



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLOR (PCL)
TEMELLİ İKLİM İSTASYONU İÇİN BİTKİ SU
TÜKETİMİ YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ:
MISIR (*Zea mays* L.) ÖRNEĞİ**

**EKİN ŞARLI
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2019

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLOR (PCL)
TEMELLİ İKLİM İSTASYONU İÇİN BİTKİ SU
TÜKETİMİ YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ:
MISIR (*Zea mays* L.) ÖRNEĞİ

EKİN ŞARLI

Bu tez,
BİYOSİSTEM Mühendisliği Anabilim Dalında
YÜKSEK LİSANS
derecesi için hazırlanmıştır.

KAHRAMANMARAŞ 2019

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ekin ŞARLI tarafından hazırlanan “PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLOR (PCL) TEMELLİ İKLİM İSTASYONU İÇİN BİTKİ SU TÜKETİMİ YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ: MISIR (Zea mays L.) ÖRNEĞİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 22/07/2019 tarihinde oy birliği ile Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN (DANIŞMAN)
Biyosistem Mühendisliği Bölümü
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi



Doç. Dr. Serpil GENÇOĞLAN (ÜYE)
Biyosistem Mühendisliği Bölümü
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi



Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK (ÜYE)
Biyosistem Mühendisliği Bölümü
Siirt Üniversitesi



Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YAZICI
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ekin ŞARLI



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**PROGRAMLANABİLİR LOJİK KONTROLOR (PLC) TEMELLİ İKLİM
İSTASYONU İÇİN BİTKİ SU TÜKETİMİ YAZILIMININ GELİŞTİRİLMESİ:
MISIR (*Zea mays* L.) ÖRNEĞİ
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

EKİN ŞARLI

ÖZET

Bu çalışmada; bazı iklim parametreleri kullanarak FAO 56 Penman Monteith yöntemine göre günlük Referans Evapotranspirasyon (ET_o) miktarını hesaplayan, CODESYS-ST programlama dilinde bir iklim istasyonu yazılımının geliştirilmesi, mısırın bitki su tüketiminin hesaplanması ve mevcut verilerle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışma, Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Kahramanmaraş ili 2018 yılı günlük iklim verileri ile yürütülmüştür. İklim istasyonu yazılımı, Program Organizasyon Birimi (POU) altında PLC_PRG (PRG) programına ek olarak ET_o _hesap (PRG), entegral (PRG) ve iklim_verileri (PRG) alt programlarından oluşturulmuştur. İklim verilerinin kaydedilebilmesi amacıyla write_sd_card (FB) fonksiyon bloğu kullanılmıştır.

İklim istasyonu yazılımı kullanılarak günlük ET_o değerleri hesaplanmıştır. Bu ET_o değerleri, mısırın bitki katsayısı (k_c) ile çarpılarak mısırın günlük bitki su tüketimi (ET_c) belirlenmiş ve "Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi" ile karşılaştırılmıştır. Yazılımla hesaplanan ET_c değerleri ve Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinde verilen ET_c değerleri arasındaki OMGH KOKH değerleri % 8.17 ve %0.55 olarak hesaplanmıştır. ET_o ve ET_c değerleri arasındaki ilişki $ET_c=2.1298ET_o-6.2876$ ($R^2=0.9958$) fonksiyonu ile ortaya koyulmuştur. Yazılımın genel olarak Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi ile uyumlu olduğu, günlük ET_o ve ET_c hesaplamalarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CODESYS-ST, ET_o , ET_c , İklim istasyonu, PLC, Penman Monteith

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Temmuz/2019

Danışman: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Sayfa sayısı: 79

**DEVELOPMENT OF PLANT WATER CONSUMPTION SOFTWARE FOR
CLIMATE STATION USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC):
MAIZE (Zea mays L.) CASE STUDY
EKİN ŞARLI**

ABSTRACT

In this study; It is aimed to develop a climate station software in CODESYS-ST programming language which calculates the daily reference evapotranspiration (ET_o) amount according to FAO 56 Penman Monteith method by using some climate parameters, calculating the plant water consumption of corn and comparing with the available data.

The study was carried out with daily climate data of Kahramanmaraş province in 2018 obtained from the General Directorate of Meteorology. The climate station software is composed of ET_o_account (PRG), integral (PRG) and climate data (PRG) subprograms in addition to the PLC_PRG (PRG) program under the Program Organization Unit (POU). Write_sd_card (FB) function block was used to record the climate data.

Daily ET_o values were calculated using climate station software. Maize daily water consumption (ET_c) was obtained by multiplying ET_o values with maize crop coefficients (k_c) and compared with values of "Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi". The values of OMGH and KOKH between ET_c values calculated with the software and ET_c values given in "Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi" were calculated as 8.17% and 0.55%. The relationship between ET_o and ET_c values was determined as $ET_c = 2.1298 ET_o - 6.2876$ ($R^2 = 0.9958$). It was concluded that the results of software was generally compatible with values of "Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberi" and could be used for daily ET_o and ET_c calculations.

Keywords: CODESYS-ST, ET_o, ET_c, Climate station, PLC, Penman Monteith

Kahramanmaraş Sutcu Imam University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering, July/2019

Supervisor: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Page Numbers: 79

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince her türlü yardımı ve kolaylığı sağlayan pek değerli, muhterem danışman hocam Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN'a, çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve birikiminden yararlandığım Doç. Dr. Serpil GENÇOĞLAN'a, görüş ve fikirleriyle beni yönlendiren çalışmalarına katkıda bulunan Öğr. Gör. Selçuk USTA'ya, bana güvenip desteğini esirgemeyen DSİ 67. Şube Müdürlüğü İşletme ve Bakım Birimi'nde görev yapmakta olan kıymetli mesai arkadaşlarıma canı gönülden teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca benden hiçbir zaman maddi ve manevi desteğini esirgemeyen saygıdeğer babam ve kıymetli annem ile birlikte bu çalışmanın her aşamasında manevi destekleri ile hep yanımda olan ve bana sabır gösteren değerli aileme sonsuz sevgi ve şükranlarımı sunarım.

Ekin ŞARLI

Kahramanmaraş, 2019

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
2.1. Evapotranspirasyon	4
2.2. Penman Monteith Yöntemi	6
2.3. İklim İstasyonu.....	8
2.4. Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC).....	11
2.5. Mısır (<i>Zea mays L.</i>) Bitkisi	13
3. MATERYAL VE METOT	16
3.1. Materyal	16
3.2. Metot	19
3.2.1. Referans bitki su tüketiminin hesaplanması.....	19
3.2.2. İklim istasyonu yazılımının oluşturulması	22
3.3. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	26
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
KAYNAKLAR.....	38
EKLER	44
ÖZGEÇMİŞ.....	68

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Bitki su tüketimi (Evapotranspirasyon ET).....	4
Şekil 2.2.Portatif iklim istasyonu (Anonim, 2017).....	8
Şekil 3.1.Kahramanmaraş ili koşullarında yetiştirilen mısır bitkisi için k_c eğrisi	18
Şekil 4.2. $ET_{o(Rahber)}$ ve $ET_{o(Yazılım)}$ değerlerinin aylık değişim grafikleri	31
Şekil 4.3. $ET_{c(Rahber)}$ ve $ET_{c(Yazılım)}$ değerlerinin aylık değişim grafikleri	32
Şekil 4.4. Yazılımla hesaplanan ET_c ve ET_o miktarları arasındaki ilişki	32
Şekil 4.5. Su Tüketim Rehberinden alınan ET_c ve ET_o miktarları arasındaki ilişki.....	33



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 2.1. Türkiye Geneli ve Kahramanmaraş İli Mısır Ekili Alan ve Üretim Miktarları	13
Çizelge 3.1. Kahramanmaraş İli Uzun Yıllar Ortalaması ve 2018 Yılı İklim Verileri.....	17
Çizelge 3.2.. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş İli için Verilen ETo Değerleri ve Mısır Bitkisi için Verilen ETc Değerleri	18
Çizelge 3.3. Global Değişkenler	23
Çizelge 3.4. ETo Yapısının Değişkenleri ve Tipleri	23
Çizelge 4.1. 2018 Yılı İklim Verilerinin Aylık Ortalamaları	29
Çizelge 4.2. Penman Monteith Eşitliği Bileşenleri ile ETo ve ETc Değerlerinin Aylık Ortalamaları	29
Çizelge 4.3. Yazılımla Hesaplanan ETo’ların Su Tüketim Rehberi ile Karşılaştırılması ...	30
Çizelge 4.4. Yazılımla Hesaplanan ETc’lerin Su Tüketim Rehberi ile Karşılaştırılması ...	31

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CIMIS	: Kaliforniya Sulama Yönetim Bilgi Sistemi
CPU	: Merkezi İşlem Birimi
DSİ	: Devlet Su İşleri
EPROM	: Erasable Programmable Read Onyl Memory (Silinebilir Programlanabilir Salt Okunur Bellek)
ET_o	: Referans Evapotranspirasyon
ET_c	: Evapotranspirasyon
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
k_c	: Bitki Katsayısı
KOKH	: Karekök Ortalama Karesel Hata Miktarı
OMGH	: Ortalama Mutlak Göreceli Hata Oranı
OMH	: Ortalama Mutlak Hata
PLC	: Programlanabilir Lojik Kontrol

1. GİRİŞ

Türkiye toprak ve su kaynakları ile iklim koşulları bakımından yüksek bir tarımsal potansiyele sahip olmasına rağmen, 78 milyon hektar büyüklüğündeki yüzölçümünün yaklaşık olarak üçte birini oluşturan 28 milyon hektar tarım arazisi olarak kullanılabilir. Ülkemizin toplam tüketilebilir su kaynakları potansiyeli yıllık ortalama 112 milyar m³ olup, bu miktarın 44 milyar m³ hacmindeki bölümü kullanılmaktadır (DSİ, 2018). Su tüketiminin en fazla olduğu sektör % 75 oranla tarım sektörüdür (Çakmak ve ark., 2008). Yapılan etütlere göre, mevcut su kaynakları ile teknik ve ekonomik olarak sulanabilecek arazi miktarı 8.5 milyon hektar olarak hesaplanmıştır. Mevcut sulanan alan ise 5.5 milyon hektar büyüklüğündedir. Kahramanmaraş İlinin toplam yüzölçümü 1 432 700 hektar olup, bu alanın % 36.72'si (526.535 ha) tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Tarım arazisi olarak kullanılan alanın 35 723 hektar sulanabilmektedir (DSİ, 2018). Kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı 1519 m³ olan Türkiye, bilinenin aksine su azlığı yaşayan ve su zengini olmayan bir ülke konumundadır.

Ülkemiz topraklarının yarısından fazlasının tarımsal faaliyetler için uygun olmayan dağlık alanlardan meydana gelmesi ve kullanılabilir su kaynaklarının azlığı, mevcut tarım arazileri ile su kaynaklarının en verimli şekilde daha etkin ve ekonomik kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Tarımsal faaliyetlerde toprak ve su kaynaklarının etkin kullanımı, sulama otomasyonu gibi modern mühendislik teknolojileri yanında damla sulama sistemi gibi maksimum düzeyde su tasarrufuna imkân veren sulama sistemlerinin kullanılması ile sağlanabilmektedir.

Gelişmekte olan ülkelerin daha modern bir ekonomik yapıya ulaşabilmeleri genellikle sanayileşme ile mümkün olmaktadır. Sanayi sektörü ile tarım sektörü arasında sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Geçmişte tarıma dayalı ekonomilere sahip olan Fransa, İngiltere, Rusya ve Japonya gibi günümüzün gelişmiş ülkeleri önce tarım sektörüne ağırlık vererek tarım sektörünün gelişmesini sağlamışlar, daha sonra bu sektörden elde edilen kaynak ile sanayileşmeye hız vermişlerdir (Tuna, 1993). Nüfusu 80 milyona ulaşan ve gelişmekte olan ülkeler sınıfında yer alan ülkemizde sanayileşme sürecinin hızlandırılması, her geçen gün biraz daha artan nüfusun beslenmesi, sanayi sektörüne hammadde sağlanması ve ülke ekonomisine katkıda bulunması amacıyla tarımsal üretimin artırılarak, ülke çapında iyi bir üretim planlaması ve modern teknikler ile geliştirilmesi gerekmektedir.

Canlılar ve doğa için vazgeçilmez bir unsur olan su, bitkilerin en temel ihtiyaçlarındandır. Bitkilerin yaşamsal faaliyetlerini sürdürmesinin yanı sıra tarım, sanayi ve ulaşım gibi alanlarda da sudan ve onun meydana getirdiği imkânlardan yararlanılmaktadır (Saltürk, 2006; Akın ve Akın, 2007). Yıllık kullanılabilir yerüstü ve yer altı su varlığının %75'i tarım sektöründe sulama amaçlı kullanıldığı düşünüldüğünde, küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişikliği sonucu oluşacak su kıtlığından en fazla etkilenecek olan varlıklar arasında bitkiler gösterilebilir. Su kaynaklarının etkin kullanımı, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de gittikçe artan oranda önem kazanmaktadır. Bu nedenle bitki yetiştiriciliğinde kullanılan sulama suyunun en az kayıpla sulama alanına iletilmesi, alan içinde dağıtılması ve bitki su tüketimini istenen düzeyde karşılayacak bir biçimde bitki kök bölgesine verilmesi bir bakıma zorunlu hale gelmiştir (Bayramoğlu, 2013).

Sınırlı su kaynaklarının sürdürülebilir bir biçimde geliştirilmesinde başvurulacak yollar arasında ilk olarak sulama programlaması gelmektedir. Doğru sulama programının iki önemli ögesi; suyun ne zaman ve ne miktarda verilmesi gerektiğidir. Bu kararları verebilmek için tarla koşullarında bitki su tüketimi (Evapotranspirasyon) ile ilgili kesin bilgilere gereksinim vardır. Toprak-bitki-atmosfer ortamı içerisinde bulunan ve sulama projelerinin temelini oluşturan bitki su tüketimi çeşitli amaçlar doğrultusunda hazırlanan hidrolojik modellerin temel ögesini oluşturmaktadır. Bunun yanında sulama ve drenaj sistemlerinin projelendirilmesi ve işletilmesinde, göletlerin ve barajların projelendirilmesi ve işletilmesinde, kuraklığın izlenmesinde de temel veri evapotranspirasyon (ET_c) olarak adlandırılan bitki su tüketimidir (Burman ve Pochop, 1994; Akpolat, 2011).

Sudan ve suyun getirdiği faydalardan en yüksek düzeyde yararlanılması için bölge koşullarının iklim ve topoğrafya yapısına uygun yöntemlerle bitki su tüketim miktarları belirlenmeli ve sulama programı hazırlanmalıdır (Aydınşakir ve ark., 2003). Bu nedenle bitki su tüketimi bir bölgedeki sulama programının hazırlanmasında önemli bir görev üstlenmektedir (Jensen ve ark., 1990).

Tarımsal sulama amaçlı kullanılan sudan tasarruf etmek için geliştirilen sulama otomasyonu Ülkemizde gittikçe önem kazanmakla birlikte bitki su tüketiminin hesaplanması da su tasarrufu üzerinde önemli etkilere sahiptir. Toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma (Evaporasyon) kayıpları ile bitki yaprak yüzeylerinden gerçekleşen terleme (Transpirasyon) kayıplarının toplamı olarak tanımlanan evapotranspirasyon; bitki, toprak, iklim ve işletme biçimi gibi çok sayıda etmenin etkisiyle gerçekleştiğinden dolayı doğadaki en karmaşık olaylardan birisi olarak kabul edilmektedir (Kanber, 2006). Ayrıca

yandan Uçak ve ark. (2013) Evapotranspirasyon'u doğrudan etkileyen iklimin en önemli parametrelerinin sıcaklık, yağış, rüzgar hızı ve oransal nem olduğunu bildirmişlerdir. Evapotranspirasyon hesaplamasında kullanılan bir çok yöntem olmakla birlikte Kaya (2011), Smith (1996), Demirtaş ve ark. (2007), Ünlükara ve ark. (2010) yapmış oldukları çalışmalarda iklim verilerine dayalı en iyi bitki su tüketimi hesap yönteminin Penman-Monteith eşitliği olduğunu tespit etmişlerdir.

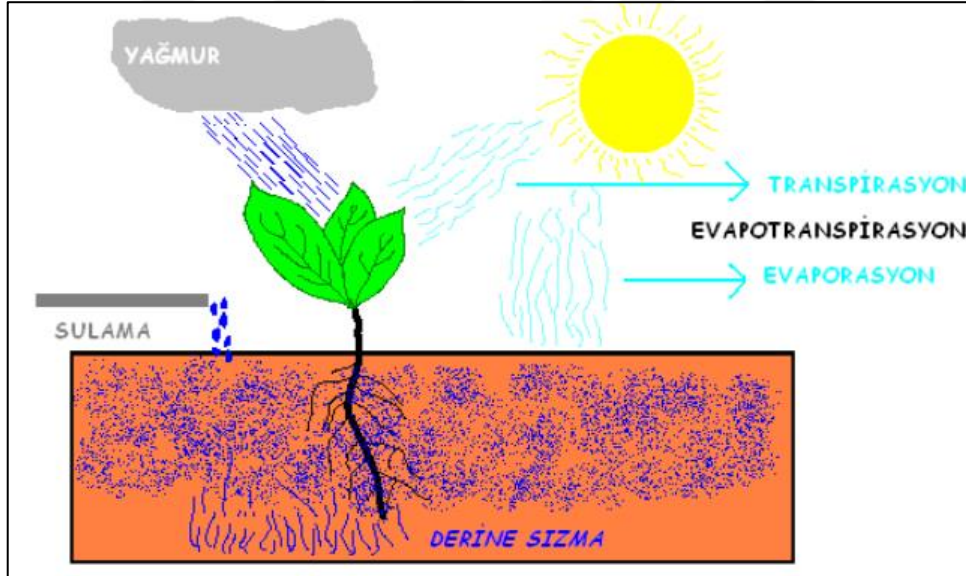
İklim verilerine dayalı günlük bitki su tüketimi ve buna bağlı olarak sulama suyu ihtiyacının belirlenebilmesi için, yerel düzeyde ve saatlik olarak ölçülen hava sıcaklığı, oransal nem, rüzgâr hızı, yağış ve solar radyasyon parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu parametreler ülkemizde daha çok bölge ve şehir düzeyinde ölçülmektedir. Fakat tarımsal amaçlı bitkisel üretim faaliyetleri daha çok yerel düzeydeki kırsal alanlarda yürütülmektedir. Bu nedenle, yerel düzeyde iklim parametrelerinin ölçülebilmesi için tarımsal amaçlı portatif iklim istasyonlarının kullanımı zorunlu hale gelmektedir. Bu iklim istasyonları, iklim parametrelerini ölçmenin yanında Referans Bitki Su Tüketimini de hesaplayabilmektedirler. Ancak, bu iklim istasyonlarının birçoğunda otomasyon uyumu bulunmamakta ve satın alma bedelleri üreticilerin satın alma gücünün çok üzerinde olmaktadır. Bu nedenle, yazılımı ve donanımı yerli imkanlarla oluşturulabilecek iklim istasyonlarının geliştirilmesine ve kullanımının yaygınlaştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, hava sıcaklığı, oransal nem, rüzgâr hızı ve solar radyasyon parametrelerine bağlı olarak FAO 56 Penman Monteith yöntemine göre Referans Evapotranspirasyon (ET_o) hesabında kullanılabilecek PLC kontrollü bir iklim istasyonu yazılımının geliştirilmesi amaçlanmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen iklim parametreleri ile hesaplanan günlük ET_o değerlerinin kullanılabilirlik düzeylerini test etmek amacıyla “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberinden” faydalanılmıştır. Çalışma kapsamında Kahramanmaraş koşulları için hesaplanan günlük ET_o değerleri, Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş için verilen günlük ET_o değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, Kahramanmaraş koşullarında yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin, PLC kontrollü iklim istasyonu yazılımı ile elde edilen günlük ET_o değerlerine bağlı olarak hesaplanan günlük bitki su tüketimi (ET_c) değerleri de Su Tüketim Rehberinde verilen ET_c değerleri ile karşılaştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Evapotranspirasyon

Bitki yaprak yüzeylerinden gerçekleşen terleme (transpirasyon) ve toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşma (evaporasyon) kayıplarının toplamı olarak tanımlanan evapotranspirasyon (ET), bitki ile örtülü alandan kaybolan su buharı miktarı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.1). Yarı-kurak ve kurak bölgelerde evapotranspirasyon, sulama ve uygun su yönetimi oldukça önemlidir. İklim değişikliği, su talebindeki artış ve su kıtlığından dolayı su muhafazası gitgide daha fazla önem kazanmaktadır. Sınırlı su kaynaklarının sürdürülebilir bir biçimde geliştirilmesinde başvurulacak yolların başında sulama programlaması gelmektedir. Doğru sulama programının iki önemli ögesi; suyun bitkiye ne zaman ve ne miktarda verilmesi gerektiğidir. Bu kararları verebilmek için tarla koşullarında bitki su tüketimi ile ilgili kesin bilgilere gereksinim vardır. Bitki su tüketimi gerek tarım gerekse çok amaçlı projelerin planlanması, yapımı ve işletilmesinde vazgeçilmez bir ögedir (Burman ve Pochop, 1994; Akpolat, 2011).



Şekil 2.1. Bitki su tüketimi (Evapotranspirasyon ET)

Jensen (1973) bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan yöntemleri; doğrudan ölçüm yöntemleri (lizimetreler, tarla deneme parselleri, nem azalmasının denetimi ve havzaya giren-çıkan akışın ölçülmesi) ve iklim verilerinden kestirim yöntemleri (mikrometeorolojik yöntemler, ampirik yöntemler ve kıyas bitki su tüketimi yöntemleri) şeklinde sınıflandırmıştır. Doğrudan ölçüm yöntemlerinin, ilk kurulum ve işletme giderlerinin yüksek olması ve ekstra zaman-işgücü kullanımı gerektirmeleri nedeniyle

günümüzde daha çok iklim verilerinden kestirim yöntemleri tercih edilmektedir. Bu bağlamda en çok kullanılan yaklaşım, önce referans bir bitki (çim veya yonca) için su tüketimini tahmin etmek, sonrada bu değeri bitki katsayısı ile düzelterek bitki su tüketimini elde etmektir (Doorenbos ve Pruitt, 1977).

Uygulamada potansiyel su tüketiminin standart bir tanımı yapılamamıştır. Potansiyel bitki su tüketimi, ülkeler arasında, hatta aynı ülkenin farklı araştırmacıları arasında farklı anlamlarda kullanılmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda potansiyel su tüketiminin yerine Referans Bitki Su Tüketimi (ET_0) kavramı yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. ET_0 ; egemen iklimsel koşullarda yetişen ve yeterli düzeyde sulanan, sağlıklı büyüyen, toprağı tamamen gölgeleyen, 12 cm yüksekliğinde ve taç aerodinamik direnci 70 s/m olan çim bitkisinden, albedonun 0.23 olduğu şartlarda gerçekleşen maksimum evapotranspirasyon miktarı olarak tanımlanmaktadır (Güngör, 1987).

Bitki su tüketimi günlük, haftalık, 10 günlük sürelerde hesaplanabildiğı gibi aylık ve yıllık olarak uzun dönemler için de hesaplanabilir. Kısa süreli bitki su tüketimi değerleri sulama aralıklarının planlanmasında kullanılmaktadır. Uzun süreli bitki su tüketim değerlerinden ise sulama projelerinin hazırlanmasında gerekli olan ortalama bitki su tüketiminin belirlenmesinde faydalanılmaktadır. Bu nedenle sulama projelerinin doğru planlanması ve işletilmesi, bitkilerin uzun-kısa dönemlere ait bitki su tüketimi miktarlarının doğru ölçülmesine bağlıdır (Jensen ve ark., 1990; Burman ve Pochop, 1994).

Sulama projelerinde ortalama bitki su tüketiminin tahmini amacıyla kullanılan ampirik eşitlikler, genellikle uzun dönemler için sağlıklı sonuçlar veren ve birkaç iklim parametresini kapsayan basit eşitliklerdir. Sulama zamanının planlanmasında dikkate alınan bitki su tüketiminin tahmininde kullanılan ampirik eşitlikler ise günlük, haftalık ve en çok on günlük dönemler için sağlıklı sonuçlar veren ve çok sayıda iklim elemanını içeren karmaşık eşitliklerdir (Jensen, 1974; Doorenbos ve Pruitt, 1977).

İklim verilerine dayalı bitki su tüketiminin tahmin edilmesinde kullanılan yöntemlerin bazıları; Penman Monteith, Pan Evaporation, Hargreaves-Samani, Kimberly Penman, Blaney Criddle, Turc, Christiansen, FAO 24 Radiation, Jensen-Heise, Priestley-Taylor, Thornthwaite, Romanenko, Schendel ve Linacre yöntemleridir. Bu yöntemlerde izlenen yol, ilk önce belirli koşulları yansıtan çim veya yonca bitkileri için Referans Bitki Su Tüketimini (ET_0) tahmin etmek ve daha sonra bu değeri bitki katsayısı (k_c) ile düzelterek bitki su tüketimini belirlemektir (Jensen, 1974; Doorenbos ve Pruitt, 1977).

