T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HARRAN OVASI KOŞULLARINDA TARTILI LİZİMETRE İLE YONCANIN SU TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ VE TAHMİN YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmet Sami NACAR

TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2021

Doç. Dr. Ali Fuat TARI danışmanlığında, Mehmet Sami NACAR'ın hazırladığı **"Harran Ovası Koşullarında Tartılı Lizimetre ile Yoncanın Su Tüketiminin Belirlenmesi ve Tahmin Yöntemleriyle Karşılaştırılması"** konulu bu çalışma 27/01/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman	: Doç. Dr. Ali Fuat TARI	……
Üye	: Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ	……
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Ali Demir KESKİNER	……

Bu Tezin Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 20045

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.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
TEŞEKKÜR iii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
ÇİZELGELER DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
1. GİRİŞ 1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 5
3. MATERYAL ve YÖNTEM 14
3.1. Materyal 14
3.1.1. Araştırma yeri 14
3.1.2. Araştırma yerinin toprak özellikleri 15
3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri 15
3.1.4. Araştırma alanının bitki deseni 16
3.1.5. Araştırmada kullanılan sulama suyu özellikleri 16
3.1.6. Lizimetre sisteminin teknik özellikleri 17
3.2. Yöntem 19
3.2.1. Araştırmada kullanılan sulama sistemi ve sulama uygulamaları 19
3.2.2. Araştırmada yapılan tarımsal işlem ve gözlemler 19
3.2.3. Gerçek bitki su tüketiminin belirlenmesi 21
3.2.4. Karşılaştırmada kullanılan tahmin yöntemleri 22
3.2.4.1. Hargreaves yöntemi 22
3.2.4.2. Priestley-Taylor yöntemi 23
3.2.4.3. Jensen-Haise yöntemi 23
3.2.4.4. 1972 Kimberly Penman yöntemi 24
3.2.4.5. 1982 Kimberly Penman yöntemi 25
3.2.4.6. FAO-56 Penman–Monteith 26
3.2.4.7. FAO PPP-17 Penman yöntemi 26
3.2.4.8. Penman 1963 VPD#3 yöntemi 27
3.2.5. Yöntemlerin karşılaştırılması 28
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 32
4.1. Gerçek Yonca Su Tüketiminin Tartılı Lizimetrede Belirlenmesi 32
4.2. Lizimetrede Elde Edilen Referans Su Tüketimlerinin Bazı Tahmin Modelleri ile Karşılaştırılması 32
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 46
KAYNAKLAR 48
ÖZGEÇMİŞ 53
EKLER 54

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HARRAN OVASI KOŞULLARINDA TARTILI LİZİMETRE İLE YONCANIN SU TÜKETİMİNİN BELİRLENMESİ VE TAHMİN YÖNTEMLERİYLE KARŞILAŞTIRILMASI

Mehmet Sami NACAR

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ali Fuat TARI
Yıl: 2021, Sayfa: 60

Bu çalışmada, tartılı lizimetre ile referans yonca bitkisinin su tüketiminin belirlenmesi ve ampirik eşitliklerle karşılaştırması amaçlanmıştır. Çalışma Şanlıurfa ili, Harran Ovasında bulunan GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Koruklu-Talat Demirören Araştırma İstasyonunda yürütülmüştür. Çalışmada "Elçi" yonca çeşidi kullanılmıştır. Bu çalışmada, tartılı lizimetre kullanılarak yoncanın gerçek bitki su tüketimi (evapotranspirasyon) hesaplanmıştır. Günlük değerlerden gidilerek on günlük, aylık ve mevsimlik su tüketimleri bulunmuştur. Hesaplamalar sonucunda 2020 sulama yılında yoncanın en yüksek günlük su tüketimi 14.89 mm ile 18 Haziranda, en düşük günlük su tüketimi 1.04 mm ile 1 Mayısta ölçülmüştür. En yüksek aylık su tüketimi 291.76 mm ile Haziran ayında, en düşük aylık su tüketimi 95.42 mm ile Ekim ayında gerçekleşmiştir. 2020 yılında toplam 1 270.3 mm sulama suyu uygulanmış ve 1 294.2 mm toplam bitki su tüketimi gerçekleşmiştir. Denemede yapılan gözlemlerde yonca bitkisinin 30-70 cm yükseklikte olduğu günlerde elde edilen günlük su tüketimleri referans su tüketimi olarak kabul edilmiştir. Referans bitki su tüketimini tahmin eden yöntemlerle yapılan karşılaştırmalarda bu günlerin bitki su tüketimleri dikkate alınmıştır. Ampirik modellerden referans yonca su tüketimini (ETr) tahmin eden (1972 Kimberly-Penman, 1982 Kimberly -Penman, Jensen-Haise metotları) ve potansiyel su tüketimini (ETp) tahmin eden (Hargreaves, Priestley- Taylor metotları) ve çim su tüketimini (ETo) tahmin eden (FAO-56 Penman-Monteith, FAO PPP-17 Penman, Penman 1963 VPD#3 metotları) ile lizimetreden elde edilen gerçek su tüketimlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Ampirik modellerden; referans yonca su tüketimini (ETr) tahmin eden 1972 Kimberly-Penman, çim su tüketimini (ETo) tahmin eden FAO-56 Penman-Monteith öne çıkmıştır. Potansiyel su tüketimini (ETp) tahmin eden hiçbir model gerçek su tüketimine yaklaşmamıştır. Önerilen bu iki modelden FAO-56 Penman–Monteith, bileşenlerinin çok olması ve farklı iklim koşullarında isabetli sonuç vermesi nedeniyle referans su tüketiminin tahmini için önerilen yöntem olmuştur.

ANAHTAR KELİMELER: Tartılı lizimetre, yonca, bitki su tüketimi, bitki su tüketimi tahmin yöntemleri.

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINING THE WATER CONSUMPTION OF ALFALFA UNDER HARRAN PLAIN CONDITION BY THE USE OF WEIGHING LYSIMETER AND COMPARISON WITH THE PREDICTING METHODS

Mehmet Sami NACAR

Harran University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ali Fuat TARI
Year: 2021, Page: 60

In this study, it was aimed to determine the water consumption of the reference alfalfa plant by the use of weighing lysimeter and to compare it with empirical equations. The study was carried out at the GAP Agricultural Research Institute Koruklu-Talat Demirören Research Station where is located on the Harran Plain of Sanlıurfa. The Elçi alfalfa variety was used in the study. In the study, the actual plant water consumption (evapotranspiration) of alfalfa was calculated by using the weighing lysimeter. Ten-day, monthly and seasonal water consumption was calculated based on daily values. As a result of the calculations, the highest daily water consumption of alfalfa during the irrigation year of 2020 was measured on June 18 with 14.89 mm, and the lowest daily water consumption was measured on May 1 with 1.04 mm. The highest monthly water consumption was observed as 291.76 mm in June, and the lowest monthly water consumption was 95.42 mm in October. During the irrigation season of 2020, total of 1 270.3 mm of irrigation water was applied, and total plant water consumption was 1 294.2 mm. The daily water consumption obtained on the days when the alfalfa plant was 30-70 cm high, and it was accepted as the reference water consumption. The comparisons, which was made with the methods results and estimated the reference plant water consumption, were also compared for these days. As empirical models, the reference alfalfa water consumption (ETr) is estimated (1972 Kimberly-Penman, 1982 Kimberly-Penman, Jensen-Haise methods) and potential water consumption (ETp) (Hargreaves, Priestley-Taylor methods) and turf water consumption (ETo) and the reference water consumptions obtained from lysimeter were compared with the estimators (FAO-56 Penman-Monteith, FAO PPP-17 Penman, Penman 1963 VPD # 3 methods). Among empirical models; 1972 Kimberly-Penman predicting the reference alfalfa water consumption (ETr) and FAO PPP-17 Penman predicting turf water consumption (ETo) came into prominence. None of the model that is predicting potential water consumption (ETp) approached actual water consumption. Among these two proposed models, FAO-56 Penman-Monteith is the recommended method for estimating the reference water consumption due to its many components and accurate results in different climatic conditions.

KEYWORDS: Weighing lysimeter, alfalfa, evapotranspiration, predicting plant water consumption methods.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bana her türlü desteği gösteren saygıdeğer danışman hocam Doç. Dr. Ali Fuat TARI'ya ve bu çalışmada her türlü desteğinden dolayı Kurumda Bölüm Başkanım Abdullah Suat NACAR'a ve proje ekibindeki arkadaşlarıma ve hayatım boyunca bana maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen babama, anneme ve eşime en içten duygularımla teşekkür eder, sevgilerimi sunarım.

Bu çalışmamı, çocuklarım Ömer, Muhammed Emin, Sümeyye ve Abdullah'a atfediyorum.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Harran Ovasının uydudan görünümü 14
Şekil 3.3. Şanlıurfa lizimetresinin şematik görünümü 18
Şekil 4.1. Lizimetre ETg ile 1972 Kimberly-Penman ETr Modelinin Karşılaştırılması 37
Şekil 4.2. Lizimetre ETg ile 1982 Kimberly-Penman ETr Modelinin Karşılaştırılması 37
Şekil 4.3. Lizimetre ETg ile Jensen-Haise ETr Modelinin Karşılaştırılması 38
Şekil 4.4. Lizimetre ETg ile Priestley- Taylor ETp Modelinin Karşılaştırılması 38
Şekil 4.5. Lizimetre ETg ile Hargreaves ETp Modelinin Karşılaştırılması 39
Şekil 4.6. Lizimetre ETg ile FAO-56 Penman–Monteith ETo Modelinin Karşılaştırılması 39
Şekil 4.7. Lizimetre ETg ile FAO PPP-17 Penman ETo Modelinin Karşılaştırılması 40
Şekil 4.8. Lizimetre ETg ile Penman 1963 VPD#3 ETo Modelinin Karşılaştırılması 40
Şekil 4.9. Lizimetreden elde edilen ve hesaplanan yığışımlı referans su tüketimleri 44

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri 15
Çizelge 3.2. Araştırmada Kullanılan Sulama Sularının Bazı Kimyasal Özellikleri 17
Çizelge 3.3. Deneme alanında yapılan tarımsal işlem ve gözlemler 19
Çizelge 4.1. Lizimetrede elde edilen gerçek su tüketimlerinin bazı tahmin modelleri ile karşılaştırılması 33
Çizelge 4.2. Günlük yonca su tüketimini ölçen/tahmin eden farklı yöntemlerin değerlendirilmesi..... 41

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

λ	Buharlaşma gizli ısısı, 2.45 MJ/kg
α	Albedo veya bitki örtüsünün yansıtma katsayısı (çim için 0.23'dür)
Δ	Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa $°C^{-1}$)
$\sum$	Toplam
A	Eşitliğin kesişim noktası
B	Eşitliğin regresyon (eğim) katsayısı
d	Uyuşma İndeksi (index of agreement)
e_a	Gerçek buhar basıncı (kPa)
EC	Elektriksel iletkenlik
e_s	Doygun buhar basıncı (kPa)
ET	Evapotranspirasyon
ET_0	Çim kıyas bitki su tüketimi (mm)
ET_r	Yonca kıyas bitki su tüketimi (mm)
ETg	Lizimetrede ölçülen su tüketimi (mm)
ET_p	Potansiyel bitki su tüketimi (mm)
G	Toprak ısı akısı (MJ $m^{-2}gün^{-1}$)
MAE	Ortalama kesin hata (mean absulute error)
N	Gözlem sayısı
p	Yıllık gündüz saatlerinin aylık yüzdeleri
R	Bağdaşım (korelasyon) katsayısı
R_a	Atmosfer dışı (extraterrestrial) radyasyon (MJ $m^{-2}gün^{-1}$)
RRMSE	Göreli RMSE değeri (%)
RH	Oransal nem
RMSE	Ortalama hatanın karekökü (root mean sequare error),
Rn	Net radyasyon (MJ $m^{-2}gün^{-1}$)
Rs	Solar radyasyon (MJ $m^{-2}gün^{-1}$)
SN	Solma noktası
STDEV	Standart sapma
T	Sıcaklık °C
TK	Tarla kapasitesi
T_{max}	Günlük maksimum hava sıcaklığı (°C)
T_{mean}	Ortalama günlük hava sıcaklığı (°C)
T_{min}	Günlük minimum hava sıcaklığı (°C)
U_2	2 m yükseklikteki rüzgâr hızı, m/s
γ	Psikrometrik katsayı kPa/°C

1. GİRİŞ

Su, canlılar için vazgeçilemez hayat kaynağıdır. Artan nüfusa bağlı olarak su talebi gün geçtikçe artmaktadır. İklim değişikliği ve kuraklığın sıkça dile getirildiği bu günlerde su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanımı daha da önem kazanmaktadır.

Bilinen şudur ki; tüm dünyada ve Türkiye' de tarım su kaynaklarının en fazla kullanıldığı sektördür. Buna göre su kaynakları yönetiminde başarıyı sağlamak, tarımda suyun etkin bir şekilde kullanılması ve yönetilmesine bağlıdır.

Bitkisel üretimin temelini oluşturan sudan devamlı ve en yüksek yararın sağlanabilmesi için bölge koşullarına en uygun şekilde sulama projelerinin hazırlanması gerekir. Bunun içinde bölgede yetişen bitkilerin gelişme periyodu boyunca ihtiyaç duyacağı su tüketim miktarlarının önceden bilinmesi gerekmektedir. Bitki su tüketimi, sulama programlarının hazırlanması, sulama sistemlerinin dizaynı ve su kaynaklarının işletilmesi için temel bir öğedir.

Bitki su tüketimi (evapotranspirasyon) kabaca bir tarifle bitki ile örtülü bir alandan kaybolan toplam su buharı miktarı olarak bilinmektedir. Su kaybı bitki yüzeyinden terleme (transpirasyon) ve toprak yüzeyinden buharlaşma (evaporasyon) ile meydana gelir. Evapotranspirasyon ya doğrudan ölçülmekte yada değişik yöntemlerle tahmin edilmektedir (Jensen ve ark., 1990). Doğrudan ölçümde su bütçesi tekniği (tarla parselleri, lizimetrik ölçümler), mikro meteorolojik yöntemler (bowen oranı/enerji dengesi, eddy korelasyon, aerodinamik yöntemler), biyolojik yöntemler (bitki taç odacıkları tekniği 'canopy chamber', bitki özsuyu akışının ölçümü 'sap flow' porometre ve potometre teknikleri) kullanılmaktadır (Burman ve Pochop, 1994).

Bilindiği gibi, evapotranspirasyon tahmininde en genel yöntem, kök bölgesindeki nem eksilişini ölçmektir. Ancak bu yöntem, kök bölgesi altında olası su hareketini dikkate almaz. Eğer kök bölgesi dipsiz ve kapaksız bir bidona benzetilirse, nem içeriği suyun aşağı ve yukarı hareketinden dolayı değişebilir. Yüzeyde suyun hareketi pozitif aşağı doğru (infiltrasyonla toprak nem içeriğinin artması) veya negatif

(yukarı doğru evapotraspirasyonla toprak neminin eksiltilmesi) olabilir. Benzer şekilde, kök bölgesi altında, akı pozitif (taban suyundan kapilar yükselişle su alımı) veya negatif (İçsel drenaj koşulları) olabilir (Kanber ve Steduto, 1999).

Değinilen nedenlerle yalnızca kök bölgesi nem eksilişlerine dayalı evapotranspirasyon kestirimleri çok ciddi hataları ortaya çıkarabilir (Hillel ve ark., 1969). Kök bölgesinde su akımının doğrultu ve miktarının belirlenmesi kimi yöntem ve ekipmanlarla kestirilebilirse de bunların kullanımı hem çok güç hem de yanlışlıklardan arındırılmış değildir. Örneğin, toprak neminin atmosfere geçişini (evaporative flux) veren birçok yöntem vardır. Bunlardan bazıları, Eddy Korelasyon ve Bowen Oranı, turbulet taşınım modellerine ve toprak nemi ile rüzgâr profili ölçümlerine dayanır(Van Bavel ve Reginato, 1965). Ancak, bu yöntemlerden sonuç çıkarmak için dikkatli olmak gerekir ve ayrıca, buharlaşma yüzeyinden biraz daha yukarıdaki bir düzlemde uygulanma zorunluluğu vardır. Anılan düzlemde kestirilen buharlaşma miktarının, toprak yüzeyindekine eşit olduğu kabul edilir. Diğer yöntemler ise araştırma alanına kurulu tünel veya örtüler içerisinde geçirilen hava akımının mutlak nemindeki değişmelerin ölçümüne dayanırlar. Bu durumda, evapotraspirasyonun kendisini önemli ölçüde etkileyebilen kapaklık durumunun ve belli bir ventilasyon deseninin devamlılığı

Lizimetreler, en önemli hidrolojik ve meteorolojik olaylardan birisi olan suyun atmosfere yeniden dönüşü ile ilgili çalışmalarda uzun yıllardan beri kullanılmaktadır (Van Bavel ve Myers, 1962). Lizimetreler farklı iklim koşullarında toprak ve bitkilerden meydana gelen evaporasyon ve evapotranspirasyon miktarlarını ve su niteliği ölçümlerinde kullanılan standart araçlar haline gelmişlerdir (Dickinson, 1981). Lizimetrelerin önemli bir fonksiyonu da bitki su tüketiminin sağlıklı bir şekilde ölçülmesidir. Bu da mevcut bitki paternine göre sulama modülünün tespit edilmesinde doğru ve güvenilir bir altlık sağlar. Böylece su kaynaklarından saptırılacak su miktarının belirlenmesine önemli ölçüde katkıda bulunulmaktadır.Genel olarak lizimetreleri toprak tankın su içeriğindeki değişimlerin ölçümü için kullanılan yöntemlere göre tartılamayan ve tartılan lizimetre olarak sınıflandırmak mümkündür (Aboukhaled ve ark., 1982).

Türkiye'de ilk tartılı lizimetre Toprak Su Merkez Araştırma Enstitüsünde yapılmıştır. Sistem, lizimetre odası, tartım aleti ve toprak tankı diye adlandırılan 3 ayrı bölümden oluşmaktadır. 1990'lı yıllara kadar lizimetre ile mekanik olarak tartım yapılırken bu yıldan sonra elde edilen gelişmelerin ışığında tartım elektro-mekanik olarak yapılmaya başlanmıştır (Kanber ve Steduto, 1999).

Günümüzde herhangi bir bitkinin su tüketimin (ETc) belirlenmesi için yaygın olarak kullanılan yaklaşım şu şekildedir. Önce kıyas bitki su tüketimi çim (ETo) veya yonca (ETr) tahmin edilir. Sonra da elde edilen değer (ETo, ETr), deneysel olarak elde edilen bitki katsayısı (k_c) değeri ile düzeltilerek (çarpılarak) bitki su tüketimi (ET_c) elde edilir (Aydınşakir ve ark., 2003).

Bitki su tüketimini kestiren yöntemlerin çoğu havanın buhar basıncı, yoğunluğu, hava basıncı ve net radyasyon gibi kimi atmosferik ve termodinamik ölçütleri kullanır. Bunlar prensip olarak ET kestirim yöntemlerinden bağımsızdır. Evapotranspirasyon tahmin yöntemleri genellikle çok özel meteorolojik ölçütler kullanmaktadır. Bu eşitliklerin bir kısmı fiziksel temele oturtulurken, bir kısmı ampirik olarak elde edilmişlerdir. Evapotranspirasyonu belirlemede kullanılan bu eşitliklerin doğru tahmin etme başarısı farklı bölgelerde değişkenlik göstermektedir (Kanber ve Steduto, 1999).

Doğrudan ölçüm yöntemleri zor olması, zaman alıcı olması ve pahalı olması nedeniyle yaygın biçimde kullanılamamaktadır. Bu nedenle ET değeri çoğu zaman matematiksel modeller kullanılarak tahmin edilmektedir.

