %50 olasılıkla 1.35 mm/gün arasında değişmektedir. ET_o , En fazla atmosferik buharlaşma talebinin (ET_o) 8.33 mm/gün ile görüldüğü temmuz ayında %50 olasılıkla 9.52-6.21 mm/gün arasında değişmektedir. Sonuç olarak, Mardin'in ET_o 'ı yıl boyunca ortalama 5.30-3.32 mm/gün arasındadır.

Mardin ilinde %50 tahminle 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 aylık sırasıyla 41.8, 46.4, 76.7, 107.8, 166.9, 227.0, 258.2, 237.2, 180.5, 122.9, 70.1 ve 46.9 mm'dir.

Buharlařma meydana gelmiřtir. (řekil 3.18). Mardin'de aylık toplam ET_0 'nun en yüksek olduđu ay ortalama 258.2 mm ile temmuz ayında, en dűřük ortalama ise Ocak ayında 46.4 mm ile belirlendi.



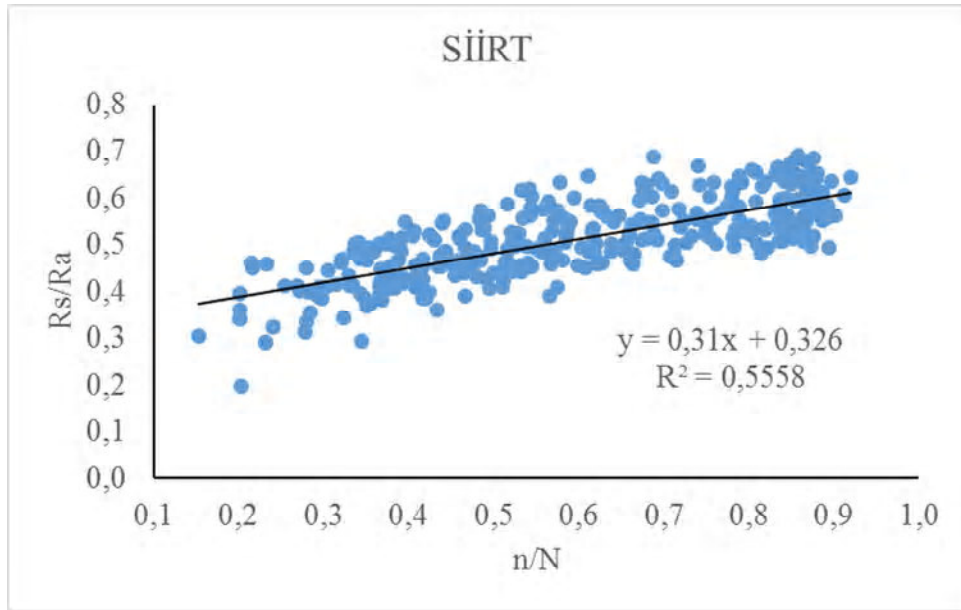
şekil 3.18. Mardin ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

Allen ve ark. (1998) tarafından önerilen güneřlenme sűresi sayısı (n) ve $a_s=0.25$, $b_s=0.50$ katsayıları dikkate alınarak hesaplanan ET_{01} sonucu ile R_s ve bölgesel Angstrom katsayısı dikkate alınarak hesaplanan ET_{02} sonucu arasındaki mutlak hata 0.08 mm'dir. /gűn Mardin'de ölçűlműřtir. Güneřlenme sűrelerinde hesaplanan (n) ET_{02} sonuçları ile yerel Angstrom katsayısı ve ET_{03} sonuçları arasındaki mutlak hata 0.14 mm/gűn idi. Bu sonuçlar, Mardin'in ET_0 'ı $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$ katsayıları kullanılarak daha dođru bir řekilde tahmin edilebileceđi anlařılmıřtır.

Mardin'de elde edilen verilere gűre atmosferik buharlařtırma gűcű yıllık (ET_0), TSBBST 'ye (2017) ve Cropwat 8.0 programına gűre yıllık toplam atmosferik buharlařma gűcű sırasıyla 1577 mm, 1611 mm ve 1281 mm olarak tahmin edilmektedir. Bu verileri kıyaslayacak olursak; TSBBST (2017) verilerine gűre, toplam yıllık ET_0 , %2.1 (34 mm) gűre daha dűřűktűr ve Cropwat 8.0 verilerine gűre ise %23.1 (296 mm) daha yűksektir.

3.1.8. Siirt

Siirt'in 1974'ten beri meteorolojik verileri vardır. Bununla birlikte, güneşlenme süresi verileri ve güneş (solar) radyasyonu yoğunluğu verileri, 1975'ten beri kesintili veri kayıtları olmaksızın mevcuttur. Şekil 3.19, 1975-2010 dönemi için yıllık Angstrom ilişkileri, Şekil 3.20 ise aylık Angstrom ilişkisini göstermektedir. Şekil 3.19'da gösterildiği gibi, Siirt'te bağıl güneşlenme saatleri (n/N) ile yıllık bağıl güneş (solar) radyasyonu arasında güçlü ($R^2 = 0.5558$) pozitif doğrusal bir ilişki vardır. Siirt'te her yıl $a_s = 0.326$, $b_s = 0.31$ ve $a_s + b_s = 0.636$ bulunmuştur. 0.636 Siirt atmosferinin dış yüzeyine ulaşan radyasyon (R_a), açık bir günde Dünya yüzeyine ulaşır. Açık bir günde R_a 'nın 0.326'sı Dünya yüzeyine ulaşır, bulutlu bir günde ise 0.31'i güneşlenme oranına bağlıdır.