Bitki su tüketimi tahmin yöntemleri, geliştirildikleri bölgeden farklı iklim koşullarına sahip bölgelerde şayet bölgesel kalibrasyonları yapılmamışsa, genellikle sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Bu nedenle birçok araştırmacı farklı bölgelerde farklı çalışmalar yapmışlardır. Güney Florida’da U.S. Weather Bureau yönteminin (Stephens ve Stewart, 1963), Nevada’da Oliver yönteminin (Behnke ve Maxey, 1969), Ohio’da mısır için radyasyon ölçümlerine dayalı yöntemin (Parmele ve Mc Guinness, 1974), Kuzey Tayland’da çeltik için Penman yönteminin (Christiansen, 1968) ve İsrail’de yonca için Kap Buharlaşması yönteminin (Lomas ve Schesinger, 1970), daha sağlıklı sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Ülkemizde yapılan çalışmalarda ise Çukurova koşullarında pamuk için aylık su tüketimlerinin tahmininde sırası ile Blaney-Cridle, Hargreaves ve Penman yöntemlerinin (Tekinel ve Kanber, 1981), Ankara koşullarında şeker pancarı için Jensen-Haise, Penman (FAO) ve kap buharlaşması yöntemlerinin (Yıldırım, 1982), ayçiçeği, patates, yonca, mısır, fasulye ve çilek için Penman (FAO) ve Kap Buharlaşması (FAO) yöntemlerinin (Hisarlı, 1988; Akgün, 1989), biber bitkisi için Penman (FAO) yönteminin (Orta, 1997), ayçiçeği için Christiansen-Hargreaves kap buharlaşma yöntemi ile Jensen-Haise yönteminin (Kadayıfçı ve Yıldırım, 1998), Kırklareli koşullarında buğday için Penman (FAO), şeker pancarı ve ayçiçeği için Penman (FAO) ve Blaney-Cridle yöntemlerinin (Erdem, 1996), Tekirdağ koşullarında mısır ve soğan için Jensen-Haise yönteminin (Orta ve ark., 1997; Orta ve Şener, 1999), Tekirdağ koşullarında elma ağaçları ve ayçiçeği için Penman (FAO) yönteminin (Orta ve ark., 2001; Erdem, 2001) daha sağlıklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

2.2. Penman Monteith Yöntemi

Artan nüfusa bağlı olarak su talebi gün geçtikçe artmaktadır. Bu nedenle su kaynakları yönetimi giderek önem kazanmaktadır. Tüm dünyada ve Türkiye’de tarım sektörü su kaynaklarının en fazla kullanıldığı sektördür. Bu nedenle su kaynakları yönetiminde başarı sağlanması tarımda suyun etkin yönetimine bağlıdır. Sulama suyunun doğru bir biçimde yönetilebilmesi, sulu tarım uygulanan alanlarda arazi toplulaştırması, sulama ve drenaj gibi tarımsal alt yapı tesislerinin inşa edilmesi ve bu sistemlerin doğru bir biçimde işletilmesi ile mümkündür. Sulama ve drenaj sistemlerinin projelendirilmesi ve işletilmesi, kuraklığın izlenmesi ve çeşitli amaçlar doğrultusunda oluşturulan birçok hidrolojik model için en temel veri bitki su tüketimidir (ET_c). ET_c iklim bölgelerine, bitki türüne, bitkinin vejetasyon süresi uzunluğuna ve tarımsal uygulamalara göre önemli

farklılıklar gösterebilmektedir. ET_c 'nin doğruya en yakın bir biçimde tahmin edilebilmesi için bitki, toprak ve iklim özelliklerine dayalı olarak su bütçesi tekniğini esas alan matematiksel yöntemler geliştirilmiştir. Penman Monteith, Pan Evaporation, Hargreaves-Samani ve Blaney Criddle yöntemi bu yöntemlerin başlıcalarıdır. (Özer, 1993; Kanber ve ark., 2007; Lazzara ve Rana, 2010; Pereira ve ark., 2015).

Penman, 1948 yılında iklim değerleri (güneşlenme, sıcaklık, nem ve rüzgâr hızı) kayıtlarını ele alarak açık su yüzeyinden buharlaşma formülünü geliştirmiştir. Bu yöntem Monteith tarafından 1976'da aerodinamik ve yüzey direnci faktörleri eklenerek bitkiler için daha da geliştirilmiştir. 1990 yılında ise FAO tarafından bir araya getirilen uzmanlar FAO Penman-Monteith yöntemi adını ortaya çıkartmışlardır. Bu yöntem farklı ülkeler arasında farklı adlandırılmasına rağmen potansiyel su tüketiminin (ET_r) yerine referans bitki su tüketimi (ET_o) kavramı ile FAO-56 Penman Monteith olarak kullanılmaya başlanmıştır.

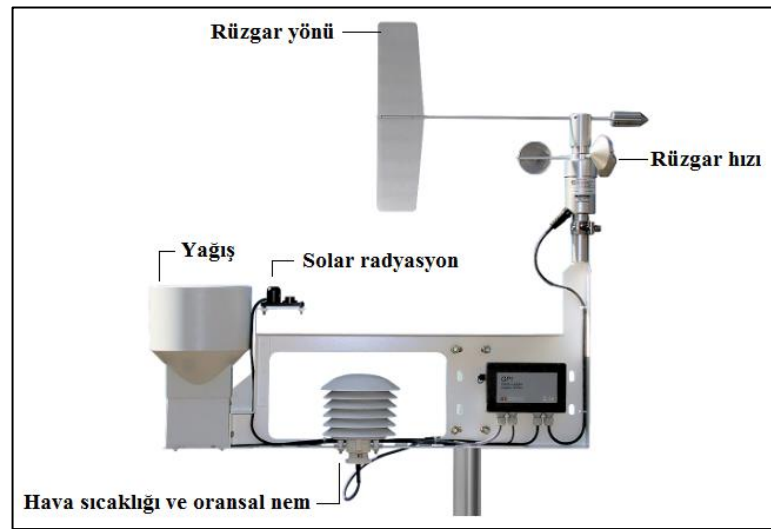
FAO-56 Penman Monteith yöntemi; sulama programı hazırlanacak bitkinin bitki büyüme katsayısının (k_c) çim veya yonca'nın yukarıda verilen iklim parametrelerine bağlı olarak belirlenen referans bitki su tüketimi değeri (ET_o) ile çarpılarak bitki su tüketiminin (ET) elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Bitki büyüme katsayısı, bitkinin büyüme mevsimi boyunca farklı değerler almaktadır. Su tüketimi belirlenecek bitkinin boyu ve su kaybına karşı bitki-toprak direnci kıyas bitkiden farklıdır. Bu farklılıkların da dikkate alındığı, en gerçekçi su tüketimi tahminlerinin yapılmasını sağlayan Penman Monteith eşitliği FAO-56 modifikasyonu Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 1998 yılında 56 sayılı Sulama ve Drenaj Yayını ile uygulanmaya başlanmıştır (Allen ve ark., 1994; İlhan ve Utku, 1998; ASCE-EWRI, 2004; Koç ve Güner, 2005; Çetin ve ark., 2014).

Ülkemizde bitki su tüketiminin tahmin edilmesinde daha çok Penman Monteith ve Blaney Criddle yöntemleri kullanılmaktadır. Penman Monteith yönteminin Blaney Criddle yöntemine göre daha gerçeğe yakın sonuçlar verdiği yurtiçi ve yurtdışı çalışmalarla ortaya koyulmuştur (Koç ve Güner, 2005). Sulama suyu ihtiyaçlarının Penman Monteith ve Blaney Criddle yöntemlerine göre ayrı ayrı hesapladığı 120 sulama şebekesi ile ilgili bir çalışmada, incelenen şebekelerin % 43'ünde önemli farklılıklar olduğu ortaya koyulmuştur (Beyribey ve ark., 1997). Gediz Havzasında pamuk ekimi yapılan alanlarda matematiksel yöntemler ile hesaplanan sulama suyu ihtiyacı, su bütçesi yöntemi ile karşılaştırılmış ve Penman Monteith yönteminin gerçeğe en yakın sonuçları verdiği tespit edilmiştir (Beyazgül ve ark., 2000). Yarı kurak bir bölgede yapılan bir çalışmada, yukarıda verilen

matematiksel yöntemler ile belirlenen su tüketimi değerleri lizimetre ile kontrol edilmiş ve en gerçekçi sonuçları Penman Monteith yönteminin verdiği belirlenmiştir (Dehghanisani ve ark., 2004). Blaney Criddle yöntemi daha az sayıda iklim verisine ihtiyaç duyması nedeniyle, Penman Monteith yöntemine göre daha çok tercih edilmektedir. Ancak, Penman Monteith yöntemi ile gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilebilmektedir.

2.3. İklim İstasyonu

Dünyadaki bütün canlılar, atmosferin belirli bir yüksekliğinden okyanusların derinliğine kadar uzanan Biyosfer içerisinde yaşamaktadırlar. Biyosferin kalınlığı 16-20 km aralığında olup bu kalınlığın 8-10 km'si deniz seviyesinden atmosfer içlerine doğru, 8-10 km'si ise deniz seviyesinden okyanus diplerine doğru uzanır. Biyosfer içerisinde gerçekleşen hava olayları tüm canlılar üzerinde etkili olmaktadır. Özellikle hava sıcaklığı, oransal nem, solar radyasyon, rüzgâr hızı ve günlük güneşlenme süresi gibi iklim parametreleri bitki su tüketimi ve buna bağlı olarak belirlenen sulama suyu ihtiyacının tespit edilmesinde büyük öneme sahiptir. Bu iklim parametreleri Ülkemiz genelinde Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından daha çok bölge ve şehir düzeyinde yapılan ölçümlerle belirlenmektedir. Buna karşın tarımsal amaçlı bitkisel üretimde lokal düzeyde ölçülen saatlik ve günlük iklim verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkisel üretim faaliyetlerinin gerçekleştirileceği bölgenin iklim verilerini hassas düzeyde ölçmek amacıyla daha çok portatif iklim istasyonları kullanılmaktadır. Ayrıca, bitki hastalıkları ve zararlılarının takibinde de bu iklim istasyonlarından faydalanılmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Portatif iklim istasyonu (Anonim, 2017)

Genel olarak bir portatif iklim istasyonu; hava sıcaklığı ve oransal nem sensörü, solar radyasyon sensörü (pyranometer), rüzgâr hızı (anemometer) ve rüzgâr yönü sensörü, yağış sensörünün (pluviometer) bir araya getirilmesi ile oluşturulmaktadır. Sadece bitki su tüketiminin belirlenmesi amacıyla kullanılan iklim istasyonlarında plüviyometreye ihtiyaç duyulmamaktadır. Sensörler, daire kesitli 1.5"-2.0" çaplı paslanmaz çelikten imal edilen boru profillerle oluşturulan bir taşıyıcı iskelete monte edilmektedirler. Portatif iklim istasyonlarında kullanılan sıcaklık sensörü -20 °C-100 °C, oransal nem sensörü % 0-100, solar radyasyon sensörü (Pyranometer) 0-7.02 $\mu\text{v.m}^{-2}$, rüzgar hızı sensörü (Anemometer) 0.2-70 m/s ve rüzgar yönü sensörü 0-360° aralığında ölçüm yapabilir nitelikte seçilmektedir. Yağış ölçümünde kullanılan plüviyometrenin ise ortalama 70 L/m² kapasiteye sahip olması istenmektedir.

Portatif iklim istasyonundan alınan iklim verileri kullanılarak evapotranspirasyon miktarının belirlenmesinde tüm dünyada kabul gören Bowen Oranı Enerji Dengesi yöntemi sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemde 30 dakikalık kısa zaman aralıkları ile referans evapotranspirasyon (ET_0) miktarları ölçülerek evapotranspirasyon (ET_c) belirlenebilmektedir. Bu sistemde kullanılan iklim istasyonunda solar radyasyon ölçümü için 1 adet pyranometre, sıcaklık ve nem ölçümleri için 1 adet sıcaklık ve nem algılayıcısı, net radyasyon ölçümü için 1 adet net radyasyon ölçer, rüzgâr hızı ölçümü için 1 adet anemometre, topraktaki ısı akısı değişimini ölçmek için 2 adet toprak ısı akısı ölçer kullanılmaktadır. Ayrıca, iklim istasyonunun enerjisi 12 V gerilim üretebilen güneş enerjisi panelinden sağlanmaktadır (Şekil 2.3). Ölçümlerin kaydedilmesinde data logger, verilerin bilgisayara aktarılmasında ise 1 adet dizüstü bilgisayar kullanılmaktadır (Burman ve Pochop, 1994; Akpolat, 2011; Anonim, 2016a).



Şekil 2.3. Portatif iklim istasyonu ile ölçüm yapılan Bowen Enerji Oranı Yöntemi Anonim (2016a)

Amerika Birleşik Devletleri'nin Kaliforniya Eyaletinde su kaynaklarının daha verimli kullanılması ve sulama konusunda üreticilere rehberlik yapılması amacıyla, Kaliforniya Üniversitesi (UC Davis) ve Kaliforniya Eyaleti Su Kaynakları Birimi (DWR) tarafından 1982 yılında Kaliforniya Sulama Yönetim Bilgi Sistemi (CIMIS) oluşturulmuştur. CIMIS ile Kaliforniya Eyaleti genelinde günlük iklim parametrelerinin ölçülmesi, bu parametrelere bağlı olarak günlük Referans Bitki Su Tüketimi (ET_o) değerlerinin tahmin edilmesi ve üreticilere sunulması hedeflenmiştir. Bu kapsamda günlük olarak hava sıcaklığı, oransal nem, solar radyasyon, rüzgâr hızı ve yağış parametrelerini ölçmek amacıyla 140'dan fazla otomatik iklim istasyonu oluşturularak eyaletin farklı yerlerine yerleştirilmiş ve bir entegre iklim istasyonu ağı oluşturulmuştur. Ağ kapsamındaki iklim istasyonları, dakika bazında yaptıkları ölçümler ile belirledikleri iklim parametrelerini kullanarak saatlik ve günlük referans bitki su tüketimi (ET_o) değerlerini hesaplayarak kaydetmektedir. İklim istasyonlarından ölçülen günlük iklim parametreleri ve ET_o değerlerine DWR merkezindeki bir bilgisayar aracılığı ile ağ üzerinden ulaşılarak veriler depolanmaktadır. Üreticiler, kendi bölgeleri ile aynı mikro iklimi temsil eden iklim istasyonuna ait günlük iklim verileri ve ET_o değerlerine CIMIS üzerinden ulaşabilmektedirler. ET_c değerlerinin gerçek zamanlı tahminlerini sağlamak amacıyla CIMIS kapsamında bir bitki katsayısı (k_c) kaynağı oluşturulmuştur. Üreticiler yetiştirdikleri bitkilere ait bitki katsayısı (k_c) değerlerini, iklim istasyonlarından aldıkları ET_o değerleri ile çarparak günlük bitki su tüketimini (ET_c) ve sulama suyu miktarını belirleyebilmektedirler (Anonim, 2018a).

Portatif iklim istasyonunun kurulacağı yerin seçilmesi, sensörleri uyumlu ve doğru bir şekilde çalıştırabilmek kadar önemlidir. Bu nedenle bir iklim istasyonu kurulmadan önce dikkat edilecek en önemli husus, uygun yerin seçilmesi olmalıdır. Yer seçimi yapılırken ölçümlerin o bölgeyi temsil etme kabiliyetine sahip olması gerektiği unutulmamalıdır. Ölçümlerin, bölge iklimini temsil edebilmesi açısından iklim istasyonunun aynı yerde uzun süre sabit kaldığı tarım alanlarında ölçümler yapılmalıdır. İklim istasyonu mümkün olduğunca düz bir araziye kurulmalıdır. Etrafında hava akımını etkileyen çayırılık ve benzeri bir bitki örtüsü bulunmamalıdır. Ayrıca etrafı açık olmalı ve gün boyunca gölgede kalmamalıdır. İklim istasyonu yakınında ısı yayan başka bir cihaz bulunmamalıdır. Sıcaklık tesiriyle kolay ve hızlı bir şekilde ısınan beton ve asfalt zeminler üzerine kurulmamalıdır. Tarımsal amaçlı portatif iklim istasyonu ile 24 saat boyunca

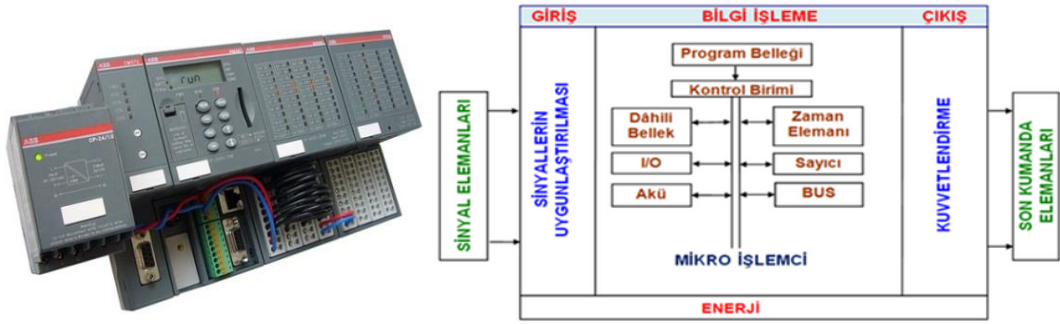
aralıksız ölçüm yapılmaktadır. Bu nedenle istasyonun güvenli, ulaşımı kolay, enerji ve veri iletiminin sağlanabileceği yerlere kurulması tercih edilmelidir.

2.4. Programlanabilir Lojik Kontrol (PLC)

Otomatik kontrol sistemlerinin hızlı ve güvenilir oluşu; verimliliği, ürün kalitesini, birim zamanda yapılan imalat miktarını ve enerji tasarrufunu arttırması, imalat süresini ve işçilik giderlerini azaltması ve ayrıca optimum sağlık ve güvenlik şartlarını sağlanması işletmelere önemli avantajlar sağlamaktadır. Otomasyon sistemleri kullanımı ile insan kaynaklı hatalar minimuma indirilebilmektedir.

Otomasyon sistemlerinin oluşturulmasında en çok tercih edilen kontrol sistemi Şekil 2.4’de verilen Programlanabilir Lojik Kontroldür (PLC). PLC, farklı amaçlar doğrultusunda CODESYS programlama dilinde yazılan programların yüklendiği, çeşitli cihaz ve sistemlerin kontrol edilmesini sağlayan bir otomasyon cihazıdır. Programlanabilir Lojik Kontrolörün ilk örnekleri karışık ve epeyce büyüktür. Ancak son yıllarda göze çarpan en önemli ilerleme, PLC’nin entegre devrelerden teşekkül etmesi olmuştur. Bu entegre devreler otomasyonun yeteneğini arttırmış ve fiyatını düşürmüştür (Arslan, 2012). PLC, analog ya da dijital giriş-çıkış modülleri ile işlemleri kontrol etmektedir (Fenercioğlu, 1996). Gençdoğan ve ark. (2015), PLC’lerin sıra, hareket, süreç denetimi yapmada ve çok çeşitli verilerin toplanmasında kullanıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca sulama sistemlerindeki dijital ve analog tüm elemanları kontrol etme imkânı vereceğini ifade etmişlerdir.

Bir PLC temel prensip olarak üç birimden oluşur (Şekil 2.4). Birincisi merkezi işlem birimi (CPU), ikincisi bütün sinyal elemanlarının bağlandığı giriş birimi (Giriş kartı), üçüncü bölüm de kumanda edilecek elemanların bağlandığı çıkış birimidir (Çıkış kartı). Genelde her PLC ilk önce kendi besleme gerilimi olan 24 V doğru akımı (DC) veya 220 V alternatif akımı (AC) merkezi işlem birimi (CPU) için 5 Volta indirgeyen bir modüle sahiptir. Giriş ve çıkış birimleri için doğru akım (DC) genelde 24 volt kullanılmakla beraber bu değer 220 volta kadar çıkabilmektedir. Alternatif akım (AC) “Opto-Coupler” (Optik izalatör) ile merkezi işlem biriminden (CPU) elektriksel olarak ayrılmıştır. Aynı şekilde çıkışlar da “Opto-Coupler” veya röle ile merkezi işlem biriminden (CPU) elektriksel olarak ayrılmıştır. Çıkış akımları ise üretici firmaların kataloğunda verilmiştir.



Şekil 2.4. Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) ve çalışma prensipleri

PLC'nin fazla sayıda giriş ve çıkışları (I/O) vardır. PLC'lerin diğer kontrol sistemlerine göre avantajları; elektriksel gürültülere, sıcaklık farklarına ve mekanik darbelere karşı dayanıklı dizayn edilmeleridir. Farklı markaların PLC'lerinin işletim sistemleri farklıdır. Bu denetleyici sistem, giriş bilgilerini çok hızlı tarayarak buna uygun çıkış bilgilerini gerçek zamana yakın, cevap verecek tarzda çalışır. PLC'lerin CPU, bellek birimi (RAM, ROM, PROM, EPROM veya EEPROM), giriş birimi (IN) ve çıkış birimi (OUT) vardır. CPU; PLC'nin çalışmasını düzenleyen, eksiksiz aritmetik ve mantıksal işlemleri gerçekleştiren, zamanlama, sayma gibi işlevleri yapan en önemli birimdir. PLC'nin zekâsı CPU ile bellektir. İki ayrı PLC aynı mikroişlemciyi kullanabilir. Ancak işletim sistemlerinin değişik olması sebebiyle PLC'lerin işlevleri de değişik olabilir. Bellek birimi; giriş, görüntü, veri ve program belleği gibi kısımlara bölünmüştür. Her bellek alanının değişik görevleri bulunmaktadır (Anonim, 2016b). PLC'lerde genellikle EPROM tipi bellekler kullanılır. EPROM belleğine kaydettiği programları saklar ve bu bellekten merkezi işlem birimine gönderir (Otter, 1994).

Her PLC'nin kendine özgü programı bulunmaktadır. Bu programlar PLC'nin hafızasında saklanır ve buradan da merkezi işlem birimine gönderilmektedir. Giriş birimi, kumanda edilen sistemle alakalı algılama öğelerinden gelen analog işaretleri PLC'nin anlayabileceği lojik gerilim seviyelerine dönüştürmektedir. Kontrol edilen sistemdeki algılayıcı türüne göre basınç, seviye, sıcaklık, kumanda, yakınlık gibi öğelerden gelen binary değerler (1 veya 0) giriş birimi üzerinden alınır. Giriş birimi voltaj değerleri 24 V, 48 V, 100-120 V, 200 V ve 240 V doğru veya alternatif akım olabilmektedir. PLC'nin giriş öğeleri olarak limit anahtarları, düzey anahtarları, motor kontaktör veyaröle kontakları, seçici anahtarlar, fotoelektrik gözler vb gösterilmektedir (Anonim, 2016b). Analog girişe genellikle sıcaklık, hız, ışık, nem, basınç, ultrasonik vb algılayıcılar bağlanır. Bazı PLC'lerde geri beslemeli kontrol uygulamalarında gerekli olan analog-dijital dönüştürücü (ADC) ve dijital-analog dönüştürücü (DAC) giriş-çıkış birimi vardır (Petrusella, 1989).

Çıkış birimi, PLC’de hesaplanan çıkış noktalarına ilişkin lojik gerilim voltajını, kontrol edilen sistemdeki kontaktör, röle, selenoid gibi kumanda öğelerini sürmeye uygun elektriksel işaretlere dönüştürür. Çıkış birimi röle, triyak ya da transistörlü devrelerden oluşur. PLC’ler de çoğunlukla röleli çıkış birimleri kullanılmaktadır. Ancak yüksek hızlı açma ve kapama gerektiren durumlarda transistörlü ya da triyaklı çıkış birimleri kullanılmaktadır. Ayrık I/O arabirim ile denetlenebilecek çıkış ögesi olarak alarm, denetim rölesi, selenoid, motor starteri, fan vb. gösterilmektedir (Anonim, 2016b).

2.5.Mısır (*Zea mays L.*) Bitkisi

Bu çalışma kapsamında hazırlanan Referans Evapotranspirasyon (ET_0) hesap yazılımı, Kahramanmaraş koşullarında yoğun bir şekilde yetiştiriciliği yapılan mısır bitkisi üzerinde test edilmiştir. Dünya ve Türkiye nüfusunun yıldan yıla artması nedeniyle besin maddelerine olan gereksinimi karşılama sorunu, günümüzde tahıl üretimini daha da önemli hale getirmiştir. İnsanların büyük bir çoğunluğu beslenme gereksinimini tahıllarla karşılamaktadır. Dünyada, ekili alan büyüklüğüne göre buğday ve çeltikten sonra üçüncü, üretim miktarına göre ise buğdaydan sonra ikinci sırada yer alan mısır insan gıdası ve hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanında endüstride; nişasta, şurup, şeker, bira ve alkol yapımında kullanılmaktadır. Türkiye geneli ve Kahramanmaraş ili 2011-2018 yılları arasında mısır ekili alan ve üretim bilgileri Çizelge 2.1’de verilmiştir (Anonim, 2018b).

Çizelge 2.1. Türkiye geneli ve Kahramanmaraş ili mısır ekili alan ve üretim miktarları

Yıl	Türkiye		Kahramanmaraş	
	Ekili alan (Dekar)	Üretim miktarı (ton)	Ekili alan (Dekar)	Üretim miktarı (ton)
2011	5.890.000	4.200.000	197.509	162.238
2012	6.226.094	4.600.000	153.014	114.524
2013	6.599.980	5.900.000	297.449	291.572
2014	6.586.450	5.950.000	291.894	263.199
2015	6.881.699	6.400.000	266.422	244.338
2016	6.800.192	6.400.000	264.404	210.098
2017	6.390.844	5.900.000	219.161	177.311
2018	5.919.003	5.700.000	192.514	156.772

2017 yılı tarım istatistiklerine göre, mısır bitkisi 28.5 milyon tonluk üretimi ile toplam tahıl üretimi içerisinde %16.32'lik paya sahiptir. Kahramanmaraş ilinde gerçekleştirilen 2018 yılı toplam mısır üretimi, toplam Türkiye mısır üretiminin %2.75'ini oluşturmaktadır (Anonim, 2018b).