Dezavantajlarına rağmen, lizimetreler, bitki su tüketimi formüllerinin kontrol edilmesinde, toprak ve bitki modellerinin oluşturulmasında ve diğer yeni geliştirilen buharlaşma modellerinin kalibrasyonunda kullanılmakta olan vazgeçilmez aletler olarak günümüzdeki yerini almaktadır (Kanber ve Steduto, 1999).

Bu araştırmada gerçek bitki su tüketiminin belirlenmesi amacıyla tartılı lizimetreden günlük olarak gözlemler (veriler) alınmıştır. Daha sonra su bütçesi eşitliği kullanılarak günlük yonca kıyas bitki su tüketimi (ETg) değerlerine ulaşılmıştır. Elde

edilen değerlerle 1 yıllık referans bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Lizimetrede ölçülen yonca bitkisine ilişkin su tüketimi (ETg) günlük değerleri kullanılarak yöreye en uygun kıyas bitki su tüketimini veren model veya modeller saptanmıştır. Böylece, hem kıyas bitki su tüketimini veren ve dünyada yaygın biçimde kullanılan veya üzerinde tartışılan matematiksel modellerden en uygun olanı veya olanları seçilmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Genel bir tanımla lizimetre tarla içerisine yerleştirilen etrafı sınırlandırılmış büyükçe bir toprak kolonu olup üzerinde yetiştirilen bitkilerin evapotranspirasyonlarını ölçmekte kullanılan araçlardır (Slatyer ve Mcllory, 1961). Kullanılan topraklar bozulmamış veya bozulmuş olabilir ancak pratikte bozulmuş topraklı lizimetreleri kurmak daha kolaydır.

Lizimetrelerin planlama ve özellikle ET ölçümleri ile ilgili kapsamlı taramalar, Harrold ve Dreibelbis (1967); Tanner, (1967) ve Aboukhaled ve ark. (1982)' de bulunabilir. Bergström (1990) ise pestisit araştırmalarında lizimetre uygulamalarını tartışmıştır. Tanner (1967), lizimetreleri kullanılan toprak kütlesinin tipine, tartım sistemine, toprak derinliğine, yüzey alanına göre sınıflamıştır.

Lizimetreler de drenaj ya yerçekimsel ya da vakum sistemli olabilir veya taban suyu oluşmasına izin verilebilir (Dugas ve ark., 1990). Sistemde bozulmuş veya yeniden oluşturulmuş toprak profili ya da monolit toprak kütleleri kullanılmaktadır (Kanber, 1976; Marek ve ark., 1988; Howell ve ark., 1991). Lizimetrede ET ölçümü için belli derinlikten alınan topraklar paçal edilerek tankın içerisine konulabildiği gibi aynı profil sıralamasına uyularak ve doğal hacim ağırlığına ulaşmak için sıkıştırılarak (Tekinel ve Kanber, 1975) yerleştirilebilir. Önceki dönemlerde yapılan lizimetrelerin çoğunda büyük ve bozulmamış monolitik kütlelerin eldesi ve taşınması zorluklardan dolayı bozulmuş toprak örnekleri kullanılmıştır (Marek ve ark., 1988).

Toprağın gerek fiziksel gerekse kimyasal özellikleri yalnızca toprak monoliteleri ile korunabildiğinden dolayı, birçok araştırmacı lizimetre yapımında bozulmamış toprak profilini içeren monolit örnekli sistemleri önerilmektedir (Marek ve ark., 1988). Bununla birlikte, birçok büyük lizimetre sistemlerinde yeniden oluşturulmuş bozulmuş örnekli toprak profilleri kullanılmış ve başarılı ET ölçümleri yapılmıştır (Pruitt ve Angus, 1960; Van Bawel ve Myers, 1962; Tekinel ve Kanber, 1975; Howell ve ark., 1985).

Lizimetrelerin şekli ve alanı, üzerinde çalışılacak bitki türüne ve köklenme tavrına bağlıdır. Birçok tartılı lizimetre dikdörtgen şeklinde ve 1-29 m^2 yüzey alanındadır. Eğer drenaj ölçümleri yapılacaksa, elde edilecek örnek hacmine bağlı olarak lizimetre yüzey alanı genişleyebilir (Ritchie ve ark., 1972). Lizimetre şekli ve alanının, sık ekilen bitkilerde ET ölçümleri için kritik etkiye sahip olmayabileceğini açıklayan (Howell ve ark.,1991), dikdörtgen tanklarda genişliğin, bitki sıra aralığının çarpımının tam katları olması gerektiğini, meyve ağaçlarında ise tank alanının yalnızca bir ağaçla sınırlanabileceğini belirtmişlerdir.

Bir tarla içerisindeki lizimetre yeri, adveksiyon etkisini azaltmak yönünden çok önemlidir (Van Bawell ve Reginato, 1965; Ritchie ve Burnett, 1968). O nedenle lizimetreler toprak ve bitki koşullarını temsil eden tarla veya doğal çevrelerde yüksek engellerden uzak olarak kurulmalıdır. Arazinin yeterince düz olması gerektiğini belirten (Tanner,1967), böylece temsili olmayan rüzgâr rejimlerinin önlenebileceğinin kaydetmiştir. Sistem çevresindeki tampon alanın özellikle, kurak bölgelerde daha geniş olması gerektiğini, aksi halde %44' e varan daha yüksek ET ölçümlerinin elde olunabileceği belirlenmiştir (Howell ve Ark., 1991). Genellikle, birçok araştırıcı 1 ha alan içerisinde en az 50-100 m' lik rüzgâr yönünde bir yeşil örtünün olmasını, böylece $1m^{2'}$lik bitki yüzeyinde sıcaklık ve buhar basıncı profilinin stabil kalabileceğini önermektedirler.

Tartılabilir lizimetrelerde ET ölçüm duyarlılığı, doğrudan evapotranspirasyon süresine bağlıdır (Howell ve ark., 1991). Ölçümler saatlik günlük veya haftalık olabilir. İstenen duyarlılık düzeyine planlama aşamasında ulaşılabilir (Howell ve ark., 1985). Birçok lizimetreler de ET ölçüm duyarlılığı yaklaşık 0.01 mm' dir ancak, kısmen yüksek rüzgâr hızları, tartımlara etki edebilir. Böylesi durumlarda 0.05 mm' lik duyarlılık kabul edilebilir bir planlama amacı sayılabilir. Kabul edilebilir bir ET ölçüm duyarlılığına, lizimetre dış tankı ölü ağırlığı ile kuru toprak ağırlığını dengeleyerek, çok duyarlı bir ölçüm sistemi kullanarak topraktaki su ağırlığını ölçerek veya lizimetre yüzey alanı / derinlik oranını artırarak ulaşılabilir (Pruitt ve Angus, 1960; Black ve ark., 1968) .

Tartılı lizimetrelerin çoğunda toprak tankı olarak çelik materyal kullanılmıştır. Dış tank genellikle lizimetre cidarının alt katmanlarına ısı akımını önlemek için dayanıklı fiberglas veya plastikten yapılır (Pruitt ve Angus, 1960). Lizimetre yapımı giderlerini azaltmak için beton duvarlarda kullanılabilir. Beton duvarlar, doğal olarak çelikten daha kalın olmak zorundadır. Ancak, beton duvarlar, toprağın 30 cm altında bitirilmeli ve cidar ısınma hatasından kaçınmak için daha ince çelik levhalarla toprak yüzüne dek uzatılmalıdır.

Lizimetrelerde iç ve dış tanklar arasındaki boşluk, cidar ısınmasını azaltmak için yeteri kadar dar olmalıdır. Ancak, herhangi bir cidar değiniminden (temas) kaçınmak için yeterli bir boşluk bırakılmalıdır. Değinilen boşluk eni 8 mm (Van Bavel ve Myers, 1962) ile 38 mm (Harrold ve Dreibelbis, 1967) arasında değişmektedir. Toplam boşluk ve duvar genişliği önemli ölçüde lizimetre cidarının yapımında kullanılan malzemeye bağlıdır. Birçok lizimetre planlamasında; toplam cidar – boşluk alanının lizimetre yüzey alanına oranı, %1.5 kadar küçüktür.

Tartılabilir lizimetrelerde mekanik tartım sistemleri, geniş şekilde kullanılmaktadır (Harrold ve Dreibelbis 1967; Van Bawel ve Myers 1962; Ritcihe ve Burnett 1968; Armijo ve ark. 1972; Bhardwaji ve Sastry 1979; Marek ve ark. 1988). Son yıllarda elektronik tartım sistemleri kullanılmaya başlanmıştır (Sammis, 1981; Howell ve ark., 1985; Marek ve ark., 1988). Bu tip sistemlerin kimisinde en son ağırlık mekanik olarak tartılmaktadır. Elektronik tartım sistemlerinde sayıcı kullanmadan, doğrudan lizimetre kütlesinin ağırlığını ölçer. Doğruluğu yaklaşık %0,01 dolaylarındadır ve kullanılan tartım sistemine, bilgi toplama yöntemine ve kayıt ekipmanına bağlı olarak değişir. Ancak nadiren alınan doğruluk düzeyinin üzerine çıkıla bilinir.

Sistemin en son doğruluğu lizimetrenin alan / kütle oranı ile bulunur. Sistemin en önemli sınırlılığı, tartım aygıtının geçici sıfır stabilitesidir (Sammis, 1981). (Howell ve ark., 1985), tartım sıfır stabilitesini test etmek için lizimetreyi üstten bir hidrolik kaldıraç kullanarak periyodik olarak tartmışlardır.

Ertaş (1976) Konya Ovası Koşullarında Lizimetrelerde sekiz bitkinin (Mısır, şekerpancarı, kavun, ayçiçeği, patates, domates, fasulye ve sorgun) su tüketimlerini saptamıştır.

Tekinel ve Kanber (1981) Çukurova koşullarında pamuk bitkisinin lizimetrelerde elde edilen su tüketimleri ile Blaney-Criddle, Penman, Turc, Hargreaves ve Thornthwaite yöntemleriyle elde edilen su tüketimleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir. Pamuk bitkisinin su tüketiminin tahmin edilmesinde sırasıyla, Penman, Hargreaves ve Blaney-Criddle yöntemlerinin kullanılabileceğini belirlemişlerdir.

Kanber ve Kırda (1984) lizimetreleri kullanarak Çukurova iklim koşullarında en fazla verimin elde olunduğu sulama programına ilişkin su tüketim değerleri ile 13 ayrı ampirik yöntemle sezinlenen tüketim miktarlarını karşılaştırarak birer aylık devreler için pamuk su tüketiminin belirlenmesinde Penman, Christiansen-Hargreaves, Makking, Blaney-Criddle, Hargreaves ve Hamon eşitliklerinin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Oğuzer ve ark. (1984) A sınıfı buharlaşma kabı, Piche, Livingstone, Wild tank ve evaporimetre yöntemleriyle ölçülen buharlaşma değerleri ile yonca, pamuk, pırasa, mısır ve fiğ bitkilerinin lizimetrelerde saptanan bitki su tüketim miktarlarını karşılaştırmışlar, A sınıfı buharlaşma kabı değerlerinin birer aylık periyotlardaki bitki su tüketimi kestiriminde kullanılabileceğini saptamışlardır.

Ayla (1985) meteorolojik verilerden yararlanılarak ortaya konan ampirik metotların gerçek su tüketimi ile ilişkilerini saptamak amacı ile, Ankara koşullarında ayçiçeği, patates, yonca ve mısır bitkilerinde tartılı lizimetre ile saptanan gerçek su tüketiminin potansiyel evapotranspirasyon değerleri ile karşılaştırılması çalışmasında ilişkiler doğrusal olarak değerlendirilmiş 10 günlük periyotlarda ETa/ETp oranları her bir bitki için ayrı ayrı saptanmıştır.

Jensen ve ark. (1990) Amerika Birleşik Devletleri Idaho Eyaletinin Kimberly kentindeki yonca için elde edilen verileri kullanarak referans bitki su tüketimi metotlarını karşılaştırmışlardır. Ele aldıkları yöntemler Penman-Wright (1982), Penman (1963), Penman FAO-24, Penman-Monteith, Prestley and Taylor (1972), Hargreaves ve ark. (1981), Turc (1961), FAO-24 Radyasyon Metodu, Blaney Criddle-SCS, Blaney-Criddle-FAO, FAO-24 Pan Buharlaşma Metodu ile Christiansen and HargreavesPan Metotlarıdır. Ele alınan metotlar içerisinde en iyi sonuç Penman-Wright (1982) ve Penman-Monteith eşitlikleri ile elde edilmiştir. Bu metotlar lizimetrede elde edilen değerleri +%2 hassasiyetle vermişlerdir.

Rahimzadeghan (1992) çim ekili lizimetrelerden elde edilen bitki su tüketim değerlerini 12 farklı eşitlikten elde edilen değerlerle kıyaslamanın sonucunda Penman, Jensen-Haise, Christiansen&Hargreaves, Modifiye Blaney-Criddle ve Turc yöntemlerinin en iyi sonuçlar verdiğini saptamıştır.

Roth ve Gunther (1992) buğday, arpa, patates ve şekerpancarı ekili tartılı lizimetrelerden elde ettikleri gerçek su tüketim değerlerini iki farklı pan buharlaşma kabı ve 4 farklı bitki su tüketim eşitliklerinden elde edilen değerlerle karşılaştırmışlardır. Ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi için söz konusu eşitliklere bitkiye dayalı parametrelerin mutlaka eklenmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

Abo-Ghobar ve Mohammad (1995) 4.00 m^2 boyutlarında yonca ekili drenaj tipi lizimetrelerle ölçülen bitki su tüketim değerlerini üç farklı yöntemle karşılaştırmışlar ve en yüksek korelasyon değerinin A sınıfı buharlaşma kabından (R^2=0.97) elde edildiğini belirlemişlerdir.

Henggeler ve ark. (1996) Texas ve New Mexico'da çim bitkisinin lizimetrelerden elde edilen kıyas bitki su tüketim değerlerini sekiz farklı eşitlikle karşılaştırmışlar, Penman-Monteith eşitliğinden elde edilen sonuçların en güvenilir yaklaşım olduğunu belirlemişlerdir.

Steduto ve ark. (1996) Akdeniz Bölgesinde günlük veya daha uzun ET_0 tahminlerinin doğruluğu için çeşitli Akdeniz Ülkelerinden 3000 günlük tartılı lizimetre ve 750 on günlük drenaj ve sabit yer altı suyu seviyeli lizimetre değerleri ile FAO Penman-Monteith eşitliğini test etmişlerdir. Sonuçlar, yaygın olarak günlük ET_0 tahminleri için FAO Penman-Monteith eşitliğinin kullanılması önerisini desteklemiştir. Fakat pek çok iklim koşullarında FAO Penman-Monteith ET_0'ı önemli ölçüde düşük tahmin etmiştir. Bu durum buharlaşmanın yüksek olduğu bölgelerde süreklilik göstermiştir.

Howell ve Steiner (1997) mısır, sorgum ve kışlık buğday bitkilerinde lizimetreleri kullanarak elde edilen bitki su tüketimi değerlerini, Penman-Monteith, Penman 1948, Priestley-Taylor, Jensen-Haise ve Pan buharlaşması eşitliklerinden elde edilen değerlerle karşılaştırarak, bitki su tüketiminin tahmininde kullanılabilecek en güvenilir eşitliğin Penman-Monteith eşitliği olduğunu saptamışlardır.

Ankara koşullarında şekerpancarı bitkisi için Jensen-Haise, Penman (FAO) ve Kap buharlaşması (FAO) yöntemlerinin, ayçiçeği, patates, yonca, mısır, fasulye ve çilek bitkisi için Penman (FAO) ve Kap buharlaşması (FAO) yöntemlerinin ve ayçiçeği bitkisi için Christiansen-Hargreaves ve Jensen-Haise yöntemlerinin (Selenay ve Kadayıfçı, 1999) daha sağlıklı sonuç verdiği saptanmıştır.

İlbeyi ve ark. (1999) Ankara koşullarında 1995-1997 yılları arasında, yonca su tüketiminin tartılı lizimetrede saptanması ve kıyas su tüketimleri ile karşılaştırılması çalışmalarında 120 cm toprak profilinde rutubet okumaları yapmışlar, bu derinlikteki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde mevcut rutubeti tarla kapasitesine getirecek şekilde sulama programı uygulamışlardır. Lizimetre ve çevresindeki yoncalar, %10 düzeyinde çiçeklendiğinde hasat edilmiş ve hasat edilen miktar tartılarak belirlenmiştir. Mevsimlik su tüketimleri 1995 yılında 1 478 mm, 1996 yılında 1 557 mm ve 1997 yılında 1 161 mm olarak bulunmuştur.

Tyagi ve ark. (2000) 4.00 m^2 yüzey alana sahip elektronik tartılı lizimetrelerde buğday ve sorgumun mevsimlik bitki su tüketimi sırasıyla 336 ve 495 mm olarak tespit

etmişlerdir. Bitki katsayılarını 4 bitki büyüme dönemine göre buğday için 0.50, 1.36, 1.24 ve 0.42, sorgum için 0.53, 0.82, 1.24 ve 0.85 olarak belirlemişlerdir.

Irmak ve ark. (2003), Florida için 23 yıllık bir dönemin (1978-2000) iklim verileri ile FAO 56 Penman–Monteith by ASCE modelini standart alarak 21 farklı yöntemi karşılaştırmışlardır. Bu çalışmayı çim ve yonca bazlı yöntemlerle değerlendirmişlerdir. Yonca bazlı yöntemlerde Kimberly formları iyi bir performans gösterirken Jensen-Haise yönteminin performansı düşük kalmıştır. Çalışma sonunda gerekli iklim verileri hassasiyetle elde edilebiliyorsa FAO 56 Penman–Monteith yönteminin kullanılması gerektiğini önermişlerdir.

Benli ve ark. (2006), Ankara Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde tartılı lizimetrede yaptıkları çalışmada, yoncanın gerçek su tüketimini ve bitki katsayısını belirlemişlerdir. Yoncanın mevsimlik su tüketimini, üç yılın ortalaması olarak 1396 mm, Modifiye –Penman (FAO) yöntemiyle hesaplanan bazal bitki katsayısını ($K_{cb)}$ ise birinci dönem için 0.71, üçüncü dönem için 1.78 ve dördüncü dönem için 1.51 olarak bulmuşlardır.

Ünlü ve ark. (2010), tartılı lizimetrede ölçülen soya fasulyesi evapotranspirasyon değerinin Bowen oranı enerji dengesi ile karşılaştırılması çalışmasında, lizimetrelerin standart olarak ET ölçümlerinde kullanıldıkları ancak farklı yerlerde kurulabilme zorluklarından dolayı bir mikro meteorolojik ölçüm olan ve enerji dengesi kavramlarına dayanan Bowen ekipmanının farklı yerlerde çok daha kolay kurulabileceği vurgulanmıştır. Çalışma Adana'da 2009 yaz sezonunda yürütülmüştür. 12 da arazinin tam ortasında kurulu bulunan 2x2 m yüzey alanı ve 2.50 m derinliğe sahip tartılı lizimetre üzerinde soya fasulyesi (*Glycinemax* L.) tam sulama koşullarında yetiştirilerek ET değerleri belirlenmiş, aynı zamanda BREB metodu ile hesaplamalar yapılmıştır. Birikmiş ET değeri sırası ile 354 ve 405 mm bulunmuştur. BREB metodu ile ET değeri çok iyi bir yaklaşım göstermiştir.