Şekil 3.19. 1975-2010 arası yıllık bazda Siirt İli Angstrom ilişkisi

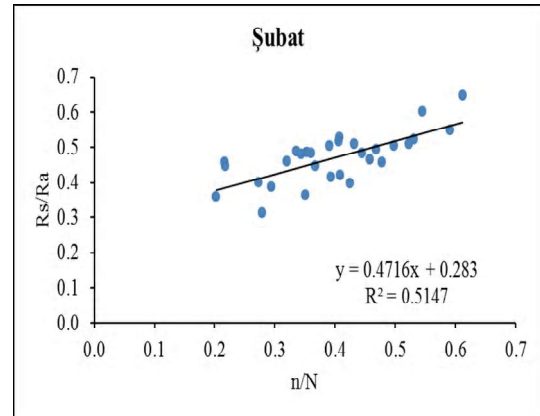
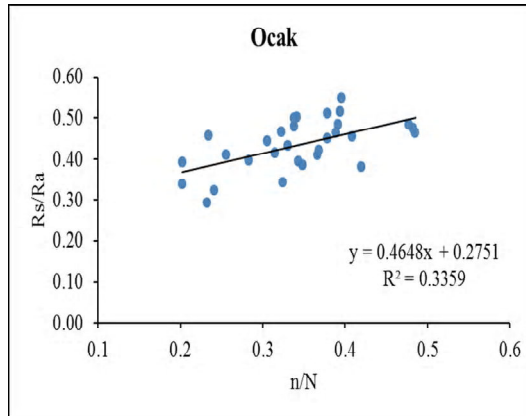
Tablo 3.19'da Siirt ili için aylık Angstrom katsayıları ve bağıl güneşlenme (n/N) ile yeryüzüne ulaşan bağıl solar radyasyon (R_s/R_a) korelasyon katsayıları verilmektedir. Açık bir günde R_a 'nın yeryüzüne en yüksek oranda Aralık (0.7872) ve Mart (0.7189) aylarında, en düşük oranı ise Siirt'te Şubat (0.563) ve Haziran (0.5681) aylarında ulaştığı görülmektedir. FAO 56 bölgesel Angstrom katsayısını bilmediğinde, $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayılarının toplamı 0.75'e en yakın Şubat (0.7546) ve en uzak Aralık (0.8562) olarak bulunmuştur.

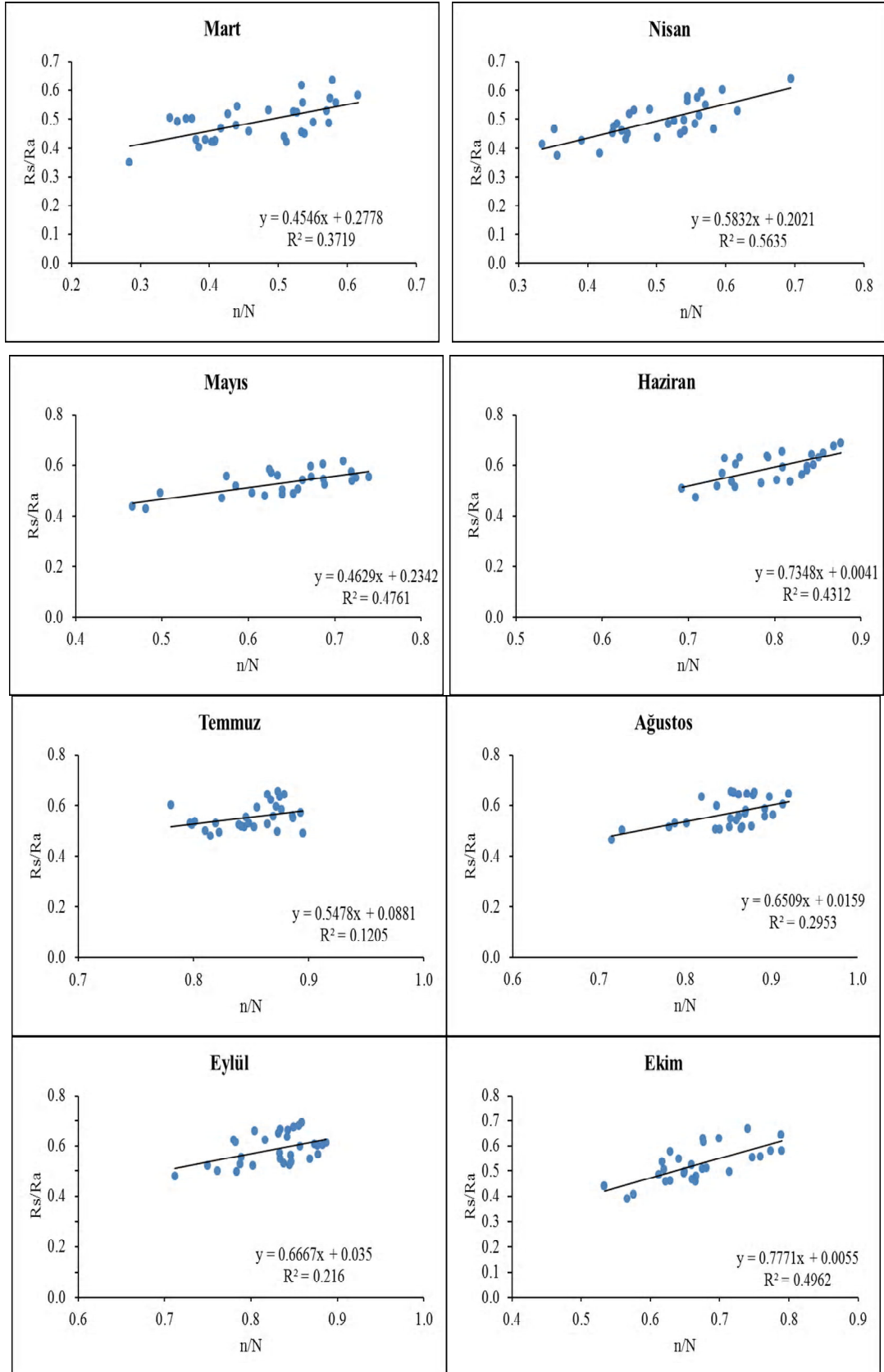
Siirt'te yeryüzüne ulaşma hızının oranının Haziran ($a_s = 0.225$) olarak ve Şubat ($a_s = 0.048$) ile kapalı günlerde olduğu, Temmuz ($a_s = 0.0912$) ve Eylül ($a_s = 0.1336$ olarak) olduğu görülmektedir. FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ 'e en yakın oran Haziran (0.225) ayında olduğu tespit edilmiştir.

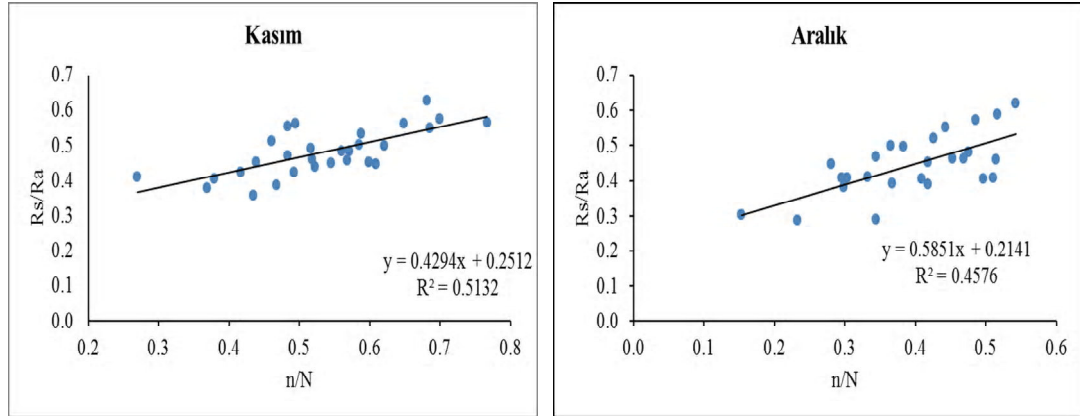
Siirt'te, parçalı bulutlu günlerde, Dünya'ya ulaşan güneş radyasyonu oranı, solar radyasyonun nedeniyle Ekim ayında ($b_s = 0.7771$) ve haziran ayında ($b_s = 0.7348$) ve mart ayında ($b_s = 0.4298$) ve Kasım ayında ($b_s = 0.4294$) en yüksek düzeydedir. FAO 56 tarafından önerilen katsayı $b_s = 0.50$ (0.4716) şubat ayındaki oranına en yakın olanıdır. (Şekil 3.20)