Mısırın bitki su tüketimini belirlemek amacıyla Dünyada ve Ülkemizde birçok çalışma yapılmıştır. Caldwell ve ark. (1994), gömülü damla sulama yöntemiyle sulanan mısırın mevsimlik su tüketimi 746–801 mm; Yıldırım ve ark. (1995), Ankara koşullarında 882–998 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Gençdoğan (1996), Çukurova koşullarında mısırın mevsimlik su tüketimi ve su-verim ilişkilerine ait su kısıntısı uygulanmayan, 120 cm'lik toprak profilinden tüketilen suyun tarla kapasitesine tamamlandığı (I_{100}) deneme konusunda mısırın mevsimlik su tüketimini (ET_a), araştırma yıllarında sırasıyla 999 ve 1052 mm; (I_0) konusunda 1993 yılında 476 mm ve 1994 yılında ise 343 mm olarak belirlemişlerdir. Howell ve ark. (1995), su kısıntısı yapılan konularda oluşan su tüketimini 383 mm ve tam su uyguladıkları konuda ise 937 mm olarak belirlemişlerdir. Köksal (1995), II. ürün mısır bitkisinin suya bağlı üretim fonksiyonlarının belirlenmesi amacıyla Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde tınlı ve tınlı-kumlu bünyeli toprakta çizgi kaynaklı yağmurlama sulama tekniğini kullanarak bir çalışma yürütmüştür. Anılan araştırmacı, sulama konularını hem farklı su düzeylerini hem de farklı sulama sayılarını içerecek biçimde düzenlemiş ve bitki gelişiminin farklı dönemlerinde su uygulamıştır. Konulara ve sulama düzeylerine bağlı olarak, 11-599 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik ortalama su tüketiminin, 723-631 mm arasında değiştiği saptanmıştır. Kardeşin ve Sade (2011), 2005 ve 2006 yıllarında Konya'da, farklı sulama yöntemlerinin verim üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada, damla sulama yöntemiyle ilk yıl 22 kez sulama yaparak toplam 742 mm, ikinci yıl 21 kez sulama yaparak toplam 663 mm su uyguladıklarını, 1. yıl 1743 kg/da, 2. yıl 2019 kg/da mısır verimi elde ettiklerini ve damla sulama yöntemiyle dane veriminin karık sulama yöntemine göre önemli ölçüde yüksek gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Tunca (2015), 2013 ve 2014 yıllarında Malatya'da, silajlık mısırın FAO-Penman Monteith yöntemi ile tahmin edilen mevsimlik ET_C değerlerini 2013 yılında 651.68 mm, 2014 yılında ise 770.40 mm olarak belirlemiştir. Okay ve ark. (2015), Bursa koşullarında mısır bitkisine ilişkin farklı su uygulama düzeylerinin verim üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmada, en fazla mevsimlik su tüketiminin gelişme dönemlerinde ve su kısıntısı uygulanmayan sulama konusunda 823.1 mm olarak gerçekleştiğini, en az

mevsimlik su tüketiminin ise sulanmayan parselde 89.9 mm olarak gerçekleştiğini belirlemişlerdir.



3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Hava sıcaklığı, oransal nem, rüzgâr hızı ve solar radyasyon parametreleri kullanılarak FAO-56 Penman Monteith yöntemine göre Referans Evapotranspirasyon (ET_0) hesabında kullanılabilecek bir iklim istasyonu yazılımının geliştirilmesi, mısırın bitki su tüketiminin hesaplanması ve mevcut verilerle karşılaştırılmasının amaçlandığı bu çalışma, Akdeniz iklim kuşağında yer alan Kahramanmaraş iline ait 2018 yılı iklim verileri ile yürütülmüştür. Kahramanmaraş'ın denizden ortalama yüksekliği 568 m olup 37° 36' N, 36° 55' E enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Akdeniz iklimi, ilin deniz seviyesinden yüksekliği 1000 metreye kadar olan kesimlerinde hakimdir. Yüksekliği 1000 metreyi aşan kısımlarında ise kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları nispeten serin bir Akdeniz dağ ikliminin etkileri hissedilir (Kıraç, 2007).

Kahramanmaraş iline ait aylık iklim verilerinin 1960-2014 yılları arası ortalama değerleri ve 2018 yılı iklim verileri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında hava sıcaklığının maksimum değerlere ulaştığı, yağış ve oransal nemin ise minimum değerlere düştüğü çizelgelerde görülmektedir. Yıllık toplam yağış miktarı 725.4 mm ile kurak-yarı kurak iklim kuşağında yer alan Kahramanmaraş'ta bitki su tüketimi ve buna bağlı olarak belirlenen sulama suyu miktarı büyük önem arz etmektedir.

Çizelge 3.1. Kahramanmaraş ili uzun yıllar ortalaması ve 2018 yılı iklim verileri

Yıllar	İklim Öğeleri	Aylar											
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Tem muz	Ağusto s	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Uzun	En düşük sıcaklık °C	-9.0	-9.6	-7.6	1.8	5.0	10.3	15.6	15.7	8.6	0.0	-4.4	-7.6
Yıllık	En yüksek sıcaklık °C	18.7	22.4	29.2	36.0	38.0	42.0	45.2	44.4	41.3	37.2	28.9	24.0
Ort.	Ortalama sıcaklık °C	4.9	6.4	10.6	15.4	20.3	25.2	28.3	28.4	25.1	19.0	11.8	6.7
1960- 2014	Yağış, mm	127	113	96.6	73.9	40.0	6.8	1.1	0.8	8.7	46.2	82.6	131
	Ort. oransal nem (%)	70.1	66.5	60.4	58.0	54.6	49.2	51.0	52.3	49.6	54.0	63.5	70.9
	Ort. rüzgâr hızı (m/s)	1.2	1.5	1.9	2.1	2.5	3.5	3.9	3.5	2.5	1.3	1.0	1.1
	En düşük sıcaklık °C	-4.7	-0.2	2.6	5.7	10.9	15.3	19.3	18.4	18.0	11.6	4.9	-0.1
	En yüksek sıcaklık °C	16.0	17.6	25.0	27.5	35.4	35.5	44.5	41.9	40.0	31.9	24.4	19.6
2018	Ortalama sıcaklık °C	7.9	10.2	14.7	18.8	22.2	26.2	29.4	30.1	27.8	20.5	13.4	8.7
	En yüksek sıcaklık °C	11.5	14.6	19.7	25.5	28.9	32.5	35.6	36.8	34.7	26.4	17.6	11.4
	En düşük sıcaklık °C	4.3	5.9	9.6	12.0	15.6	19.8	23.2	23.4	21.0	14.7	9.20	6.1
	Ort. rüzgar hızı (m/s)	0.6	0.6	0.9	1.0	1.1	1.6	1.7	1.6	1.3	0.6	0.4	0.4
	Ort. oransal nem (%)	70.5	73.6	63.2	54.9	46.0	46.9	40.3	41.5	36.2	54.2	42.4	44.7
	Max. oransal nem (%)	85.6	88.6	82.2	71.9	77.3	70.4	65.7	64.2	60.0	72.7	85.7	92.5
	Min. oransal nem (%)	47.7	44.4	35.7	19.8	25.6	24.6	22.2	18.6	14.2	27.2	43.0	59.3

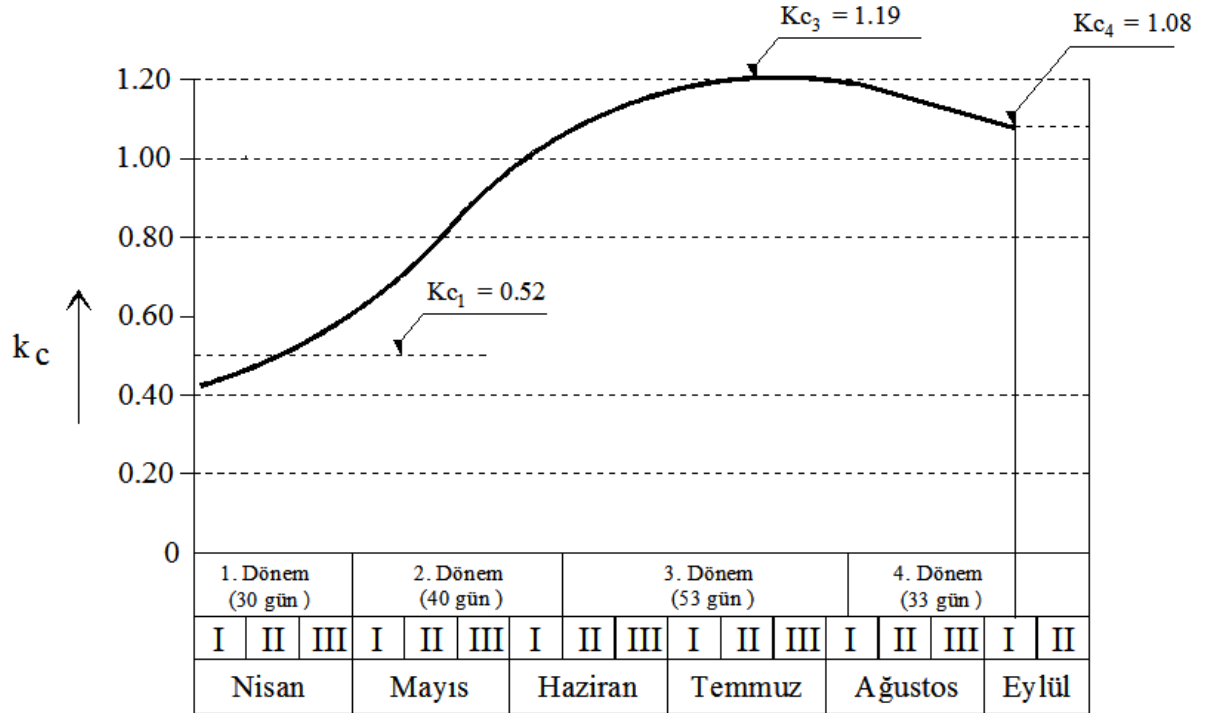
Bu çalışma kapsamında geliştirilen PLC kontrollü Referans Evapotranspirasyon hesap yazılımı ile hesaplanan günlük Referans Evapotranspirasyon (ET_o) değerlerinin kullanılabilirliği, Kahramanmaraş ili koşullarında yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisi üzerinde test edilmiştir. Günlük iklim verileri kullanılarak 2018 yılı, yazılımla hesaplanan ET_o değerleri, mısır bitkisinin bitki katsayıları (k_c) ile çarpılarak bitki su tüketimi (ET_c) değerlerine dönüştürülmüştür. Bu amaçla Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinden faydalanılmıştır (Anonim, 2016c). ET_o yazılımı ile hesaplanan değerler, Kahramanmaraş için Su Tüketim Rehberinde verilen ET_o değerleri ile karşılaştırılmıştır. Daha sonra, mısır bitkisinin vejetasyon süresi boyunca günlük bitki su tüketimi miktarları (ET_c) belirlenerek, Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş ili için verilen ET_c değerleri ile karşılaştırılmıştır.

Kahramanmaraş koşullarında mısırın ekim tarihi 1 Nisan, hasat tarihi ise 6 Eylül olarak varsayılmıştır. Bitki büyüme katsayısı (k_c); vejetasyon süresinin 30 gün süren 1.

dönemi için $k_{c1}=0.52$, 40 gün süren 2 dönemi için $k_{c2}=0.52-1.19$ aralığında, 53 gün süren 3. dönemi için $k_{c3}=1.19$ ve 33 gün süren 4. dönemi için $k_{c4}=1.08$ olarak dikkate alınmıştır. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş koşulları için verilen aylık ortalama günlük Referans Evapotranspirasyon değerleri (ET_0) ile mısır bitkisinin vejetasyon süresi boyunca aylık ortalama günlük bitki su tüketimi (ET_c) değerleri Çizelge 3.2’de verilmiştir (Anonim, 2016c). Vejetasyon süresi boyunca bitki büyüme katsayısının değişimini göstermek amacıyla bitki büyüme katsayısı eğrisi oluşturularak Şekil 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş ili için verilen ET_0 değerleri ve mısır bitkisi için verilen ET_c değerleri

Aylar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ET_0 (mm/gün)	1.41	1.97	3.22	4.84	5.83	7.44	8.06	7.72	6.42	3.96	1.87	1.21
ET_c (mm/gün)	-	-	-	1.74	3.90	7.45	8.52	6.60	-	-	-	-



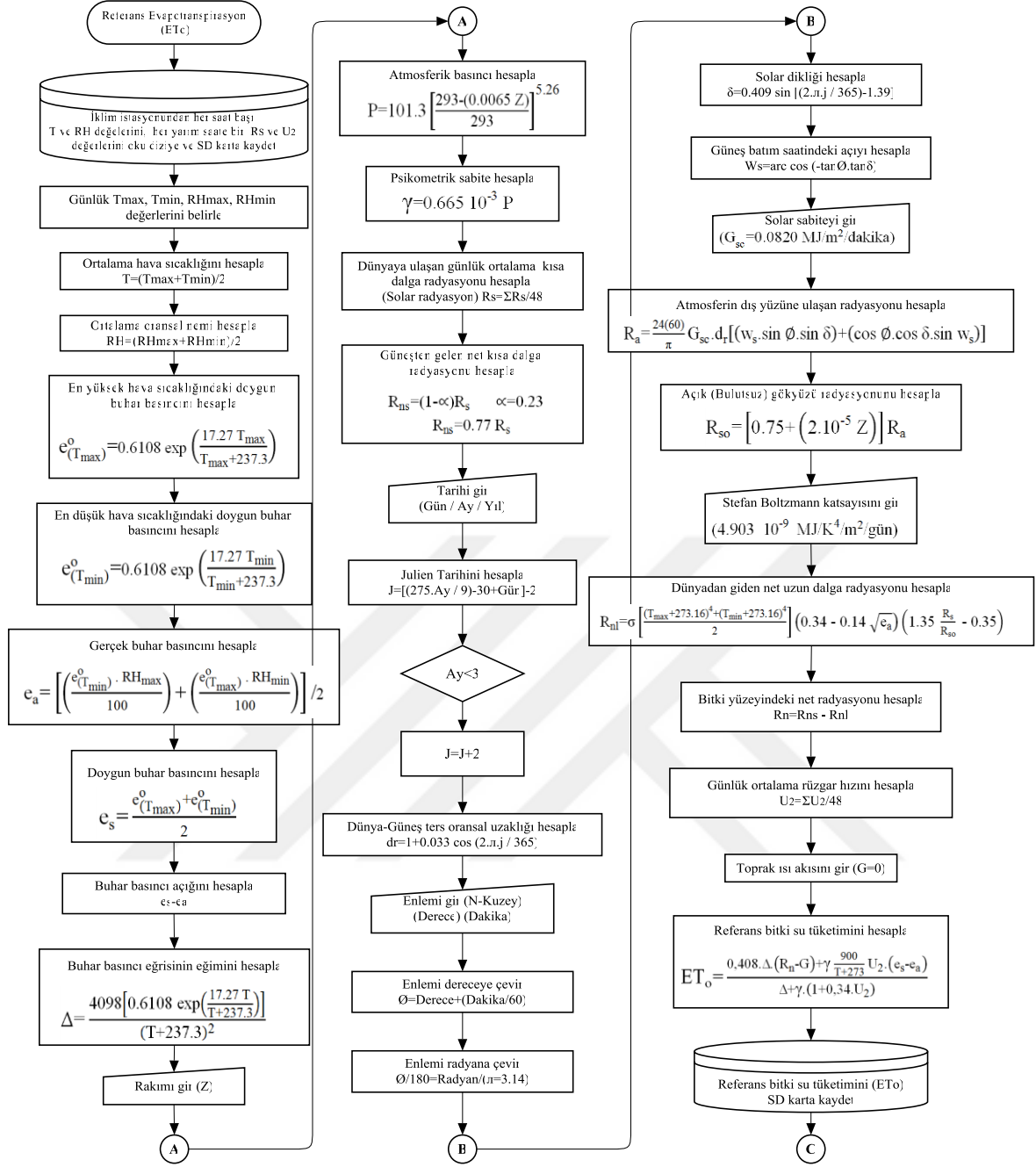
Şekil 3.1. Kahramanmaraş ili koşullarında yetiştirilen mısır bitkisi için k_c eğrisi

3.2. Metot

3.2.1. Referans bitki su tüketiminin hesaplanması

PLC kontrollü iklim istasyonuna günlük iklim verilerini ölçtüren ve bu verileri kullanarak referans bitki su tüketimini (ET_o) hesaplabilen bir ET_o hesap yazılımı geliştirmek amacıyla ilk olarak bırakış diyagramı oluşturulmuştur (Şekil 3.2). Bu diyagrama uygun olarak CODESYS-ST dilinde bir program yazılmıştır. ET_o hesabında Eşitlik 3.1 ile verilen FAO-56 Penman Monteith eşitliği kullanılmıştır. İklim istasyonunun sıcaklık ve oransal nem değerlerini bir günlük (24 saat) periyotlar halinde her saat başı ölçerek gün sonunda diziye ve SD karta kaydetmesi öngörülmüştür. Ortalama hava sıcaklığı (T) ve oransal nem (R_H) değerleri gün içerisinde ölçülen maksimum ve minimum değerlerin aritmetik ortalamaları alınarak belirlenmiştir. Solar radyasyon (R_s) ve rüzgar hızı (U_2) bir günlük (24 saat) periyotlar boyunca her 30 dakikada bir ölçülerek toplanmış ve toplam değerleri 48'e bölünerek ortalama değerleri bulunmuştur. Bitki yüzeyine etki eden günlük ortalama net radyasyonun (R_n) hesaplanmasında temel veri olarak R_s kullanılmıştır. Pyranometre ile $Watt/m^2/gün$ güç birimi cinsinden ölçülen solar radyasyonu, $MJ/m^2/gün$ cinsinden güneş enerjisine dönüştürmek amacıyla 0.0864 katsayısı kullanılmıştır ($1 Watt/m^2/gün=0.0864 MJ/m^2/gün$).

$$ET_o = \frac{0,408 \cdot \Delta \cdot (R_n - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T+273} U_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0,34 \cdot U_2)} \quad (3.1)$$



Şekil 3.2. İklim verilerinin ölçümü ve ET₀ hesabı akış diyagramı

Akış diyagramında; ET₀: Referans bitki su tüketimini (mm/gün), T: Ortalama hava sıcaklığını (°C), RH: Ortalama oransal nem değerini (%), R_s:Yeryüzüne ulaşan günlük ortalama kısa dalga radyasyonu (Solar radyasyon)(MJ/m²/gün), U₂: 2 m yükseklikten ölçülen rüzgar hızını (m/s), T_{max}, T_{min}: Gün içerisinde ölçülen maksimum ve minimum hava sıcaklıklarını (°C), RH_{max}, RH_{min}: Gün içerisinde ölçülen maksimum ve minimum oransal nem değerlerini (%), e_s: Doygun buhar basıncını (kPa), e_a: Gerçek buhar basıncını (kPa), e_o(T_{max}), e_o(T_{min}): En yüksek ve en düşük hava sıcaklıklarındaki doymuş buhar

basınçlarını (kPa), $e_s - e_a$:Buhar basıncı açığı (kPa), Δ : Doygun buhar basıncı eğrisinin eğimini ($\text{kPa}/^\circ\text{C}$), Z: Rakımı (568 m), P: Atmosferik basıncı (kPa), γ : Psikometrik sabiteyi ($\text{kPa}/^\circ\text{C}$), R_n : Bitki yüzeyine etki eden günlük ortalama net radyasyonu($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{gün}$), G: Topraktaki ısı akısını ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{gün}$), R_{ns} : Güneşten gelen net kısa dalga radyasyonu ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{gün}$), R_{nl} : Yer küreden giden net uzun dalga radyasyonu($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{gün}$), R_a : Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyonu ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{gün}$), α : Yansıtma-albedo katsayısını, σ : Stefan Boltzmann katsayısını ($4.903 \cdot 10^{-9} \text{ MJ}/\text{K}^4/\text{m}^2/\text{gün}$), R_{so} : Açık (Bulutsuz) gökyüzü radyasyonunu ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{gün}$), G_{sc} : Solar sabitesini ($0.0820 \text{ MJ}/\text{m}^2/\text{dakika}$), d_r : Dünya-Güneş ters oransal uzaklığını, j:Hesap yapılan gün ile yılbaşı (1 Ocak) arasındaki toplam gün sayısını, w_s :Güneş batım saatindeki açısını (Radyan), δ :Solar dikliğini (Radyan) ve ϕ :Enlemin açı cinsinden değerini ($36^\circ 36' \text{ E}$) ifade etmektedir (ASCE-EWRI, 2004; Çetin ve ark., 2014; Pereira ve ark., 2015).

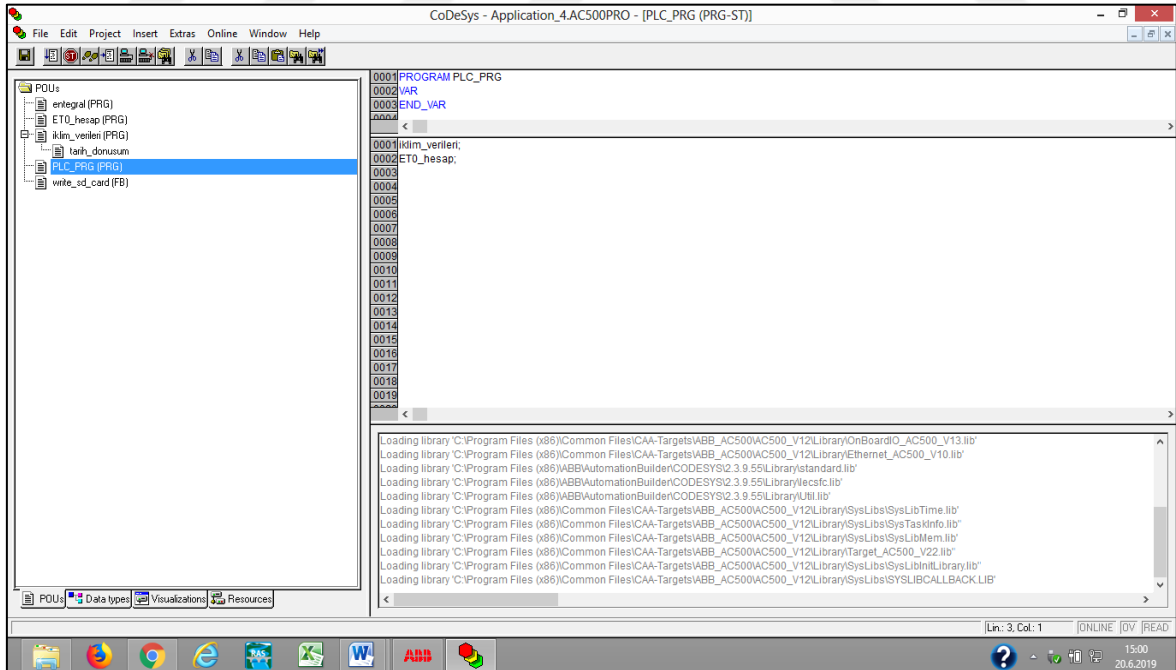
Akış diyagramına göre CODESYS-ST dilinde yazılacak programda iklim istasyonundan ölçülen hava sıcaklığı, oransal nem, solar radyasyon ve rüzgar hızı parametreleri ile rakım ve enlem değerleri giriş değişkenleri olarak dikkate alınmıştır. Bu değişkenlere bağlı olarak sırasıyla diğer değişkenler belirlenerek ET_o hesaplanmıştır. Hava sıcaklığı ve oransal nem değerleri kullanılarak günlük buhar basıncı açığı ($e_s - e_a$) ve buhar basıncı eğrisinin eğimi (Δ) belirlenmiştir. Araştırma alanının rakımı (Z) kullanılarak atmosfer basıncı (P) ve psikometrik sabite (γ) bulunmuştur.

ET_o hesabının yapılacağı tarih (Gün/Ay/Yıl) ve enlem değeri kullanılarak sırasıyla atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon (R_a), bulutsuz gökyüzü radyasyonu (R_{so}) ve bitki yüzeyindeki net radyasyon (R_n) hesaplanmıştır. Öncelikle ET_o hesabının yapılacağı tarih, Julien tarihine (J) çevrilmiştir. Hesaplamalarda Kahramanmaraş'ın enlem değeri ($\phi=37^\circ 45'$) radyan cinsinden kullanılmıştır. Dolayısıyla enlem ilk olarak $37 + (27/60) = 37.45^\circ$ işlemi ile dereceye ($\phi=37.45^\circ$), daha sonra $[(37.45) \cdot (3.14)] / 180 = 0.65$ işlemi ile radyana ($\phi=0.65 \text{ Radyan}$) çevrilmiştir. Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyonun (R_a) bir kısmı bulutlar tarafından tutulmakta ve geriye kalan kısmı solar radyasyon (R_s) olarak yeryüzüne ulaşmaktadır. Yeryüzüne gelen toplam solar radyasyon, iklim istasyonunda bulunan pyranometre ile ölçülecek ve Şekil 3.4'de verilen akış diyagramındaki $R_{ns} = (1 - \alpha) R_s$ eşitliğinde yerine yazılarak güneşten gelen net kısa dalga radyasyon (R_{ns}) hesaplanmıştır. Bu radyasyon miktarından Dünyadan giden net uzun dalga radyasyon çıkartılarak (R_{nl}), bitki yüzeyine etki eden net radyasyon (R_n) belirlenmiştir.