Evren ve ark. (2012), Erzurum koşullarında yaptıkları çalışmada, tartılı lizimetrede ölçülen çim su tüketimi ile HARG-85 modeli karşılaştırıldığında, HARG-

85 modeli, günlük ortalama ETo değerlerinin kestiriminde en yeterli model olarak ortaya çıkmıştır. Çalışmada günlük yağış, sulama suyu, drene olan su, biçim miktarları ile lizimetrede ağırlık değişimi su bütçesi eşitliğinde kullanılarak çim bitkisi için gerçek günlük su tüketimleri hesaplanmıştır. Günlük değerlerden gidilerek on günlük, aylık ve mevsimlik su tüketimleri bulunmuştur. Hesaplamalar sonucunda çimin günlük su tüketimi ortalama ve maksimum 4.21-8.91 mm'dir. On günlük su tüketimi 42.41-64.80 mm'dir. Aylık su tüketimi 125.64-174.80 mm ve mevsimlik su tüketimi 2006 yılında 904.10 mm, 2007 yılında 865.23 mm, 2008 yılında 868.24 mm, 2009 yılında 880.31mm ve dört yılın ortalaması 879.47 mm olarak bulunmuştur. Dört yıllık ortalamalara göre çimin aylık su tüketimleri Nisan' da 92.45 mm, Mayıs' ta 111.02 mm, Haziran' da 163.52 mm, Temmuz' da 164.82 mm, Ağustos' ta 169.51 mm, Eylül' de 112.34 mm ve Ekim' de 65.78 mm olmuştur.

Evren (2015), Erzurum'da 2013-2014 yıllarında tartılı lizimetre ile yonca bitkisinin günlük su tüketimini ölçmüş ve su bütçesi eşitliği ile yonca bitkisinin gerçek su tüketimini hesaplamıştır. Elde ettiği değerleri referans yonca su tüketimini tahmin eden yöntemlerle karşılaştırmıştır. Karşılaştırma sonucunda Erzurum gibi yüksek plato koşullarında HARG 85 modeli günlük ortalama ETo değerlerinin tahmininde en yeterli model olduğu saptanmıştır. Elde edilen bulgulara göre; yoncanın ortalama ve maksimum olarak günlük su tüketimi 4.69-9.76 mm, olarak bulunmuştur. Mevsimlik su tüketimleri ise 2013 yılında 987.51 mm, 2014 yılında 1 020.04 mm, olarak bulunmuştur.

Liu ve ark. (2017) Çin' de yarı kurak iklim görülen bir bölgede, 2012 yılı Nisan-Ekim ayları dâhil tartılı lizimetreden elde ettikleri ET değerlerini 16 eşitlik karşılaştırmışlardır. Eşitliklerin hepsinin evapotranspirasyonun yüksek olduğu dönemde alt kestirim, düşük olduğu dönemde ise üst kestirim verme eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca FAO PPP-17 Penman ve1963 Penman yönteminin performansının önde geldiğini ortaya çıkarmışlardır. Hargreaves ve Priestly-Taylor yöntemlerinin yetersiz kaldıkları ve bitki katsayılarıyla desteklenmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir. Bazı düzeltmelerin yapılarak ileriki zamanlarda FAO56 Penman-Monteith modeline geçilmesini önermişlerdir.

Khatua ve Pasupalak (2018), Hindistan' da Odisha'nın kuzey orta plato bölgesinde, ET_0 tahmin etmek için yaptıkları çalışmada 33 yıllık iklim verilerini kullanmışlardır. FAO 56 Penman–Monteith by ASCE modelini standart alarak diğer 10 tahmin yöntemiyle karşılaştırmışlardır. Karşılaştırma sonucunda sırasıyla Penman–Monteith (1989), 1972 Kimberly-Penman, CIMIS Penman, 1982 Kimberly-Penman, FAO PPP-17 Penman, Businger-van Bavel, FAO-24 Penman (c=1), Hargreaves, Turc, Priestly-Taylor yöntemlerinin performans gösterdiğini tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Harran Ovası, Güney Doğu Anadolu Bölgesinde, Şanlıurfa sınırları içinde, 36^{o} 47’ ve 39^{o} 15’ doğu boylamları ile 36^{o} 40’ ve 37^{o} 41’ kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Ovanın doğusunda Tektek dağları, kuzeyde Germuş dağları, batıda Fatik dağları ve güneyde Suriye sınırı ile çevrilidir. Çanak şeklinde olan ovanın yüzölçümü 225 000 ha’ dan oluşmaktadır. Ovanın en geniş yeri güneyde olup genişliği 60 km, en dar yeri ortada Fatik ve Tektek arasında 30 km, uzunluğu ise kuzey-güney istikametinde 64 km’dir (DSİ, 1980). Uzun yıllardan beri tarım merkezli olan ovada özellikle sulamanın gelmesiyle yoğun bir şekilde tarım yapılmaktadır.



Şekil 3.1. Harran Ovasının uydudan görünümü

Araştırma, Harran Ovasında bulunan GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Koruklu-Talat Demirören Araştırma İstasyonunda yürütülmüştür.

3.1.2. Araştırma yerinin toprak özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü Harran Ovasında, dokuz ayrı fizyoğrafik birim üzerinde 25 farklı toprak serisi saptanmıştır. Araştırma bölgede geniş alan içeren Harran toprak serisinde yapılmıştır. Bu seri toprakları, Harran Ovasını doğu, batı ve kuzeyden çevreleyen Tektek, Fatik ve Germuş Dağlarından gelen çamur akıntılarından oluşmuş, alüviyal ana materyalli, düz ve düze yakın eğimli, derin topraklardır. Tipik kırmızı profilleri killi bünyelidir. Tüm profil çok kireçlidir ve aşağılara doğru artan yoğunlukta kireç ceplerini içermektedir. A,B,C horizonlu topraklar olup, pH 7.3 ile 7.8 arasında, organik madde içeriği düşük, katyon değişim kapasitesi kil içeriğine bağlı olarak alt katmanlara doğru artmaktadır (Dinç ve ark.1988).

Ova topraklarının infiltrasyon hızları genellikle yüksektir (12–116 mm h^{-1}). Araştırmanın yürütüldüğü deneme istasyonun infiltrasyon hızı ise ortalama 48 mm h^{-1} (Karaata, 1984). Deneme alanının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1' de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	Bünye Sınıfı	TK (%)	SN (%)	Hacim ağırlığı (g cm^{-3})	Tuz dS m^{-1})	pH	Kireç ($CaCO_3$) (%)	Fosfor (P_2O_5) (kg da^{-1})*	Potasyum (K_2O) (kg da^{-1})*	Org. madde (%)*
0-30	C	33.21	21.64	1.50	0.95	7.84	27.7	3.45	121.54	1.53
30-60	C	32.22	21.99	1.50	0.85	7.87	25.4			
60-90	C	33.40	22.75	1.52	0.91	7.84	26.3			
90-120	C	33.51	22.87	1.55	0.94	7.79	27.9			

* = verimlilik analizleri 0-20 cm'de yapılmıştır.

3.1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Şanlıurfa, Güneydoğu Anadolu iklim bölgesine dâhil olmakla beraber, Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Yazları sıcak ve kurak kışları ise ılık olan bir iklim özelliği göstermektedir. Güneyden kuzeye ve batıdan doğuya gittikçe yağış miktarları artmaktadır.

Araştırmanın yapılacağı Araştırma Enstitüsünün Koruklu İstasyonuna ait iklim verilerinin 24 yıllık rasat değerlerine göre, yıllık toplam yağış 365.2 mm olup, yağışın mevsimlere göre dağılışı; sonbaharda %17.2 kışta %52.8, ilkbaharda %28.8 ve yaz mevsiminde %1.1 olmuştur. Yıllık ortalama sıcaklık 17.2 °C, en yüksek sıcaklık 46.8 °C ve en düşük sıcaklık ise -16.8 °C'dir. Yıllık ortalama oransal nem %51, yıllık buharlaşma toplamı ise 1 848.8 mm'dir (Anonim, 2003).

3.1.4. Araştırma alanının bitki deseni

Sulu tarım 1976 yılından beri Harran Ovasının başta Akçakale kesimi olmak üzere çeşitli bölümlerde DSİ tarafından açılan derin kuyular ve halk tarafından açılan kuyular ile alanda sulama yapılmakta olup ve 1995 yılından bu yana da Atatürk Barajından gelen suyla sulama yapılmaktadır. Ovada uzun yıllık dönemde meyvelerden nar, erik ve kayısı, kış döneminde; buğday, mercimek, arpa, bahar döneminde; pamuk, bostan, sebze ve yaz döneminde ise; mısır ve susam ekimi yapılmaktadır. Ovada yaygın olarak pamuk, buğday ve ikinci ürün mısır ekim yoğunluğu diğer bitkilere göre yüksektir (Anonim, 2016).

Yapılan çalışmada referans bitki su tüketimini ölçmek için yonca bitkisi kullanılmıştır. Bu amaçla lizimetre sisteminin içinde bulunduğu 10 dekarlık alana 27 Nisan 2018 tarihinde "Elçi" yonca çeşidi ile 20 kg da^{-1} DAP gübresi verilerek ekim yapılmıştır. 2018 sulama yılı bitkinin kökleşme yılı olarak sayılmıştır.

3.1.5. Araştırmada kullanılan sulama suyu özellikleri

Araştırmada kullanılan sulama suyu, İstasyon alanında açılmış olan derin kuyu ve Harran Ana sulama kanalı olmak üzere iki ayrı kaynaktan sağlanmıştır. Araştırmada kullanılan sulama sularının bazı kimyasal özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Sulama suyunun sınıflanmasında Richards (1954)' da verilen abaktan yararlanılmıştır. Çizelgede görüldüğü gibi her iki kaynaktan alınan sulama suyu da T_2A_1 sınıfındadır.

Çizelge 3.2. Araştırmada Kullanılan Sulama Sularının Bazı Kimyasal Özellikleri

Kaynak	EC µS m^{-1}	Katyonlar (me L^{-1})				Anyonlar (me L^{-1})					pH	SAR	Sınıf
		Na	K	Ca+Mg	Top. Katyon	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	Top. Anyon			
Derin	682	0.68	0.02	6.06	6.76	-	4.5	1.75	0.51	6.76	7.68	0.39	T_2 A_1
Kanal	349	0.12	0.02	3.9	3.44	-	2.1	1.1	0.7	3.44	7.45	0.08	T_2 A_1

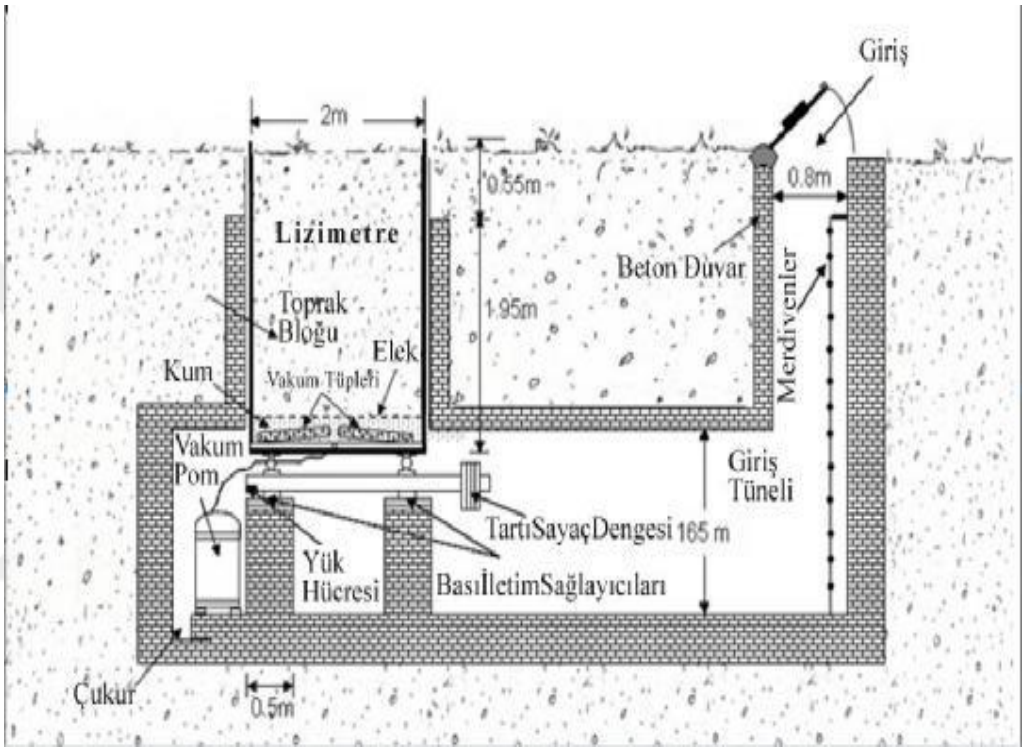
3.1.6. Lizimetre sisteminin teknik özellikleri

Lizimetre sistemi 4.40 m derinlikte, 4.20 m eninde ve 8 m boyunda kazılan bir alana yerleştirilmiştir. Kazı sırasında her bir 0.30 metrelik katmanlardan çıkarılan topraklar ayrı ayrı istiflenmiştir. Kazılan alanın yan duvarları (perde duvar) 0.30 m kalınlığında betonarme duvar; tabanı ise 0.30 m kalınlığında blokaj ve üstüne 0.20 m kalınlığında betonarme olarak inşa edilmiştir.

Lizimetre tankına galeri aracılığı ile ulaşılır. Lizimetre tankının yerleştirildiği alan ve giriş galerisi birlikte inşa edilmiştir. Lizimetre tankını çevreleyen betonarme duvar, toprağın 0.50 m altından başlar. Tankı çevreleyen betonarme duvarlara, lizimetre dış tankı perçinle monte edilerek ve lizimetre tankının etrafındaki betonarme yapılarla birlikte dıştan su izolasyonları yapılmıştır. Lizimetre sisteminin zemininde bir drenaj çukuru (0.5×0.5×0.5 m boyutlarında) oluşturulmuş, drenaj suları (lizimetre iç tankından vakum sonucu gelen ve çevreden sızabilen) toplanıp dışarı atılır. Bu amaçla bir pompa kullanılır. Lizimetre toprak tankı (iç tank) ve tartım sistemi, 4 adet betonarme kolonlar üzerine yerleştirilmiştir.

Toprak tankı hazırlandıktan ve iç cidarlarında sızma denetimi yapıldıktan sonra (tanka önce su doldurularak sızdırmazlık testi yapıldıktan ve tankın iç cidarları mastık asfaltla sıvandıktan sonra), lizimetre sisteminin kurulacağı yere konulmuştur. Bozulmuş toprak ile yapılan toprak tankında 30 cm'lik katmanlar halinde daha önce ayrılan topraklar derinliklerine göre katman katman toprak tankının içine yerleştirilmiştir. Her bir katman yerleştirildikten sonra toprağın doğal hacim ağırlığına göre sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Tank dış cidarlarının çelik kirişlerle güçlendirilmesi

tank içerisinde düzgün toprak duvarların elde edilmesini sağlamıştır. Tank tabanına, 0.10 m derinliğe, vakum drenaj sistemi yerleştirilmiştir. Vakum drenaj sistemi 4 adet paslanmaz çelik filtre tüplerinden oluşmuştur. Tüpler, 760 mm boyunda, 38 mm çapında ve 0.5 mμ delik açıklığındadır. Sistem ince kumla kapatılmıştır. Gerekli vakum miktarı 33.0 kPa değerini geçmeyecek ve bir elektro-pompaj biriminden sağlanır.



Şekil 3.2. Şanlıurfa lizimetresinin şematik görünümü

Tartım sisteminde 20 ton kapasiteli elektronik tartım sistemi kullanılmıştır. Tartım sistemi, elektronik olarak ölçtüğü verileri doğrudan doğruya data logger (veri kaydedici) ye kaydedebilecek biçimde bütün alet, ekipmanlara sahiptir. Data logger (veri kaydediciye) depolanan verilerin belli dönemlerde, data loggerdan alınıp, PC-Masa Üstü Bilgisayara taşınabilir durumdadır. Tartım sistemi 10’ ar dakika aralıklar ile 50 gram hassasiyetle ölçebilecek şekilde kurgulanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Araştırmada kullanılan sulama sistemi ve sulama uygulamaları

Lizimetre sisteminin içinde bulunduğu 10 dekarlık alanda homojen bir sulama yapılabilmesi amacıyla doğrusal hareketli yağmurlama sistemi tesis edilmiştir. Çıkıştan itibaren tüm sulamalar bu sistemle yapılmıştır. Nem sensörleri ile 0-120 cm toprak profilinde günlük toprak nem düzeyi ölçülmüştür. Toprak profilinin ilk 120 cm derinliği etkili kök derinliği kabul edilerek sulamalar yapılmıştır. Sulamalar mevcut nemin tarla kapasitesine tamamlanması şeklinde 4-7 gün aralıklarla yapılmıştır. Verilecek su miktarının belirlenmesinde doğrusal hareketli sulama makinasının arazide testleri yapılarak zaman-debi grafikleri çıkarılmış ve tarla üzerine yerleştirilen toplama kaplarında biriken su miktarı ölçülerek kaydedilmiştir. Ayrıca lizimetredeki ağırlık değişimleri ile de sulama suyu miktarı kontrol edilmiştir.

3.2.2. Araştırmada yapılan tarımsal işlem ve gözlemler

2020 yılında yonca ekili alanın tamamında (1 ha) yapılan Tarımsal işlem ve gözlemler Çizelge 3.3.' te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Deneme alanında yapılan tarımsal işlem ve gözlemler

Tarih	Tarımsal İşlem/Gözlem	Sulama (mm)	İlaçlama	Hasat Kuru Ot Verimi (kg da^{-1})
05.03.2020	İlaçlama		Yabancı Ot	
06.04.2020	İlaçlama		Yeşilkurt+Trips	
13.04.2020	1. sulama	30.00		
17.04.2020	2. sulama	34.00		
20.04.2020	3. sulama	23.75		
27.04.2020	1.Hasat			547.5
01.05.2020	4. sulama	30.00		
07.05.2020	5. sulama	30.00		
11.05.2020	İlaçlama		Trips	
12.05.2020	6. sulama	37.50		
15.05.2020	7. sulama	18.50		
20.05.2020	8. sulama	35.00		

Çizelge 3.3. Deneme alanında yapılan tarımsal işlem ve gözlemler (devam)

22.05.2020	9. sulama	35.00		
26.05.2020	2.Hasat			503.5
29.05.2020	10. sulama	40.00		
01.06.2020	11. sulama	16.00		
04.06.2020	12. sulama	22.00		
05.06.2020	İlaçlama		Trips	
08.06.2020	13. sulama	24.00		
11.06.2020	14. sulama	27.00		
15.06.2020	15. sulama	41.00		
18.06.2020	16. sulama	37.50		
22.06.2020	17. sulama	35.00		
25.06.2020	18. sulama	28.00		
29.06.2020	3. Hasat			677.5
02.07.2020	19. sulama	46.50		
06.07.2020	20. sulama	46.50		
07.07.2020	İlaçlama		Trips	
09.07.2020	21. sulama	36.50		
13.07.2020	22. sulama	39.75		
16.07.2020	23. sulama	23.25		
20.07.2020	24. sulama	39.50		
23.07.2020	25. sulama	29.50		
27.07.2020	4. Hasat			478.2
29.07.2020	26. sulama	46.50		
02.08.2020	27. sulama	33.50		
04.08.2020	İlaçlama		Trips	
06.08.2020	28. sulama	21.00		
10.08.2020	29. sulama	18.75		
11.08.2020	İlaçlama		Yeşilkurt	
13.08.2020	30. sulama	27.25		
17.08.2020	31. sulama	30.75		
20.08.2020	32. sulama	33.00		
24.08.2020	5. Hasat			222
27.08.2020	33. sulama	32.75		
31.08.2020	34. sulama	16.50		
01.09.2020	İlaçlama		Yeşilkurt+Trips	
03.09.2020	35. sulama	10.50		
04.09.2020	İlaçlama		Yabancı Ot	
07.09.2020	36. sulama	14.25		
10.09.2020	37. sulama	23.50		
11.09.2020	İlaçlama		Yeşilkurt+Trips	
14.09.2020	38. sulama	20.00		
17.09.2020	39. sulama	7.75		
23.09.2020	40. sulama	24.25		
28.09.2020	6. Hasat			334.6
02.10.2020	41. sulama	34.00		
06.10.2020	İlaçlama		Trips	
08.10.2020	42. sulama	22.75		
15.10.2020	43. sulama	25.00		

Çizelge 3.3. Deneme alanında yapılan tarımsal işlem ve gözlemler (devam)

22.10.2020	44. sulama	22.50		
30.10.2020	7. Hasat			218.9
Mevsimlik Toplam		44 adet sulama 1 270.25 mm	11 adet ilaçlama	7 adet hasat 2 982.2 kg da^{-1}

3.2.3. Gerçek bitki su tüketiminin belirlenmesi

Lizimetreler, su dengesi eşitliğindeki parametrelerin belirlenmesinde değişik çözümler üretmektedir. Lizimetrelerden elde edilen sonuçların değerlendirilmesi su dengesi eşitliğindeki parametrelerin ölçümüne dayanmaktadır. Yonca su tüketiminin hesaplanmasında, su bütçesi eşitliği kullanılmıştır (Jensen ve ark., 1990).

$$P + I \pm Ro = ET + D \pm \Delta W \quad (3.1)$$

Eşitlik (3.1)'de, P:yağışı, I: sulamayı, Ro: yüzey akışı, ET: bitki su tüketimini (topraktan oluşan buharlaşma ile bitkilerden oluşan terleme), D: derine süzülme veya drenaj suyunu, ΔW: toprak suyu içeriğinde meydana gelen değişimleri ifade etmektedir.