Tablo 3.19. Aylara Göre Siirt İli Angstrom Katsayıları ve Korelasyon Katsayıları

	I	II	III	IV	V	VI
a_s	0.2751	0.283	0.2914	0.2021	0.2342	0.0041
b_s	0.4648	0.4716	0.4298	0.5832	0.4629	0.7348
$a_s + b_s$	0.7399	0.7546	0.7212	0.7853	0.6971	0.7389
R	0.54	0.51	0.37	0.56	0.47	0.43
	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a_s	0.0881	0.0159	0.035	0.0055	0.2512	0.2141
b_s	0.5478	0.6509	0.6667	0.7771	0.4294	0.5851
$a_s + b_s$	0.6359	0.6668	0.7017	0.7826	0.6806	0.7992
R	0.12	0.29	0.21	0.49	0.51	0.54







Şekil 3.20. 1973-2005 arası aylık bazda Siirt ili Angstrom ilişkisi

Yıllık Angstrom katsayısı ve güneşlenme saatleri dikkate alınarak Siirt için tahmin edilen ET_o 'nun frekans analiz sonuçları Tablo 3.20'de, frekans analiz denklemleri ise Tablo 3.21'de gösterilmektedir. Şekil 3.21, %5, %50 ve %95 olasılık için ET_o 'daki ortalama aylık değişiklikleri gösterir.

Tablo 3.20. 1975-2010 yılları arasında Siirt İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	1.26	1.99	3.12	5.05	6.24	7.03	5.80	4.93	3.73	2.39	1.12	1.36	3.67
10	1.22	1.92	3.05	4.94	6.09	6.87	5.67	4.83	3.66	2.34	1.10	1.36	3.59
25	1.15	1.80	2.91	4.72	5.80	6.55	5.43	4.65	3.54	2.26	1.06	1.35	3.43
50	1.04	1.64	2.72	4.43	5.39	6.11	5.10	4.40	3.36	2.14	1.00	1.33	3.22
75	0.91	1.44	2.48	4.06	4.89	5.55	4.68	4.08	3.14	1.99	0.93	1.32	2.96
95	0.64	1.03	2.01	3.33	3.89	4.46	3.85	3.46	2.71	1.70	0.80	1.28	2.43

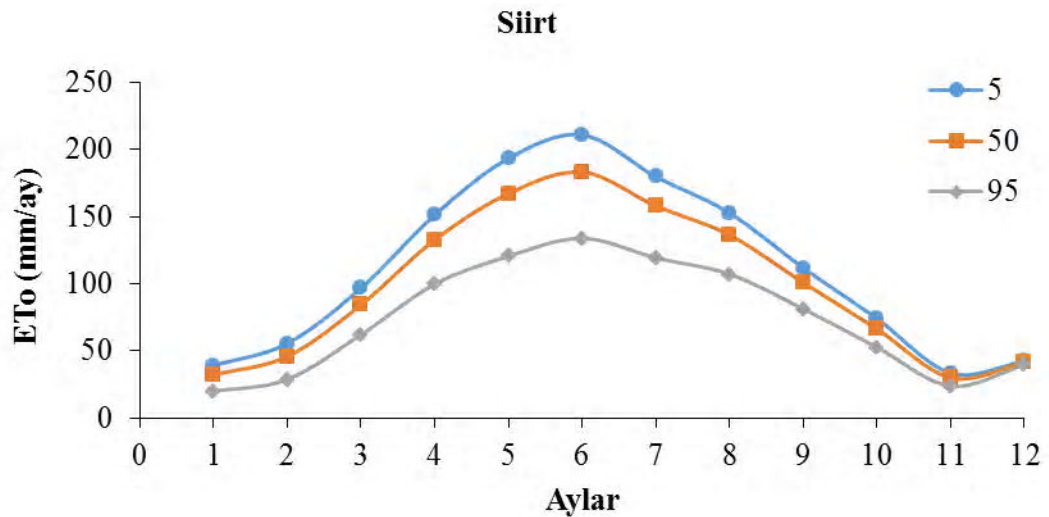
Tablo 3.21. Aylara Göre Siirt İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
I	$ET_o = 0.3516 \times WT + 1.223$	VII	$ET_o = 1.1041 \times WT + 5.6735$
II	$ET_o = 0.541 \times WT + 1.9241$	VIII	$ET_o = 0.8328 \times WT + 4.8334$
III	$ET_o = 0.6326 \times WT + 3.0525$	IX	$ET_o = 0.5741 \times WT + 3.662$
IV	$ET_o = 0.9731 \times WT + 4.936$	X	$ET_o = 0.39 \times WT + 2.3442$
V	$ET_o = 1.3309 \times WT + 6.0889$	XI	$ET_o = 0.181 \times WT + 1.0975$
VI	$ET_o = 1.4551 \times WT + 6.8671$	XII	$ET_o = 0.2646 \times WT + 1.0685$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull= 0.114, %10 göre Weibull= 0.000, %25 göre Weibull= -0.220, %50 göre Weibull= -0.521, %75 göre Weibull= -0.903 ve %95 göre Weibull= -1.652

Siirt'te evapotranspirasyonun en düşük olduğu Kasım ayında yapılan frekans analizi sonuçlarına göre, ET_o 'ın 1.12-0.80 mm/gün arasında değişme olasılığı %5 ve %95 olup, 1.00 mm/gün olasılıkla hesaplanmaktadır. %50 oranında. En fazla atmosferik buharlaşma talebinin (ET_o) görüldüğü mayıs ayında, ET_o %50 olasılıkla 4.43 mm/gün, %5 ve %95 olasılıkla 6.24-3.89 mm/gün arasında değişmektedir. Sonuç olarak, Siirt'in ortalama ET_o 'ı yıl boyunca 2.43-3.67 mm/gün arasında değişmektedir.