Günlük toprak ısı akısı (G) değişimi çok küçük düzeylerde olduğu için ihmal edilmiştir (ASCE-EWRI, 2004; Pereira ve ark., 2015).

3.2.2. İklim istasyonu yazılımının oluşturulması

Günlük hava sıcaklığı, oransal nem, solar radyasyon ve rüzgar hızı parametrelerini iklim istasyonuna ölçtüren, bu parametreleri kullanarak günlük Referans Evapotranspirasyon miktarını hesaplayan bir iklim istasyonu yazılımı yazılmıştır. Yazılımda CODESYS-ST yazılım dili kullanılmıştır. Bu amaçla Program Organisation Unit (POU)) altında PLC_PRG (PRG) programına ek olarak ET0_hesap (PRG), entegral (PRG), iklim_verileri (PRG) ile write_sd_card (FB) fonksiyon bloğu yazılmıştır. iklim_verileri (PRG) programı altına tarih_donusum isimli bir aksiyon (action) tanımlanmıştır. WORD değişkeni olarak tanımlanan yıl (act_yıl), BYTE değişkeni olarak tanımlanan ay (act_mounth), gün (act_day), saat (act_hour), dakika (act_min) ve INT değişkeni olarak tanımlanan minimum sıcaklık (Min_Sic_S) ile maksimum sıcaklık (Max_Sic_S) bu aksiyon içerisinde STRING değişkenlere dönüştürülmüştür. Bu arayüz Şekil 3.3’de verilmiştir. Her programın yerel (var) değişkenleri kendi programı içerisinde tanımlanmıştır. Global değişkenler ise Çizelge 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. CODESYS ara yüzü ve iklim istasyonu yazılımları

Çizelge 3.3.Global değişkenler

Değişken Adı	Değişken Tipi
Solar_R, Sıcaklik, Oran_Nem, RuzgarHiz	İnt
ET0_1	array[1..366] of ET0
Reset1	Bool
Saat	Clock
Tarih	clock_dt
INTEGRAL_Rs, INTEGRAL_Ruz_Hiz	İntegral

Günlük ölçümlerin takibini kolaylaştırmak amacıyla Çizelge 3.4’de verilen ET₀ isimli bir yapı (Struct) tanımlanmıştır. Bu yapıda sıcaklığa (T), oransal neme (R_H), maksimum sıcaklığa (T_{max}), minimum sıcaklığa (T_{min}), maksimum oransal neme (RH_{max}), minimum oransal neme (RH_{min}) ve güneş batım saatindeki açıya (W_s) değişken tipi tanımlanmıştır.

Çizelge 3.4.ET₀ yapısının değişkenleri ve tipleri

Yapı Değişkeni	Yapı Tipi
T	array[0..23] of int
R _H	array[0..23] of int
T _{max}	İnt
T _{min}	İnt
RH _{max}	İnt
RH _{min}	İnt
W _s	İnt

İklim istasyonu yazılımının alt programı olan iklim_verileri (PRG) alt programı EK-A1’de verilmiştir. Öncelikli olarak iklim_verileri (PRG) alt programına ait yerel (var) değişkenleri tanımlanmıştır. Daha sonra CASE step OF komutu kullanılarak iklim istasyonunun iklim verileri ölçmesi sağlanmış ve bu verilere bağlı olarak günlük Referans Evapotranspirasyon hesaplatılmıştır. CASE deyiminin ii değişkeni 0.40 arasında değişmiştir. ii=0 başlangıç aşamasında R_TRIG_iklim_veri tetikleyicisi kullanılarak hava sıcaklığı ve oransal nem parametrelerinin saatlik olarak ölçüleceği öngörülmüştür. Bu parametrelerin ölçülmesinde kullanılacak sensörün her saatin 59. dakikasının 10. saniyesinde çıkış vermesi planlanmıştır (CLK:=(saat.MIN_ACT=59 AND saat.SEC_ACT=10) , Q=>). Bu şekilde hava sıcaklığı ve oransal nem parametrelerinin 24 saatlik verilerinin ölçüleceği öngörülmüştür. Sensör çıkış verdiğinde CASE deyimini ii=10 adımına yönlendirilmiştir. Bu adımda tarih_donusum isimli aksiyon (action) kullanılarak ölçüm tarihi STRING değişkene dönüştürülmüş ve hava sıcaklığı verisine (ET0_1[J].T[saat.HOUR_ACT]) “Sıcaklik” değişkeni atanmıştır. Aynı şekilde saatlik olarak ölçülen oransal nem verisine (ET0_1[J].RH[saat.HOUR_ACT]) “Oran_Nem” değişkeni atanmıştır. R_TRIG_oku tetikleyicisi kullanılarak bir gün boyunca saatlik olarak

ölçülen hava sıcaklığı ve oransal nem verileri günün 23. saatinin 59. dakikasının 58. saniyesinde küçükten büyüğe doğru sıralanmıştır (CLK:=(saat.HOUR_ACT=23 AND saat.MIN_ACT=59 AND saat.SEC_ACT=58) , Q=>). Bu amaçla CASE deyimi ii=20 adımına yönlendirilmiştir. Bu adımda, 24 saat boyunca saatlik olarak ölçülen hava sıcaklığı ve oransal nem verileri öncelikle ET0_1[J].YedekDiziT[p] ve ET0_1[J]. YedekDiziRH[p] dizinlerine atanmıştır(FOR p:=0 TO 23 BY 1 DO). Daha sonra bu veriler küçükten büyüğe doğru sıralanarak sırasıyla maksimum hava sıcaklığı (ET0_1[J].YedekDiziT[23]), minimum hava sıcaklığı (ET0_1[J].YedekDiziT[0]), maksimum oransal nem (ET0_1[J].YedekDiziRH[23]) ve minimum oransal nem (ET0_1[J].YedekDiziRH[0]) değerleri belirlenmiştir. Bu değerlerin aritmetik ortalaması alınarak 24 saatlik süre boyunca ölçülen ortalama hava sıcaklığı (Ort_T) ve oransal nem (Ort_RH) değerleri elde edilmiştir. EK-A2'de verilen FAO 56 Penman Monteith eşitliği akış şeması doğrultusunda işlem basamakları uygulanarak günlük Referans Evapotranspirasyon (ET_o) hesaplanmıştır. Tüm veriler sıfırlanarak (reset1:=TRUE) CASE deyimi ii=30 adımına yönlendirilmiştir. Bu adımda öncelikle resetleme işlemi durdurularak (reset1:=FALSE) gün, ay, yıl, maksimum hava sıcaklığı ve minimum hava sıcaklığı string değerleri aralarına noktalı virgül koyulup birleştirilmiş ve CASE deyimi ii=40 adımına yönlendirilmiştir. Bu adımda veriler, EK-A2'de verilen write_sd_card (FB) fonksiyon blok yazılımı yardımıyla SD karta kaydedilmiş ve CASE deyimi ii=0 adımına yönlendirilerek programın başına dönmüştür. EK-A2'de görüleceği üzere write_sd_card (FB) fonksiyon bloğunun işlemleri yapabilmesi için önce değişkeler tanımlanmakta, sonra bu değişken kullanılarak işlemler yapılmaktadır.

Yıl, ay, gün, saat, dakika, maksimum sıcaklık ve minimum sıcaklık değişkenlerini STRING değişkenine dönüştürmek amacıyla EK-A3'de verilen tarih dönüşüm isimli aksiyon (action) yazılımı kullanılmıştır. Solar radyasyon, hava sıcaklığı, oransal nem ve rüzgâr hızı değişkenlerinin ölçüm işlemleri de aynı aksiyon yazılımı içerisinde tanımlanmıştır.

Günlük toplam solar radyasyon (INTEGRAL_Rs) ve toplam rüzgar hızının (INTEGRAL_Ruz_Hiz) ölçülebilmesi amacıyla EK-A4'de verilen entegral (PRG) alt programı hazırlanmıştır. Bu programda INTEGRAL (FB) fonksiyon bloğu kullanılarak solar radyasyon (R_s) ve rüzgâr hızının (U₂) her yarım saatte bir ölçülüp toplanması öngörülmüştür. Bir günlük süre boyunca ölçülen toplam solar radyasyon (INTEGRAL_Rs) ve toplam rüzgâr hızı (INTEGRAL_Ruz_Hiz) değerlerinin 48'e bölünerek günlük ortalama R_s ve U₂ değerlerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Pyranometre ile Watt/m²/gün cinsinden

ölçülen INTEGRAL_Rs değeri 0.0864 katsayısı ile çarpılarak, FAO 56 Penman Monteith eşitliği ile uyumlu MJ/m²/gün birimine dönüştürülmesi sağlanmıştır.

3.3. Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Kahramanmaraş ili 2018 yılı günlük iklim verileri ve CODESYS_ST dilinde hazırlanan ET_o yazılımı kullanılarak elde edilen ET_o değerlerinin kullanılabilirliğini test etmek amacıyla Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinden faydalanılmıştır (Anonim, 2016c). Yazılım kullanılarak hesaplanan ET_o değerleri Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş için verilen ET_o değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca Kahramanmaraş koşullarında yetiştirilen Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin vejetasyon süresi (1 Nisan-6 Eylül) boyunca bitki su tüketim (ET_c) miktarları yazılım kullanılarak belirlenmiş ve Su Tüketim Rehberindeki ET_c değerleri ile karşılaştırılmıştır. Bitki su tüketimi (ET_c) hesaplamalarında Eşitlik 3.2 kullanılmıştır. Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin Kahramanmaraş koşullarındaki bitki katsayısı (k_c) ve bitki su tüketimi (ET_c) değerleri ile referans bitki su tüketimi (ET_o) değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir (Anonim 2016). Yazılım kullanılarak hesaplanan ET_o ve ET_c değerlerinin Su Tüketim Rehberindeki değerler ile karşılaştırılmasında Eşitlik 3.3 ile verilen ortalama mutlak hata (OMH), Eşitlik 3.4 ile verilen ortalama mutlak göreceli hata oranı (OMGH) ve Eşitlik 3.5 ile verilen karekök ortalama karesel hata miktarı (KOKH) kullanılmıştır.

$$ET_c = ET_o \cdot k_c \quad (3.2)$$

$$OMH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |ET_{o(R)} - ET_{o(Y)}| \quad (3.3)$$

$$OMGH = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{|ET_{o(R)} - ET_{o(Y)}|}{ET_{o(R)}} 100 \right) \quad (3.4)$$

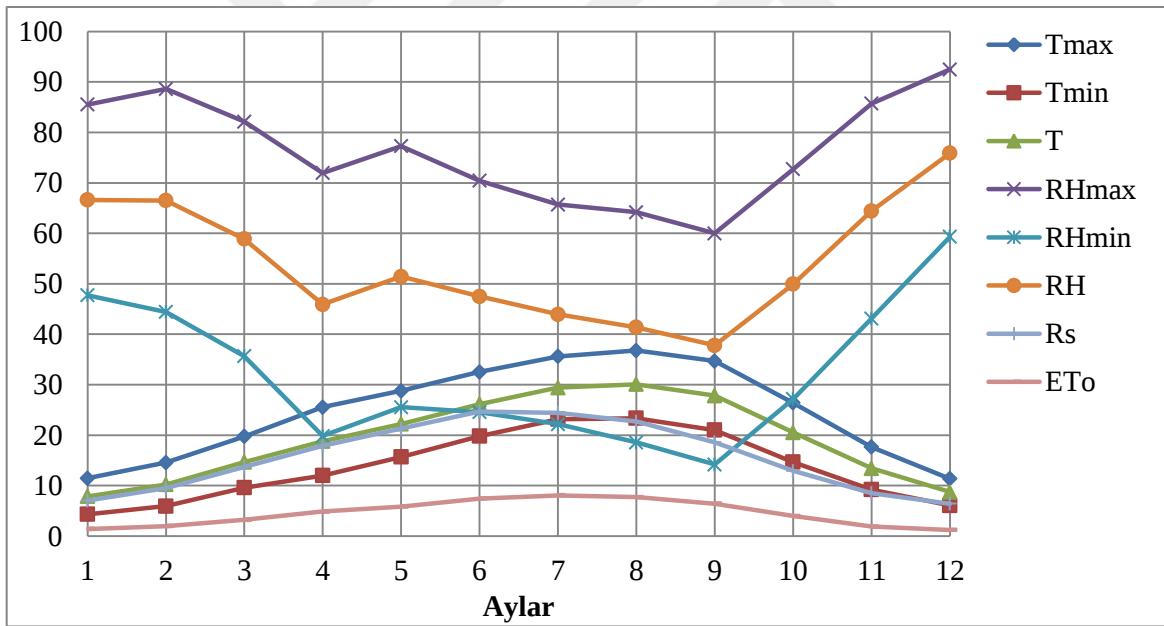
$$KOKH = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|ET_{o(R)} - ET_{o(Y)}|)^2} \quad (3.5)$$

Eşitliklerde; OMH: Ortalama mutlak hata (mm/gün), OMGH: Ortalama mutlak göreceli hata oranı (mm/gün), KOKH: Karekök ortalama karesel hata miktarı (mm/gün), ET_{o(R)}: Türkiye’de sulanan bitkilerin su tüketim rehberinde Kahramanmaraş ili için verilen referans evapotranspirasyon miktarı (mm/gün), ET_{o(Y)}: PLC kontrollü yazılım ile hesaplanan referans evapotranspirasyon miktarı (mm/gün), n: Hesap yapılan ay sayısını ifade etmektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Kahramanmaraş İline ait 2018 yılı günlük iklim verileri kullanılarak, referans evapotranspirasyon hesap yazılımı ile on iki (12) aylık günlük ET_o değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca Nisan-Eylül vejetasyon süresi boyunca mısırın günlük evapotranspirasyon (ET_c) miktarları belirlenmiştir. Elde edilen ET_o ve ET_c değerleri EK-2 - EK-13'de toplu olarak verilmiştir. İklim verileri ve ET_o değerlerinin aylık ortalaması ise Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Hava sıcaklığının maksimum değerlerine ulaştığı Mayıs, Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında oransal nemin minimum düzeylere düştüğü ve dolayısıyla referans bitki su tüketimi (ET_o) miktarı maksimum değerlere ulaşmaktadır. Hava sıcaklığının minimum değerlerde olduğu Ocak, Şubat, Kasım ve Aralık aylarında ise oransal nemin maksimum değerlere çıktığı ve dolayısıyla referans bitki su tüketimi (ET_o) miktarının minimum değerlere düştüğü Şekil 4.1'de görülmektedir.



Şekil 4.1. İklim istasyonu ile ölçülen günlük iklim verilerinin aylık ortalama değerleri

Ocak ayı günlük iklim verileri ve bu verilere bağlı olarak ET_o hesap yazılımı ile hesaplanan günlük ET_o miktarları EK-2'de verilmiştir. Ocak ayında ortalama hava sıcaklığının 5.50-10.25 °C, ortalama oransal nemin % 45.50-95.50 ve referans bitki su tüketiminin ise 0.57-1.11 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. ET_o miktarı 30 Ocak tarihinde en yüksek 1.11 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Şubat ayı günlük iklim verileri ve bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o miktarları EK-3'de verilmiştir. Ortalama

hava sıcaklığının 7.65-12.50°C, ortalama oransal nemin % 42.00-80.00 ve referans bitki su tüketiminin ise 1.14-1.66 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_o miktarı 19 Şubat tarihinde 1.66 mm/gün olarak hesaplanmıştır.

Mart ayı günlük iklim verileri ve bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o miktarları EK-4'de verilmiştir. Ortalama sıcaklığın 9.15-18.40°C, ortalama oransal nemin % 40.50-91.00 ve referans bitki su tüketiminin 1.50-3.01 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_o miktarı 28 Mart'ta 3.01 mm/gün olarak hesaplanmıştır.

Mısır bitkisi için vejetasyon dönemi (Nisan-Eylül) dikkate alınarak Nisan ayından itibaren günlük bitki su tüketimi (ET_c) miktarları belirlenmiştir. Bu amaçla vejetasyon dönemi boyunca referans evapotranspirasyon hesap yazılımı ile hesaplanan günlük ET_o değerleri, Şekil 3.1'den alınan (k_c) katsayıları ile çarpılarak günlük evapotranspirasyon (ET_c) miktarı elde edilmiştir. Ortalama hava sıcaklığının 13.90-21.80 °C, oransal nemin % 21.50-76.50 ve referans bitki su tüketiminin 2.78-4.29 mm/gün, Nisan ayında mısırın bitki su tüketiminin (ET_c) 1.34-2.40 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. Bu ay için en yüksek ET_c miktarı 26 Nisan'da 2.40 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Nisan ayı için belirlenen günlük ET_o ve ET_c miktarları EK-5'de verilmiştir.

Mayıs ayı günlük iklim verileri ile bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o ve ET_c miktarları EK-6'de verilmiştir. Ortalama hava sıcaklığının 16.70-26.60°C, oransal nemin % 35.00-73.00, referans bitki su tüketiminin 3.72-5.42 mm/gün ve bitki su tüketiminin 2.42-4.77 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_c miktarı 27 Mayıs tarihinde 4.77 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Haziran ayı günlük iklim verileri ile bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o ve ET_c miktarları EK-7'de verilmiştir. Ortalama hava sıcaklığının 22.15-30.20°C, oransal nemin % 29.50-60.00, referans bitki su tüketiminin 5.44-6.87 mm/gün ve bitki su tüketiminin 5.33-7.71 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_c miktarı 27 Haziran tarihinde 7.71 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Temmuz ayı günlük iklim verileri ile bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o ve ET_c miktarları EK-8'de verilmiştir. Ortalama hava sıcaklığının 27.55-30.95°C, oransal nemin % 30.50-54.00, referans bitki su tüketiminin 5.91-7.13 mm/gün ve bitki su tüketiminin 7.04-8.49 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_c miktarı 2 Temmuz tarihinde 8.49 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Ağustos ayı günlük iklim verileri ile bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o ve ET_c miktarları EK-9'da verilmiştir. Ortalama hava sıcaklığının 28.60-31.45°C, oransal nemin % 27.50-53.50, referans bitki su tüketiminin 5.61-6.41 mm/gün ve bitki su tüketiminin 6.18-7.56 mm/gün

aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_c miktarı 4 ve 10 Ağustos tarihlerinde 7.56 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Eylül ayı günlük iklim verileri ve bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o miktarları EK-10'da verilmiştir. Hava sıcaklığının 25.25-31.90°C, ortalama oransal nemin % 27.00-49.00 ve referans bitki su tüketiminin ise 4.14-5.52 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_o miktarı 1 Eylül tarihinde 5.52 mm/gün olarak hesaplanmıştır.

Ekim ayı günlük iklim verileri ve bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o miktarları EK-11'da verilmiştir. Hava sıcaklığının 12.65-25.35°C, ortalama oransal nemin % 19.50-64.50 ve referans bitki su tüketiminin ise 1.57-2.81 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_o miktarı 1 Ekim tarihinde 2.81 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Kasım ayı günlük iklim verileri ve bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o miktarları EK-12'de verilmiştir. Hava sıcaklığının 6.80-18.45°C, ortalama oransal nemin % 39.50-83.00 ve referans bitki su tüketiminin ise 0.78-1.51 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_o miktarı 1 Kasım tarihinde 1.51 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Aralık ayı günlük iklim verileri ve bu verilere bağlı olarak hesaplanan günlük ET_o miktarları EK-13'de verilmiştir. Hava sıcaklığının 2.75-13.30°C, ortalama oransal nemin % 52.00-94.50 ve referans bitki su tüketiminin ise 0.50-0.86 mm/gün aralığında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ET_o miktarı 3 Aralık tarihinde 0.86 mm/gün olarak hesaplanmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan Kahramanmaraş ili 2018 yılı günlük iklim verilerinin aylık ortalama değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Bu verilere bağlı olarak ET_o hesap programı ile hesaplanan FAO 56 Penman Monteith eşitliği bileşenleri ve ET_o değerlerinin aylık ortalama değerleri ise Çizelge 4.2'de verilmiştir. Ayrıca, Kahramanmaraş koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin vejetasyon süresi (1 Nisan-6 Eylül) boyunca aylık ortalama ET_c değerleri de hesaplanarak Çizelge 4.2'de verilmiştir. Sıcaklığın maksimum değerlere ulaştığı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında referans bitki su tüketimi ve buna bağlı olarak belirlenen bitki su tüketimi miktarlarının da maksimum değerlerde gerçekleştiği Çizelge 4.2'de görülmektedir.

Çizelge 4.1. İklim istasyonu ile ölçülen 2018 yılı iklim verilerinin aylık ortalamaları

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
T _{max} (°C)	11.45	14.55	19.73	25.53	28.79	32.53	35.61	36.78	34.68	26.40	17.63	11.37
T _{min} (°C)	4.310	5.920	9.570	12.00	15.66	19.79	23.16	23.35	20.99	14.65	9.19	6.07
T (°C)	7.880	10.23	14.65	18.77	22.22	26.16	29.40	30.07	27.84	20.52	13.41	8.72
RH _{max} (%)	85.55	88.61	82.16	71.97	77.29	70.43	65.71	64.19	60.00	72.71	85.73	92.48
RH _{min} (%)	47.71	44.43	35.65	19.83	25.55	24.57	22.19	18.55	14.17	27.16	43.13	59.32
R _H (%)	66.63	66.52	58.90	45.90	51.42	47.50	43.95	41.37	37.80	49.94	64.43	75.90
U ₂ (m/s)	0.550	0.640	0.850	1.03	1.120	1.560	1.730	1.550	1.310	0.630	0.400	0.40
R _s (MJ/m ² /gün)	7.00	9.500	13.70	17.90	21.30	24.70	24.40	22.70	18.60	12.90	8.50	6.40

Çizelge 4.2. Penman Monteith bileşenleri ile ET_o ve ET_c değerlerinin aylık ortalamaları

Aylar	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
e _{T_{max}} ^o (kPa)	1.370	1.670	2.330	3.320	4.050	4.940	5.850	6.220	5.570	3.550	2.070	1.370
e _{T_{min}} ^o (kPa)	0.840	0.940	1.200	1.420	1.800	2.330	2.840	2.880	2.500	1.710	1.180	0.960
e _s (kPa)	1.100	1.310	1.770	2.370	2.920	3.630	4.340	4.550	4.030	2.630	1.630	1.160
e _a (kPa)	0.670	0.770	0.880	0.830	1.150	1.400	1.560	1.480	1.130	1.040	0.920	0.840
e _s -e _a (kPa)	0.440	0.530	0.890	1.540	1.770	2.240	2.79	3.070	2.910	1.590	0.700	0.320
Δ (kPa/°C)	0.073	0.084	0.108	0.140	0.165	0.200	0.240	0.240	0.220	0.150	0.100	0.077
P (kPa)	94.76	94.76	94.76	94.76	94.76	94.76	94.76	94.76	94.76	94.76	94.76	94.76
γ (kPa/°C)	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
R _{ns} (MJ/m ² /gün)	5.390	7.320	10.55	13.78	16.40	19.02	18.79	17.48	14.32	9.330	6.550	4.930
R _a (MJ/m ² /gün)	16.85	21.74	29.21	35.72	40.15	41.69	40.42	36.42	30.26	23.05	17.51	15.21
R _{so} (MJ/m ² /gün)	12.83	16.55	22.24	27.20	31.51	31.74	30.77	27.73	23.04	17.55	13.33	11.58
R _{nl} (MJ/m ² /gün)	2.700	2.960	3.410	4.150	4.220	4.840	4.930	5.370	5.780	4.720	3.500	2.600
R _n (MJ/m ² /gün)	2.690	4.350	7.140	9.640	12.19	14.18	13.86	12.11	8.540	5.220	3.040	2.330
ET _o (mm/gün)	0.860	1.340	2.430	3.80	4.71	6.11	6.65	6.15	4.760	2.230	1.040	0.660
k _c	-	-	-	0.50	0.77	1.07	1.19	1.14	-	-	-	-
ET _c (mm/gün)	-	-	-	1.88	3.64	6.51	7.91	7.02	-	-	-	-