Gerçek bitki su tüketiminin belirlenmesi amacıyla, 4 m^2 lizimetre tank alanına ve etrafındaki 1 ha'lık alana 2018 yılı Nisan ayında yonca ekilmiştir. Bir sulama yılı boyunca gerekli tarımsal işlemler yapılarak yoncanın kök tesisi sağlanmıştır. 2019 sulama yılında, yonca bitkisine ilişkin su tüketimi (ETg) saatlik veya günlük değerleri kullanılarak tespit edilmiştir. Bu araştırmada 2020 yılı yetişme dönemine ait veriler kullanılmıştır. Hesaplamada eşitlik 3.1'den yola çıkılarak su bütçesi formüle edilmiştir.

$$ET = P+I-D-H\pm\Delta W \quad (3.2)$$

Eşitlik (3.2)'de, ET: Günlük gerçek bitki su tüketimini (mm), P: Günlük yağış miktarını (mm), I: Günlük sulama suyunu (mm), D: Günlük drene olan su miktarını (mm), H: Günlük hasat edilen yaş yonca ağırlığını (kg), ΔW: Günlük lizimetre ağırlık değişimini (kg) ifade etmektedir.

3.2.4. Karşılaştırmada kullanılan tahmin yöntemleri

Bu çalışmamızda 2020 sulama yılına ait veriler kullanılmıştır. 2020 sulama yılında, yonca bitkisine ilişkin su tüketimi (ETg) saatlik veya günlük değerleri kullanılarak yöreye en uygun kıyas bitki su tüketimini (yonca) veren model veya modeller saptanmaktadır. Böylece, hem yonca kıyas su tüketimini veren ve dünyada yaygın biçimde kullanılan veya üzerinde tartışılan matematiksel modellerden en uygun olanı veya olanları seçilmektedir. Karşılaştırmada kullandığımız kimi modeller:

- Yonca kıyas su tüketimini veren eşitliklerden; 1972 Kimberly Penman yöntemi, 1982 Kimberly Penman yöntemi, Jensen-Haise yöntemidir.
- Potansiyel su tüketimini veren eşitliklerden; Hargreaves yöntemi, Priestley-Taylor yöntemidir.
- Çim kıyas su tüketimini veren eşitliklerden; FAO-56 Penman–Monteith, FAO PPP-17 Penman yöntemi, Penman 1963 VPD#3 yöntemidir.

Bu yöntemlerle (Swarnakar ve Raghuwanshi, 2000) lizimetreden elde edilen kıyas su tüketimlerinin karşılaştırılması yapılmaktadır.

3.2.4.1. Hargreaves yöntemi

Hargreaves eşitliği, Hargreaves ve Samani (1982, 1985), Allen ve ark. (1998) tarafından önerilmiştir.

$$ET_0=00023\ R_a\ (T_{max}-T_{min})^{0,5}\ (T_{mean}+17,8) \qquad (3.3)$$

Eşitlik (3.3)' te, ET_0 kıyas bitki su tüketimi, (mm gün^{-1}); T_{mean} ortalama günlük hava sıcaklığı (°C); T_{max} günlük maksimum hava sıcaklığı (°C); T_{min} günlük minimum hava sıcaklığı (°C); R_a atmosfer dışı (extraterrestrial) radyasyon (mm gün^{-1})' u ifade eder.

3.2.4.2. Priestley-Taylor yöntemi

Priestley-Taylor (1972) eşitliği, Kombinasyon eşitliklerinin basitleştirilmiş bir uyarlamasıdır. Burada aerodinamik öge (rüzgâr terimi) çıkarılmış ve enerji teriminin bir α katsayısı ile çarpılması önerilmiştir. Eşitlik, potansiyel evaporasyon için elverişli koşulları taşıyan, ıslak, geniş yüzey alanlarına sahip yörelerde kullanılmaktadır.

Genellikle çevre alanlar ıslak ve hümid koşullarda olduğunda, α=1.26 alınmaktadır. Bu eşitlikte, potansiyel düzeyde eşdeğer ET kestirilmektedir. Yalnız, bu yöntemde solar yerine net radyasyon kullanılmıştır.

$$ET_P = \propto \frac{1}{\lambda} \frac{\Delta}{\Delta+\gamma} (R_n - G) \quad (3.4)$$

Eşitlik (3.4)'te, ET_p potansiyel bitki su tüketimi (mm gün^{-1}); R_n bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}); G toprak ısı akısı (MJ m^{-2} gün^{-1}); Δ buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); γ psikrometrik katsayı (kPa °C^{-1}); α bir küçültme katsayı ve α=1,26 alınmıştır.

3.2.4.3. Jensen-Haise yöntemi

Jensen ve Haise (1963)'te, ABD'nin Batı Bölgesi'nde 20 ayrı yerde 35 yıl boyunca 3000 evapotranspirasyon ölçümü sonuçlarını(toprak örnekleme ölçümleri) kullanarak bu eşitliği geliştirmiştir. Eşitlikte solar radyasyon, mmg^{-1}; günlük ortalama sıcaklık, T ve uzun dönem sıcaklığı kullanılarak geliştirilmiştir. Çalışılan bölgenin deniz yüzeyinden olan yüksekliği de dikkate alınmaktadır.

$$ET_r = C_t(T-T_x)R_s \quad (3.5)$$

Eşitlik (3.5)' te, ET_r kıyas bitki su tüketimi, (mm gün^{-1}); C_t Dikkate alınan bölgenin hava sıcaklık katsayısı; T = Ortalama günlük sıcaklık (°C); T_x Dikkate alınan bölge için bir katsayı; R_s Solar radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1})'u ifade etmektedir.

C_t Sıcaklık katsayısı olduğunda, T_x sıcaklık ekseninin kesişimidir. Ve aşağıdaki denklemle (3.6) tahmin edilmiştir.

$$T_x = -2.5 - 1.4\ (e_2 - e_1) - \frac{Elev}{550} \quad (3.6)$$

Burada yükseklik, deniz seviyesinden yüksekliği ifade eder. Bir bölgede yılın en sıcak ayı için C_T (3.7)' deki eşitlikle tahmin edilmiştir.

$$C_T = \frac{1}{C_1 + C_2 C_H} \quad (3.7)$$

Burada C_2=7.3 C_1 ve C_H için ise aşağıdaki denklemler (3.8) (3.9) kullanılmıştır.

$$C_1 = 38 - \left(\frac{2xElev}{305}\right) \quad (3.8)$$

$$C_H = \frac{5.0}{(e_2 - e_1)} \quad (3.9)$$

3.2.4.4. 1972 Kimberly Penman yöntemi

Wright ve Jensen (1972), Penman yöntemi. Revize edilen yöntem, 1972 Kimberly Penman yöntemi olarak anılır ve aşağıda eşitlikte (3.10) verilmiştir:

$$E_{to} = \frac{1}{\lambda}\frac{\Delta}{(\Delta+\gamma)}(R_n - G) + \frac{1}{\lambda}\frac{\gamma}{(\Delta+\gamma)} 6.43\ W_f^{72KP}(e_z^o - e_z)^{VPD\#3} \quad (3.10)$$

Eşitlikte, ET_0 kıyas bitki su tüketimi (mm gün^{-1}); R_n, bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}); G toprak ısı akısı (MJ m^{-2} gün^{-1}); T 2 m yükseklikteki ortalama sıcaklık (^{o}C); U_2, 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m s^{-1}); e_z doygun buhar basıncı (kPa); e_z gerçek buhar basıncı (kPa); ($e_z - e_z$) buhar basıncı açığı (kPa); Δ buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); γ psikrometrik katsayı (kPa °C^{-1}); λ=2,45 MJ kg-^{1} için 1/λ değeridir. W_f^{72KP} 1972 Kimberly Penman yöntemi için rüzgâr fonksiyonudur ve aşağıdaki eşitlikteki (3.11) gibi ifade etmektedir:

$$W_f^{72KP} = 0.75 + 0.993u_2 \quad (3.11)$$

3.2.4.5. 1982 Kimberly Penman yöntemi

Wright (1982) beşinci kullanarak ETr için değişken rüzgâr fonksiyonu katsayılarını sunmuştur. Wright (1981) daha sonra denklemleri basitleştirerek aşağıdaki Eşitlik (3.12)' de gösterildiği gibi ifade etmiştir.

$$W_f^{82KP} = a_w + b_w u_2 \quad (3.12)$$

1982 Kimberly Penman yöntemi için W_f^{82KP} rüzgâr fonksiyonu, a_w ve b_w rüzgâr fonksiyonunun katsayılarıdır. Eşitliklerde (3.13) ve (3.14) verilmiştir:

$$a_w = 0.4 + 1.4\ exp\{-[(D - 173)/58]^2\} \quad (3.13)$$

$$b_w = 0.605 + 0.345\ exp\{-[(D - 243)/80]^2\} \quad (3.14)$$

Burada D takvim günüdür (yılın kaçıncı günü ise). Güney enlem için D' kullanılmaktadır. D '= (D -182) için ve D≥182 ve D '= (D +182) için D <182 için alınmaktadır. 1982 Kimberly Penman, eşitlikteki (3.15) gibi kullanılmıştır:

$$E_{to} = \frac{1}{\lambda}\frac{\Delta}{(\Delta+\gamma)}(R_n - G) + \frac{1}{\lambda}\frac{\gamma}{(\Delta+\gamma)}6.43\ W_f^{82KP}(e_z^o - e_z)^{VPD\#3} \quad (3.15)$$

Eşitlikte, ET_0 kıyas bitki su tüketimi (mm gün^{-1}); R_n, bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m^{-2} gün^{-1}); G toprak ısı akısı (MJ m^{-2} gün^{-1}); T 2 m yükseklikteki ortalama sıcaklık (^{o}C); U_2, 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m s^{-1}); e_z doygun buhar basıncı (kPa); e_z gerçek buhar basıncı (kPa); (e_z –e_z) buhar basıncı açığı (kPa); Δ buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); γ psikrometrik katsayı (kPa °C^{-1}); λ=2.45 MJ kg-^{1} için 1/λ değeridir.

3.2.4.6. FAO-56 Penman–Monteith

FAO-56 Penman–Monteith eşitliği aşağıda verilen format içerisinde kullanılmıştır (Allen ve ark., 1998):

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)} \quad (3.16)$$

Eşitlikte (3.16), ET_0 kıyas bitki su tüketimi (mm gün^{-1}); R_n, bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m^{-2}gün^{-1}); G toprak ısı akısı (MJ m^{-2}gün^{-1}); T 2 m yükseklikteki ortalama sıcaklık (^{o}C); U_2, 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızı (m s^{-1}); e_s doygun buhar basıncı(kPa); e_a gerçek buhar basıncı (kPa); (e_s -e_a) buhar basıncı açığı (kPa); Δ buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C^{-1}); γ psikrometrik katsayı (kPa °C^{-1}); 900 değeri birimlerin dönüştürülmesi ve ρ, c_p, r_a gibi değişkenlerin yerine koyulmasıyla elde edilen kıyas bitki katsayısı (k J^{-1}kg K); 0.34 rakamı, r_c/r_a oranından (70/208=0.34) elde edilen kıyas bitkisi için rüzgâr katsayısı, (K J^{-1}kg K) ve 0.408 ise λ=2.45 MJ kg^{-1} için 1/λ değeridir.

3.2.4.7. FAO PPP-17 Penman yöntemi

Frere ve Popov (1979), çeşitli türler için farklı rüzgâr fonksiyonlarını önermektedir. Sıcaklık aralıkları ve buhar basıncı açığını tahmin etmek için VPD # 1 kullanılmıştır. Denklem aşağıdaki gibi düzenlenmiştir:

$$E_{to} = \frac{1}{\lambda} \frac{\Delta}{(\Delta+\gamma)} (R_n - G) + \frac{1}{\lambda} \frac{\gamma}{(\Delta+\gamma)} 6.43\, W_f^{FP17P} (e_z^o - e_z)^{VPD\#1} \quad (3.17)$$

U_2, 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızıdır (m s^{-1}). VPD # 1, eşitlik (3.18) ile bulunmuştur.

$$(e_z^o - e_z)^{VPD\#1} = e_{mean}^o - e_d^o \quad (3.18)$$

W_f^{FP17P} FAO-PPP Penman yöntemi için rüzgâr fonksiyonudur. Önerilen rüzgâr sıcaklık farkına bağlı olarak işlev görürEşitlik (3.19).

$TD=(T_{max}-T_{min})$ (3.19)

Aşağıda sıcaklıklara karşılık rüzgâr hesaplaması verilmiştir:

$W_f^{FP17P} = 1 + 0.54u_2$ When *TD≤12 °C*

$W_f^{FP17P} = 1 + 0.60u_2$ When *TD≤13 °C*

$W_f^{FP17P} = 1 + 0.67u_2$ When *TD≤14 °C*

$W_f^{FP17P} = 1 + 0.73u_2$ When *TD≤15 °C*

$W_f^{FP17P} = 1 + 0.80u_2$ When *TD≤16 °C*

$W_f^{FP17P} = 1 + 0.86u_2$ When *TD≤16 °C*

3.2.4.8. Penman 1963 VPD#3 yöntemi

Penman (1948) ilk olarak kombinasyon denklemini türetmiştir. Buharlaşmayı sürdürmek için gerekli enerjiyi hesaba katan bileşenler gereklidir. Ayrıca süreçteki baskı yüzey sıcaklığını ve yüzey buharını da ortadan kaldırdı. Daha sonra 1956'da önceki çalışmasında rüzgâr işlevini önermiştir. Denklem ve 1963' te iyi sulanan ET için yeterli tahmini kısa çim, 0.05 yerine albedo = 0.25 kullanılmıştır. Rüzgâr fonksiyonunda 0.5 yerine 1 kullanılır, 1 için ortaya çıkan denklemin genel formu iyi sulanan çim referansıdır.

Aynı zamanda Penman (1963), buhar basıncı açığını bulmak için burada VPD#1 yerine VPD # 3'ün kullanılmasını önermiştir. Ortaya çıkan denklem (3.20) gösterilmiştir.

$$E_{to} = \frac{1}{\lambda}\frac{\Delta}{(\Delta+\gamma)}(R_n - G) + \frac{1}{\lambda}\frac{\gamma}{(\Delta+\gamma)}6.43\, W_f^{P3}(e_z^o - e_z)^{VPD\#3} \quad (3.20)$$

Eşitlikte, ET0 kıyas bitki su tüketimi (mm gün-1); Rn, bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ m-2gün-1); G toprak ısı akısı (MJ m-2gün-1); ez doygun buhar basıncı(kPa); ez gerçek buhar basıncı (kPa); (ez –ez) buhar basıncı açığı (kPa); Δ buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa °C-1); γ psikrometrik katsayı (kPa °C-1); λ=2,45 MJ kg-

1 için 1/λ değeridir. Yukarıdaki denklem iki bileşenin toplamıdır, birincisi radyasyon bileşenidir ve ikincisi aerodinamik bileşendir.

W_f^{P3}, Penman için rüzgâr fonksiyonudur. VPD # 1 yöntemi ile aynı kullanılmıştır. Aşağıdaki eşitlikte (3.21) verilmiştir.

$$W_f^{P1} = 1.0 + 0.537u_2 \tag{3.21}$$

U_2, 2 m yükseklikte ölçülen rüzgâr hızıdır (m s^{-1}). VPD # 3, eşitlik (3.22) ile bulunur.

$$(e_z^o - e_z)^{VPD\#3} = \frac{(e_{min}^o + e_{max}^o)}{2} - e_d^o \tag{3.22}$$

e_{min}^o ve e_{max}^o minimum ve maksimum hava sıcaklıklarındaki doyma buhar basıncıdır.

3.2.5. Yöntemlerin karşılaştırılması

Denemede yapılan gözlemlerde yonca bitkisinin 30-70 cm yükseklikte olduğu günlerde elde edilen günlük su tüketimleri referans su tüketimi olarak kabul edilmiştir (Allen ve Kılıç, 2015). Referans bitki su tüketimini tahmin eden yöntemlerle yapılan karşılaştırmalar da bu günlerin bitki su tüketimi kullanılmıştır.

Referans su tüketimi kabul edilen günlere ait meteorolojik veriler DMİ'nin Koruklu Talat Demirören araştırma sahası içerisinde yer alan meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Alınan meteorolojik verilerdeki birimler (kw saat m^{-2}) vb., eşitliklerin kullandığı (MJ m^{-2} $gün^{-1}$) vb. birimlere dönüştürülmüştür. 10 metrede ölçülen rüzgar verisi değeri (Allen ve ark., 1998)' de belirtilen yöntemle 2 metre değerine dönüştürülmüştür. Bilindiği gibi yağışlar yerseldir. Bu nedenle yağış verisi lizimetreye meteoroloji istasyonundan daha yakın olan kendi yağışölçerimizden temin edilmiştir.

Referans su tüketimi tahmin modelleri DSS_ET bilgisayar programı yardımı ile hesaplanmıştır. DSS_ET, 20 den fazla tahmin yönteminin günlük referans evapotranspirasyon (ETo) değerlerini belirlemek amacıyla geliştirilmiş bilgisayar programıdır. Visual Basic Windows tabanlı bilgisayar programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. Her ET tahmin yöntemi için veri gereksinimi değiştiğinden ve ayrıca her yöntemin performansı iklim koşullarına bağlı olduğundan dolayı program hem iklim koşullarını hem de veri kullanılabilirliğini dikkate almaktadır. Ayrıca çeşitli konumlar kullanarak ET tahmini için çeşitli seçenekleri desteklemektedir. Verilerin kaydedilmesi ve alınması gibi diğer birçok seçeneği de destekler. Program tahmin yöntemlerine dair günlük sonuçları çim (ETo) ve yonca (ETr) olarak vermektedir. Yonca bazlı yöntemlerin sonuçlarını verirken ETo vermemektedir. Çim bazlı yöntemlerde ise belirli bir katsayı ile çarpıp ETr vermektedir (Swarnakar ve Raghuwanshi, 2000). Bu çalışmada programın günlük sonuç olarak verdiği ETr değerleri kullanılmıştır.