Siirt'te %50 ihtimalle; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 ayları sırasıyla 32.2, 46.0, 84.4, 132.9, 167.2, 183.3, 158.0, 136.4, 100.9, 66.4, 30.1 ve 41.4 mm'lik bir referans evapotranspirasyon meydana geldiği görülmektedir. (Şekil 3.21) Siirt'te aylık toplam ET_o 'nun en yüksek olduğu ay ortalama 183,3 mm ile haziran ayında, en düşük olduğu da Kasım ayında ortalama 30,1 mm ile belirlenmiştir



Şekil 3.21. Siirt ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

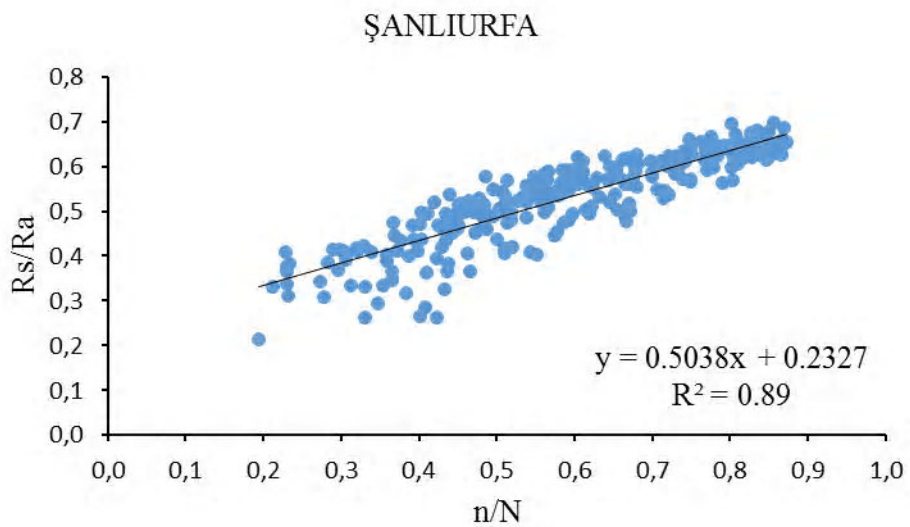
Allen ve ark. (1998) tarafından önerilen güneşlenme süresi sayısı (n) ve $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$ dikkate alınarak hesaplanan ET_{o1} sonucu ile Siirt'te ölçülen R_s ve yerel Angstrom katsayıları göz önünde bulundurularak hesaplanan ET_{o2} sonucu arasındaki mutlak hata 0.33 mm/gün'dür. Güneşlenme sürelerinde (n) ET_{o2} sonuçları ile bölgesel Angstrom katsayısı ve ET_{o3} sonuçları arasındaki mutlak hata 0.12 mm/gün olarak belirlenmiştir.

Bu sonuçlardan Siirt'in ET_0 'su yerel Angstrom katsayısı kullanılarak daha doğru bir şekilde bulunabilir.

Siirt'te elde edilen verilere göre atmosferik buharlaştırma gücü yıllık (ET_0), TSBBST (2017) ve Cropwat 8.0 programına göre yıllık toplam atmosferik buharlaşma gücü sırasıyla 1175 mm, 1245 mm ve 1226 mm olarak tahmin edilmektedir. Bu verileri kıyaslayacak olursak; TSBBST (2017) verilerine göre, toplam yıllık ET_0 , %5.6 (70 mm) ve Cropwat 8.0 verilerine göre ise %4.2 (51 mm) daha düşüktür.

3.1.9. Şanlıurfa

Şanlıurfa, 1929 yılından itibaren meteorolojik veriler kaydetmiştir. Bununla birlikte, güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu yoğunluğuna ilişkin veriler 1968'den sonra mevcuttur. 1968'den 2019'a yıllık Angstrom ilişkileri Şekil 3.22'de gösterildiği gibi, Şanlıurfa'daki yıllık bağıl güneşlenme süreleri (n/N) ile bağıl güneş radyasyonu arasında güçlü bir doğrusal pozitif bir ilişki ($R^2=0,89$) vardır. Şanlıurfa'da yıllık olarak $a_s=0.2327$, $b_s=0.5038$ ve $a_s + b_s=0.7365$ olarak bulunmuştur. Şanlıurfa'da atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyonun (R_a) 0.7365'i açık bir günde Dünya yüzeyine ulaşır. Güneşlenme oranına bağlı olarak, tam kapalı günlerde 0.2327 R_a Dünya yüzeyine, bulutlu günlerde ise 0.5038'i güneşlenme oranına bağlı olarak ulaştığı görülmektedir.



Şekil 3.22. 1983-2017 arası yıllık bazda Şanlıurfa İli Angstrom ilişkisi

Şanlıurfa'da aylık Angstrom katsayısı ile bağıl güneşlenme (n/N) ile yeryüzüne ulaşan bağıl güneş radyasyonu (R_s/R_a) arasındaki korelasyon katsayısı, veri eksikliğinden dolayı Angstrom katsayısı ile aylık olarak ölçülememiştir.

Tablo 3.22. 1983-2017 yılları arasında Şanlıurfa İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	1.10	1.55	2.61	4.01	5.78	7.72	8.37	7.46	5.67	3.49	1.92	1.19	4.24
10	1.06	1.51	2.54	3.91	5.64	7.57	8.22	7.32	5.56	3.41	1.86	1.15	4.15
25	1.00	1.44	2.41	3.72	5.39	7.28	7.91	7.06	5.35	3.25	1.76	1.07	3.97
50	0.92	1.33	2.23	3.46	5.03	6.88	7.50	6.71	5.06	3.03	1.62	0.97	3.73
75	0.81	1.20	2.00	3.13	4.59	6.38	6.98	6.26	4.69	2.76	1.45	0.84	3.42
95	0.60	0.95	1.56	2.48	3.71	5.40	5.95	5.37	3.96	2.23	1.10	0.59	2.83