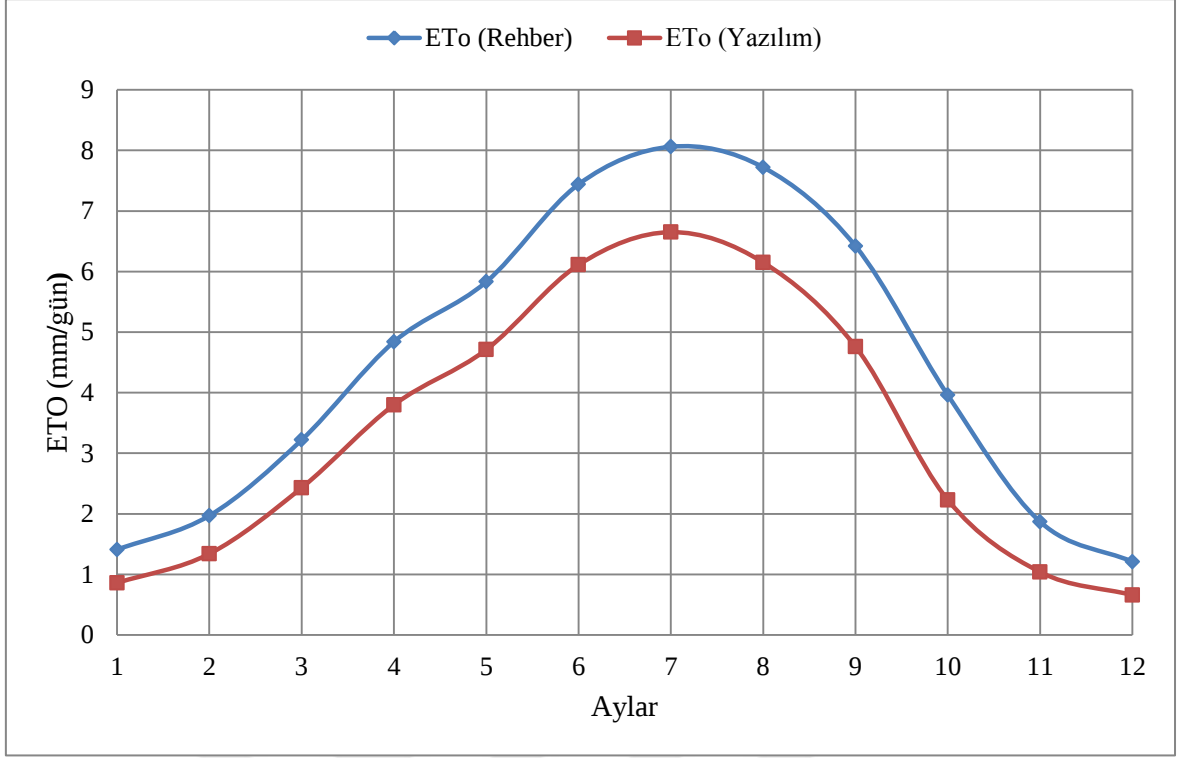
ET_o hesaplama yazılımı kullanılarak elde edilen ET_o ve ET_c değerlerinin doğruluğunu kontrol etmek amacıyla Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim

Rehberinden faydalanılmıştır. Bu rehberde, Türkiye’deki tüm şehirlerin uzun yıllar ortalaması iklim verilerinin aylık ortalama günlük değerleri kullanılarak ET_o miktarları ve bazı bitki çeşitlerinin ET_c değerleri verilmiştir. Çizelge 4.2’de verilen ET_o ve ET_c miktarları Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş ili için verilen evapotranspirasyon değerleri ile karşılaştırılmıştır. Mısır bitkisinin vejetasyon süresi (Nisan-Eylül) boyunca yazılımla hesaplanan evapotranspirasyon miktarlarının ($ET_{o(Yazılım)}$, $ET_{c(Yazılım)}$), Su Tüketim Rehberinde verilen evapotranspirasyon miktarlarından ($ET_{o(Rehber)}$, $ET_{c(Rehber)}$) olan sapma miktarlarının bir ifadesi olarak sırasıyla OMH ve OMGH oranı değerleri hesaplanarak Çizelge 4.3ve Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yazılımla hesaplanan ET_o değerlerinin su tüketim rehberi ile karşılaştırılması

Aylar	$ET_{o(Rehber)}$ (mm/gün)	$ET_{o(Yazılım)}$ (mm/gün)	OMH (mm/gün)	OMGH (%)
Nisan	4.84	3.80	1.04	21.49
Mayıs	5.83	4.71	1.12	19.21
Haziran	7.44	6.11	1.33	17.88
Temmuz	8.06	6.65	1.41	17.50
Ağustos	7.72	6.15	1.57	20.34

ET_o miktarları için yapılan karşılaştırmaya göre; en büyük sapma miktarı %21.49 OMGH oranı ile Nisan ayında gerçekleşmiştir. En düşük sapma miktarı ise % 17.50 OMGH oranı ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. OMH 1.30 mm/gün, OMGH oranı % 19.28 ve KOKH miktarı 1.19 olarak belirlenmiştir. $ET_{o(Yazılım)}$ ve $ET_{o(Rehber)}$ miktarlarının aylık değişimleri Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

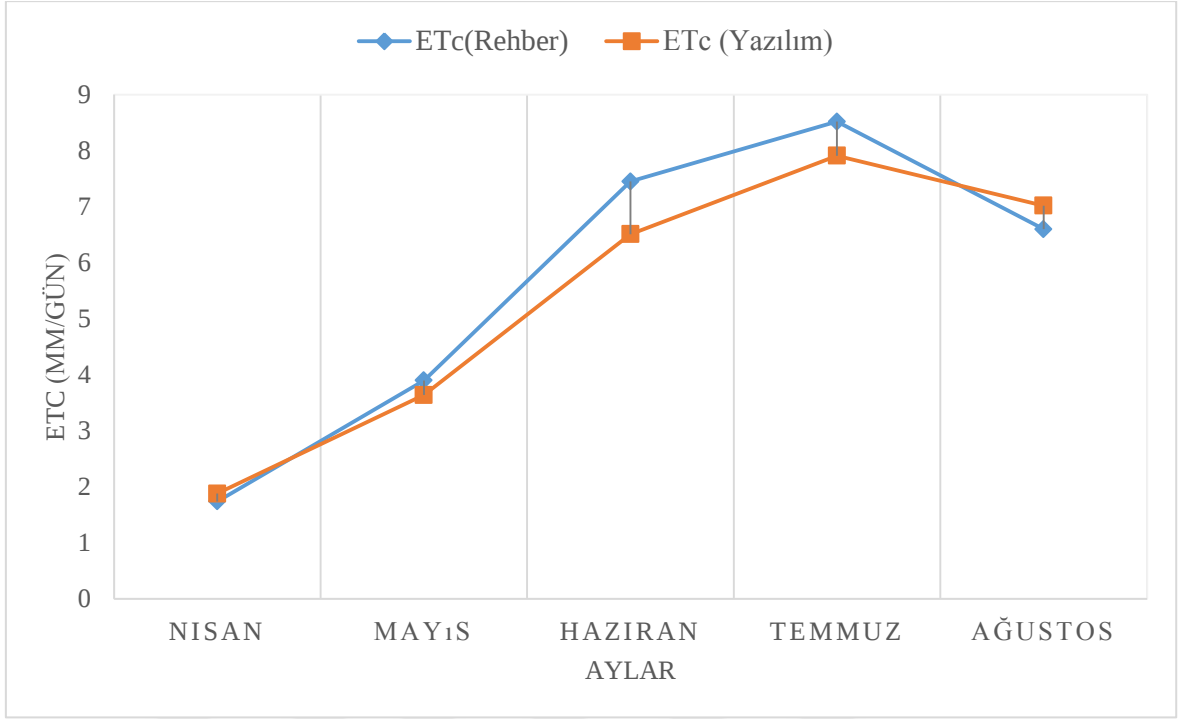


Şekil 4.2.ET₀(Rehber) ve ET₀(Yazılım) değerlerinin aylık değişim grafikleri

Çizelge 4.4. Yazılımla hesaplanan ET_c değerlerinin su tüketim rehberi ile karşılaştırılması

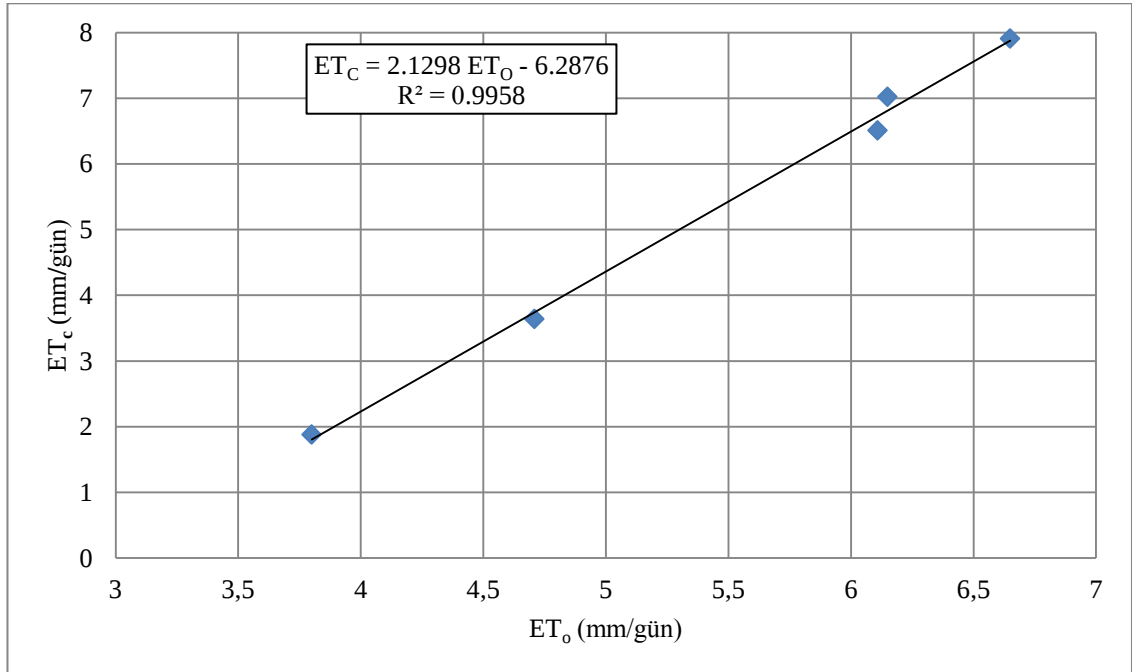
Aylar	ET _c (Rehber) (mm/gün)	ET _c (Yazılım) (mm/gün)	OMH (mm/gün)	OMGH (%)
Nisan	1.74	1.88	0.14	8.05
Mayıs	3.90	3.64	0.26	6.67
Haziran	7.45	6.51	0.94	12.62
Temmuz	8.52	7.91	0.61	7.16
Ağustos	6.60	7.02	0.41	6.36

ET_c miktarları için yapılan karşılaştırmaya göre en büyük sapma miktarı % 12.62 OMGH oranı ile Haziran ayında gerçekleşmiştir. En düşük sapma miktarı ise % 6.36 OMGH oranı ile Ağustos ayında gerçekleşmiştir. Tüm aylar için hesaplanan değerlerin ortalaması alınarak OMH 0.48 mm/gün, OMGH oranı % 8.17 ve KOKH miktarı 0.55 olarak belirlenmiştir. Yazılımla hesaplanan ET_c miktarları dikkate alınarak, Nisan-Ağustos dönemi boyunca mısır bitkisi için mevsimlik toplam su tüketimi 854.55 mm olarak belirlenmiştir. Su tüketim rehberi verilerine göre mevsimlik toplam bitki su tüketimi ise 856 mm olarak hesaplanmıştır. ET_c(Yazılım) ve ET_c(Rehber) miktarlarının Nisan-Ağustos dönemi boyunca değişimleri Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



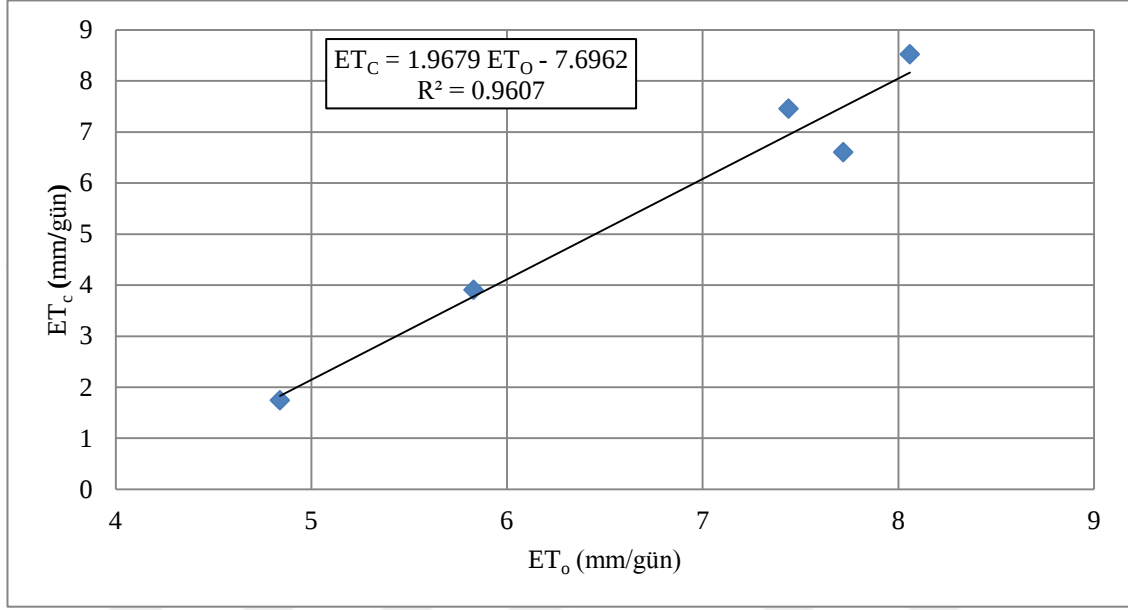
Şekil 4.3. $ET_{c(Rehber)}$ ve $ET_{c(Yazılım)}$ değerlerinin aylık değişim grafikleri

Yazılımla hesaplanan ET_o ve ET_c miktarları arasındaki istatistiki ilişki düzeyini ortaya koymak amacıyla doğrusal regresyon analizi yapılmıştır. Şekil 4.4’de görüldüğü gibi; ET_c ’deki değişimin % 100’ü ($R^2=0.9958$) ET_o ile açıklanabilmektedir.



Şekil 4.4. Yazılımla hesaplanan ET_c ve ET_o miktarları arasındaki ilişki

Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinden alınan ET_o ve ET_c miktarları arasındaki istatistiki ilişki düzeyini ortaya koymak amacıyla yine doğrusal regresyon analizi yapılarak, ET_c ’deki değişimin % 96’sının ($R^2=0.9607$) ET_o ile açıklanabildiği ortaya koyulmuştur (Şekil 4.5). Yazılımla hesaplanan ET_o ve ET_c değerleri arasındaki ilişki, Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinden alınarak hesaplanan ET_o ve ET_c değerleri arasındaki ilişkiye göre daha yüksek elde edilmiştir.



Şekil 4.5. Su Tüketim Rehberinden alınan ET_c ve ET_o miktarları arasındaki ilişki

Bu çalışma kapsamında Kahramanmaraş ili iklim koşullarında mısırın (*Zea Mays L.*) mevsimlik toplam bitki su tüketimi (ET_c) 854.55 mm olarak elde edilmiştir. Uçak ve ark. (2010), Adana’da 2008-2009 yılları arasında mısır bitkisinin 3 farklı gelişme döneminde uygulanan su stresinin verime etkisini saptamak amacıyla yürüttükleri çalışma da mısırın mevsimlik toplam su tüketimini 771.2 mm olarak elde etmişlerdir. Kırnak ve ark. (2003), 1999-2000 yılları arasında Harran Ovası koşullarında 1320 mm, Ayla (1993), Bolu Ovası koşullarında 540-550 mm, Öğretir (1993), Eskişehir koşullarında 629 mm, Amarkar (2019), Konya ovasında dört meteoroloji istasyonundan 10 yıllık (2009-2018) periyotta toplanan verileri kullanarak, iklim parametrelerindeki değişimlerin ovada yetiştirilen bazı bitkilerin su tüketimi üzerine etkileri araştırmış ve Akşehir meteoroloji istasyonundan elde edilen verilerle mısır için bitki su tüketiminin en düşük 2018 yılında 603.9 mm, en yüksek 2012 yılında 696.3 mm olduğunu, Beyşehir meteoroloji istasyonu verilerine göre mısırın bitki su tüketiminin en düşük 2018 yılında 681.4 mm, en yüksek 2012 yılında 808.6 mm olduğunu, Cihanbeyli meteoroloji istasyonu verilerine göre mısırın en düşük bitki su

tüketiminin 2009 yılında 752.6 mm, en yüksek 2016 yılında 864.8 mm olduğunu, Ereğli meteoroloji istasyonu verilerine göre mısırın bitki su tüketiminin ise en düşük 2011 yılında 691.1 mm, en yüksek 2009 yılında 737.7 mm olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmada mısır bitkisinin vejetasyon süresine (Nisan-Eylül) göre aylık ortalama günlük ET_0 değerleri; Nisan ayı için 3.80 mm/gün, Mayıs ayı için 4.71 mm/gün, Haziran ayı için 6.11 mm/gün, Temmuz ayı için 6.65 mm/gün ve Ağustos ayı için 6.15 mm/gün olarak elde edilmiştir. İklim istasyonu yazılımı geliştirilerek elde edilen ET_0 değerleri daha önceki araştırmacıların belirledikleri sonuçlar ile kıyaslandığında Amarkı (2019), Ayla (1993) ve Uçak ve ark. (2010) benzerlik gösterirken, Kırnak ve ark. (2003) tarafından belirlenmiş olan ET_0 değeri ile farklılık göstermektedir bu farklılığın sebebi olarak da toprak faktörleri ve iklim özellikleri gösterilebilir. Sonuç olarak bu çalışma da elde edilen mısırın mevsimlik toplam bitki su tüketimi değeri ile söz konusu araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalardan elde ettikleri değerler arasında paralellik bulunmaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; referans bitki su tüketimi (ET_o) hesabında ihtiyaç duyulan parametrelerin ölçülmesinde kullanılacak iklim istasyonunun kontrol edilmesini sağlayan ve bu iklim istasyonundan ölçülen parametreleri kullanılarak FAO 56 Penman Monteith yöntemine göre referans evapotranspirasyon (ET_o) miktarını hesaplayan, CODESYS-ST programlama dilinde bir iklim istasyonu yazılımının geliştirilmesi ve bu yazılımla mısırın bitki su tüketiminin hesaplanarak mevcut verilerle karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında iklim istasyonu yazılımı ile hesaplanan ET_o değerlerinin kullanılabilirlik düzeylerini test etmek amacıyla Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinden faydalanılmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğünden temin edilen Kahramanmaraş ili 2018 yılı günlük iklim verileri kullanılarak hesaplanan ET_o değerleri, Bitki Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş için verilen ET_o değerleri ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, Kahramanmaraş koşullarında yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin, geliştirilen iklim istasyonu yazılımı ile hesaplanan ET_o değerlerine bağlı olarak 2018 yılı boyunca günlük ET_c değerleri belirlenmiş ve Su Tüketim Rehberinde verilen ET_c değerleri ile karşılaştırılmıştır.

İklim istasyonu yazılımı, Program Organizasyon Birimi (Program Organisation Unit (POU)) altında PLC_PRG (PRG) programına ek olarak 3 adet alt programdan (object) oluşturulmuştur. Bunlar ET_o _hesap (PRG), integral (PRG) ve iklim_verileri (PRG) alt programlarıdır. Bunlara ek olarak günlük toplam solar radyasyon ve rüzgar hızını ölçmek amacıyla INTEGRAL (FB) fonksiyon bloğu ve ölçülen verilerin kaydedilmesi amacıyla write_sd_card (FB) fonksiyon bloğu kullanılmıştır. iklim_verileri (PRG) programı altına tarih_donusum isimli bir aksiyon (action) tanımlanmıştır. Tüm alt programlar, arayüz vasıtasıyla birbirleri ile bağlantılı olarak bir döngü halinde çalışmaktadırlar.

Bu çalışma kapsamında bir iklim istasyonu geliştirilmemiştir. Fakat tarımsal amaçlı bir iklim istasyonunun ölçüm yapmasını sağlayacak PLC kontrollü bir yazılım geliştirilmiştir. PLC kontrollü iklim istasyonundan ölçülen iklim verileri PLC’ye iletilmektedir. Bu nedenle istasyondaki sensörlerin çıkışlarının PLC’ye giriş yapılacağı öngörülmüştür. Geliştirilen iklim istasyonu yazılımı kapsamında hava sıcaklığı ve oransal nem verilerinin iklim_verileri (PRG) alt programı kontrolünde saatlik olarak yapılacağı öngörülmektedir. Her saatin 59.dakikasının 10.saniyesinde bu veriler ölçülerek write_sd_card (FB) fonksiyon bloğu ile kaydedilmektedir. Bir günlük süre boyunca saatlik

olarak ölçölüp kaydedilen hava sıcaklığı ve oransal nem verileri, 23.saatin 59.dakikasının 58.saniyesinde iklim_verileri (PRG) alt programı tarafından küçükten büyüğe doğru sıralanarak, günlük maksimum, minimum ve ortalama değerleri belirlenmektedir. Günlük toplam solar radyasyon ve rüzgar hızının entegral (PRG) alt programı tarafından ölçüleceğı öngörülmektedir. Bu programın hazırlanmasında INTEGRAL (FB) yazılımından faydalanılmıştır. Solar radyasyon (R_s) ve rüzgar hızı (U_2) bir günlük (24 saat) periyotlar boyunca her 30 dakikada bir ölçölerek toplanmış ve toplam değerleri 48'e bölünerek ortalama değerleri belirlenmiştir. Bir günlük süre boyunca ölçölüp kaydedilen iklim verileri, iklim_verileri (PRG) alt programı tarafından bir araya getirilerek günlük referans evapotranspirasyon (ET_o) miktarı hesaplanmaktadır.

Geliştirilen yazılımda 2018 yılı iklim verileri kullanılarak hesaplanan bitki su tüketimi değerlerinin yüksek değerlere ulaştığı, Mayıs-Ekim sulama dönemi boyunca ortalama hava sıcaklığının 20.52 °C ile 30.07 °C arasında değiştiğı tespit edilmiştir. Aynı dönemdeki oransal nem ise % 37.80 ile % 51.42 arasında değişmektedir. Bitki su tüketiminin maksimum değerlerde gerçekleştiğı Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama en yüksek hava sıcaklığı sırasıyla 35.61 °C ve 36.78 °C olarak belirlenmiştir. Aynı aylardaki minimum oransal nem değerleri ise sırasıyla % 22.19 ve % 18.55 olarak belirlenmiştir.

Kahramanmaraş koşullarında 2018 yılı boyunca PLC kontrollü iklim istasyonu aracılığıyla ölçölen günlük iklim verileri ve iklim istasyonu yazılımı kullanılarak günlük referans evapotranspirasyon (ET_o) değerleri belirlenmiştir. Aylık ortalama günlük ET_o değerleri; Nisan ayı için 3.80 mm/gün, Mayıs ayı için 4.71 mm/gün, Haziran ayı için 6.11 mm/gün, Temmuz ayı için 6.65 mm/gün ve Ağustos ayı için 6.15 mm/gün olarak elde edilmiştir. Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Su tüketim Rehberinde ise aylık ortalama günlük ET_o değerleri; Nisan ayı için 4.84 mm/gün, Mayıs ayı için 5.83 mm/gün, Haziran ayı için 7.44 mm/gün, Temmuz ayı için 8.06 mm/gün ve Ağustos ayı için 7.12 mm/gün olarak verilmiştir. Ele alınan bu aylarda yazılımla hesaplanan ET_o değerlerinin Su Tüketim Rehberinde verilen ET_o değerlerinden olan sapma miktarının bir ifadesi olarak, OMGH oranı % 19.28 ve KOKH miktarı 1.19 olarak belirlenmiştir.

İklim istasyonu yazılımı ile 2018 yılı boyunca hesaplanan günlük ET_o değerleri kullanılarak, Kahramanmaraş koşullarında yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin günlük bitki su tüketimi (ET_c) değerleri belirlenmiştir. Nisan-Eylöl vejetasyon süresi boyunca aylık ortalama günlük ET_c değerleri; Nisan ayı için 1.88 mm/gün, Mayıs ayı için 3.64 mm/gün, Haziran ayı için 6.51 mm/gün, Temmuz ayı için 7.91 mm/gün , Ağustos ayı

için 7.02 mm/gün ve 6 Eylül için 4.72 mm/gün olarak elde edilmiştir. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su tüketim Rehberinde ise mısır (*Zea mays* L.) bitkisi için aylık ortalama günlük ET_c değerleri; Nisan ayı için 1.74 mm/gün, Mayıs ayı için 3.90 mm/gün, Haziran ayı için 7.45 mm/gün, Temmuz ayı için 8.52 mm/gün ve Ağustos ayı için 6.60 mm/gün olarak verilmiştir. Yazılımla hesaplanan ET_c değerlerinin Su Tüketim Rehberinde verilen ET_c değerlerinden olan sapma miktarının bir ifadesi olarak, OMGH oranı % 8.17 ve KOKH miktarı 0.55 olarak belirlenmiştir. Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin vejetasyon süresi boyunca gerçekleşen mevsimlik toplam bitki su tüketimi yazılımla 854.55 mm, Bitki Su Tüketimi Rehberi verilerine göre ise 856 mm olarak belirlenmiştir.

İklim istasyonu yazılımıyla hesaplanan ET_c değerlerinin Bitki Su Tüketim Rehberinde verilen ET_c değerlerinden olan sapma miktarları, ET_o değerleri için belirlenen sapma miktarlarından çok daha düşük elde edilmiştir. Bitki Su tüketim Rehberinde verilen ET_o değerleri, iklim verilerinin aylık uzun yıllar ortalamaları kullanılarak belirlenmiştir. Bu çalışmada ise, ET_o değerleri 2018 yılı günlük iklim verileri kullanılarak belirlenmiştir. Tek yıllık iklim verileri uzun yıllar ortalaması iklim verilerine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Bu nedenle yazılımla hesaplanan ET_o değerlerinin Su Tüketim Rehberinden verilen ET_o değerlerinden olan sapma miktarları, yazılımla hesaplanan ET_c değerlerine göre daha büyük olmuştur.