Lizimetrede gözlenen/ölçülen yonca su tüketimi (ET_g) ile farklı matematiksel modellerle kestirilen ET_0 ve ET_p değerleri basit regresyon analizleri ile karşılaştırılmıştır (Yurtsever 1984; Little ve Hills 1978). Yöre için uygun olabilecek model/modellerin seçiminde Willmott (1982), Jensen ve ark. (1990) tarafından önerilen yaklaşımlardan yararlanılmıştır.

Bu amaçla, aşağıda kısaca açıklanan ölçütlerden yararlanılmıştır. Konu edinilen ölçütler bağlamında; ET_g ve ET_0 veya ET_p değişkenleri arasındaki ilişki denklemlerinin bağdaşım (R) ve gerektiğinde belirleme (R^2) katsayıları kullanılmıştır. Ayrıca, % ET_0 veya %ET_p değerlerinden yararlanılmıştır. Anılan yüzde değerler, matematiksel modellerin seçiminde önemli bir gösterge olarak kabul edilmektedir (Kanber ve Kırda 1984; Jensen ve ark. 1990). Kestirilen su tüketim miktarlarının, lizimetrede ölçülen deneysel verilere göre yüzdelerini göstermektedir ve aşağıdaki basit eşitliklerle (3.23) ve (3.24)'de hesaplanmıştır.

$$\%ET_o = 100\frac{ET_o}{ET_g} \tag{3.23}$$

$$\%ET_p = 100\frac{ET_p}{ET_g} \quad (3.24)$$

Eşitliklerde ET_0 ve ET_p modellerle kestirilen kıyas ve potansiyel düzeydeki yonca su tüketimi (mm gün^{-1}); ET_g lizimetrede ölçülen/gözlenen yonca su tüketimidir (mm gün^{-1}).

Lizimetrede gözlenen/ölçülen yonca su tüketimi değerleri (ET_g) ile modellerle kestirilen ET_r, ET_0 ve ET_p değerleri arasındaki farklar, Willmott (1982) ve Jensen ve ark. (1990) tarafından önerilen farklı kıstaslar kullanılarak değerlendirilmiştir. Ele alınan kıstaslar içerisinde, ölçülen ve kestirilen ET değerlerinin ortalamaları ($\overline{ET_g}$ ve $\overline{ET_r}$,$\overline{ET_0}$, $\overline{ET_p}$), standart sapma değerleri (S_g ve S_k) ile ilişki denklemlerinin kesişim (a) ve eğim (b) değerleri sayılabilir. Burada verilen eşitliklerle en uygun modelin saptanması için, bağdaşım katsayısı R veya belirleme katsayısı R^2 değerlerinin 1.0 veya buna yakın; denklemin kesişim noktasının, A, sıfır veya buna yakın, eğiminin, B, ise bir değeri civarında olması gerekir. Değinilen ölçütlerin dışında, ölçülen ve kestirilen yonca su tüketimi değerleri arasındaki farkların ortalama hatalarının belirlenmesi için Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Hata Kare Kökü (RMSE) değerleri hesaplanmıştır. Konu edinilen ölçütler, yöntemler arası farkların eşit ağırlıkta karşılaştırılmalarını sağlamak amacıyla kullanılmışlardır (Kanber ve Kırda 1984). Sıralanan ölçütlerin hesaplanmasında aşağıda verilen ilişkilerden yararlanılmıştır (Willmott, 1982).

$$\overline{ET_g} = N^{-1}\sum_{i-1}^{N}(ET_g)_i \quad (3.25)$$

$$S_g = \left[\frac{\sum_{i01}^{N}(ET_{gi}-\overline{ET_g})^2}{N-1}\right]^{0.5} \quad (3.26)$$

$$MAE = N^{-1}\sum_{i=1}^{N}|P_i - O_i| \quad (3.27)$$

$$RMSE = [N^{-1}\sum_{i=1}^{N}(P_i - O_i)^2]^{0.5} \quad (3.28)$$

$$RRMSE = \frac{RMSE}{O_{ave}} * 100 \quad (3.29)$$

Eşitliklerde (3.25)(3.26)(3.27)(3.28)(3.29) N gözlem sayısı (adet); *O* lizimetrede ölçülen veya gözlenen (ET_g) yonca kıyas su tüketimi (mm gün^{-1}); *P* modellerle kestirilen (predicted) ET_0 veya ET_p değerleri (mm gün^{-1}); MAE (mean absulute error) ve RMSE (root mean sequare error), ölçümler ve kestirimler arası farkların hata değerleri (mm gün^{-1}), RRMSE göreli RMSE değeri (%); O_{ave} lizimetrede ölçülen/gözlenen değerlerin ortalamasıdır (mm gün^{-1}). S_g Standart Sapma değeri, Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Ortalama Hata Kare Kökü (RMSE) değerlerinin sıfıra yakın olması R.RMSE Göreli RMSE Değeri (%) %20'den az olması beklenir.

Ayrıca, yöntemler arası farkların değerlendirilmesinde, seçeneksel olarak önerilen ve kullanılan bir başka ölçüt, Uyuşma İndeksi (index of agreement) (d) hesaplanmıştır (Willmott 1982; Lopez-Urrea 2006).

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^{N}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{N}((P_i - O_{ave}) + (O_i - O_{ave}))^2}\right] \qquad 0 \le d \le 1 \quad (3.30)$$

Eşitlik (3.30)' a göre, yöntemler arası tam uyuşma, d=1 olduğu koşullarda sağlanmaktadır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Gerçek Yonca Su Tüketiminin Tartılı Lizimetrede Belirlenmesi

Günlük yağış, sulama suyu, drene olan su, biçim miktarları ile lizimetrede ağırlık değişimi, su bütçesi eşitliğinde (Eşitlik 3.2) kullanılarak yonca bitkisi için günlük su tüketimleri hesaplanmıştır. Günlük değerlerden gidilerek on günlük, aylık ve mevsimlik su tüketimleri belirlenmiştir. Bu değerler eklerde verilmiştir.

Çizelgede verilen drene olan su ve biçim miktarları lizimetre tankının bulunduğu yonca ekili alandan (4 m^2) elde edilen değerlerdir. Hesaplamalar esnasında m^2 ye çevrilerek kullanılmıştır.

2020 yılında toplam 44 kez sulama yapılmış, bu uygulamalarda toplam 1 270.25 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Hesaplamalar sonucunda 2020 sulama yılında yoncanın en yüksek günlük su tüketimi 14.89 mm ile 18 Haziran'da, en düşük günlük su tüketimi 1.04 mm ile 1 Mayıs'ta ölçülmüştür. En yüksek aylık su tüketimi 291.76 mm ile Haziran'da, en düşük aylık su tüketimi 95.42 mm ile Ekim'de gerçekleşmiştir. 2020 yılında toplam 1 294.21 mm toplam bitki su tüketimi gerçekleşmiştir.

4.2. Lizimetrede Elde Edilen Referans Su Tüketimlerinin Bazı Tahmin Modelleri ile Karşılaştırılması

Ampirik modellerden referans yonca su tüketimini (ETr) tahmin eden (1972 Kimberly-Penman, 1982 Kimberly -Penman, Jensen-Haise metotları) ve potansiyel su tüketimini (ETp) tahmin eden (Hargreaves, Priestley- Taylor metotları) ve çim su tüketimini (ETo) tahmin eden (FAO-56 Penman–Monteith, FAO PPP-17 Penman, Penman 1963 VPD#3 metotları) ile lizimetreden elde edilen gerçek su tüketimlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Değinilen karşılaştırmada 1 yıllık deneme süresince, bitki

boyunun 30-70 cm olduğu 134 adet günlük gözlem kullanılmış olup Çizelge 4.1.' de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Lizimetrede elde edilen gerçek su tüketimlerinin bazı tahmin modelleri ile karşılaştırılması

Sıra No	Tarih	Lizimetre (ETg) (mm)	Jensen-haise (ETr) (mm)	1982 Kimberly Panman (ETr) (mm)	1972 Kimberly Panman (ETr) (mm)	Hargreaves (ETp) (mm)	Priestley-Taylor (ETp) (mm)	FAO-56 PM (ETo) (mm)	FAO PPP-17 Penman (ETo) (mm)	Penman 1963 VPD#3 (ETo) (mm)
1	02.04.2020	2.90	2.56	2	2.82	4.30	2.74	2.41	2.83	3.16
2	03.04.2020	2.32	1.72	1	2.17	3.85	2.22	1.68	2.15	2.44
3	04.04.2020	4.41	3.29	2	3.77	4.27	3.69	3.19	4.01	4.22
4	05.04.2020	3.71	2.23	1	2.99	4.14	2.36	2.28	2.61	3.12
5	06.04.2020	3.83	3.60	2	2.97	4.21	2.94	3.03	3.08	3.33
6	07.04.2020	5.04	4.31	3	4.27	5.23	3.91	3.81	4.42	4.75
7	08.04.2020	4.91	4.11	3	3.96	4.74	4.14	3.35	4.24	4.46
8	09.04.2020	4.38	3.45	2	3.07	4.38	3.18	3.00	3.27	3.46
9	10.04.2020	4.51	3.38	2	3.43	4.26	3.68	3.04	3.77	3.88
10	11.04.2020	4.21	3.45	3	3.93	4.26	3.91	3.16	4.01	4.40
11	12.04.2020	5.13	3.72	2	3.98	4.96	3.65	3.76	4.22	4.42
12	13.04.2020	5.42	4.10	4	4.60	5.08	4.15	4.12	4.78	5.11
13	14.04.2020	5.68	4.21	4	4.59	5.38	4.16	4.31	4.81	5.10
14	15.04.2020	6.25	4.05	3	4.18	5.69	3.51	4.16	4.15	4.62
15	16.04.2020	4.71	3.81	2	3.87	4.84	3.39	3.63	3.76	4.28
16	17.04.2020	4.79	5.04	3	4.42	5.32	4.25	4.41	4.72	4.94
17	18.04.2020	6.59	5.04	4	4.73	5.79	4.21	4.38	4.82	5.25
18	19.04.2020	6.94	5.24	4	5.07	6.26	4.46	4.91	5.07	5.62
19	20.04.2020	5.71	4.79	4	4.62	5.94	4.08	4.50	4.69	5.13
20	21.04.2020	3.76	3.21	2	3.27	5.44	2.96	3.16	3.39	3.64
21	22.04.2020	5.03	4.12	3	3.77	5.93	3.21	4.01	3.89	4.17
22	23.04.2020	6.64	4.83	4	5.10	5.70	4.68	4.66	5.33	5.68
23	24.04.2020	7.94	3.47	3	4.37	4.78	3.64	3.81	4.54	4.61
24	25.04.2020	1.98	2.84	2	3.36	3.45	3.31	2.81	3.39	3.77
25	26.04.2020	6.61	4.50	4	5.23	4.75	4.25	5.17	5.22	5.76
26	07.05.2020	5.09	5.80	4	4.87	5.75	4.74	4.98	5.21	5.45
27	08.05.2020	5.91	4.38	4	4.11	5.59	3.86	4.35	4.52	4.58
28	09.05.2020	5.36	3.71	4	5.98	4.03	3.62	4.29	4.81	5.61
29	10.05.2020	7.16	6.42	6	6.95	5.41	5.21	6.51	7.09	7.21
30	11.05.2020	6.55	5.80	5	5.71	5.82	5.14	5.46	6.10	6.34
31	12.05.2020	6.85	6.51	5	5.83	6.17	5.07	5.71	5.97	6.46
32	13.05.2020	6.76	6.90	5	5.73	7.00	4.94	5.93	5.96	6.34
33	14.05.2020	8.26	7.83	7	8.56	6.17	5.64	8.23	8.42	8.43
34	15.05.2020	8.28	7.71	6	7.43	7.16	5.76	7.70	7.80	7.75

Çizelge 4.1. Lizimetrede elde edilen gerçek su tüketimlerinin bazı tahmin modelleri ile karşılaştırılması (devam)

35	16.05.2020	9.13	7.72	7	7.50	7.52	5.38	7.75	7.45	7.72
36	17.05.2020	10.40	8.31	7	8.49	7.00	5.84	9.46	9.18	8.43
37	18.05.2020	10.75	8.27	8	9.65	7.34	5.86	10.29	9.64	9.37
38	19.05.2020	12.41	7.74	8	10.19	6.97	5.64	10.21	10.14	9.52
39	20.05.2020	8.74	8.67	7	8.25	7.14	6.06	9.87	9.26	8.53
40	21.05.2020	8.01	8.46	6	7.11	7.97	5.94	8.45	7.70	7.85
41	22.05.2020	10.44	7.58	6	6.65	7.64	4.86	8.21	6.99	7.27
42	23.05.2020	9.24	7.04	7	7.49	5.17	6.35	7.02	7.56	7.93
43	24.05.2020	5.03	4.04	4	4.98	4.30	4.62	4.03	5.10	5.36
44	25.05.2020	5.59	4.82	4	5.42	4.16	4.82	4.51	5.26	5.78
45	08.06.2020	8.29	7.52	8	7.01	7.66	4.23	10.26	7.70	7.56
46	09.06.2020	9.96	8.97	9	9.88	7.64	4.96	13.15	10.26	9.71
47	10.06.2020	12.55	10.00	10	9.70	7.19	5.18	12.07	10.58	9.60
48	11.06.2020	11.58	8.17	10	9.46	6.27	6.47	10.09	9.59	9.68
49	12.06.2020	11.76	7.85	8	8.24	5.91	5.68	8.67	8.23	8.43
50	13.06.2020	11.75	7.99	7	6.92	5.75	5.86	8.19	7.61	7.64
51	14.06.2020	10.25	7.77	7	6.74	6.43	5.06	7.80	7.55	7.38
52	15.06.2020	8.89	8.30	7	6.98	6.93	4.89	8.68	7.63	7.60
53	16.06.2020	11.57	8.62	8	8.40	7.27	4.85	9.88	9.12	8.39
54	17.06.2020	14.20	9.72	10	9.39	6.85	5.34	11.43	9.78	9.36
55	18.06.2020	14.89	9.37	9	8.90	6.85	5.6	11.68	10.09	8.99
56	19.06.2020	12.55	7.87	8	8.61	5.51	6.27	9.01	8.51	8.89
57	20.06.2020	7.14	5.52	6	5.72	5.74	4.4	6.49	5.95	6.27
58	21.06.2020	11.65	7.96	7	6.31	6.22	5.15	8.12	7.06	6.95
59	22.06.2020	9.47	8.52	8	6.85	6.56	5.14	8.27	7.52	7.50
60	23.06.2020	11.81	8.94	9	8.91	6.56	5.97	9.31	9.38	9.09
61	24.06.2020	12.05	8.87	8	8.67	6.74	6.09	9.22	9.22	8.90
62	25.06.2020	9.51	9.71	8	7.27	7.79	5.74	9.80	8.30	7.99
63	26.06.2020	10.59	9.78	8	7.57	7.60	5.55	9.95	8.54	8.28
64	27.06.2020	10.36	9.46	8	7.86	7.43	6.11	9.35	8.54	8.63
65	28.06.2020	11.07	9.99	10	9.25	7.37	5.49	12.12	10.19	9.28
66	09.07.2020	9.26	9.55	8	7.17	7.66	5.34	9.69	8.05	7.84
67	10.07.2020	8.83	9.57	8	7.65	7.84	5.57	10.51	8.62	8.35
68	11.07.2020	8.32	9.16	7	7.41	7.68	5.85	8.56	8.32	8.15
69	12.07.2020	9.25	9.17	8	7.24	7.66	5.33	9.66	8.06	7.92
70	13.07.2020	7.72	8.50	9	8.76	7.30	5.53	10.00	9.18	8.86
71	14.07.2020	8.81	9.69	9	9.32	6.67	5.57	10.50	9.41	9.35
72	15.07.2020	9.14	9.85	9	9.24	7.69	5.70	10.74	10.30	9.31
73	16.07.2020	9.54	9.91	10	9.55	8.28	5.66	11.64	10.57	9.57
74	17.07.2020	10.54	9.76	9	9.57	7.34	6.24	9.98	10.12	9.72

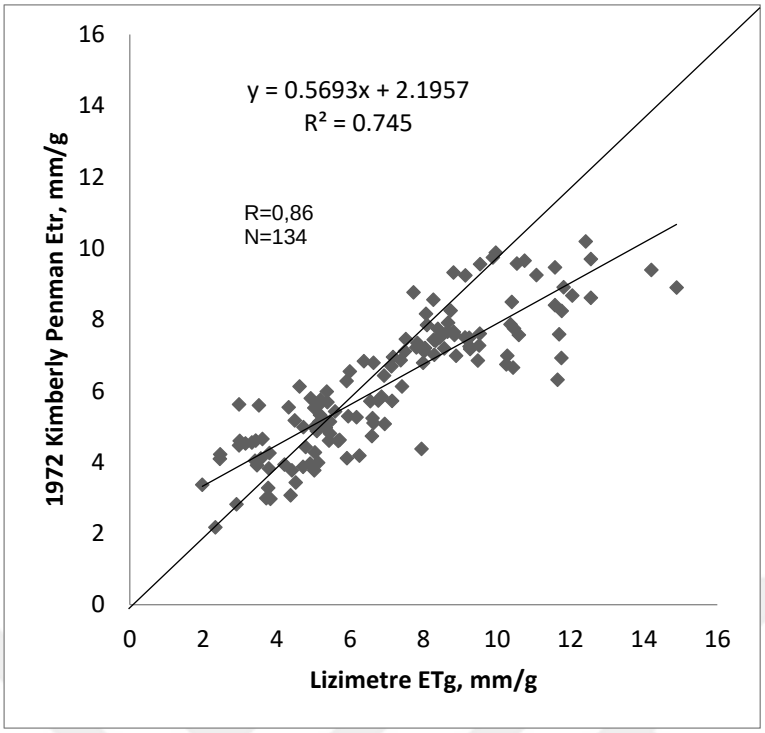
Çizelge 4.1. Lizimetrede elde edilen gerçek su tüketimlerinin bazı tahmin modelleri ile karşılaştırılması (devam)