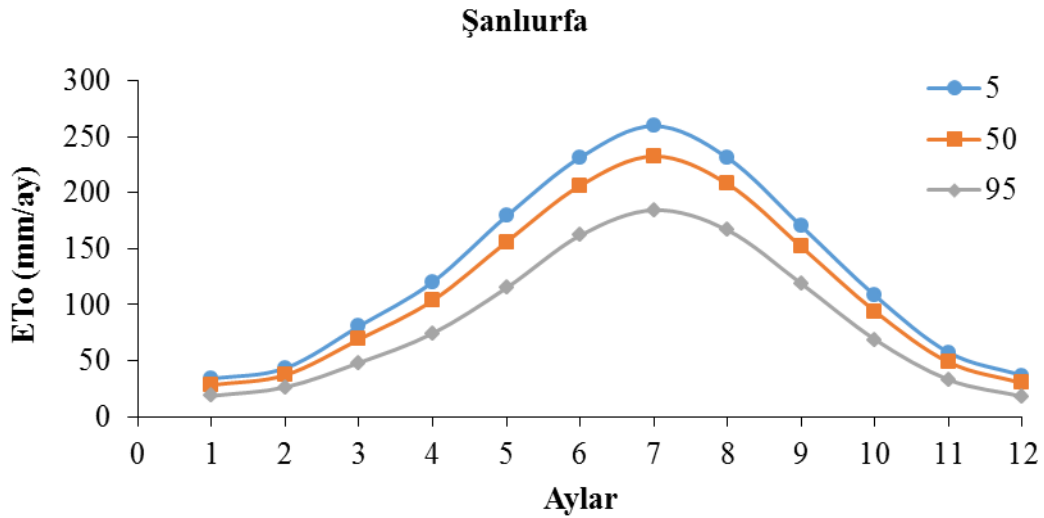
Tablo 3.23. Aylara Göre Şanlıurfa İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
I	$ET_o = 0.2787 \times WT + 1.0637$	VII	$ET_o = 1.3714 \times WT + 8.2157$
II	$ET_o = 0.3436 \times WT + 1.5139$	VIII	$ET_o = 1.1798 \times WT + 7.3222$
III	$ET_o = 0.5972 \times WT + 2.5441$	IX	$ET_o = 0.9687 \times WT + 5.563$
IV	$ET_o = 0.8649 \times WT + 3.913$	X	$ET_o = 0.716 \times WT + 3.4081$
V	$ET_o = 1.1702 \times WT + 5.6442$	XI	$ET_o = 0.4608 \times WT + 1.8643$
VI	$ET_o = 1.3127 \times WT + 7.5653$	XII	$ET_o = 0.3396 \times WT + 1.1495$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull = 0.114, %10 göre Weibull = 0.000, %25 göre Weibull = -0.220, %50 göre Weibull = -0.521, %75 göre Weibull = -0.903 ve %95 göre Weibull = -1.652

Şanlıurfa'da evapotranspirasyonun en düşük olduğu ocak ayında yapılan frekans analizi sonuçlarına göre, ET_o %5 olasılıkla 1.10-0.60 mm/gün ile %95 arasında değişmekte olup, %50 olasılıkla 0.92 mm/gün olarak hesaplanmıştır. En fazla atmosferik buharlaşma talebinin (ET_o) görüldüğü temmuz ayında ET_o 'ın %50 tahminiyle 7.50 mm/gün, %5 ve %95 olasılıkla 8.37-5.95 mm/gün arasında değiştiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak Şanlıurfa'da ortalama ET_o %50 tahminle yıl boyunca 4,24-2,83 mm/gün arasında değişmektedir.

Şanlıurfa ilinde %50 tahminle 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 aylık sırasıyla 28.5, 37.4, 69.2, 103.9, 156.1, 206.4, 232.5, 207.9, 151.7, 94.1, 48.7 ve 30.1 mm referans evapotranspirasyon meydana gelmiştir(Şekil 3.23). Şanlıurfa'da aylık toplam ET_o ortalamaları en yüksek 232.5 mm ile temmuz ayında, en düşük aylık ortalama ise ocak ayında 28,5 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.23. Şanlıurfa ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

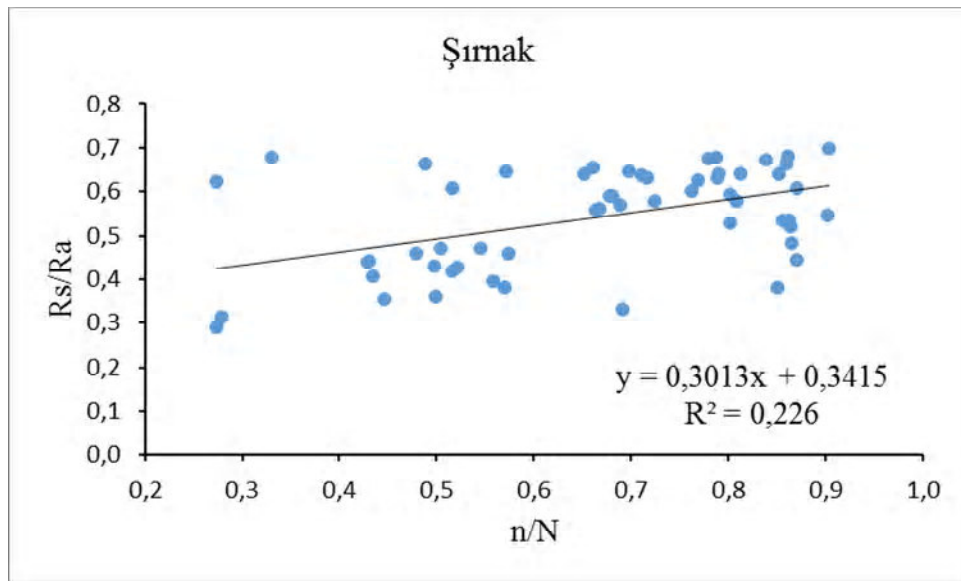
Allen ve ark. (1998) tarafından önerilen güneşlenme süresi sayısı (n) ve $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$ kabul edilerek hesaplanan ET_{o1} sonucu ile R_s ve bölgesel Angstrom katsayısı göz önünde bulundurularak hesaplanan ET_{o2} sonucu arasındaki mutlak hata 0.27 mm/gün olarak saptanmıştır. Yerel Angstrom katsayısı ve güneşlenme süreleri (n) ile hesaplanan ET_{o2} sonuçları ile ET_{o3} sonuçları arasındaki mutlak hata 0.18 mm/gün, yıllık Angstrom sayıları kullanarak hesaplanan $ET_{o3/2}$ sonuçlarına göre hata 0.09 mm/gün olarak belirlendi. Bu bulgulara göre, yıllık yerel Angstrom sayıları kullanılarak Şanlıurfa'nın ET_o 'ı daha doğru olarak tahmin edilmiştir.

Şanlıurfa'da elde edilen verilere göre atmosferik buharlaştırma gücü yıllık (ET_o), TSBBST (2017) ve Cropwat 8.0 programına göre yıllık toplam atmosferik buharlaşma gücü sırasıyla 1361 mm, 1372 mm ve 1631 mm olarak tahmin edilmektedir. Bu verileri

kıyaslayacak olursak; TSBBST (2017) verilerine göre, toplam yıllık ET_0 , %0.80 (11 mm) ve Cropwat 8.0 verilerine göre ise %16.5 (270 mm) daha düşüktür.