İklim istasyonu yazılımıyla hesaplanan günlük referans evapotranspirasyon (ET_o) değerleri ile mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin günlük bitki su tüketimi (ET_c) değerleri arasındaki ilişki $ET_c=2.1298 ET_o-6.2876$ ($R^2=0,9958$) doğrusal denklemi ile ortaya koyulmuştur. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Su Tüketim Rehberinde Kahramanmaraş için verilen ET_o ve ET_c değerleri arasındaki ilişki ise $ET_c=1.9679 ET_o-7.6962$ ($R^2=0,9607$) doğrusal denklemi ile ortaya koyulmuştur. Elde edilen regresyon katsayısı (R^2) değerleri dikkate alındığında, yazılımla hesaplanan ET_o ve ET_c değerleri arasındaki ilişki düzeyinin Su Tüketim Rehberine göre daha yüksek düzeyde olduğu açıkça görülmektedir.

Yazılımla hesaplanan ET_o ve ET_c değerlerinin Rehberde verilen ET_o ve ET_c değerlerinden olan sapma miktarlarının bir ifadesi olarak belirlenen OMGH oranları ve KOKH miktarları dikkate alındığında, yazılımın genel olarak Rehberle uyumlu olduğu, günlük ET_o ve ET_c hesaplamalarında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akgün, M., 1989. Ankara Koşullarında Kısa Periyotlu Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, Türkiye. 102s.
- Akın, M., Akın, G., 2007. Suyun Önemi, Türkiye’de Su Potansiyeli, Su Havzaları ve Su Kirliliği. Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi, 47(2): 105-118.
- Akman, Y., 1990. İklim ve Biyoiklim (Biyoiklim Metodları ve Türkiye İklimleri), Palme Yayın Dağıtım, Ankara, Türkiye. s.319.
- Akpolat, A., 2011. Mikrometeorolojik ve Lizimetre Yöntemleriyle Belirlenen Buğday Bitki Su Tüketimlerinin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye. s.88.
- Allen, R.G., Smith, M., Perkier, A., Pereira, L.S., 1994. An Update Forthe Definition of Reference Evapotranspiration. ICID Bull., 43(2): 1-34.
- Allen, R.G., Jensen, M.E., Wright, J.L. Burman, R.D., 1989. Operational Estimate of Reference Evapotranspiration, Agronomy Journal, 81: 650-662.
- Amarkaı, P.A., 2019. İklim Parametrelerindeki Değişimin Bitki Su Tüketimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya, 92 s.
- Anonim, 2016a. Bowen Enerji Oranı Metodu. URL (erişim tarihi: 23.12.2016) <https://www.mikromet.com.tr>
- Anonim, 2016b. PLC Nedir. URL (erişim tarihi: 22.08.2017) <https://tr.wikipedia.org/wiki/PLC>
- Anonim, 2016c. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, Türkiye, 306s.
- Anonim, 2017. Metos Sensör Katalogu. URL (erişim tarihi: 12.10.2017) <https://www.metos.com.tr/metosKatalog.pdf>
- Anonim, 2018a. The California Irrigation Management Information System (CIMIS). (erişim tarihi: 04.08.2018) <https://cimis.water.ca.gov/>
- Anonim, 2018b. Bitkisel üretim istatistikleri (erişim tarihi: 16.02.2018) http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001
- Anonim., 2018c. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Kahramanmaraş Meteoroloji Müdürlüğü İklim Verileri.
- Arslan, S., 2012. PLC Prog. ve Otomasyon, Ege Basım Yayınevi, İzmir, Türkiye. s.326.

- ASCE-EWRI, 2004. The ASCE Standardized Reference Evapotranspiration Equation, Technical Committee Report to the Environmental and Water Resources Institute of the American Society of Civil Engineers from the Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration, USA.
- Aydınsakir, K. Büyüktaş, D., 2003. Antalya Yöresinde Çim Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Ampirik Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fak. Dergisi, 16 (1), Antalya, Türkiye, s.107-119.
- Ayla, Ç., 1993, Bolu Ovasında Yetiştirilen Mısırın Su Tüketimi, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 180, Rapor Serisi No: 87, Ankara, Türkiye.
- Bayramoğlu, E., 2013. Damla Sulama Sistemi ile *Berberis thunbergii* ‘*Atropurpurea Nana*’ ve *Ilex aquifolium* Bitkilerinin Sulanma Olanaklılığının Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, Türkiye. s.135.
- Behnke, J. ve Maxey, G. B., 1969. An Emprical Method For Estimating Monthly Potential Evapotranspiration in Nevada. Journal Hydrology, 8(4): 418-430.
- Beyazgül, M., Kayam, Y., Engelsman, F., 2000. Estimation Methods for Crop Water Requirements in the Gediz Basin of Western Turkey. Journal of Hydrology, 229(1-2): 19-26.
- Beyribey, M., Çakmak, B., Sönmez, F.K., Oğuz, M., 1997. Sulama Şebekelerinde Blaney-Criddle ve Penman-Monteith Yöntemlerine Göre Sulama İhtiyacının Karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt.3(1); 74-78. Ankara, Türkiye.
- Burman, R.D., Pochop L.O., 1994. Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data. Development in Atmospheric Science. Elsevier, the Netherlands, s. 22-278.
- Caldwell, D.S., Spurgeon, W.E., Manges, H.L., 1994. Frequency of Irrig. for Subsurface Drip-Irrigated Corn. Transactions of the ASAE. Vol. 37(4): 1099–1103.
- Christiansen, J. E., 1968. Evaporation and Evapotranspiration from Climatic Data. Jour. Irrg. Drain Div. 94 (2): 243-265.
- Cosculluela, F., Faci, J. M., 1992. Development of Water Production Function of Corn (*Zea Mays* L.) by the Use of a Line–Source Sprinkler. Invest. Agr: Prod. Prot. Veg. Vol. 7(2): 169–194.
- Çakmak, B., Yıldırım, M., Aküzüm, T., 2008. Türkiye’de Tarımsal Sulama Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 2. Su Politikaları Kongresi, 20-22 Mart, Bildiriler, Cilt 1, Ankara, Türkiye, s.215-224
- Çetin, Ö., Köksal, E.S., Yıldırım, Y.E., Özaydın, K.A., 2014. Türkiye’de Su Tüketim Rehberi Çalışmaları Kapsamında Bitki Su Tüketimi ve Bitki Katsayılarının Elde Edilmesi. Ankara, Türkiye. s.306.

- Demirtaş, Ç., Büyükcangaz, H., Yazgan, S., Candoğan, B.N., 2007. Evaluation of Evapotranspiration Estimation Methods for Sweet Cherry Trees (*Prunus avium*) in Sub-humid Climate. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10(3): 462-469
- Doorenbos, J. ve Pruitt, W.O., 1977. Guidelens for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage, No:24, Rome, Italy.
- DSİ, 2018. Türkiye'nin Toprak ve Su Kaynakları, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (Erişim Tarihi: 10.04.2018).
- Eminoğlu, Y., 2013. PLC Programlama ve S7 1200, Birsen Yayınevi, İstanbul, Türkiye.
- Erdem, T., 2001. Tekirdağ Koşullarında Ayçiçeğinin Su Tüketimi. Tarım Bilimleri Dergisi 7(2); 62-68, Ankara, Türkiye.
- Erdem, Y., 1996. Kırklareli Koşullarında Bitki Su Tüketimi Tahmin Eşitliklerinin Karşılaştırılması. Trakya, Ün. Fen Bil. Ens. Yük. L. Tezi, Edirne, Türkiye.
- FAO, 1984. Yield Response to Water, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. Italy.
- Fenercioğlu, A., 1996. Teknik Eğitimde Programlanabilir Denetleyiciler (PLC) Eğitimi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bil. Ens., İstanbul, Türkiye. 108s.
- Gençoğlu, C., 1996. Mısır Bitkisinin Su Verim İlişkileri, Kök Dağılımı İle Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi Ve Ceres Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Ens. Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana.
- Gençoğlu, C., Gençoğlu, S., Başpınar, A., Uçak, A. B., 2015. Programlanabilir Kontrol Cihazı (PLC)'nin Sulama Otomasyonunda Kullanımı. 2. İç Anadolu Bölgesi Tarım ve Gıda Kongresi, 28-30 Nisan 2015, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Ün, Müh.-Mim. Fak. Gıda Müh. Bölümü. Nevşehir, Türkiye. s.676.
- Gençoğlu, C., Yazar, A., 1996. Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(1999), s.233-241.
- Güngör, Y., Yıldırım, O., 1987. Tarla Sulama Sistemleri, Ankara Ün; Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara, Türkiye.
- Hisarlı, S., 1988. Ankara Koşullarında Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara. Türkiye.
- Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A. D., Dusek, D.A., Copeland, K.S., 1995. Yield and Water Use Efficiency of Corn in Response to LEPA Irrigation. Transaction of ASAE, Vol. 38 (6): 1737-1747.
- Jensen, M. E., 1974. Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements. Irrig. Drain. Div. Report, American Soc. Civil Engineers., 98(IR2), s. 193-201

- Jensen, M.E., Burman, R.D., Allen, R.G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practice No:70, ASCE, New York, USA. 332s.
- Kadayıfçı, A. ve Yıldırım, O., 1998. Ankara Koşullarında Ayçiçeğinin Bitki Su Tüketimi. Tarım Bil. Der. 4 (3): 11-14, Ankara, Türkiye.
- Kanber, R., 2006. Sulama. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitapları: Yayın No: A-52, Adana, Türkiye.
- Kanber, R., Ünlü, M., Koç, D. L., Tekin, S., Kapur, B., 2007. Bitki Su Tüketiminin Ölçülmesinde ve Kestiriminde Kullanılan Kimi Yöntemler, Orta Asya Cumhuriyetleri Sulama Suyu Yönetimi Çalıştayı, 12-14 Eylül 2007, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Karaşahin, M. ve B. Sade. 2011. Farklı Sulama Yöntemlerinin Hibrit Mısırd (Zea mays L. indentata S.) Dane Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 25(2): 47-56.
- Kaya, S., 2011. Yarı-Kurak İklim Koşullarında Farklı Yöntemlerle Hesaplanan Refereans Evapotranspirasyon Değerlerinin Karşılaştırılması, Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 1(1), s.58-60.
- Kıraç, A.M., 2007. Kısıntılı ve Kısmi Kök Kuruluğu Sulama Tekniğinin Bodur Elmanın Bazı Gelişim Parametrelerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Kahramanmaraş, 69 s.
- Kırnak, H., Gençdoğan, C., Değirmenci, V., 2003. Harran ovası koşullarında kısıntılı sulamanın II. ürün mısır verimine ve bitki gelişimine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 34(2); 117-123, Erzurum, Türkiye.
- Koç, A.C., Güner, Ü., 2005. Mevcut Sulama Projelerinin FAO Kriterleriyle Yeniden Değerlendirilmesi: Tavas Ovası Örneği, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt 9, s.93-106.
- Köksal, H., 1995. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreğe Uygunluğunun Saptanması ve Üzerine Bir Araştırma. Ç.Ü. Fen. Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Doktora Tezi, Adana, Türkiye. s.199.
- Lazzara, P., Rana, G., 2010. The Crop Coefficient (Kc) Values of the Major Crops Grown Under, s. 515-536.
- Lomas, J. ve Schlesinger, G., 1970. Actual and Potential Evapotranspiration from Lucern. Israel Meteorology Services 2/70, Bet Dagan, Israel, 21s.
- Monteith, J.L., 1965. Evaporation and the Environment. In the State and Movement of Water in Living Organism. XIXth Symposium Soc. for Exp. Biol. Swansea, Cambridge University Pres. s.205-234.
- Okay, D., Yazgan, S., 2015. Farklı Su Uygulama Düzeylerinin Mısır Bitkisi Verimi Üzerine Etkisi. Uludağ Üniv., Ziraat Fakültesi Dergisi, 30 (1): 1-12.

- Orta, A.H. ve Şener, M., 1999. Tekirdağ Koşullarında Soğanın Su Tüketimi. VII. Kùltürteknik Kong., Nevşehir, Türkiye. s.154-161.
- Orta, A.H, Yüksel, A.N., Akçay, M.E., Erdem, T., Balcı, B., 2001. Elma Ağaçlarının Farklı Sulama Yöntemi ve Programları Altındaki Üretim Özelliklerinin Belirlenmesi, Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Der., Sayı 15, Bursa, Türkiye. s.99-106.
- Orta. A.H., 1997. Ankara Koşullarında Biberin Bitki Su Tüketimi. Tr. Jour. of Agr. and Forestry. (21), Ankara, Türkiye. s.513-517.
- Otter J. D., 1994. Prog. Mantık Denetleyicileri. MEB, Ankara, Türkiye. s.50-54.
- Öğretir, K., 1993. Eskişehir Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana, Türkiye. s.83.
- Özer, N., 1993. Evapotranspirasyon. Sulama Teknolojilerinde Yeni Gelişmeler (Ed. S. ŞENER). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 76. Tarsus, Türkiye.
- Parmele, L.H. ve Mc Guuiness. J.L., 1974. Comparison of Measured and Estimated Daily Potential Evapotranspiration in Humid Region. Jour. Hyd. 22(3/4); 239- 251, USA.
- Pereira, L.S., Allen, R.G., Smith, M., Raesda, D.R., 2015. Crop Evapotranspiration Estimation with FAO56: Past and Future. Agricultural Water Management Vol (147); 4-20. USA.
- Saltürk, M., 2006. Problem of Water in the Middle East and Analysis of the Problem within the Perspective of Turkey, Journal of Security Strategies, Cilt 3, s. 21-38.
- Smith, M., Allen, R., Pereira, L., 1996. Revised FAO Methodology for Crop Water Requirements. Proceeding of the International Conference. (Eds. C.R. Camp, E.J. Sadler, and R.E.Y oder). 3-6 November, San Antonio, USA. s. 116-123.
- Tekinel, O. ve Kanber, R., 1981. Çukurova Koşullarında Pamuk Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Bazı Yöntemlerin Kıyaslanması Üzerinde Bir Araştırma. Topraksu, Cilt 56, s.1-13, Tarsus, Türkiye.
- Tuna, Y., 1993. Tarımda Verimlilik Artışının Ekonomik Sonuçları: Türkiye İle İlgili Bir Değerlendirme. Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları, No 487, Ankara, Türkiye.
- Tunca, E., 2015. Silajlık Mısırın Verim Tahmininde Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Vejetasyon ve Bitki Su Tüketimi Verilerinin Kullanılmasının Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Türkiye. 62s.
- Uçak, A.B., Değirmenci, H., Gençoğlu, C., Uçan, K., Aykanatı, S., Karaca, Ö.F., 2010. Mısır Bitkisinde Farklı Gelişme Dönemlerinde Su Stresinin Verime Etkisi. Çukurova Tarımsal Araştırma Ens. Müd. 1. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Sempozyumu 28-29 Mayıs 2010. Adana, Türkiye.

- Uçak, A.B., Gençoğlu, C., Değirmenci, H., 2013. The Effect of Direct and Traditional Seeding Methods and Different Water Levels on the Water–Yield Relationship of Drip Irrigated Corn. Journal of Food, Agriculture Environment, 11(3-4); 828-833, Helsinki, Finlandiya.
- Ünlükara, A., Yürekli, K., Anlı, A.S., Örs, İ., 2010. Kayseri İlinin RDI (Reconnaissance) İndeksine Göre Kuraklığının Değerlendirilmesi, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 3(1), Kastamonu, Türkiye. s.13-17.
- Yıldırım, O., 1982. Ankara Koşullarında Şeker Pancarının Su Verim İlişkileri ve Su Tüketimi. Ankara Üniv. Ziraat Fak., Yıl. 41 (1-2); 23-31, Ankara, Türkiye.
- Yıldırım, O., Kodal, S., Selenay, M.F., Yıldırım, E., 1995. Kısıntılı Sulamanın Mısır Verimine Etkisi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri. s. 347–365. Kemer–Antalya, Türkiye.



EKLER

EK-A1.İklim_Verileri (PRG) Alt Programı

PROGRAM iklim_verileri

VAR

R_TRIG_iklim_veri: R_TRIG; (*Saatlik iklim verilerini okuma tetikleyicisi*)

R_TRIG_oku: R_TRIG; (*Günlük iklim verilerini küçükten büyüğe sıralama tetikleyicisi*)

step:BYTE; (*CASE deyimi adım değişkeni*)

J: INT; (*Julien tarihi*)

Ort_T: INT; (*Günlük ortalama hava sıcaklığı*)

Ort_RH: INT; (*Günlük ortalama oransal nem*)

p: BYTE:=0; (*Dizin değişkeni*)

t: BYTE:=0; (*Dizin değişkeni*)

yedek: INT; (*Sıralama yapıldıktan sonra kaydedilen iklim verisi*)

(* SD Karta Yazma Değişkenleri*)

WriteData : write_sd_card; (*SD karta yazdırılan veri*)

DataToSend: STRING(30); (*SD karta gönderilen veri*)

act_year: STRING(4); (*Yıl*)

act_month: STRING(2); (*Ay*)

act_day: STRING(2); (*Gün*)

act_hour: STRING(2); (*Saat*)

act_min: STRING(2); (*Dakika*)

Min_Sic_S: STRING(4); (*Minimum hava sıcaklığı*)

Max_Sic_S: STRING(4); (*Maksimum hava sıcaklığı*)

FileName_write: STRING(80); (*İklim verilerinin yazıldığı dosyanın ismi*)

es: REAL; (*Doygun buhar basıncı*)

esmin: REAL; (*Minimum hava sıcaklığındaki doygun buhar basıncı*)

esmax: REAL; (*Maksimum hava sıcaklığındaki doygun buhar basıncı*)

D: REAL; (*Doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi*)

ea: REAL;	(Gerçek buhar basıncı*)
VPD: REAL;	(*Buhar basıncı açığı*)
fi: REAL;	(*Enlemin açı cinsinden değeri*)
boylam: REAL:=36.42;	(*Boylam Kahramanmaraş'ın boylamı 36.42° olarak alındı)
dr: REAL;	(*Dünya-güneş ters oransal uzaklık*)
tau: REAL;	(*Solar diklik*)
ws: REAL;	(*Güneş batım saatindeki açısı*)
RS: REAL;	(*Günlük ortalama solar radyasyon*)
Ra: REAL;	(*Atmosferin dış yüzüne ulaşan radyasyon-Extraterrestrial radyasyon*)
Gsc: REAL:=0.0820;	(*Solar sabite*)
Rso: REAL;	(*Açık-bulutsuz gökyüzü radyasyonu*)
z: REAL:=600;	(*Rakım Kahramanmaraş'ın rakımı z=600 olarak alındı*)
Rns: REAL;	(*Güneşten gelen net kısa dalga radyasyon*)
alfa: REAL:=0.23;	(*Yansıtma-albedo katsayısı alfa=0.23 olarak alındı*)
Rnl: REAL;	(*Yerküreden giden net uzun dalga radyasyon*)
Rn: REAL;	(*Bitki yüzeyindeki net radyasyon*)
G: REAL:=0;	(*Topraktaki ısı akısı G=0 olarak alındı*)
Psb: REAL;	(*Pisikometrik sabite*)
u2: REAL;	(*2m yükseklikten ölçülen günlük ortalama rüzgar hızı*)
Pa: REAL;	(*Atmosferik basınç*)
ETo: REAL;	(*Günlük referans evapotranspirasyon miktarı)

END_VAR

VAR CONSTANT

CRLF: STRING := '\$R\$N';	(* New line *)
SEMIKOLON : STRING(1) :=';';	

END_VAR

CASE step OF

0:

(* İklim verileri her saat başı diziye yazılır *)

```
R_TRIG_iklim_veri(CLK:=(saat.MIN_ACT=59 AND saat.SEC_ACT=10) , Q=> );
```

```
IF R_TRIG_iklim_veri.Q THEN
```

```
    step:=10;
```

```
END_IF
```

(* Gün içinde ölçülen sıcaklık değerlerini küçükten büyüğe doğru sıralar*)

```
R_TRIG_oku(CLK:=(saat.HOUR_ACT=23 AND saat.MIN_ACT=59 AND saat.SEC_ACT=58) ,  
Q=> );
```

```
IF R_TRIG_oku.Q THEN
```

```
    step:=20;
```

```
END_IF
```

10:(*Saatlik iklim verilerini diziye atıyor*)

```
tarih_donusum;
```

```
ET0_1[J].T[saat.HOUR_ACT]:=Sicaklik;
```

```
ET0_1[J].RH[saat.HOUR_ACT]:=Oran_Nem;
```

```
step:=0;
```

20:

```
tarih_donusum;
```

```
FOR p:=0 TO 23 BY 1 DO
```

```
    ET0_1[J].YedekDiziT[p]:=ET0_1[J].T[P];
```

```
    ET0_1[J].YedekDiziRH[p]:=ET0_1[J].RH[P];
```

```
END_FOR
```

(*24 saatlik sıcaklık değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralıyor*)

```
FOR p:=0 TO 23 BY 1 DO
```

```
    FOR t:=0 TO 23 BY 1 DO
```

```
        IF ET0_1[J].YedekDiziT[p]<ET0_1[J].YedekDiziT[t] THEN
```

```
            yedek:=ET0_1[J].YedekDiziT[t];
```

```
            ET0_1[J].YedekDiziT[t]:=ET0_1[J].YedekDiziT[p];
```

```
            ET0_1[J].YedekDiziT[p]:=yedek;
```

```
        END_IF
```

```

END_FOR

END_FOR

yede:=0;

(*24 saatlik oransal nem değerlerini büyükten küçüğe doğru sıralıyor*)

FOR p:=0 TO 23 BY 1 DO

    FOR t:=0 TO 23 BY 1 DO

        IF ET0_1[J].YedekDiziRH[p]<ET0_1[J].YedekDiziRH[t] THEN

            yede:=ET0_1[J].YedekDiziRH[t];

            ET0_1[J].YedekDiziRH[t]:=ET0_1[J].YedekDiziRH[p];

            ET0_1[J].YedekDiziRH[p]:=yede;

        END_IF

    END_FOR

END_FOR

(*Ortalama sıcaklık ve ortalama oransal nem*)

Ort_T:=(ET0_1[J].YedekDiziT[0]+ET0_1[J].YedekDiziT[23])/2;

Ort_RH:=(ET0_1[J].YedekDiziRH[0]+ET0_1[J].YedekDiziRH[23])/2;

(*Ortalama Doygun Buhar Basıncı*)

esmin:=0.6108*EXP((17.27*ET0_1[J].YedekDiziT[0])/(ET0_1[J].YedekDiziT[0]+237.3));

esmax:=0.6108*EXP((17.27*ET0_1[J].YedekDiziT[23])/(ET0_1[J].YedekDiziT[23]+237.3));

es:=(esmin+esmax)/2;

(*Buhar basıncı eğrisinin eğimi *)

D:=4098*(0.6108*EXP((17.27*Ort_T)/(Ort_T+237.3)))/(EXPT((Ort_T+237.3),2));

(*Gerçek buhar basıncı*)

ea:=(esmin*ET0_1[J].YedekDiziRH[23]/100)+(esmax*ET0_1[J].YedekDiziRH[0]/100)/2;

VPD:=es-ea; (*Buhar basıncı açığı*)

fi:=3.14*boylam/180; (*Kuzey yarımkürede radyan olarak ifade edilen boylam pozitifdir*)

dr:=1+0.033*COS(2*3.14*J/365); (*Dünya-Güneş ters oransal uzaklık*)

tau:=0.409*SIN(2*3.14*J/365-1.39); (*Solar diklik*)

ws:=ACOS(-TAN(fi)*TAN(tau)); (*Güneş batım saatindeki açı*)

(*Günlük ortalama solar radyasyon*)

```

(*Pyranometre ile Watt/m²/gün güç birimi cinsinden ölçülen solar radyasyonu, MJ/m²/gün cinsinden güneş enerjisine dönüştürmek amacıyla 0.0864 katsayısı kullanılmıştır (1 Watt/m²/gün=0.0864 MJ/m²/gün*))

RS:=0.0864*INTEGRAL_Rs.OUT/86396;

(*Extraterrestrial radyasyon*)

Ra:=(24*(60)/3.14)*Gsc*dr*(ws*SIN(fi)*SIN(tau)+COS(fi)*COS(tau)*SIN(ws));

Rso:=(0.75+0.00002*z)*Ra; (*Açık-bulutsuz hava solar radyasyonu*)

Rns:=(1-alfa)*RS; (*Net kısa dalga boylu radyasyon*)

(*Net giden uzun dalga boylu radyasyon*)

Rnl:=0.000000004903*((EXPT((273.16+ET0_1[J].YedekDiziT[23]),4)+EXPT((273.16+ET0_1[J].YedekDiziT[0]),4))/2)*
(0.34-0.14*SQRT(ea))*(1.35*RS/Rso-0.35);

Rn:=Rns-Rnl; (*Net Radyasyon*)

Pa:=101.3*EXPT((293-0.0065*z)/293,5.26); (*Atmosferik basınç*)

Psbt:=0.000665*Pa; (*Psikometrik sabite*)

u2:=INTEGRAL_Ruz_Hiz.OUT/86396; (*Rüzgar Hızı*)

(*Referans Evapotranspirasyon*)