75	18.07.2020	9.53	9.37	8	7.60	7.38	6.36	7.99	8.43	8.39
76	19.07.2020	8.65	9.52	7	7.66	7.58	6.21	8.26	8.29	8.44
77	20.07.2020	10.46	9.97	8	7.75	7.96	5.64	9.99	8.52	8.46
78	21.07.2020	9.89	9.72	10	9.74	8.53	5.43	11.83	9.99	9.69
79	22.07.2020	8.84	10.20	8	7.57	7.66	5.10	9.47	8.60	8.22
80	23.07.2020	8.09	9.52	8	7.85	7.60	6.07	9.88	8.76	8.62
81	24.07.2020	8.44	8.98	8	7.50	8.20	5.54	8.92	7.98	8.20
82	25.07.2020	10.28	9.24	7	6.98	6.93	5.62	9.06	7.77	7.68
83	26.07.2020	11.69	8.94	8	7.59	7.67	6.38	7.78	8.20	8.39
84	08.08.2020	8.04	8.74	7	7.20	8.41	5.42	8.71	8.01	7.89
85	09.08.2020	8.66	8.21	7	7.91	6.87	5.77	8.21	8.26	8.16
86	10.08.2020	7.99	7.96	6	6.79	6.72	5.67	7.63	7.15	7.49
87	11.08.2020	6.93	7.66	6	6.43	6.73	5.22	6.85	6.74	7.08
88	12.08.2020	7.37	8.44	6	6.86	7.28	5.01	7.67	7.44	7.50
89	13.08.2020	7.49	8.43	6	7.11	7.54	5.81	7.82	7.88	7.84
90	14.08.2020	7.83	8.15	7	7.34	7.38	5.42	7.64	7.88	8.03
91	15.08.2020	8.06	8.37	7	8.16	6.49	4.96	9.31	8.23	8.20
92	16.08.2020	8.56	8.17	7	7.19	7.60	5.46	8.09	7.85	7.88
93	17.08.2020	6.38	7.99	6	6.83	8.16	4.92	6.91	7.28	7.45
94	18.08.2020	7.80	8.12	7	7.22	7.99	5.43	7.36	7.65	7.90
95	19.08.2020	7.13	8.12	6	6.69	8.20	5.21	7.19	7.32	7.35
96	20.08.2020	6.64	7.85	6	6.79	7.84	5.23	7.38	7.06	7.44
97	21.08.2020	7.41	7.53	5	6.12	7.06	4.92	6.86	6.54	6.73
98	22.08.2020	8.39	7.56	6	7.74	6.04	4.93	8.62	7.51	7.83
99	23.08.2020	7.51	7.48	6	7.45	6.71	4.64	8.58	8.12	7.52
100	07.09.2020	4.63	6.50	5	6.12	8.22	4.24	6.75	6.15	6.66
101	08.09.2020	5.90	6.87	5	6.27	7.87	4.46	6.52	6.49	6.84
102	09.09.2020	5.99	6.90	5	6.54	7.87	4.46	6.55	6.49	7.11
103	10.09.2020	5.38	6.62	5	5.68	7.50	4.17	7.14	6.21	6.20
104	11.09.2020	5.95	5.06	4	5.29	7.70	3.33	6.75	5.27	5.73
105	12.09.2020	2.97	2.75	5	5.62	5.85	1.45	7.24	4.50	5.22
106	13.09.2020	4.93	6.24	4	5.79	8.10	3.50	6.93	5.94	6.25
107	14.09.2020	4.33	6.32	5	5.54	7.53	4.04	5.24	6.06	6.05
108	15.09.2020	5.20	6.07	5	5.65	7.73	4.1	5.71	5.75	6.17
109	16.09.2020	5.19	6.17	5	5.74	7.91	4.21	5.84	5.93	6.28
110	17.09.2020	5.03	5.82	5	5.52	7.72	3.94	5.67	5.68	6.02
111	18.09.2020	5.16	5.73	3	5.13	7.37	3.69	4.84	5.06	5.60
112	19.09.2020	5.45	6.05	4	5.13	7.55	3.40	5.71	5.29	5.57
113	20.09.2020	6.18	5.90	4	5.26	7.37	3.85	4.90	5.43	5.75
114	21.09.2020	5.17	4.84	3	5.32	7.00	3.65	4.59	5.32	5.79

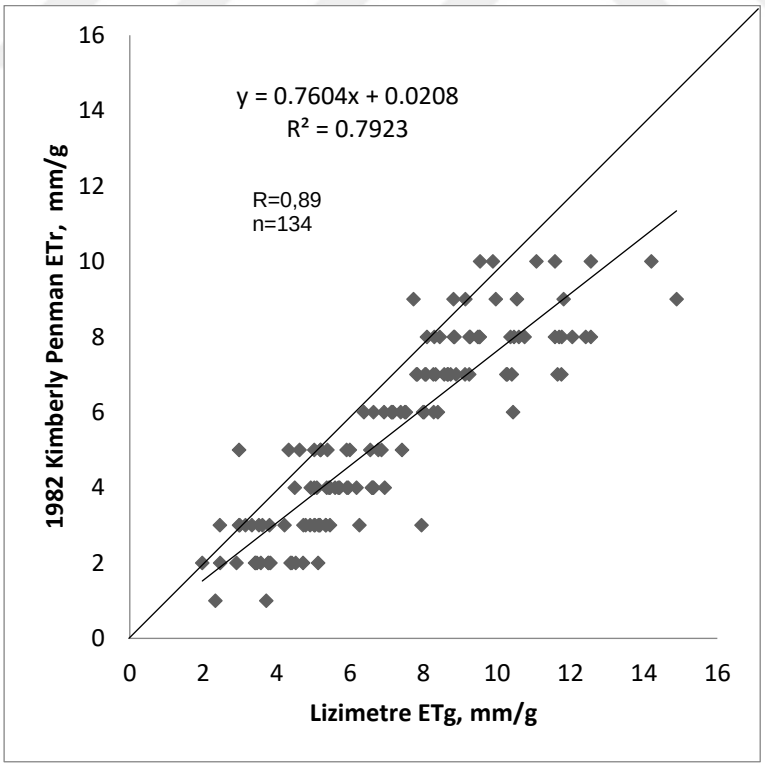
Çizelge 4.1. Lizimetrede elde edilen gerçek su tüketimlerinin bazı tahmin modelleri ile karşılaştırılması (devam)

115	22.09.2020	5.34	5.68	3	5.14	7.01	3.55	5.29	5.32	5.59
116	23.09.2020	4.49	5.75	4	5.17	7.39	3.39	4.95	5.14	5.61
117	24.09.2020	5.14	5.61	3	5.07	7.20	3.57	4.87	5.22	5.52
118	25.09.2020	5.34	5.25	3	4.96	6.83	3.58	4.86	5.01	5.41
119	26.09.2020	5.45	5.31	3	4.80	6.82	3.28	4.62	5.04	5.22
120	27.09.2020	4.72	5.45	3	4.98	7.02	3.20	4.93	5.05	5.39
121	16.10.2020	3.15	3.88	3	4.52	7.25	2.17	3.94	4.14	4.82
122	17.10.2020	3.43	3.81	2	4.6	6.74	2.50	3.74	4.39	4.93
123	18.10.2020	2.99	3.53	3	4.59	6.49	2.56	3.80	4.18	4.93
124	19.10.2020	3.79	3.31	2	3.82	6.69	1.67	3.69	3.57	4.06
125	20.10.2020	3.56	3.41	2	4.10	6.73	1.92	4.33	3.81	4.36
126	21.10.2020	3.41	3.54	2	4.04	6.76	1.95	4.64	3.94	4.30
127	22.10.2020	2.46	3.64	2	4.22	6.75	2.02	4.21	4.16	4.50
128	23.10.2020	3.32	3.52	3	4.55	6.86	2.14	4.01	4.13	4.85
129	24.10.2020	3.61	3.38	3	4.65	6.94	2.04	4.49	4.09	4.94
130	25.10.2020	2.45	2.69	3	4.09	6.20	1.49	3.71	3.70	4.30
131	26.10.2020	2.97	3.01	3	4.47	6.45	1.73	3.82	3.78	4.71
132	27.10.2020	3.80	3.22	3	4.25	6.35	1.73	5.08	3.96	4.50
133	28.10.2020	3.51	2.38	3	5.59	6.21	1.21	5.92	4.90	5.14
134	29.10.2020	3.46	3.06	2	3.91	5.86	1.38	4.88	3.92	4.11
	Mevsimlik Toplam (mm)	948.51	870.35	724.00	834.18	886.02	594.79	906.69	869.79	887.25

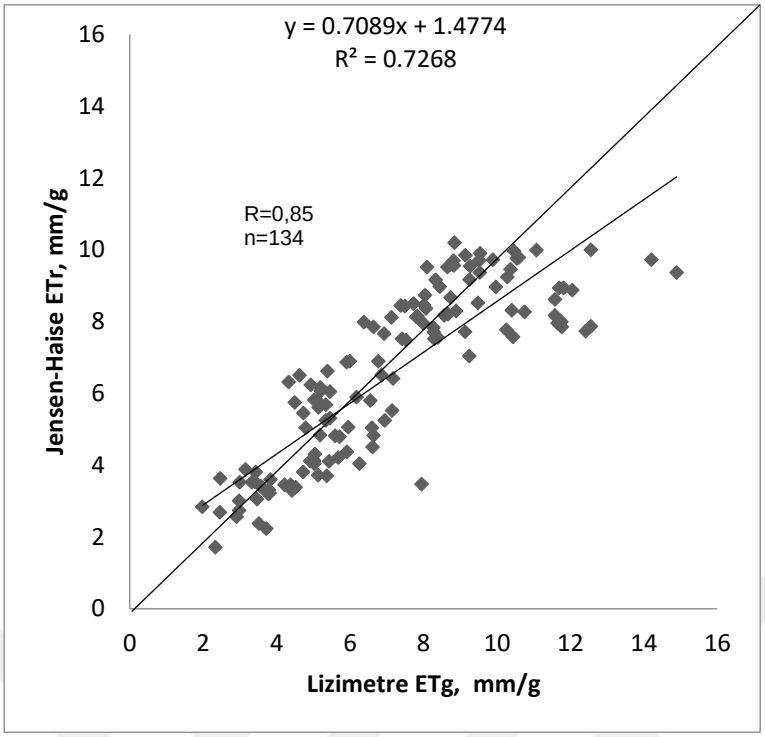
Lizimetre referans yonca su tüketimi ile modeller arasında ilişki grafiklenerek R^2 değerleri elde edilmiş ve Şekil 4.1.-4.7.'de verilmiştir. Burada verilen eşitliklerde, en uygun modelin saptanması için, bağdaşım katsayısı R veya belirleme katsayısı R^2 değerlerinin 1.0 veya buna yakın; denklemin kesişim noktasının, A, sıfır veya buna yakın, eğiminin, B, ise bir değeri civarında olması istenmektedir.



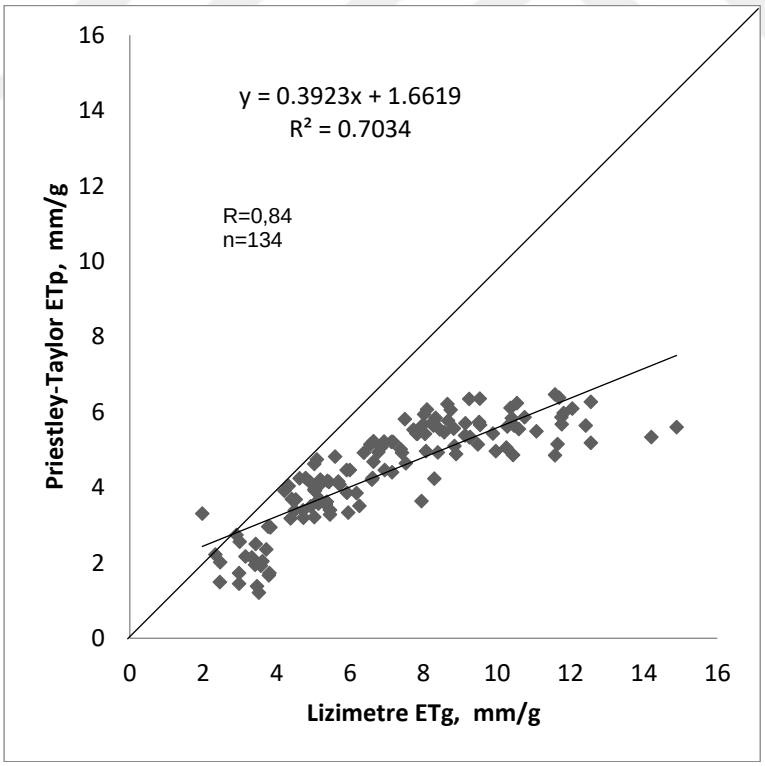
Şekil 4.1. Lizimetre ETg ile 1972 Kimberly-Penman ETr Modelinin Karşılaştırılması



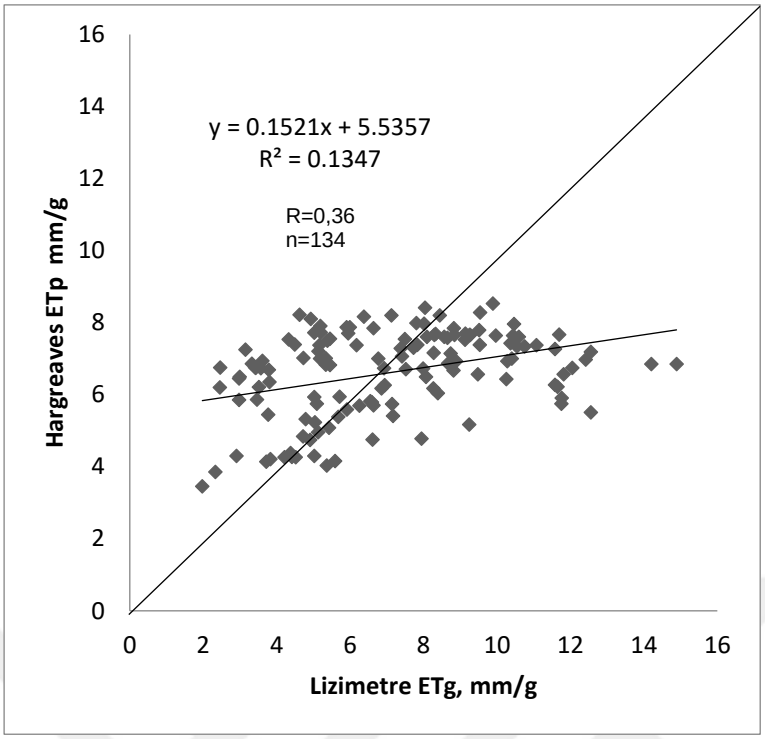
Şekil 4.2. Lizimetre ETg ile 1982 Kimberly-Penman ETr Modelinin Karşılaştırılması



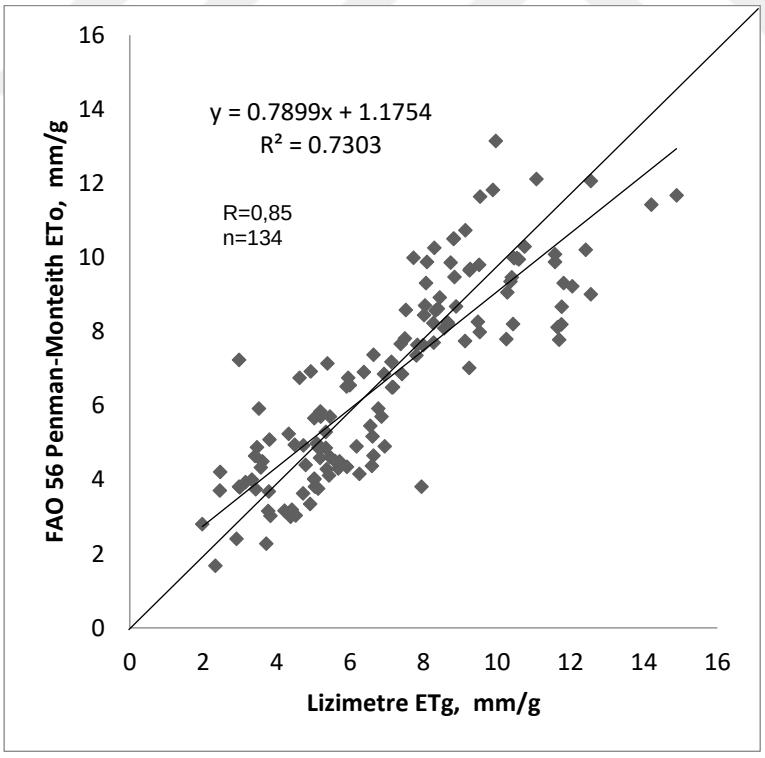
Şekil 4.3. Lizimetre ETg ile Jensen-Haise ETr Modelinin Karşılaştırılması



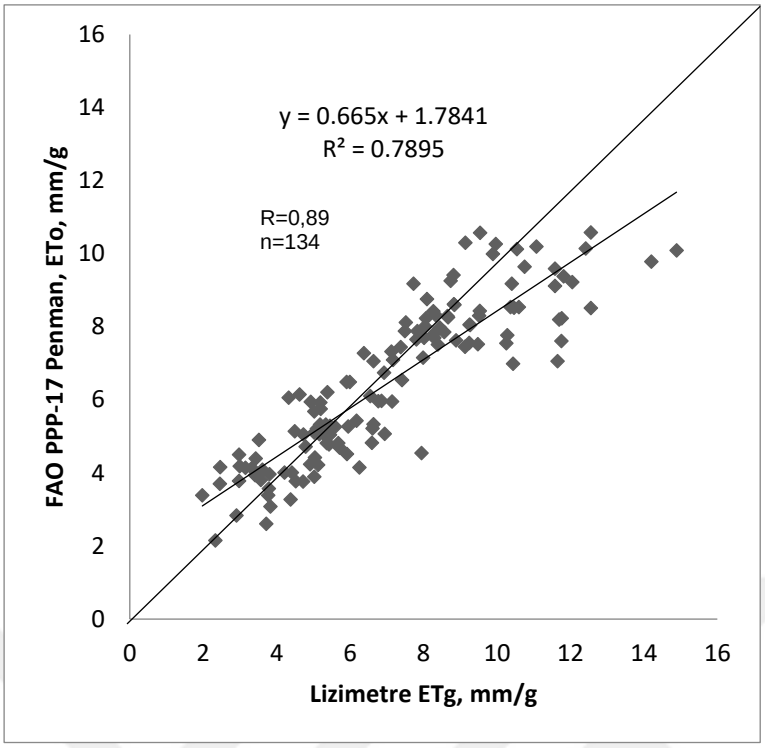
Şekil 4.4. Lizimetre ETg ile Priestley- Taylor ETp Modelinin Karşılaştırılması



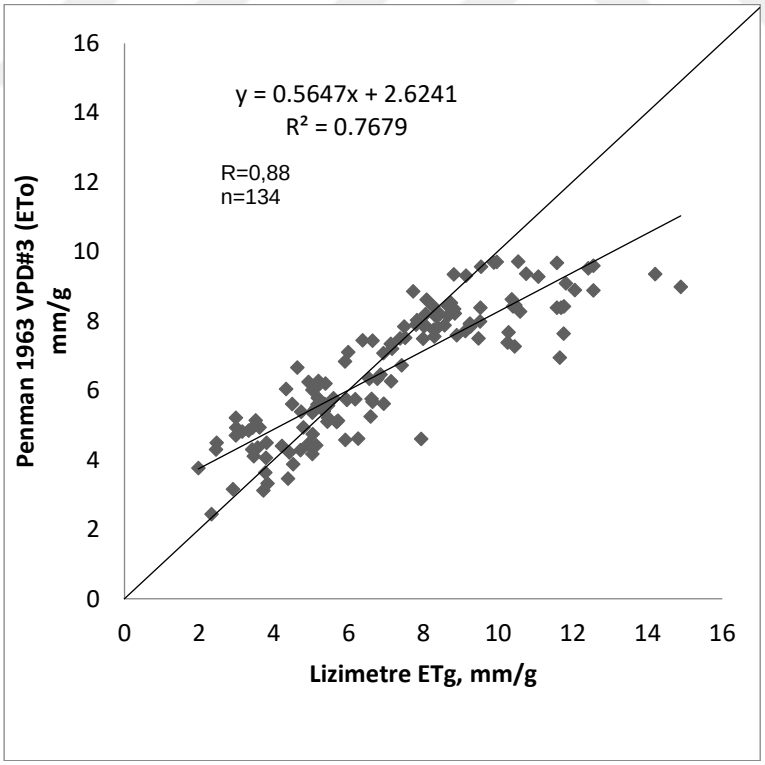
Şekil 4.5. Lizimetre ETg ile Hargreaves ETp Modelinin Karşılaştırılması



Şekil 4.6. Lizimetre ETg ile FAO-56 Penman–Monteith ETo Modelinin Karşılaştırılması



Şekil 4.7. Lizimetre ETg ile FAO PPP-17 Penman ETo Modelinin Karşılaştırılması



Şekil 4.8. Lizimetre ETg ile Penman 1963 VPD#3 ETo Modelinin Karşılaştırılması

Çizelge 4.2. Günlük yonca su tüketimini ölçen/tahmin eden farklı yöntemlerin değerlendirilmesi

Yöntemler	Yonca Su Tüketimi			RMSE mm gün-1	RRMSE %	MAE mm gün-1	d	ETr/ETg	ET_0=A+BxETg (lizimetre)		
	Toplam	Ort.	Sthata								
	mm	mm gün-1	±mm gün-1						A	B	R
Lizimetre	948.51	7.08	2.83	-	-	-	-	-	-	-	-
1972 Kim-Pen	834.18	6.23	1.87	1.76	24.82	1.30	0.85	0.88	2.20	0.57	0.86
1982 Kim-Pen	724.00	5.40	2.42	2.11	29.87	1.76	0.84	0.76	0.02	0.76	0.89
Jensen-Haise	870.35	6.50	2.35	1.59	22.42	1.15	0.90	0.92	1.48	0.71	0.85
PT	594.79	4.44	1.32	3.23	45.61	2.66	0.55	0.63	1.66	0.39	0.84
Harg-85	886.02	6.61	1.17	2.67	37.70	2.09	0.41	0.93	5.54	0.15	0.36
FAO-56 P–M	906.69	6.77	2.62	1.51	21.34	1.20	0.92	0.96	1.18	0.79	0.85
FAO PPP-17 Penman	869.79	6.49	2.12	1.48	20.84	1.07	0.91	0.92	1.78	0.67	0.89
Pen63vpd3	887.25	6.62	1.82	1.58	22.27	1.13	0.88	0.94	2.62	0.56	0.88

Lizimetrede ölçülen günlük ETg değerleri, farklı yöntemlerle hesaplanan yonca kıyas su tüketimi (ETr) değerleriyle karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.2.'de konu edinilen bu karşılaştırma ile ilgili sonuçları göstermektedir. Çizelgede, yonca su tüketimini ölçen ve kestiren yöntemler arasındaki basit regresyon analizleri, hesaplanan hata değerleri ve uyuşma katsayıları ile her bir yöntemden elde edilen toplam mevsimlik ve günlük ET değerleri ile bunlara ilişkin standart sapma değerleri verilmiştir. Regresyon analizlerinde, yonca su tüketimini kestiren 8 yöntemden elde edilen değerler, bağımlı; lizimetrik ölçümler ise bağımsız değişken olarak ele alınmışlardır. Regresyon analizleri ile ilgili olarak elde edilen A, B ve R değerleri, hemen tüm yöntemler için, kullanılan nokta sayısının da fazla olması nedeniyle istatistiksel olarak önemlidirler ($p<0.01$).