3.1.10. Şırnak

Şırnak ilinde 2009-2019 yılları arasındaki 11 yıllık meteorolojik veriler vardır. Verilerin olduğu zaman diliminin yanı sıra çok miktarda veri, güneşlenme süresi verisi de bulunmaktadır. Öte yandan, 2009 sonrası güneşlenme yoğunluğu veya küresel radyasyon verilerinde tespit edilen eksikliklerin yanı sıra, bugüne kadar bazı eksiklikler de olmuştur. Verilerdeki bu sorunlar nedeniyle, Angstrom katsayısı aylık olarak değil, tam veri setinin mevcut olduğu 2009'dan 2016'ya kadar yıllık Angstrom olarak belirlendi. Şekil 3.24'te gösterildiği gibi, Şırnak'ta nispi güneşlenme süresi (n/N) ile nispi güneş radyasyonu ($R^2 = 0.226$) arasında orta derecede pozitif doğrusal bir ilişki vardır. Şırnak'ta $a_s = 0.3415$, $b_s = 0.3013$ ve $a_s + b_s = 0.6428$ yıllık olarak belirlenen Angstrom katsayısıdır. Yerel Angstrom katsayılarının yokluğunda, FAO 56 tarafından önerilen $a_s = 0.25$ ve $b_s = 0.50$ katsayılarına kıyasladığımızda Şırnak'ta a_s biraz yüksek ve b_s daha düşüktür. Toplamları 0.75 faktöründen yaklaşık 0.1079 daha düşüktür. Şırnak atmosferinin dış yüzeyine ulaşan 1 birim radyasyonun R_a veya dünya dışı radyasyon 0.6428'i açık bir günde Dünya yüzeyine ulaşır. Güneşlenme hızına bağlı olarak, tam kapalı günlerde R_a 0.3415, bulutlu günlerde ise 0.3013 yeryüzüne ulaştığı görülmektedir.



Şekil 3.24.2009-2016 arası yıllık bazda Şırnak İli Angstrom ilişkisi

Şırnak'ın tahmini ET_o frekans analizi sonuçları Tablo 3.24'te, frekans analizi denklemleri ise Tablo 3.25'te yıllık Angstrom katsayısı ve güneşlenme saatleri göz önünde bulundurularak listelenmiştir. Şekil 3.25, %5, %50 ve %95 olasılık için ET_o 'daki aylık ortalama değişiklikleri gösterilmiştir.

Tablo 3.24. 2010-2019 yılları arasında Şırnak İli referans evapotranspirasyon (mm/gün) aylara göre frekans analizi sonuçları

P	O	Ş	M	N	M	H	T	A	EY	E	K	AR	Ort
5	1.01	1.36	2.33	3.95	5.00	6.29	6.80	6.09	4.92	3.02	1.53	1.14	3.62
10	0.99	1.34	2.27	3.82	4.91	6.23	6.70	6.01	4.81	2.97	1.50	1.12	3.56
25	0.96	1.29	2.15	3.56	4.74	6.11	6.50	5.87	4.61	2.86	1.45	1.07	3.43
50	0.91	1.22	1.99	3.21	4.51	5.94	6.23	5.67	4.34	2.71	1.38	0.99	3.26
75	0.84	1.13	1.79	2.76	4.21	5.72	5.89	5.41	4.00	2.53	1.30	0.90	3.04
95	0.72	0.96	1.40	1.89	3.63	5.30	5.22	4.91	3.32	2.16	1.13	0.73	2.61

Tablo 3.25. Aylara Göre Şırnak İli Referans Evapotranspirasyon Frekans Eşitlikleri

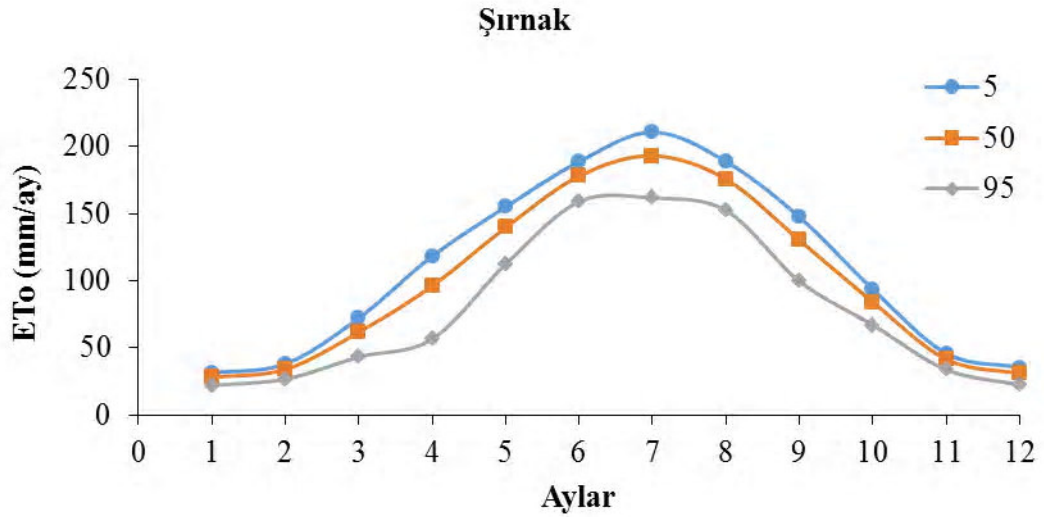
Aylar	Frekans eşitliği	Aylar	Frekans eşitliği
1	$ET_o = 0.168 \times WT + 0.9939$	7	$ET_o = 0.8974 \times WT + 6.6981$
2	$ET_o = 0.2287 \times WT + 1.3367$	8	$ET_o = 0.6673 \times WT + 6.0146$
3	$ET_o = 0.5282 \times WT + 2.2697$	9	$ET_o = 0.9024 \times WT + 4.8122$
4	$ET_o = 1.166 \times WT + 3.8152$	10	$ET_o = 0.4852 \times WT + 2.9654$
5	$ET_o = 0.7781 \times WT + 4.9125$	11	$ET_o = 0.2272 \times WT + 1.5031$
6	$ET_o = 0.563 \times WT + 6.23$	12	$ET_o = 0.2365 \times WT + 1.1177$

Tekrarlanma ihtimali %5 göre Weibull= 0.114, %10 göre Weibull = 0.000, %25 göre Weibull = -0.220, %50 göre Weibull = -0.521, %75 göre Weibull = -0.903 ve %95 göre Weibull = -1.652

Frekans analizi sonuçlarına göre, Şırnak ilinde evapotranspirasyonun en düşük olduğu ocak ayında, ET_o %5 ve %95 tahminiyle sırasıyla 1.01-0.72 mm/gün arasında değişmekte olup, %50 olasılıkla 0.91 mm/gün olarak hesaplanmıştır. En fazla atmosferik buharlaşma talebinin (ET_o) görüldüğü temmuz ayında, ET_o %50 olasılıkla 5,94 mm/gün, %5 ve %95 olasılıkla 6,80-5,22 mm/gün arasında değişmektedir.