ETo:=(0.408*D*(Rn-G)+(Psbt*900*u2/(Ort_T+273))*(es-ea))/(D+Psbt*(1+0.34*u2));

reset1:=TRUE;

step:=30;

30:

reset1:=FALSE;

tarih_donusum;

DataToSend := CONCAT(act_day, '-');

DataToSend := CONCAT(DataToSend, act_month);

DataToSend := CONCAT(DataToSend, '-');

DataToSend := CONCAT(DataToSend, act_year);

DataToSend := CONCAT(DataToSend, SEMIKOLON);

DataToSend := CONCAT(DataToSend, Min_Sic_S);

DataToSend := CONCAT(DataToSend, SEMIKOLON);

DataToSend := CONCAT(DataToSend, Max_Sic_S);

DataToSend := CONCAT(DataToSend, SEMIKOLON);

```

DataToSend := CONCAT(DataToSend, GDG_S);

DataToSend := CONCAT(DataToSend, CRLF);

fileName_write:='sdcard/Min_Max.csv';

step := 40;

40:

WriteData(enable:=TRUE, sFileName:=fileName_write, strData:= DataToSend);

IF WriteData.done AND NOT WriteData.error THEN

    WriteData(enable:= FALSE);

    DataToSend:=' ';

    step:=0;

ELSE

    step:=40;

END_IF

END_CASE

```

EK-A2. Write_sd_card (FB) Fonksiyon Blok Yazılımı

FUNCTION_BLOCK write_sd_card

VAR_INPUT

enable: BOOL:= FALSE; (* enable the FUNCTION block *)

sFileName: STRING(80);(*:='sdcard\iklim_veri.csv';*) (*absolute path of file to operate on *)

strData: STRING(200):= "";

END_VAR

VAR_OUTPUT

done: BOOL;

error: BOOL;

END_VAR

VAR

Open_file: FILE_Open ;

FileMode: FILE_MODE:= FILE_MAPPD;

(* open for write access, file stream pointer at end of the file *)

Write_file: FILE_Write;

File_Handle: CAA_HANDLE;

close_file: FILE_Close;

count_closes: CTU;

counter_value_close : DWORD;

count_opened: CTU;

counter_value_open: DWORD;

hafiza: SR;

error_open: BOOL;

error_open_number: INT;

error_write: BOOL;

error_write_number: INT;

error_close: BOOL;

error_close_number: INT;

END_VAR

```

hafiza(SET1:=(enable), RESET:=(done OR error), Q1=> );

Open_file(
    xExecute:=hafiza.Q1,
    sFileName:=sFileName,
    eFileMode:=FileMode,
    xExclusive:=,
    xDone=>,
    xBusy=>,
    xError=>error_open,
    eError=>error_open_number ,
    hFile=>File_Handle);

count_opened(
    CU:=Open_file.xDone,
    RESET:=count_opened.Q,
    PV:=65535,
    Q=>,
    CV=>counter_value_open);

Write_file(
    xExecute:=(Open_file.xDone AND NOT Open_file.xBusy AND NOT Open_file.xError),
    xAbort:= ,
    udiTimeOut:= ,
    hFile:=File_Handle,
    pBuffer:=ADR(strData),
    szSize:=LEN(STR:=strData),
    xDone=> ,
    xBusy=> ,
    xError=> ,
    eError=> ,
    xAborted=> );

close_file(
    xExecute:=(Write_file.xDone AND NOT Write_file.xBusy AND NOT Write_file.xError),

```

```

hFile:=File_Handle,

xDone=> ,

xBusy=> ,

xError=> ,

eError=> );

count_closes(

    CU:=close_file.xDone,

    RESET:=count_closes.Q,

    PV:=65535,

    Q=>,

    CV=>counter_value_close);

IF close_file.xDone AND NOT close_file.xError AND NOT close_file.xBusy THEN

    done:=TRUE;

    ELSE

    done:=FALSE;

END_IF

IF Open_file.xError OR Write_file.xError OR close_file.xError THEN

    error:=TRUE;

    ELSE

    error:=FALSE; END_IF

```

EK-A3.Tarih Donuşum Aksiyon (action) Yazılımı

(*dakika, saat, gn, ay, yıl, maksimum ve minimum sıcaklığı string'e evirir*)

act_year := WORD_TO_STRING(saat.YEAR_ACT);

act_month := BYTE_TO_STRING(saat.MON_ACT);

act_day := BYTE_TO_STRING(saat.DAY_ACT);

act_hour := BYTE_TO_STRING(saat.HOUR_ACT);

act_min := BYTE_TO_STRING(saat.MIN_ACT);

IF Solar_R_1>=0 AND Solar_R_1<27648 THEN(*Solar radyasyon okuması yapıyor (Watt m⁻²*)

Solar_R:=Solar_R_1*1400/27648;

ELSE

Solar_R:=0;

END_IF

IF Sicaklik_1>=0 AND Sicaklik_1<=27648 THEN(*Sıcaklık okuması yapıyor, birimi °C*)

Sicaklik:=REAL_TO_INT((0.005787246*Sicaklik_1)-40);

ELSE

Sicaklik:=0;

END_IF

IF Oran_Nem_1>0 AND Oran_Nem_1<=27648 THEN(*Oransal nem okuması yapıyor, birimi %*)

Oran_Nem:=Oran_Nem_1*100/27648;

ELSE

Oran_Nem:=0;

END_IF

(*Rüzgar hızı lm yapıyor, birimi m sn⁻¹*)

IF RuzgarHiz_1>=0 AND RuzgarHiz_1<=5530 THEN

RuzgarHiz:=RuzgarHiz_1*50/5530;

(*iklim istasyonundakullanılan sensör en fazla 50 m/sn rüzgar hızını ölçtüğü için 50 ile çarpılmıştır*)

ELSE

RuzgarHiz:=0;

END_IF

```
saat(EN := TRUE);
```

```
tarih(EN := TRUE);
```

```
J:=DAY_OF_YEAR(DT_TO_DATE(Tarih.DT_ACT));
```

```
(*Önce tarih-zamanı (DT) tarihe sonra tarihi yılın gün sayısına çevirir*)
```



EK-A4.Entegral (PRG) Alt Programı

```
saat(EN := TRUE);
```

```
IF saat.HOUR_ACT>=0 AND saat.HOUR_ACT<=23 AND saat.MIN_ACT>=0 AND saat.MIN_ACT<=59  
AND saat.SEC_ACT>=0 AND saat.SEC_ACT<=56 THEN
```

(*Günlük toplam solar radyasyonu bulmak için saniye saniye toplanmalıdır. Birimi $\text{Watt m}^{-2}\text{gün}^{-1}$ *)

```
    INTEGRAL_Rs(  
        IN:=Solar_R ,  
        TM:=1000 ,  
        RESET:=reset1 ,  
        OUT=> ,  
        OVERFLOW=> );
```

(*Günlük toplam rüzgar hızını bulmak için saniye saniye toplanmalıdır. Birimi m s^{-1} *)

```
INTEGRAL_Ruz_Hiz(  
    IN:=RuzgarHiz,  
    TM:=1000 ,  
    RESET:=reset1 ,  
    OUT=> ,  
    OVERFLOW=> );
```

```
END_IF
```

EK-2. Ocak Ayı Günlük İklim Verileri ve ET₀ Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/°C)	ET ₀ (mm/gün)
01.01.2018	11.7	5.5	96	47	8.60	71.5	0.76	1.14	0.08	0.75
02.01.2018	14.0	5.1	65	26	9.55	45.5	0.49	1.24	0.08	0.94
03.01.2018	7.60	3.7	95	60	5.65	77.5	0.69	0.92	0.06	0.63
04.01.2018	7.20	5.3	96	83	6.25	89.5	0.85	0.95	0.07	0.57
05.01.2018	10.0	6.4	95	61	8.20	78.0	0.83	1.09	0.07	0.70
06.01.2018	11.7	6.8	88	60	9.25	74.0	0.85	1.18	0.08	0.76
07.01.2018	14.4	3.2	90	38	8.80	64.0	0.66	1.20	0.08	0.88
08.01.2018	15.0	2.8	92	40	8.90	66.0	0.68	1.23	0.08	0.89
09.01.2018	14.9	3.2	83	35	9.05	59.0	0.62	1.23	0.08	0.93
10.01.2018	15.3	5.2	63	28	10.25	45.5	0.52	1.31	0.08	1.02
11.01.2018	12.9	7.0	66	31	9.95	48.5	0.56	1.24	0.08	0.97
12.01.2018	10.0	5.2	64	39	7.60	51.5	0.52	1.06	0.07	0.88
13.01.2018	14.5	5.5	82	41	10.0	61.5	0.71	1.28	0.08	0.94
14.01.2018	10.8	5.8	91	50	8.30	70.5	0.74	1.11	0.07	0.81
15.01.2018	11.5	3.0	96	52	7.25	74.0	0.72	1.06	0.07	0.80
16.01.2018	11.9	3.0	92	42	7.45	67.0	0.64	1.08	0.07	0.86
17.01.2018	7.60	3.8	94	62	5.70	78.0	0.70	0.92	0.06	0.71
18.01.2018	7.00	4.0	97	94	5.50	95.5	0.87	0.91	0.06	0.60
19.01.2018	10.4	4.1	97	32	7.25	64.5	0.60	1.04	0.07	0.88
20.01.2018	14.1	2.6	71	31	8.35	51.0	0.51	1.17	0.07	1.03
21.01.2018	9.10	2.4	88	61	5.75	74.5	0.67	0.94	0.06	0.77
22.01.2018	9.80	6.9	81	56	8.35	68.5	0.74	1.10	0.07	0.87
23.01.2018	8.10	5.2	90	63	6.65	76.5	0.74	0.98	0.07	0.78
24.01.2018	9.10	3.4	95	63	6.25	79.0	0.73	0.97	0.07	0.78
25.01.2018	7.60	5.0	96	76	6.30	86.0	0.82	0.96	0.07	0.73
26.01.2018	11.9	6.0	95	56	8.95	75.5	0.83	1.16	0.08	0.90
27.01.2018	14.2	5.6	95	34	9.90	64.5	0.71	1.26	0.08	1.05
28.01.2018	13.6	2.7	76	27	8.15	51.5	0.49	1.15	0.07	1.09
29.01.2018	12.2	1.4	76	26	6.80	51.0	0.44	1.05	0.07	1.06
30.01.2018	13.3	2.1	66	30	7.70	48.0	0.46	1.12	0.07	1.11
31.01.2018	13.6	1.8	81	35	7.70	58.0	0.55	1.13	0.07	1.07

EK-3. Şubat Ayı Günlük İklim Verileri ve ET₀ Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/ °C)	ET ₀ (mm/gün)
01.02.2018	14.0	1.3	92	41	7.65	66.5	0.64	1.13	0.07	1.14
02.02.2018	14.0	4.0	88	39	9.00	63.5	0.67	1.21	0.08	1.19
03.02.2018	13.9	4.6	88	44	9.25	66.0	0.72	1.22	0.08	1.18
04.02.2018	13.2	5.3	88	53	9.25	70.5	0.79	1.20	0.08	1.14
05.02.2018	16.9	6.0	91	43	11.45	67.0	0.84	1.43	0.09	1.31
06.02.2018	16.8	6.6	83	40	11.70	61.5	0.79	1.44	0.09	1.35
07.02.2018	18.1	4.6	89	30	11.35	59.5	0.69	1.46	0.09	1.43
08.02.2018	18.1	5.0	78	30	11.55	54.0	0.65	1.47	0.09	1.47
09.02.2018	15.9	6.8	79	39	11.35	59.0	0.74	1.40	0.09	1.38
10.02.2018	14.4	6.0	84	48	10.20	66.0	0.79	1.29	0.08	1.28
11.02.2018	16.6	8.4	72	34	12.50	53.0	0.72	1.50	0.10	1.48
12.02.2018	12.2	7.2	94	53	9.70	73.5	0.85	1.22	0.08	1.21
13.02.2018	15.7	6.1	95	43	10.9	69.0	0.83	1.36	0.09	1.35
14.02.2018	11.7	3.1	90	55	7.40	72.5	0.72	1.07	0.07	1.17
15.02.2018	14.7	7.6	96	44	11.15	70.0	0.87	1.36	0.09	1.35
16.02.2018	16.5	7.9	78	32	12.2	55.0	0.72	1.47	0.09	1.53
17.02.2018	12.9	9.1	93	52	11.0	72.5	0.92	1.32	0.09	1.32
18.02.2018	13.2	6.9	95	32	10.05	63.5	0.72	1.26	0.08	1.39
19.02.2018	17.4	5.5	62	22	11.45	42.0	0.50	1.45	0.09	1.66
20.02.2018	12.4	6.2	89	34	9.30	61.5	0.67	1.19	0.08	1.39
21.02.2018	10.4	7.4	95	74	8.90	84.5	0.96	1.15	0.08	1.17
22.02.2018	15.5	5.3	96	47	10.4	71.5	0.84	1.33	0.08	1.41
23.02.2018	17.4	3.4	96	34	10.4	65.0	0.71	1.38	0.08	1.55
24.02.2018	17.1	4.6	91	36	10.85	63.5	0.74	1.40	0.09	1.56
25.02.2018	10.4	6.0	95	63	8.20	79.0	0.84	1.10	0.07	1.23
26.02.2018	11.8	4.8	96	62	8.30	79.0	0.84	1.12	0.07	1.26
27.02.2018	13.5	8.2	94	54	10.85	74.0	0.93	1.32	0.09	1.41
28.02.2018	12.6	7.7	94	66	10.15	80.0	0.98	1.26	0.08	1.33

EK-4. Mart Ayı Günlük İklim Verileri ve ET₀ Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/ °C)	ET ₀ (mm/gün)
01.03.2018	10.8	7.50	96	86	9.15	91.0	1.05	1.17	0.08	1.50
02.03.2018	13.3	5.70	95	54	9.50	74.5	0.85	1.22	0.08	1.74
03.03.2018	17.1	8.80	90	50	12.95	70.0	1.00	1.54	0.10	2.01
04.03.2018	18.4	8.60	94	47	13.50	70.5	1.02	1.62	0.10	2.08
05.03.2018	19.2	7.60	86	31	13.40	58.5	0.79	1.63	0.10	2.25
06.03.2018	19.8	9.50	89	41	14.65	65.0	1.00	1.75	0.11	2.24
07.02.2018	20.3	10.7	90	42	15.50	66.0	1.08	1.83	0.11	2.29
08.03.2018	19.9	11.3	87	36	15.60	61.5	1.00	1.83	0.11	2.34
09.03.2018	19.9	10.2	93	25	15.05	59.0	0.87	1.78	0.11	2.39
10.03.2018	19.4	7.50	67	26	13.45	46.5	0.64	1.64	0.10	2.42
11.03.2018	19.5	8.00	79	34	13.75	56.5	0.81	1.67	0.10	2.35
12.03.2018	20.4	10.2	76	36	15.30	56.0	0.90	1.82	0.11	2.44
13.03.2018	20.2	9.30	83	33	14.75	58.0	0,88	1.77	0.11	2.42
14.03.2018	16.2	9.90	94	52	13.05	73.0	1.05	1.53	0.10	2.09
15.03.2018	16.7	9.00	96	47	12.85	71.5	1.00	1.52	0.10	2.13
16.03.2018	17.6	7.80	94	39	12.70	66.5	0.89	1.54	0.10	2.22
17.03.2018	19.1	7.10	70	30	13.10	50.0	0.68	1.61	0.10	2.44
18.03.2018	22.0	8.30	84	28	15.15	56.0	0.83	1.87	0.11	2.59
19.03.2018	23.1	10.4	71	25	16.75	48.0	0.80	2.04	0.12	2.76
20.03.2018	22.5	14.3	60	27	18.40	43.5	0.86	2.18	0.13	2.83
21.03.2018	21.3	13.1	76	31	17.20	53.5	0.97	2.02	0.12	2.67
22.03.2018	21.6	9.90	80	33	15.75	56,5	0.91	1.90	0.11	2.61
23.03.2018	24.5	12.2	71	22	18.35	46,5	0.84	2.25	0.13	2.93
24.03.2018	18.9	12.6	57	24	15.75	40.5	0.68	1.82	0.11	2.70
25.03.2018	16.4	9.80	70	46	13.10	58.0	0.85	1.54	0.10	2.34
26.03.2018	21.5	8.30	87	27	14.90	57.0	0.82	1.83	0.11	2.65
27.03.2018	24.4	9.20	78	21	16.80	49.5	0.77	2.11	0.12	2.91
28.03.2018	25.1	9.80	76	17	17.45	46.5	0.73	2.20	0.13	3.01
29.03.2018	21.2	12.1	95	39	16.65	67.0	1.16	1.96	0.12	2.59
30.03.2018	20.1	8.60	90	35	14.35	62.5	0.91	1.74	0.11	2.54
31.03.2018	21.2	9.50	73	21	15.35	47.0	0.70	1.85	0.11	2.79

EK-5. Nisan Ayı Günlük İklim Verileri, ET_o ve ET_c Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/°C)	ET _o (mm/gün)	k _c	ET _c (mm/gün)
01.04.2018	22.6	8.90	77	20	15.75	48.5	0.71	1.94	0.11	3.37	0.44	1.48
02.04.2018	23.5	9.30	77	18	16.40	47.5	0.71	2.03	0.12	3.47	0.44	1.53
03.04.2018	21.0	10.4	71	13	15.70	42.0	0.61	1.87	0.11	3.39	0.44	1.49
04.04.2018	22.9	7.50	45	10	15.20	27.5	0.37	1.91	0.11	3.58	0.44	1.58
05.04.2018	25.8	8.70	63	11	17.25	37.0	0.54	2.22	0.12	3.77	0.44	1.66
06.04.2018	27.5	10.4	62	12	18.95	37.0	0.61	2.47	0.14	3.92	0.44	1.73
07.04.2018	28.3	11.4	68	14	19.85	41.0	0.73	2.60	0.14	3.97	0.44	1.75
08.04.2018	25.8	12.1	68	18	18.95	43.0	0.78	2.37	0.14	3.78	0.44	1.66
09.04.2018	24.1	15.1	68	21	19.60	44.5	0.90	2.36	0.14	3.72	0.44	1.63
10.04.2018	17.5	10.3	96	57	13.90	76.5	1.17	1.63	0.10	2.78	0.48	1.34
11.04.2018	22.0	10.9	96	39	16.45	67.5	1.14	1.97	0.12	3.23	0.48	1.55
12.04.2018	24.3	10.4	95	32	17.35	63.5	1.09	2.15	0.13	3.45	0.48	1.66
13.04.2018	27.3	12.7	85	31	20.00	58.0	1.19	2.55	0.14	3.76	0.48	1.81
14.04.2018	28.2	13.8	79	12	21.00	45.5	0.85	2.70	0.15	4.05	0.48	1.94
15.04.2018	25.5	14.9	43	9	20.20	26.0	0.51	2.48	0.15	4.04	0.48	1.94
16.04.2018	26.3	11.1	35	8	18.70	21.5	0.37	2.37	0.13	4.06	0.48	1.95
17.04.2018	27.6	10.7	54	9	19.15	31.5	0.51	2.49	0.14	4.10	0.48	1.97
18.04.2018	29.6	11.6	63	12	20.60	37.5	0.68	2.76	0.15	4.22	0.48	2.03
19.04.2018	29.2	12.6	64	13	20.90	38.5	0.73	2.76	0.15	4.20	0.48	2.02
20.04.2018	20.9	12.9	90	32	16.90	61.0	1.07	1.98	0.12	3.36	0.48	1.61
21.04.2018	19.8	12.9	80	25	16.35	52.5	0.88	1.90	0.12	3.41	0.56	1.91
22.04.2018	23.4	9.40	63	13	16.40	38.0	0.56	2.03	0.12	3.75	0.56	2.10
23.04.2018	26.3	14.1	53	19	20.20	36.0	0.75	2.52	0.15	4.04	0.56	2.26
24.04.2018	28.1	12.3	76	12	20.20	44.0	0.77	2.62	0.15	4.12	0.56	2.31
25.04.2018	28.5	12.3	70	14	20.40	42.0	0.77	2.66	0.15	4.16	0.56	2.33
26.04.2018	29.3	14.3	61	14	21.80	37.5	0.78	2.85	0.16	4.29	0.56	2.40
27.04.2018	26.4	16.5	85	28	21.45	56.5	1.28	2.66	0.16	3.91	0.56	2.19
28.04.2018	27.5	15.0	80	25	21.25	52.5	1.14	2.69	0.15	4.01	0.56	2.24
29.04.2018	28.1	13.7	95	27	20.90	61.0	1.26	2.68	0.15	3.95	0.56	2.21
30.04.2018	28.7	13.8	97	27	21.25	62.0	1.30	2.76	0.15	3.99	0.56	2.24

EK-6. Mayıs Ayı Günlük İklim Verileri, ET_o ve ET_c Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/°C)	ET _o (mm/gün)	k _c	ET _c (mm/gün)
01.05.2018	26.6	14.1	94	35	20.35	64.5	1.37	2.55	0.15	4.26	0.65	2.77
02.05.2018	25.7	14.4	90	31	20.05	60.5	1.25	2.47	0.15	4.26	0.65	2.77
03.05.2018	29.2	14.6	85	24	21.90	54.5	1.19	2.86	0.16	4.63	0.65	3.01
04.05.2018	29.3	12.7	84	22	21.00	53.0	1.07	2.77	0.15	4.64	0.65	3.01
05.05.2018	24.3	16.9	83	38	20.60	60.5	1.38	2.48	0.15	4.22	0.65	2.74
06.05.2018	28.1	16.0	80	29	22.05	54.5	1.28	2.81	0.16	4.57	0.65	2.97
07.05.2018	21.7	13.4	94	52	17.55	73.0	1.40	2.07	0.13	3.75	0.65	2.43
08.05.2018	20.8	12.6	96	45	16.70	70.5	1.25	1.96	0.12	3.72	0.65	2.42
09.05.2018	22.4	12.8	94	44	17.60	69.0	1.29	2.09	0.13	3.86	0.65	2.51
10.05.2018	24.9	13.6	82	37	19.25	59.5	1.22	2.35	0.14	4.20	0.65	2.73
11.05.2018	24.4	13.2	85	39	18.80	62.0	1.24	2.29	0.14	4.12	0.76	3.13
12.05.2018	23.4	13.6	83	40	18.50	61.5	1.22	2.22	0.13	4.06	0.76	3.09
13.05.2018	23.4	13.8	96	43	18.60	69.5	1.38	2.23	0.13	3.98	0.76	3.02
14.05.2018	26.1	11.9	90	27	19.00	58.5	1.08	2.39	0.14	4.33	0.76	3.29
15.05.2018	29.1	14.2	76	10	21.65	43.0	0.82	2.82	0.16	4.85	0.76	3.69
16.05.2018	31.5	15.6	76	6	23.55	41.0	0.81	3.20	0.17	5.11	0.76	3.89
17.05.2018	32.2	16.1	66	11	24.15	38.5	0.87	3.32	0.18	5.17	0.76	3.93
18.05.2018	33.7	16.1	64	10	24.90	37.0	0.85	3.53	0.19	5.32	0.76	4.04
19.05.2018	34.7	15.5	62	13	25.10	37.5	0.91	3.65	0.19	5.38	0.76	4.09
20.05.2018	33.5	19.7	56	17	26.60	36.5	1.08	3.73	0.20	5.34	0.76	4.06
21.05.2018	33.0	18.4	54	16	25.70	35.0	0.97	3.57	0.20	5.30	0.88	4.66
22.05.2018	32.5	18.9	68	19	25.70	43.5	1.21	3.54	0.20	5.20	0.88	4.57
23.05.2018	32.6	16.9	66	16	24.75	41.0	1.03	3.42	0.19	5.20	0.88	4.58
24.05.2018	32.2	18.3	66	17	25.25	41.5	1.10	3.46	0.19	5.19	0.88	4.57
25.05.2018	31.6	18.4	67	26	25.00	46.5	1.31	3.38	0.19	5.07	0.88	4.46
26.05.2018	31.0	14.6	79	14	22.80	46.5	0.97	3.08	0.17	5.01	0.88	4.41
27.05.2018	34.5	18.1	64	14	26.30	39.0	1.05	3.77	0.20	5.42	0.88	4.77
28.05.2018	30.5	21.5	51	20	26.00	35.5	1.09	3.47	0.20	5.19	0.88	4.57
29.05.2018	31.1	16.7	76	21	23.90	48.5	1.20	3.21	0.18	5.01	0.88	4.41
30.05.2018	29.3	17.4	90	28	23.35	59.0	1.46	3.03	0.17	4.75	0.88	4.18
31.05.2018	29.1	15.2	79	28	22.15	53.5	1.25	2.88	0.16	4.74	0.88	4.17