Yonca kıyas su tüketimini tahmin eden yöntemlerin karşılaştırılması:

Ele alınan 3 kestirim yöntemi içerisinde 1972 Kimberly-Penman, en yüksek performansı vermiştir. Anılan yöntem, (%12) alt kestirim (ETr/ETg) vermekle birlikte, RMSE, MAE ve göreli hata RRMSE, sırasıyla, 1.76, 1.30 mm g^{-1} ve %24.82 ile ele alınan modeller içerisinde en küçük değerlere sahiptir. Değinilen 1972 Kimberly-Penman yönteminde bağdaşım katsayısı R=0.86, uyuşma katsayısı d=0.85 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bakılarak 1972 Kimberly-Penman yönteminin önemli

olduğunu söyleyebiliriz. Bu değerlerle, diğer yöntemlere ilişkin elde edilen değerlere göre öne çıkmıştır.

1982 Kimberly –Penman yöntemi, (%24) alt kestirim vermekle birlikte, RMSE, MAE ve göreli hata RRMSE, sırasıyla, 2.11, 1.76 mm g^{-1} ve %29.87 değerlerine sahiptir. 1982 Kimberly-Penman yönteminde bağdaşım katsayısı R=0.89, uyuşma katsayısı d=0.84 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bakılarak 1982 Kimberly-Penman yönteminin önemli olduğunu söyleyebiliriz. Bu durumda ele aldığımız 3 yöntem arasında 2. Sırayı almıştır.

Jensen-Haise yöntemi, (%8) alt kestirim vermekle birlikte RMSE, MAE ve göreli hata RRMSE, sırasıyla, 1.59, 1.15 mm g^{-1} ve %22.42 değerlerine sahiptir. Jensen-Haise yönteminde bağdaşım katsayısı R=0.85, uyuşma katsayısı d=0.92 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bakılarak Jensen-Haise yönteminin önemli olduğunu söyleyebiliriz. (R) Uyuşma katsayısı kendisinden daha iyi durumda olan 1982 Kimberly –Penman yönteminin ardından bu bölümde ele aldığımız yöntemler arasında 3. Sırayı almıştır.

Potansiyel bitki su tüketimini tahmin eden yöntemlerin karşılaştırılması:

Bu bölümde ele alınan 2 tahmin yönteminden Priestly- Taylor, Hargreaves yöntemine göre daha yüksek performans vermiştir. Priestly- Taylor yöntemi, (%37) ile yüksek bir alt kestirim vermiştir. RMSE, MAE ve göreli hata RRMSE, sırasıyla, 3.23, 2.66 mm g^{-1} ve %45.61 değerlerine sahiptir. Priestly- Taylor yönteminde bağdaşım katsayısı R=0.84, uyuşma katsayısı d=0.63 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda önemsiz bulunmuştur.

Hargreaves yöntemi, (%7) alt kestirim vermekle birlikte, RMSE, MAE ve göreli hata RRMSE, sırasıyla, 2.67, 2.09 mm g^{-1} ve %37.70 değerlerine sahiptir. Hargreaves yönteminde bağdaşım katsayısı R=0.36, uyuşma katsayısı d=0.41 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda önemsiz bulunmuştur.

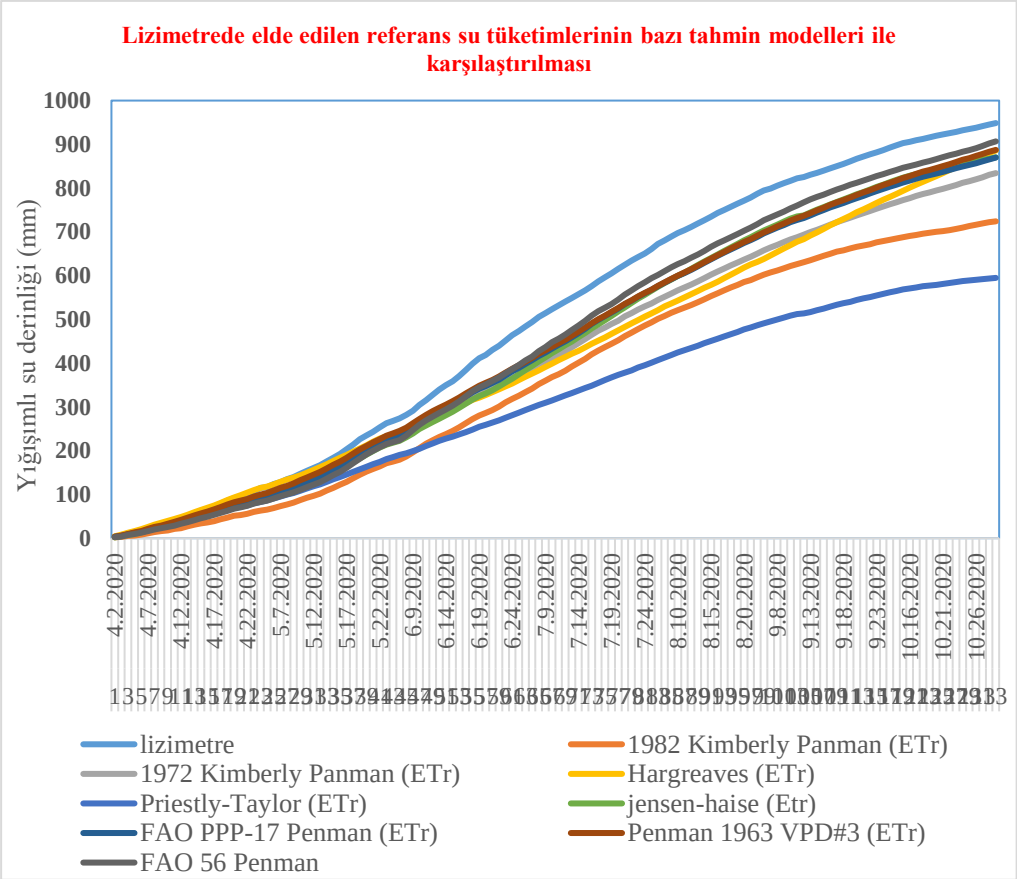
Çim kıyas su tüketimini tahmin eden yöntemlerin karşılaştırılması:

FAO-56 Penman–Monteith, bileşenlerinin çok olması ve isabetli sonuç vermesi sebebiyle dünyada en çok tanınan, bilinen ve kullanılan yöntemdir. Bu bölümde ele alınan 3 tahmin yönteminden FAO-56 Penman–Monteith, diğer yöntemlere göre daha yüksek performans vermiştir. FAO-56 Penman–Monteith yöntemi, (%4) alt kestirim vermiştir. RMSE, MAE ve göreli hata RRMSE, sırasıyla, 1.51, 1.20 mm/g ve %21.34 değerlerine sahiptir. FAO-56 Penman–Monteith yönteminde bağdaşım katsayısı R=0.85, uyuşma katsayısı d=0.92 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bakılarak FAO-56 Penman–Monteith yönteminin önemli olduğunu söyleyebiliriz. Bu bölümde ele alınan yöntemler arasında öne çıkmıştır.

FAO PPP-17 Penman yöntemi, (%8) alt kestirim vermiştir. RMSE, MAE ve göreli hata RRMSE, sırasıyla, 1.48, 1.07 mm g^{-1} ve %20.84 değerlerine sahiptir. FAO PPP-17 Penman yönteminde bağdaşım katsayısı R=0.89, uyuşma katsayısı d=0.91 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bakılarak FAO PPP-17 Penman yönteminin önemli olduğunu söyleyebiliriz. Bu bölümde ele alınan yöntemler arasında 2. sırayı almıştır.

Penman 1963 VPD#3, (%6) alt kestirimde bulunmuştur. RMSE, MAE ve göreli hata RRMSE, sırasıyla, 1.58, 1.13 mm g^{-1} ve %22.27 değerlerine sahiptir. Penman 1963 VPD#3 yönteminde bağdaşım katsayısı R=0.88, uyuşma katsayısı d=0.88 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere bakılarak Penman 1963 VPD#3 yönteminin önemli olduğunu söyleyebiliriz. Bu bölümde ele alınan FAO PPP-17 Penman yönteminden sonra 3. sırayı almıştır.

Lizimetreden ölçülen yığışımlı ETg değerleri ve modeller ile hesaplanan yığışımlı ETr değerleri Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Lizimetreden elde edilen ve hesaplanan yığışımlı referans su tüketimleri

Araştırmada ele alınan 8 model için bir genelleme yapacak olursak; bütün modellerin lizimetrede ölçülen ET'ye karşın alt kestirim yaptıkları görülmektedir. Evapotranspirasyonun düşük olduğu dönemde modellerde genel olarak yüksek ET tahmin değerleri görülürken, yüksek olduğu dönemde modellerin tümünde düşük ET tahmin değerleri görülmektedir. Bu durumun, modellerin kendi fiziksel ve matematiksel yapılarının, yörenin iklimsel ögelerine uyum konusundaki sınırlılıktan ileri geldiği düşünülebilir. Steduto ve ark. (1996), Akdeniz bölgesi için yaptığı çalışmada FAO Penman-Monteith eşitliğinin kullanılması önerisine karşın buharlaşmanın fazla olduğu bölgelerde modelin yetersiz kaldığını belirtmesi görüşümüzü destekler niteliktedir.

Khatua ve Pasupalak (2018)'ın 10 yöntem ile yaptıkları karşılaştırmada 1972 Kimberly-Penman 2. sırada, 1982 Kimberly-Penman 4. sırada, FAO PPP-17 Penman 5. sırada, Hargreaves 8. sırada, Priestly-Taylor 10. sırada yer aldığının tespit

edilmesiyle bizim yaptığımız çalışmanın sonuçlarına paralellik göstermektedir. Buna karşı Evren ve ark. (2012)'de çim bitkisinde, Evren (2015)'te yonca bitkisinde, tartılı lizimetre ile tespit ettikleri ET' ye en yakın sonuç veren modelin Hargreaves-85 olduğu sonucuna varmışlardır.

Selenay ve Kadayıfçı (1999), Ankara koşullarında şekerpancarı bitkisi için Jensen-Haise, Penman (FAO) ve Kap buharlaşması (FAO) yöntemlerinin öne çıktığını saptamışlardır. Henggeler ve ark. (1996) Texas ve New Mexico'da çim bitkisinin lizimetrelerden elde edilen kıyas bitki su tüketim değerlerini sekiz farklı eşitlikle karşılaştırmışlar, Penman-Monteith eşitliğinden elde edilen sonuçların en güvenilir yaklaşım olduğunu belirlemişlerdir.

Irmak ve ark. (2003), ın yaptığı çalışmada yonca bazlı yöntemlerde Kimberly formları iyi bir performans gösterirken Jensen-Haise yönteminin performansı düşük kalmıştır. Gerekli koşullar sağlanması durumunda FAO-56 Penman–Monteith yönteminin kullanılması gerektiği sonucuna varmışlardır. Liu ve ark. (2017) Çin' de yarı kurak iklim görülen bir bölgede tartılı lizimetreden elde ettikleri değerleri 16 yöntem ile karşılaştırmışlardır. Eşitliklerin hepsinin evapotranspirasyonun yüksek olduğu dönemde alt kestirim, düşük olduğu dönemde ise üst kestirim verme eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca FAO PPP-17 Penman ve1963 Penman yönteminin performansının önde geldiğini ortaya çıkarmışlardır. Hargreaves ve Priestly-Taylor yöntemlerinin yetersiz kaldıkları ve bitki katsayılarıyla desteklenmesi gerektiğini öne sürmüşlerdir. Bazı düzeltmelerin yapılarak ileriki zamanlarda FAO56 Penman-Monteith modeline geçilmesini önermişlerdir. Çalışmayı yaptıkları bölge ile iklim koşullarımız (yarı kurak) benzerdir. Yaptıkları karşılaştırma sonuçlarının bizim yaptığımız karşılaştırma sonuçları ile aynı düzlemde olması kayda değer görülmüştür.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Harran ovası gibi yarı kurak iklim koşullarında, ağır bünyeli topraklarda yetiştirilen yoncanın (*Medicago sativa* L.) su tüketiminin tartılı lizimetrede belirlenmesi amacıyla yapılan bu araştırmada elde edilen veriler değerlendirildiğinde;

2020 yılında, tartılı lizimetre ve etrafındaki 1 ha'lık alanda yetiştirilen yonca 7 kez hasat edilip 2 982.2 kg da^{-1} kuru ot verimi alınmıştır.

Bu çalışmada 2020 yılında lizimetre kullanılarak su bütçesi eşitliği ile gerçek bitki su tüketimi (evapotranspirasyon) hesaplanmıştır. Günlük değerlerden gidilerek on günlük, aylık ve mevsimlik su tüketimleri bulunmuştur.

Hesaplamalar sonucunda 2020 sulama yılında yoncanın en yüksek günlük su tüketimi 14.89 mm ile 18 Haziran'da, en düşük günlük su tüketimi 1.04 mm ile 1 Mayıs'ta ölçülmüştür. En yüksek aylık su tüketimi 291.76 mm ile Haziran'da, en düşük aylık su tüketimi 95.42 mm ile Ekim'de gerçekleşmiştir. 2020 yılında toplam 1 270.25 mm sulama suyu uygulanmış, 1 294.21 mm toplam bitki su tüketimi gerçekleşmiştir.

Lizimetrede ölçülen günlük ETg değerleri, farklı yöntemlerle hesaplanan kıyas su tüketimi ETr, değerleriyle karşılaştırılmıştır. Değinilen karşılaştırmada 134 adet günlük gözlem kullanılmıştır.

Ampirik modellerden referans yonca su tüketimini (ETr) tahmin eden (1972 Kimberly-Penman, 1982 Kimberly -Penman, Jensen-Haise metotları) ve potansiyel su tüketimini (ETp) tahmin eden (Hargreaves, Priestly- Taylor metotları) ve çim su tüketimini (ETo) tahmin eden (FAO-56 Penman–Monteith yöntemi, FAO PPP-17 Penman, Penman 1963 VPD#3 metotları) ile lizimetreden elde edilen referans su tüketimlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Ampirik modellerden; referans yonca su tüketimini (ETr) tahmin eden 1972 Kimberly-Penman, çim su tüketimini (ETo) tahmin

eden FAO-56 Penman–Monteith öne çıkmıştır. Potansiyel su tüketimini (ETp) tahmin eden hiçbir model gerçek su tüketimine yaklaşmamıştır. Karşılaştırmayla öne çıkan bu iki model aynı iklim koşullarına sahip bölgeler için önerilmektedir. Önerilen bu iki modelden FAO-56 Penman–Monteith, bileşenlerinin çok olması ve isabetli sonuç vermesi sebebiyle dünyada en çok tanınan ve kullanılan yöntemdir. Harran ovası koşullarında yürütülen bu çalışmanın benzer çalışmalar yürütecek araştırmacılara ışık tutacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

ABO-GHOBAR, H. ve F.S. MOHAMMAD, 1995. Evapotranspiration Measurement by Lysimeters in A Desert Climate. Arab Gulf J. of Scie. Research. 13:(1): 109-122.

ABOUKHALED, A., ALFARE, A., SMİTH, M., 1982. Lysimeters,Food And Agr.Org.of.the United Nations,FAO Irrig.and Drain.Paper No. 39 Roma, 68 s.

ALLEN, R.G., PEREİRA, L.S., RAES, D., SMİTH, M., 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, Roma.

ALLEN, R.G, KILIÇ, A., 2015. DSI – Turkish National Commission for Hydrology – Water Balance Workshop for Turkey March 16-20, Istanbul

ANONİM (2003). 2002 Su yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri, Şanlıurfa-Harran Ovası. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Şanlıurfa Ar. Enst. Müd. Yayınları, Şanlıurfa. 6 s.

ANONİM (2016). Bitkisel Üretim İstatistikleri http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul Erişim Tarihi: 03.02.2017

ARMİJO, J.D., TWİTCHELL, G.A., BURMAN, R.D., NUNN, J.R., 1972. A large, undisturbed, weighing lysimeter for grassland studies. Transactions of the ASAE. 15 (5): 827-830.

AYDINŞAKİR, K., BAŞTUĞ, R., BÜYÜKTAŞ, D., 2003. Antalya Yöresinde Çim Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Ampirik Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. Akdeniz Üni. Zir. Fak. Der. 16, 107-119.

AYLA, Ç., 1985. Ankara Koşullarında Ayçiçeği, Patates, Yonca ve Mısır Bitkilerinde Tartılı Lizimetre ile Saptanan Gerçek Su Tüketiminin Potansiyel Evapotranspirasyon Değerleri ile Karşılaştırılması. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Genel Yayın No: 126 Ankara.

BENLİ, B., KODAL, S., İLBEYİ, A., USTUN, H., 2006. Determination of evapotranspiration and basal crop coefficient of alfalfa with a weighing lysimeter. Agricultural Water Management 81: 358–370

BERGSTRÖM, L., 1990. Use of Lysimeters to Estimate Leaching of Pesticidies in Agricultural Soils. Environ. Poll. 67:325-347.

BHARDWAJ, S.P., SASTRY, G., 1979. Development and Installation of A Sımple Mechanıcal Weighing Type Lysimeter. Transaction of the ASAE 22(4):797-802.

BLACK, T.A., THURTELL, G.W., TANNER, C.B., 1968. Hydraulic Load-Cell Lysimeter, Construction, Calibration, and Tests. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32:623-629.

BURMAN, R. D. ve POCHOP L. O., 1994. Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data. Development in Atmospheric Science. Elsevier, the DC. 123 s.

D.S.İ., 1980. Güneydoğu Anadolu Projesi, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara

DİCKİNSON, A., 1981. Lysimeter Design and Construction. Rota, London, 91 s.