Şırnak ilinde %50 tahminle; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 ve 12 ayların sırasıyla, 28.1, 34.1, 61.8, 96.2, 139.7, 178.1, 193.1, 175.7, 130.3, 84.1, 41.5 ve 30.8 mm referans buharlaşması meydana gelmiştir (Şekil 3.25). Şırnak'ta aylık en yüksek toplam ET_o

temmuz ayı için ortalama 193.1 mm, en düşük ile ortalama aralık ayı için 28.1 mm olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.25. Şırnak ilinde %5, %50 ve %95 ihtimallerinde aylık toplam referans evapotranspirasyon değerleri

Allen ve ark. (1998) tarafından öneride bulunulan $a_s = 0.25$, $b_s = 0.50$ kullanılarak hesaplanan ortalama günlük ET_{o1} sonucu ile güneşlenme süresi sayısı (n) ile Şırnak'ta ölçülen R_s ve bölgesel Angstrom katsayısı kullanılarak hesaplanan günlük ET_{o2} sonucu arasındaki mutlak hata 0.91 mm/gün olarak saptanmıştır. Yerel Angstrom katsayısı ve güneşlenme süreleri (n) cinsinden hesaplanan ET_{o2} sonuçları ile ET_{o3} sonuçları arasındaki mutlak hata 0.24 mm/gün idi. Bu bulgulara göre, yıllık yerel Angstrom katsayısı kullanılarak Şırnak'ın ET_o 'ı daha doğru olarak tahmin edilebileceği tespit edilmiştir.

Şırnak'ta elde edilen verilere göre atmosferik buharlaştırma gücü yıllık (ET_o), 1189 mm bulunmuştur. Hem Climwat 2.0 ve hem de TSBBST (2017)'de Şırnak iline ilişkin veriler ve ET_o sonuçları bulunmamaktadır. Şırnak ilinin bir ilçesi olan Cizre'de TSBBST (2017)'ye göre 1381 mm, Cropwat 8.0 programına ve Climwat 2.0 verileri ve göre ise 1175 mm olarak belirlenmiştir. Cizre ilçesi yıllık toplam ET_o TSBBST (2017) rehberine göre %13.9 (192 mm) daha düşük, Cropwat 8.0 programına göre ise %1.2 (14 mm) daha yüksek bulunmuştur.

4. BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç ve Öneriler

Yapılmış olan çalışmada Güneydoğu Anadolu'da referans evapotranspirasyon (ET₀) değerlerinin hesaplanması için gerekli yerel Angstrom katsayılarının FAO 56 Penman-Monteith yöntemine göre belirlenmesi amaçlanmıştır. Belirlenen Angstrom katsayıları kullanılarak tahmin edilen referans evapotranspirasyon değerleri, Güneydoğu Anadolu bölgesinde ölçülen güneş radyasyonu verileri kullanılarak hesaplanan referans evapotranspirasyon değerleri ile karşılaştırılmıştır. Aynı zamanda FAO 56 tarafından önerilen Angstrom katsayısı kullanılarak hesaplanan referans evapotranspirasyon değerleri de karşılaştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Tahmin edilen referans evapotranspirasyon değerlerinin rasat süresi boyunca aylık değişim aralığını bulmak için frekans analizi yapılmıştır.

Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer alan Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin ve Siirt illerinde verimlilik aylık yıllık Angstrom katsayıları hesaplanmıştır. Şanlıurfa ve Şırnak illerinde ise veri eksikliği olmasından dolayı sadece yıllık Angstrom katsayıları hesaplanabilmiştir.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi illerine göre a_s+b_s yıllık bazda katsayıları: Adıyaman'da 0.5357, Batman'da 0.569, Diyarbakır'da 0.7283, Gaziantep'te 0.6484, Kilis'te 0.7173, Mardin'de 0.759, Siirt'te 0.636, Şanlıurfa'da 0.7365 ve Şırnak'ta 0.6428 olarak bulunmuştur.

Allen vd. (1998) tarafından öneride bulunulan $a_s= 0.25$, $b_s= 0.50$ katsayıları kullanılarak ve güneşlenme süreleri (n) verileri ile ET₀₁ hesaplanmıştır. Meteoroloji istasyonlarında alınan verilen ile ölçülmüş R_s ve yerel Angstrom katsayılarıyla ET₀₂ bulunurken yerel Angstrom katsayıları ve güneşlenme süresi (n) verileri kullanılarak da ET₀₃

bulunmuştur. Bölgesel Angstrom katsayılarıyla solar radyasyon şiddeti tahmin edildiği için yerinde ölçülmüş solar radyasyon bilgileri de göz önünde bulundurularak hesaplanan ET_{o2} verileri de kayıt altına alınmıştır. $ET_{o1}-ET_{o2}$ ve $ET_{o3}-ET_{o2}$ arası mutlak hatalar; Adıyaman'da 0.83 ve 0.08, Batman'da 0.82 ve 0.21, Diyarbakır'da 0.17 ve 0.13, Gaziantep'te 0.65 ve 0.11, Kilis'te 2.89 ve 0.10, Mardin'de 0.08 ve 0.14, Siirt'te 0.33 ve 0.12, Şırnak'ta 0.91 ve 0.24 ve olarak bulunmuştur. Ancak Şanlıurfa için değerlerin $ET_{o1}-ET_{o2}$ ve $ET_{o3}-ET_{o2}$ ve $ET_{o2}-ET_{o3/2}$ olarak yıllık ölçülmüş Yıllık yerel Angstrom katsayıları ile hesaplanarak $ET_{o3/2}$ değeri bulunarak 3 ayrı hata bulunmuştur. Şanlıurfa'da 0.27-0.18 ve 0.09 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, yerel Angstrom katsayıları ile iller için daha doğru şekilde ET_o 'ın tahmin edilebileceğini görülmüştür.