EK-7. Haziran Ayı Günlük İklim Verileri, ET_o ve ET_c Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa / °C)	ET _o (mm/gün)	k _c	ET _c (mm/gün)
01.06.2018	31.0	16.9	75	22	23.95	48.5	1.22	3.21	0.18	5.86	0.98	5.75
02.06.2018	28.3	16.0	81	28	22.15	54.5	1.27	2.83	0.16	5.44	0.98	5.33
03.06.2018	31.9	15.8	78	18	23.85	48.0	1.13	3.26	0.18	5.98	0.98	5.86
04.06.2018	32.5	15.2	75	12	23.85	43.5	0.94	3.31	0.18	6.15	0.98	6.02
05.06.2018	31.9	20.2	67	23	26.05	45.0	1.34	3.55	0.20	6.08	0.98	5.96
06.06.2018	33.7	17.9	72	13	25.80	42.5	1.08	3.64	0.20	6.32	0.98	6.20
07.06.2018	35.7	18.2	59	13	26.95	36.0	1.00	3.97	0.21	6.61	0.98	6.48
08.06.2018	37.4	20.9	53	12	29.15	32.5	1.04	4.44	0.23	6.87	0.98	6.73
09.06.2018	36.2	24.2	50	9	30.20	29.5	1.03	4.51	0.25	6.85	0.98	6.72
10.06.2018	35.2	21.1	68	20	28.15	44.0	1.42	4.09	0.22	6.48	0.98	6.35
11.06.2018	31.3	22.4	62	32	26.85	47.0	1.57	3.64	0.21	6.03	1.07	6.45
12.06.2018	34.8	19.9	73	22	27.35	47.5	1.46	3.94	0.21	6.36	1.07	6.80
13.06.2018	34.2	15.5	97	23	24.85	60.0	1.47	3.57	0.19	6.07	1.07	6.50
14.06.2018	31.2	16.6	90	27	23.90	58.5	1.46	3.22	0.18	5.73	1.07	6.13
15.06.2018	31.3	19.8	77	26	25.55	51.5	1.48	3.44	0.19	5.92	1.07	6.33
16.06.2018	33.9	20.6	61	18	27.25	39.5	1.22	3.86	0.21	6.40	1.07	6.85
17.06.2018	29.0	18.3	70	28	23.65	49.0	1.30	3.05	0.18	5.67	1.07	6.07
18.06.2018	29.9	20.6	70	32	25.25	51.0	1.52	3.32	0.19	5.78	1.07	6.19
19.06.2018	32.0	18.3	65	24	25.15	44.5	1.25	3.43	0.19	6.05	1.07	6.48
20.06.2018	30.4	20.4	70	34	25.40	52.0	1.58	3.37	0.19	5.79	1.07	6.20
21.06.2018	29.9	21.2	65	35	25.55	50.0	1.56	3.37	0.19	5.80	1.15	6.67
22.06.2018	30.2	20.9	75	36	25.55	55.5	1.70	3.38	0.19	5.73	1.15	6.59
23.06.2018	31.7	21.4	67	34	26.55	50.5	1.65	3.61	0.20	5.97	1.15	6.86
24.06.2018	33.4	20.9	75	31	27.15	53.0	1.72	3.81	0.21	6.10	1.15	7.02
25.06.2018	32.9	21.2	72	35	27.05	53.5	1.78	3.76	0.21	6.03	1.15	6.93
26.06.2018	32.6	21.8	71	33	27.20	52.0	1.74	3.77	0.21	6.05	1.15	6.96
27.06.2018	37.5	21.8	74	20	29.65	47.0	1.61	4.53	0.24	6.70	1.15	7.71
28.06.2018	35.8	22.3	74	17	29.05	45.5	1.50	4.28	0.23	6.57	1.15	7.55
29.06.2018	29.7	22.1	61	29	25.90	45.0	1.42	3.42	0.20	5.92	1.15	6.80
30.06.2018	30.3	21.2	66	31	25.75	48.5	1.50	3.42	0.20	5.87	1.15	6.75

EK-8. Temmuz Ayı Günlük İklim Verileri, ET_o ve ET_c Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/ °C)	ET _o (mm/gün)	k _c	ET _c (mm/gün)
01.07.2018	35.1	20.0	63	14	27.55	38.5	1.13	4.00	0.22	6.72	1.19	7.99
02.07.2018	38.9	20.2	72	13	29.55	42.5	1.30	4.66	0.24	7.13	1.19	8.49
03.07.2018	39.6	21.9	77	19	30.75	48.0	1.70	4.92	0.25	7.10	1.19	8.45
04.07.2018	38.3	22.8	73	20	30.55	46.5	1.69	4.75	0.25	6.96	1.19	8.29
05.07.2018	37.2	23.5	67	19	30.35	43.0	1.57	4.62	0.25	6.90	1.19	8.21
06.07.2018	37.4	22.6	57	10	30.00	33.5	1.10	4.58	0.24	7.09	1.19	8.43
07.07.2018	37.1	23.8	53	8	30.45	30.5	1.03	4.63	0.25	7.12	1.19	8.47
08.07.2018	37.5	22.2	71	12	29.85	41.5	1.34	4.56	0.24	6.98	1.19	8.31
09.07.2018	36.3	22.6	73	24	29.45	48.5	1.73	4.39	0.24	6.66	1.19	7.92
10.07.2018	35.7	22.6	71	28	29.15	49.5	1.79	4.29	0.23	6.54	1.19	7.78
11.07.2018	34.6	22.1	71	32	28.35	51.5	1.82	4.08	0.22	6.34	1.19	7.55
12.07.2018	32.7	24.5	66	40	28.60	53.0	2.00	4.01	0.23	6.16	1.19	7.33
13.07.2018	35.6	23.7	67	30	29.65	48.5	1.85	4.37	0.24	6.55	1.19	7.79
14.07.2018	34.8	25.2	64	31	30.00	47.5	1.89	4.38	0.24	6.52	1.19	7.76
15.07.2018	35.9	24.4	58	14	30.15	36.0	1.30	4.48	0.25	6.87	1.19	8.18
16.07.2018	36.1	23.2	54	11	29.65	32.5	1.10	4.41	0.24	6.92	1.19	8.23
17.07.2018	35.8	23.7	59	14	29.75	36.5	1.28	4.40	0.24	6.83	1.19	8.13
18.07.2018	36.0	22.9	66	17	29.45	41.5	1.43	4.37	0.24	6.74	1.19	8.03
19.07.2018	33.3	23.9	63	30	28.60	46.5	1.70	4.04	0.23	6.33	1.19	7.54
20.07.2018	33.1	24.1	64	29	28.60	46.5	1.69	4.03	0.23	6.32	1.19	7.52
21.07.2018	35.9	23.8	64	19	29.85	41.5	1.50	4.43	0.24	6.72	1.19	8.00
22.07.2018	38.0	23.9	57	10	30.95	33.5	1.18	4.80	0.26	7.09	1.19	8.44
23.07.2018	37.1	24.0	57	14	30.55	35.5	1.29	4.65	0.25	6.95	1.19	8.27
24.07.2018	36.9	23.6	66	19	30.25	42.5	1.55	4.58	0.25	6.80	1.19	8.09
25.07.2018	35.6	22.5	72	14	29.05	43.0	1.39	4.27	0.23	6.66	1.19	7.92
26.07.2018	34.4	21.3	68	21	27.85	44.5	1.43	3.99	0.22	6.42	1.19	7.64
27.07.2018	32.0	23.6	63	33	27.80	48.0	1.70	3.83	0.22	6.11	1.19	7.28
28.07.2018	31.3	23.9	67	41	27.60	54.0	1.93	3.77	0.22	5.91	1.19	7.04
29.07.2018	33.9	23.4	70	34	28.65	52.0	1.91	4.08	0.23	6.21	1.19	7.39
30.07.2018	34.5	23.9	72	33	29.20	52.5	1.97	4.22	0.23	6.28	1.19	7.47
31.07.2018	33.4	24.0	72	35	28.70	53.5	1.97	4.06	0.23	6.14	1.19	7.30

EK-9. Ağustos Ayı Günlük İklim Verileri ve ET₀ Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/°C)	ET ₀ (mm/gün)	k _c	ET _c (mm/gün)
01.08.2018	32.4	24.8	67	40	28.60	53.5	2.02	4.00	0.23	5.66	1.18	6.68
02.08.2018	37.0	24.9	68	25	30.95	46.5	1.85	4.71	0.26	6.25	1.18	7.37
03.08.2018	36.6	25.2	63	19	30.90	41.0	1.59	4.67	0.25	6.31	1.18	7.44
04.08.2018	37.2	25.4	60	16	31.30	38.0	1.48	4.79	0.26	6.41	1.18	7.56
05.08.2018	37.9	23.5	65	18	30.70	41.5	1.53	4.74	0.25	6.38	1.18	7.53
06.08.2018	34.4	22.9	71	32	28.65	51.5	1.86	4.12	0.23	5.81	1.18	6.86
07.08.2018	35.3	23.6	68	30	29.45	49.0	1.85	4.31	0.24	5.95	1.18	7.03
08.08.2018	35.9	25.2	61	26	30.55	43.5	1.75	4.56	0.25	6.14	1.18	7.24
09.08.2018	35.7	25.4	56	15	30.55	35.5	1.35	4.54	0.25	6.25	1.18	7.38
10.08.2018	37.1	23.9	42	13	30.50	27.5	1.03	4.64	0.25	6.41	1.18	7.56
11.08.2018	36.7	21.3	46	13	29.00	29.5	0.98	4.35	0.23	6.30	1.15	7.25
12.08.2018	36.4	24.4	58	14	30.40	36.0	1.31	4.56	0.25	6.26	1.15	7.20
13.08.2018	37.8	21.2	54	12	29.50	33.0	1.07	4.54	0.24	6.37	1.15	7.32
14.08.2018	37.6	21.6	62	12	29.60	37.0	1.19	4.53	0.24	6.31	1.15	7.26
15.08.2018	38.2	21.8	65	9	30.00	37.0	1.15	4.65	0.24	6.38	1.15	7.34
16.08.2018	37.9	22.8	71	17	30.35	44.0	1.55	4.68	0.25	6.25	1.15	7.19
17.08.2018	35.7	23.7	70	27	29.70	48.5	1.81	4.39	0.24	5.93	1.15	6.82
18.08.2018	34.5	24.7	63	32	29.60	47.5	1.86	4.29	0.24	5.83	1.15	6.70
19.08.2018	36.0	23.8	63	13	29.90	38.0	1.31	4.44	0.24	6.12	1.15	7.04
20.08.2018	36.0	22.0	62	16	29.00	39.0	1.29	4.29	0.23	6.05	1.15	6.95
21.08.2018	38.3	23.3	69	15	30.80	42.0	1.49	4.80	0.25	6.27	1.10	6.89
22.08.2018	38.1	23.4	65	11	30.75	38.0	1.30	4.77	0.25	6.28	1.10	6.91
23.08.2018	38.6	22.4	65	11	30.50	38.0	1.26	4.78	0.25	6.31	1.10	6.94
24.08.2018	39.7	23.2	74	12	31.45	43.0	1.49	5.05	0.26	6.38	1.10	7.02
25.08.2018	38.8	23.8	73	15	31.30	44.0	1.59	4.93	0.26	6.26	1.10	6.89
26.08.2018	33.9	23.1	72	29	28.50	50.5	1.78	4.06	0.23	5.61	1.10	6.18
27.08.2018	35.6	22.1	68	28	28.85	48.0	1.72	4.24	0.23	5.77	1.10	6.35
28.08.2018	35.7	22.7	72	22	29.20	47.0	1.64	4.30	0.23	5.82	1.10	6.41
29.08.2018	37.1	22.9	75	15	30.00	45.0	1.52	4.55	0.24	6.01	1.10	6.61
30.08.2018	38.4	21.9	68	11	30.15	39.5	1.27	4.70	0.25	6.17	1.10	6.78
31.08.2018	39.8	22.8	54	7	31.30	30.5	1.00	5.04	0.26	6.35	1.10	6.98

EK-10. Eylül Ayı Günlük İklim Verileri ve ET_o Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/°C)	ET _o (mm/gün)
01.09.2018	40.1	23.7	67	6	31.90	36.5	1.20	5.17	0.27	5.52
02.09.2018	38.6	23.6	58	7	31.10	32.5	1.08	4.88	0.26	5.40
03.09.2018	38.4	24.3	52	10	31.35	31.0	1.13	4.90	0.26	5.37
04.09.2018	38.9	22.5	58	6	30.70	32.0	1.00	4.84	0.25	5.39
05.09.2018	36.3	22.3	71	17	29.30	44.0	1.47	4.37	0.23	5.04
06.09.2018	32.2	23.8	61	24	28.00	42.5	1.48	3.88	0.22	4.72
07.09.2018	32.3	22.7	60	28	27.50	44.0	1.50	3.80	0.21	4.65
08.09.2018	33.5	21.3	65	15	27.40	40.0	1.21	3.85	0.21	4.79
09.09.2018	33.0	20.9	64	16	26.95	40.0	1.19	3.75	0.21	4.72
10.09.2018	30.7	19.8	74	24	25.25	49.0	1.38	3.36	0.19	4.39
11.09.2018	33.2	17.8	63	13	25.50	38.0	0.97	3.56	0.19	4.70
12.09.2018	34.7	18.6	57	16	26.65	36.5	1.05	3.84	0.21	4.81
13.09.2018	34.4	22.5	42	14	28.45	28.0	0.95	4.08	0.23	4.87
14.09.2018	30.6	23.2	64	21	26.90	42.5	1.37	3.62	0.21	4.48
15.09.2018	32.7	21.2	61	19	26.95	40.0	1.24	3.73	0.21	4.60
16.09.2018	34.2	19.1	71	14	26.65	42.5	1.16	3.79	0.21	4.67
17.09.2018	34.6	21.1	52	12	27.85	32.0	0.98	4.00	0.22	4.78
18.09.2018	35.1	20.5	38	12	27.80	25.0	0.80	4.03	0.22	4.81
19.09.2018	36.1	21.4	42	12	28.75	27.0	0.89	4.26	0.23	4.87
20.09.2018	36.3	20.3	56	10	28.30	33.0	0.97	4.21	0.22	4.84
21.09.2018	35.5	20.8	71	11	28.15	41.0	1.19	4.12	0.22	4.72
22.09.2018	35.4	20.0	71	12	27.70	41.5	1.17	4.04	0.22	4.68
23.09.2018	35.6	20.7	64	9	28.15	36.5	1.04	4.13	0.22	4.71
24.09.2018	35.8	19.7	47	7	27.75	27.0	0.75	4.09	0.22	4.72
25.09.2018	36.0	18.7	47	9	27.35	28.0	0.77	4.05	0.21	4.70
26.09.2018	34.2	19.6	64	12	26.90	38.0	1.05	3.83	0.21	4.51
27.09.2018	33.7	19.4	71	10	26.55	40.5	1.06	3.74	0.20	4.44
28.09.2018	34.5	18.6	61	12	26.55	36.5	0.98	3.81	0.20	4.48
29.09.2018	32.6	20.9	61	23	26.75	42.0	1.32	3.70	0.21	4.28
30.09.2018	31.4	20.7	67	24	26.05	45.5	1.37	3.52	0.20	4.14

EK-11. Ekim Ayı Günlük İklim Verileri ve ET₀ Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/°C)	ET ₀ (mm/gün)
01.10.2018	31.9	18.8	62	23	25.35	42.5	1.22	3.45	0.19	2.81
02.10.2018	30.9	18.1	62	21	24.50	41.5	1.11	3.27	0.18	2.74
03.10.2018	31.2	16.2	67	14	23.70	40.5	0.94	3.19	0.18	2.72
04.10.2018	32.9	16.2	65	12	24.55	38.5	0.90	3.42	0.18	2.78
05.10.2018	29.7	20.5	51	13	25.10	32.0	0.89	3.29	0.19	2.69
06.10.2018	31.2	15.2	33	6	23.20	19.5	0.42	3.14	0.17	2.64
07.10.2018	32.0	14.7	37	8	23.35	22.5	0.50	3.21	0.17	2.66
08.10.2018	30.3	15.6	37	14	22.95	25.5	0.63	3.04	0.17	2.59
09.10.2018	27.5	19.8	49	22	23.65	35.5	0.97	2.99	0.18	2.52
10.10.2018	30.9	17.1	60	21	24.00	40,5	1.05	3.21	0.18	2.59
11.10.2018	24.3	15.1	94	35	19.70	64,5	1.34	2.38	0.14	2.19
12.10.2018	27.3	15.9	79	31	21.60	55	1.28	2.72	0.16	2.35
13.10.2018	29.5	16.9	81	24	23.20	52,5	1.27	3.02	0.17	2.45
14.10.2018	30.3	16.2	78	15	23.25	46,5	1.04	3.08	0.17	2.47
15.10.2018	28.8	15.5	67	23	22.15	45	1.05	2.86	0.16	2.38
16.10.2018	28.0	18.6	63	30	23.30	46,5	1.24	2.96	0.17	2.37
17.10.2018	25.9	15.4	95	27	20.65	61	1.28	2.55	0.15	2.19
18.10.2018	27.4	15.8	83	28	21.60	55,5	1.26	2.72	0.16	2.25
19.10.2018	29.3	14.9	77	23	22.10	50	1.12	2.89	0.16	2.31
20.10.2018	21.2	15.9	81	40	18.55	60,5	1.24	2.16	0.13	1.95
21.10.2018	16.9	13.4	95	69	15.15	82	1.39	1.73	0.11	1.63
22.10.2018	19.8	14.3	95	67	17.05	81	1.55	1.97	0.12	1.74
23.10.2018	22.9	15.8	85	51	19.35	68	1.48	2.29	0.14	1.93
24.10.2018	23.1	16.8	86	51	19.95	68,5	1.54	2.37	0.14	1.94
25.10.2018	18.4	12.6	97	74	15.50	85,5	1.49	1.79	0.11	1.58
26.10.2018	16.3	9.00	95	27	12.65	61	0.80	1.50	0.10	1.57
27.10.2018	20.7	7.20	63	15	13.95	39	0.50	1.73	0.10	1.75
28.10.2018	22.1	6.70	82	17	14.40	49,5	0.63	1.82	0.11	1.76
29.10.2018	25.0	7.80	80	14	16.40	47	0.65	2.11	0.12	1.87
30.10.2018	25.7	8.80	79	13	17.25	46	0.66	2.22	0.12	1.88
31.10.2018	26.9	9.20	76	14	18.05	45	0.69	2.35	0.13	1.91

EK-12. Kasım Ayı Günlük İklim Verileri ve ET₀ Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/°C)	ET ₀ (mm/gün)
01.11.2018	27.1	9.60	75	15	18.35	45.0	0.72	2.39	0.13	1.51
02.11.2018	26.0	10.9	72	14	18.45	43.0	0.70	2.33	0.13	1.47
03.11.2018	24.0	11.7	68	20	17.85	44.0	0.77	2.18	0.13	1.41
04.11.2018	20.0	12.7	90	39	16.35	64.5	1.12	1.90	0.12	1.26
05.11.2018	16.1	12.2	94	66	14.15	80.0	1.27	1.63	0.10	1.09
06.11.2018	22.2	12.3	87	34	17.25	60.5	1.08	2.05	0.12	1.29
07.11.2018	21.2	10.7	85	40	15.95	62.5	1.05	1.90	0.12	1.23
08.11.2018	19.4	10.7	82	43	15.05	62.5	1.01	1.77	0.11	1.17
09.11.2018	18.3	9.10	85	41	13.70	63.0	0.92	1.63	0.10	1.12
10.11.2018	20.4	8.60	82	34	14.50	58.0	0.87	1.76	0.11	1.17
11.11.2018	17.6	11.0	88	46	14.30	67.0	1.04	1.66	0.11	1.09
12.11.2018	21.0	9.90	92	32	15.45	62.0	0.96	1.85	0.11	1.16
13.11.2018	20.1	8.60	85	33	14.35	59.0	0.86	1.74	0.11	1.12
14.11.2018	18,7	9.10	90	34	13.90	62.0	0.89	1.66	0.10	1.08
15.11.2018	14.4	5.70	56	23	10.05	39.5	0.45	1.28	0.08	0.99
16.11.2018	8.90	4.70	94	52	6.800	73.0	0.70	1.00	0.07	0.78
17.11.2018	13.9	2.90	94	25	8.400	59.5	0.55	1.17	0.07	0.90
18.11.2018	14.8	4.90	79	27	9.850	53.0	0.57	1.27	0.08	0.93
19.11.2018	17.4	5.40	79	31	11.40	55.0	0.66	1.44	0.09	0.98
20.11.2018	17.2	5.80	84	41	11.50	62.5	0.79	1.44	0.09	0.94
21.11.2018	15.8	8.60	80	52	12.20	66.0	0.91	1.46	0.09	0.91
22.11.2018	16.0	10.6	95	67	13.30	81.0	1.22	1.55	0.10	0.89
23.11.2018	13.7	10.2	95	71	11.95	83.0	1.15	1.41	0.09	0.83
24.11.2018	14.5	10.3	91	62	12.40	76.5	1.08	1.45	0.09	0.85
25.11.2018	18.1	8.00	95	44	13.05	69.5	0.97	1.57	0.10	0.92
26.11.2018	16.9	6.40	92	44	11.65	68.0	0.87	1.44	0.09	0.87
27.11.2018	13.8	11.3	96	69	12.55	82.5	1.19	1.46	0.10	0.81
28.11.2018	13.8	12.2	84	68	13.00	76.0	1.13	1.50	0.10	0.83
29.11.2018	14.1	11.5	90	68	12.80	79.0	1.16	1.48	0.10	0.81
30.11.2018	13.4	10.2	93	59	11.80	76.0	1.03	1.39	0.09	0.79

EK-13. Aralık Ayı Günlük İklim Verileri ve ET₀ Değerleri

Tarih	T _{max} (°C)	T _{min} (°C)	R _{Hmax} (%)	R _{Hmin} (%)	T (°C)	R _H (%)	e _a (kPa)	e _s (kPa)	Δ (kPa/°C)	ET ₀ (mm/gün)
01.12.2018	15.2	9.4	96	65	12.30	80.5	1.13	1.45	0.09	0.76
02.12.2018	15.9	6.5	95	57	11.20	76.0	0.97	1.39	0.09	0.76
03.12.2018	17.6	9.0	84	45	13.30	64.5	0.94	1.58	0.10	0.86
04.12.2018	13.2	8.4	94	49	10.80	71.5	0.89	1.31	0.09	0.74
05.12.2018	11.2	8.7	96	91	9.950	93.5	1.15	1.23	0.08	0.61
06.12.2018	13.2	9.3	96	65	11.25	80.5	1.06	1.34	0.09	0.70
07.12.2018	11.6	9.3	93	73	10.45	83.0	1.04	1.27	0.08	0.66
08.12.2018	13.0	8.3	93	65	10.65	79.0	1.00	1.30	0.09	0.69
09.12.2018	13.1	7.0	95	64	10.05	79.5	0.96	1.25	0.08	0.68
10.12.2018	10.7	9.4	93	79	10.05	86.0	1.06	1.23	0.08	0.63
11.12.2018	16.5	9.6	95	40	13.05	67.5	0.94	1.54	0.10	0.81
12.12.2018	11.0	8.3	96	61	9.650	78.5	0.93	1.20	0.08	0.65
13.12.2018	13.2	4.3	92	32	8.750	62.0	0.62	1.17	0.08	0.73
14.12.2018	9.40	3.9	81	48	6.650	64.5	0.61	0.99	0.07	0.64
15.12.2018	11.1	7.0	83	61	9.050	72.0	0.82	1.16	0.08	0.66
16.12.2018	11.5	6.2	86	57	8.850	71.5	0.79	1.15	0.08	0.66
17.12.2018	10.3	7.7	87	63	9.000	75.0	0.85	1.15	0.08	0.64
18.12.2018	9.00	7.2	91	74	8.100	82.5	0.89	1.08	0.07	0.59
19.12.2018	10.3	7.9	95	74	9.100	84.5	0.97	1.16	0.08	0.61
20.12.2018	11.1	8.0	95	72	9.550	83.5	0.99	1.20	0.08	0.62
21.12.2018	11.7	4.7	97	69	8.200	83.0	0.89	1.11	0.07	0.61
22.12.2018	13.2	4.6	94	60	8.900	77.0	0.85	1.18	0.08	0.66
23.12.2018	11.4	3.4	95	65	7.400	80.0	0.81	1.06	0.07	0.61
24.12.2018	15.0	6.7	96	23	10.85	59.5	0.67	1.34	0.09	0.80
25.12.2018	7.40	3.2	92	58	5.300	75.0	0.65	0.90	0.06	0.58
26.12.2018	8.80	4.3	95	80	6.550	87.5	0.85	0.98	0.07	0.55
27.12.2018	6.20	4.3	96	93	5.250	94.5	0.84	0.89	0.06	0.50
28.12.2018	9.00	1.8	95	25	5.400	60.0	0.47	0.92	0.06	0.67
29.12.2018	9.00	-1.1	77	27	3.950	52.0	0.37	0.86	0.06	0.68
30.12.2018	5.30	0.2	97	46	2.750	71.5	0.51	0.76	0.05	0.56
31.12.2018	7.50	0.5	97	58	4.000	77.5	0.61	0.84	0.06	0.57

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Ekin ŞARLI
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 10.07.1990, Kahramanmaraş
Medeni hali : Bekâr
Telefon : 0 (543) 9224243
e-posta : ekinsarli@dsi.gov.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek Lisans	KSÜ/Biyosistem Mühendisliği Bölümü	2019
Ön Lisans	Anadolu Üniversitesi/Adalet Bölümü	2015
Lisans	OMÜ/ Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü	2013
Ön Lisans	Harran Üniversitesi/ Gıda Teknolojisi	2009
Lise	İbrahim Çalık Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2016-2018	Dulkadiroğlu Ziraat Odası/Kahramanmaraş	Danışman
2018	DSİ 67.Şube Müdürlüğü/Mersin	Mühendis

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

1. Uçak, A. B., Çil, A., Tüysüz, M. D., Şahin, H., Şarlı, E., 2017. Su Stresine Toleranslı Yer fıstığı (Arachis hypogaea) Hatlarının Belirlenmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi 20 (2017), s246-251.