Yapılan çalışmalar ışığında toplam yıllık atmosferik buharlaştırma gücü (ET_o), Adıyaman'da 1113 mm, Batman'da 1316 mm, Diyarbakır'da 1453 mm, Kilis'te 1441 mm, Siirt'te 1175 mm, Şanlıurfa'da 1361 mm ve Şırnak'ta 1189 mm olarak bulunmuştur. Bu verilere göre en yüksek yıllık toplam ET_o Mardin'de (1577 mm) ve en düşük Gaziantep'te (996 mm) saptanmıştır.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi İllerindeki verilere göre ET_o değerleri, TSBBST (2017) 'den alınan ET_o değerleri arasındaki kıyaslama yapılacak olursa; Adıyaman %13.9 Gaziantep %12, Mardin %2.1, Siirt %5.6, Şanlıurfa %0.8 Şırnak %13.9 daha düşük bulunurken, Batman %8.7, Diyarbakır %2.3 Kilis %0.63 oranında yüksek bulunmuştur.

Güneydoğu Anadolu Bölgesi İllerindeki verilere göre ET_o değerleri, Climwat 2.0 verileri ve Cropwat 8.0 sonuçları ile kıyaslandığında ise; Adıyaman %22.2, Gaziantep %22.9, Kilis %0.55, Siirt %4.2 ve Şanlıurfa %16.5 daha düşük bulunurken, Diyarbakır %3.12, Mardin %23.1 ve Şırnak %1.2 daha yüksek bulunmuştur. Batman ili için Climwat (2.0) programında veri bulunamamıştır. Ayrıca Şırnak ili için hem Climwat 2.0 ve hem de TSBBST (2017)'de Şırnak iline ilişkin veriler bulunmamaktadır. TSBBST (2017) ve Climwat 2.0 verileri ve Cropwat 8.0 programındaki veriler Şırnak ilinin bir ilçesi olan Cizre'den alınmıştır.

Frekans analizlerine göre %50 olasılıkta ET_o Siirt ilinde haziran ayında diğer tüm illerde en yüksek temmuz ayında meydana gelmiştir. En düşük ET_o ise Kilis'te aralık ayında, Siirt'te Kasım ayında diğer tüm illerde ise Ocak ayında meydana gelmiştir.

Güneydoğu Anadolu bölgesindeki iller bazında yapılan çalışma neticesinde, elde edilmiş sonuçlarda; Angtrom katsayıları, frekans analizleri, yıllık atmosferik buharlaştırma gücü (ET_o), kullanılabilir ve uygulanabilir nitelikte olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. 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.
2. 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.
3. Amarkai, P.A., 2019. İklim parametrelerindeki değişimin bitki su tüketimine etkisi. Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 81 s.
4. Angstrom, A., 1924. Solar and terrestrial radiation. **Quarterly Journal of Royal Meteorological Society**, **50**, 121-126.
5. Atalay, İ., 2010. Uygulamalı klimatoloji. Dokuz Eylül Üniversitesi, Meta Basın Matbaacılık Hizmetleri, Bornova- İzmir, 600 s.
6. Bakırcı, M., 2021. http://auzefkitap.Mardin.edu.tr/kitap/cografya_lisans_ao/turkiye_tarim_cografyasi.pdf (Erişim Tarihi: 13/12/2020)
7. Baran, A., 2021. Marmara Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Güneş Radyasyon Verileri ve Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 84 s.
8. 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.
9. Cohen, J. 1988. Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.) Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
10. Dadaser Celik, F., Cengiz, E., Guzel, O., 2015. Trends in reference evapotranspiration in Turkey: 1975-2006. **International Journal of Climatology**, **36**, 1733-1743.
11. Doorenbos, J., Pruitt W.O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No.24, Rome.

12. 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.
13. 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.
14. Hargreaves, G.H., Merkle, G.P., 2004. Irrigation Fundamentals. Water Resources Publications, LLC. Utah, USA, 182 pp.
15. James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley & Sons Inc., Singapore, 512 pp.
16. 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.
17. Jerszurki, D., Souza, J.L.M., Evangelista, A.W.P., 2015. Probabilidade e variaçao temporal da evapotranspiração de referencia na regiao de Telemaco Borba-PR. *Rev.Bras.Biom.*, **Sao Paulo**, **33** (2), 118-129.
18. Kaymaz, E., 2020. Akdeniz Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Güneş Radyasyon Verileri ve Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 52 s.
19. Kırtan, E., 2020. Karadeniz Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Güneş Radyasyon Verileri ve Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 84 s.
20. 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.
21. 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.

22. Polu, P.S., 2021. Doğu Anadolu Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Güneş Radyasyon Verileri ve Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi. Erciyes Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 105 s.
23. Prescott, J.A., 1940. Evaporation from a water surface in relation to solar radiation. **Trans Roy Soc Sci, Aust**, **64**, 25-114.
24. 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.
25. Sen Z., 2001. Angstrom equation parameter estimation by unrestricted method. **Solar Energy**, **71**: 95-107.
26. Şen, Z., Tan, E., 2001. Simple models of solar radiation data for Northwestern part of Turkey. **Energy Conversion and Management**, **42**, 587-598.
27. 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.
28. Şimşek, E., 2020. İç Anadolu Bölgesi Referans Evapotranspirasyon Frekans Analizi ve Evapotranspirasyon Hesaplamalarında Solar Radyasyon Parametreleri. Erciyes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri, 74 s.
29. 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.
30. 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.
31. 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.
32. TSBBST, 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
33. TSBBST, 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.

34. Ünlükara, A., 2014. Referans evapotranspirasyon hesaplamalarında solar radyasyon yoğunluğu ve nispi güneşlenme verilerinin kullanımı. *12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs Şırnak, 84-89.
35. Ünlükara, A., 2014. Referans evapotranspirasyon hesaplamalarında solar radyasyon yoğunluğu ve nispi güneşlenme verilerinin kullanımı. *12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs Şırnak, 84-89.
36. 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.
37. Yin, Y., Wu, S., Zheng, D., Yang, Q., 2008. Radiation calibration of FAO56 Penman-Monteith model to estimate reference crop evaptranspiration in China. ***Agricultural Water Management*, 95**, 77-84.
38. Yürekli, K., Ünlükara, A., 2013a. Küresel Isınmanın Kuraklığa Etkilerinin Değerlendirilmesinde SPI ve SPEI İndislerinin Karşılaştırılması. *3. Uluslararası Diyarbakır Su Kongresi*. 22-24 Mart. Diyarbakır-Türkiye. 225-233.
39. 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.
40. 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, Mardin.
41. 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.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı: Mehmet KILIÇ

Uyruğu TC

EĞİTİM

Derece	Bölüm	Üniversite	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Peyzaj mimarlığı	Atatürk	2011
Yüksek Lisans	Biyosistem Müh.	Erciyes	2022

YABANCI DİL

İngilizce