DİNÇ, U., ŞENOL. S., SAYIN. M., KAPUR. S., GÜZEL. N., 1988. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Toprakları(GAT). I. Harran Ovası. TÜBİTAK. Tarım Ormancılık Araştırma Grubu Güdümlü Araştırma Projesi Kesin Raporu. TOAG – 534. Adana

DUGAS, W.A., MEYEF, W.S., BARRS, H.D., FLEETVVOOD, R.J., 1990. Effects of Soil Type on Soybean Crop Water Use in Weighing Lysimeters, Root Grovvth, Soil Water Extraction and Water-Table Conditions. Irrig. Sci. 11:77-81.

ERTAŞ, M.R., 1976. Konya Ovası Koşullarında Lizimetrelerde Bitki Su Tüketimleri. Konya

EVREN, S., ÜNLÜ, M., KANBER, R., TAŞKIN Ö., 2012. Erzurum İklim Koşullarında Tartılı Lizimetre İle Bitki Su Tüketimlerinin Ölçülmesi. T.C. GIDA, TARIM VE HAYVANCILIK BAKANLIĞI Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu proje No: Proje No: Tagem-Bb-980201k1.

EVREN, S., 2015. Yarı Kurak Serin İklim Koşullarında Yüksek Rakımdaki Orta Bünyeli Topraklarda Yetiştirilen Yoncanın (Medicago sativa L.) Su Tüketiminin Tartılı Lizimetrede Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Toprak Bilimi Bilim Dalı. Doktora Tezi. Erzurum.

FRERE, M. ve POPOV, G. F., 1979. "Agrometeorological crop monitoring and forecasting." FAO Plant Production and Protection Paper 17. FAO, Rome, Italy. 38-43.

HARGREAVES, G.H., ve SAMANI, Z.A., 1982. Estimating potential evapotranspiration. Journal of the irrigation and Drainage Division, 108.3: 225-230.

HARGREAVES, G.H. ve SAMANİ, Z.A., 1985. Reference Crop Evapotranspiration From Temperature. Appl. Eng. Agric. 1-2: 96–99.

HARROLD, L.L., DREİBELBİS, F.R., 1967. Evaluation Of Agricultural Hydrology by Monolith Lysimeters. Tech. Bull. No: 1179. USDA-ARS, Washington, Dc.166 S.

HENGGELER, J. C., SAMANI, Z., FLYNN, M. S., ZEITLER, J. W., 1996. Evaluation of Various Evapotranspiration Equations for Texas and New Mexico. Procceding of Evapotrnspiration and Irrigation Sheduling International Conference. 962-967. November 3-6. 1996. San Antonia. Texas. USA.

HİLLEL, D., GAİRON, S., FALKENFLUG, V., RAWİTZ, E., 1969. New Design of A low-Cost Hydraulic Lysimeter System for Field Measurement of Evapotranspiration. Israel J. Agric. Res. 19(29:57-63)

HOWELL, T.A., MCCORMİCK, R.L., PHENE, C.J., 1985. Design and Installation of Large Weighing Lysimeters. Transaction of ASAE 28(1):106-112,117.

HOWELL, T.A., SCHNEİDER, A.D., JENSEN, M.E., 1991. History of Lysimeter Design and Use for Evapotranspiration Measurements. Proc. of the ASCE Symp. Of Lys. For Evapot. And Envin. Meas. July 23-25. Honolulo

HOWELL, T.A. ve STEİNER, J.L., 1997. Seasonal and Maximum Daily ET of Irrigated Winter Wheat, Sorghum and Corn –Southern High Plants. Trans. Of the ASAE. Vol.40:623-634.

IRMAK, S., ALLEN, R. G., WHİTTY, E. B., 2003. Florida'da günlük çim ve yonca referans evapotranspirasyon tahminleri ve yoncadan çime evapotranspirasyon oranları. Sulama ve Drenaj Mühendisliği Dergisi, 129 (5), 360-370.

İLBEYİ, A., ÜSTÜN, H., ARAN, A., KODAL, S., 1999. Yonca Su Tüketiminin Tartılı Lizimetre de Saptanması ve Kıyas Su Tüketimleri ile Karşılaştırılması.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Araştırma Yıllığı 1998, Yayın No 108, Ankara.

JENSEN, M. E. ve HAİSE, H. R., 1963. Estimating evapotranspiration from solar radiation. J. Irrigation and Drainage Div., ASCE, 89:15-41.

JENSEN, M.E., BURMAN, R.D., ALLEN, R.G., 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. Manual of Practice No. 70, ASCE, New York, 331 s.

KANBER, R., 1976. Çukurova Koşullarında Bazı Toprak Serilerinin Değişik Kullanılabilir Nem Düzeylerinde Yapılan Sulamaların Pamuğun Verim ve Su Tüketimine Etkileri Üzerinde Bir Lizimetre Araştırması (Doktora), Tarsus TOPRAKSU Araş. Enst. Yay.78,33,169,Tarsus.

KANBER, R. ve KIRDA, C., 1984. Çukurova İklim Koşullarında Pamuk su Tüketiminin Sezinlemesinde Kullanılabilecek Çeşitli Amprik İlişkilerin İncelenmesi. Doğa Bilim Derg., D2:213-226.

KANBER, R., STEDUTO,P., 1999. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntem Bilimi: Ulusal Çalışma Toplantısı Ders Notları. Adana, 211.

KARAATA, H., 1984. Harran Ovası sulama rehberi Urfa Bölge Toprak Su Araştırma., Urfa.

KHATUA, R., ve PASUPALAK, S., 2018. Comparison of methods for estimation of reference evapotranspiration in North-Central Plateau zone of Odisha. Indian Journal of Agricultural Research, 52.2: 187-190. Odisha, India.

LİTTLE, T. ve HİLLS, F. J., 1978. Agricultural experimentation: design and analysis. 162.

LİU, X., XU, C., ZHONG, X., Lİ, Y., YUAN, X., CAO, J., 2017. Referans bitki evapotranspirasyonu için tartım lizimetre ölçümüne karşı 16 modelin karşılaştırılması. Tarımsal su yönetimi, 184, 145-155.

LOPEZ-URREA, R., MARTİN DE SANTA OLALLA, F., FABEİRO, C., MORATALLA, A., 2006. Testing Evapotranspiration Equations Using Lysimeter Observations in A Semiarid Climate. Agric. Water Manag., 85: 15-26.

MAREK, T.H., SCHNEİDER, A.D., HOWELL, T.A., EBELİNG, L.L., 1988. Design and Construction of Large Weighing Monolithic Lysimeter. Transaction of the ASAE. Vol.31 (2):477-484.

OĞUZER, V., KANBER, R., ve EYLEN, M., 1984. Çukurova Koşullarında Lizimetrelerde Ölçülen Evapotranspirasyon Miktarları İle Buharlaşma Değerleri Arasındaki İlişkiler Üzerinde Bir İnceleme. Doğa Bilim Derg., D2:346-361.

PENMAN, H. L., 1948. “Natural evaporation from open water, bare soil and grass.” Pro. Roy. Soc. London, A193: 120-146.

PENMAN, H. L., 1963. Vegetation and Hydrology. In: Tech. Comm. 53, Commonwealth Bureau of Soil, Harpenden, England, 125 pp.

PRİESTLEY, C. H. B. ve TAYLOR, R. J., 1972. On the assessment of surface heat flux and evaporation using large-scale parameters. Monthly Weather Rev., 100(2), 81-92.

PRUİTT, W.O., ANGUS, D.E., 1960. Large Weighing Lysimeter for Measuring Evapotranspiration. Transaction of the ASAE. Vol.3 (2):13-15, 18.

RAHİMZADEGHAN, R., 1992. Determination of an Appropriate Estimating Method of Evapotranspiration in Isfehan. Iranian J. of Agric. Sci. 23:2, 1-10.

RİCHARDS, L. A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alcali Soils. Agricultural Hand Book No: 6 USA.

RİTCHİE, J.T., BURNETT, E., 1968. A Precisson Weighing Lysimeter for Row Crop Water Use Studies. Agron. J. 60:545-549.

RİTCHİE, J.T., KİSSEL, D.E., BURNETT, E., 1972. Water Movement in Undisturbed Swelling Clay Soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36:874-879.

ROTH, D. ve GUNTHER, R., 1992. Comparison of Measured and Estimated Potential Evapotranspiration. Zeitschrift fur Kulturtechnik und Landentwicklung. 33(1): 13-22.

SAMMİS, T.W., 1981. Lysimeter for Measuring Arid-Zone Evapotranspiration. Jour. Of Hydrol.49: 385-394

SELENAY, M.F. ve KADAYIFÇI, A., 1999. Ankara Koşullarında Yoncanın Su Tüketimi. Tarım Bil. Derg., 5(1):71-76.

SLATYER, R.O., MCLLORY, I.C., 1961. Practical Microclimatology. CSIRO, Plant Ind. Div. Canberra, Australia, (Unesco Sponsored), 328 s.

STEDUTO, P., CALİANDRO, A., RUBINO, P., MECHLIA, N. B., MASMOUDİ, M., MARTINEZ-COB, A., FACI, M. J., RANA, G., MASTRORILLI, M., EL MOURID, M., KARRAOU, M., KANBER, R., KIRDA, C., EL-QUOSY, D., EL-ASKARI, K., ALI, M. A., ZAREB, D., SNYDER, R. L., 1996. Penman-Monteith Reference Evapotranspiration Estimates in the Mediterranean Region. Procceding of Evapotrnspiration and Irrigation Sheduling International Conference. 962-967. November 3-6. San Antonia. Texas. USA.

SWARNAKAR, R.K., RAGHUWANSHİ, N.S., 2000. DSS_ET User Manual. Dep. Agric. Food Eng. Indian Inst. Technol. 77.

TANNER, C.B., 1967. Measurement of Evapotranspiration. Amer. Soc. Apr. Pub. Mudison.

TEKİNEL, O. ve KANBER, R., 1975. Lizimetrelerin Doldurulmasında Bozulmuş Toprak Örneklerinin Kullanılması Yolu ile Arazideki Doğal Toprak Profilinin Sağlanması Olanağı Üzerinde Bir Araştırma. Ç.Ü. Zir. Fak. Yıllığı 6. 1: 1-24.

TEKINEL, O. ve KANBER, R., 1981. Çukurova Koşullarında Pamuk Su Tüketiminin Belirlenmesinde Kullanılan Bazı Yöntemlerin Kıyaslanması Üzerinde Bir Araştırma. Topraksu, 1981, 56: 1-13.

TYAGi, N.K., SHARMA, D. K., LUTHRA, S. K., 2000. Evapotranspiration and Crop Coefficients Of Wheat and Sorghum. J. of Irr. and Drain. Eng., 126, No. 4:215-222.

ÜNLÜ, M., KANBER, R., KAPUR, B., 2010. Comparison of Soybean Evapotranspirations Measured By Weighing Lysimeter and Bowen Ratio-Energy Balance Methods. African Journal of Biotechnology 9(30): 4700-4713.

VAN BAVEL, C.H.M. ve MYERS, L.E., 1962. An Automatic Weighing Lysimeter. AGRICULTURAL ENGINEERING, 43:580-583, 586-688.

VAN BAVEL, C.H.M. ve REGİNATO, R.J., 1965. Presision Lysimetry for Direct Measurement of Evaporative Flux. Metedology of Plant Evophysiology, Proc. United Nations, Rome, Italy, s.129-135.

WILLMOTT, C. J., 1982. Model performansının değerlendirilmesi hakkında bazı yorumlar. Amerikan Meteoroloji Derneği Bülteni, 63.11: 1309-1313.

WRİGHT, J. L. ve JENSEN, M. E., 1972. Peak water requirements of crops in southern Idaho. J. of Irrig. and Drain. Div. ASCE, 96(IR1): 193-201.

WRİGHT, J. L., 1981. Günlük ürün evapotranspirasyonu tahminleri için ürün katsayısı: 18-26.
WRİGHT, J.L., 1982. New Evapotranspiration Crop Coefficients. J. Irrig. Drain. Div. 108, 57–64.
YURTSEVER, N., 1984. Deneysel istatistik metotları. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın , (121).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Mehmet Sami NACAR

Uyruğu: T.C.

EĞİTİM BİLGİLERİ

Derece	Adı, İlçe, İl, Bitirme Yılı
Lise:	Şanlıurfa İmam-hatip Lisesi, Merkez, Şanlıurfa, 1993
Üniversite:	Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Merkez, Şanlıurfa, 2016

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Kurum	Görevi
2013 -	GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü	Araştırmacı
2004-2013	Akçakale Müftülüğü	İmam-Hatip

EKLER

EK 1 2020 Nisan ayı su bütçesi elemanları ve bitki su tüketimi

Tarih	Toplam Lizimetre Ağırlığı (kg)	Drene Olan Su (kg)	Biçim (kg)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Günlük Su Tüketimi (mm)	On Günlük Su Tüketimi (mm)	Aylık Su Tüketimi (mm)
1.04.2020	15 178.00	0.40				2.90		
2.04.2020	15 166.00	0.40				2.90		
3.04.2020	15 154.00			11.60		2.32		
4.04.2020	15 191.10					4.41		
5.04.2020	15 173.45					3.71		
6.04.2020	15 158.60					3.83		
7.04.2020	15 143.30					5.04		
8.04.2020	15 123.15			0.20		4.91		
9.04.2020	15 104.30					4.38		
10.04.2020	15 086.80					4.51	38.91	
11.04.2020	15 068.75					4.21		
12.04.2020	15 051.90					5.13		
13.04.2020	15 031.40				30.00	5.42		
14.04.2020	15 129.70					5.68		
15.04.2020	15 107.00					6.25		
16.04.2020	15 082.00					4.71		
17.04.2020	15 063.15				34.00	4.79		
18.04.2020	15 180.00					6.59		
19.04.2020	15 153.65					6.94		
20.04.2020	15 125.90				23.75	5.71	55.43	
21.04.2020	15 198.05					3.76		
22.04.2020	15 183.00					5.03		
23.04.2020	15 162.90					6.64		
24.04.2020	15 136.35			7.90		7.94		
25.04.2020	15 136.20			3.80		1.98		
26.04.2020	15 143.50					6.61		
27.04.2020	15 117.05		10.00			2.64		
28.04.2020	15 096.50					2.11		
29.04.2020	15 088.05					2.36		
30.04.2020	15 078.60					2.38	41.44	
Aylık Toplam		0.80	10.00	23.50	87.75	135.78	135.78	135.78

EK 2 2020 Mayıs ayı su bütçesi elemanları ve bitki su tüketimi

Tarih	Toplam Lizimetre Ağırlığı (kg)	Drene Olan Su (kg)	Biçim (kg)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Günlük Su Tüketimi (mm)	On Günlük Su Tüketimi (mm)	Aylık Su Tüketimi (mm)
1.05.2020	15 069.10				30.00	1.04		
2.05.2020	15 184.95					3.64		
3.05.2020	15 170.40					3.36		
4.05.2020	15 156.95					4.45		
5.05.2020	15 139.15					4.89		
6.05.2020	15 119.60					2.35		
7.05.2020	15 110.20				30.00	5.09		
8.05.2020	15 209.85			1.00		5.91		
9.05.2020	15 190.20					5.36		
10.05.2020	15 168.75					7.16	43.25	
11.05.2020	15 140.10					6.55		
12.05.2020	15 113.90				37.50	6.85		
13.05.2020	15 236.50					6.76		
14.05.2020	15 209.45					8.26		
15.05.2020	15 176.40				18.50	8.28		
16.05.2020	15 217.30					9.13		
17.05.2020	15 180.80					10.40		
18.05.2020	15 139.20					10.75		
19.05.2020	15 096.20					12.41		
20.05.2020	15 046.55				35.00	8.74	88.13	
21.05.2020	15 151.60					8.01		
22.05.2020	15 119.55				35.00	10.44		
23.05.2020	15 217.80					9.24		
24.05.2020	15 180.85			4.10		5.03		
25.05.2020	15 177.15					5.59		
26.05.2020	15 154.80		9.73			3.73		
27.05.2020	15 130.15					3.01		
28.05.2020	15 118.10					2.76		
29.05.2020	15 107.05	0.30			40.00	4.51		
30.05.2020	15 248.70					4.28		
31.05.2020	15 231.60					4.14	60.73	
Aylık Toplam		0.30	9.73	5.10	226.00	192.11	192.11	192.11

EK 3 2020 Haziran ayı su bütçesi elemanları ve bitki su tüketimi

Tarih	Toplam Lizimetre Ağırlığı (kg)	Drene Olan Su (kg)	Biçim (kg)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Günlük Su Tüketimi (mm)	On Günlük Su Tüketimi (mm)	Aylık Su Tüketimi (mm)
1.06.2020	15 215.05	0.30			16.00	7.47		
2.06.2020	15 248.85					6.21		
3.06.2020	15 224.00					6.96		
4.06.2020	15 196.15	0.40			22.00	6.39		
5.06.2020	15 258.20					7.66		
6.06.2020	15 227.55					8.84		
7.06.2020	15 192.20					8.35		
8.06.2020	15 158.80	0.50			24.00	8.29		
9.06.2020	15 221.15					9.96		
10.06.2020	15 181.30					12.55	82.69	
11.06.2020	15 131.10	0.30			27.00	11.58		
12.06.2020	15 192.50					11.76		
13.06.2020	15 145.45					11.75		
14.06.2020	15 098.45					10.25		
15.06.2020	15 057.45	0.10			41.00	8.89		
16.06.2020	15 185.80					11.57		
17.06.2020	15 139.50					14.20		
18.06.2020	15 082.70				37.50	14.89		
19.06.2020	15 173.15					12.55		
20.06.2020	15 122.95			5.80		7.14	114.58	
21.06.2020	15 117.60					11.65		
22.06.2020	15 071.00				35.00	9.47		
23.06.2020	15 173.10					11.81		
24.06.2020	15 125.85					12.05		
25.06.2020	15 077.65				28.00	9.51		
26.06.2020	15 151.60					10.59		
27.06.2020	15 109.25					10.36		
28.06.2020	15 067.80					11.07		
29.06.2020	15 023.50		12.00			4.28		
30.06.2020	14 994.40					3.70	94.50	
Aylık Toplam		1.60	12.00	5.80	230.50	291.76	291.76	291.76

EK 4 2020 Temmuz ayı su bütçesi elemanları ve bitki su tüketimi

Tarih	Toplam Lizimetre Ağırlığı (kg)	Drene Olan Su (mm)	Biçim (Kg/m^2)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Günlük Su Tüketimi (mm)	On Günlük Su Tüketimi (mm)	Aylık Su Tüketimi (mm)
1.07.2020	14 979.60					3.56		
2.07.2020	14 965.35				46.50	5.46		
3.07.2020	15 129.50					6.06		
4.07.2020	15 105.25					7.29		
5.07.2020	15 076.10					8.26		
6.07.2020	15 043.05				46.50	7.42		
7.07.2020	15 199.35					11.29		
8.07.2020	15 154.20					4.68		
9.07.2020	15 135.50				36.50	9.26		
10.07.2020	15 244.45					8.83	72.11	
11.07.2020	15 209.15					8.32		
12.07.2020	15 175.85					9.25		
13.07.2020	15 138.85				39.75	7.72		
14.07.2020	15 266.95					8.81		
15.07.2020	15 231.70					9.14		
16.07.2020	15 195.15				23.25	9.54		
17.07.2020	15 249.90					10.54		
18.07.2020	15 207.75					9.53		
19.07.2020	15 169.65					8.65		
20.07.2020	15 135.05	0.15			39.50	10.46	91.96	
21.07.2020	15 251.05					9.89		
22.07.2020	15 211.50					8.84		
23.07.2020	15 176.15	0.10			29.50	8.09		
24.07.2020	15 261.70					8.44		
25.07.2020	15 227.95					10.28		
26.07.2020	15 186.85					11.69		
27.07.2020	15 140.10		8.98			4.53		
28.07.2020	15 113.00					2.84		
29.07.2020	15 101.65				46.50	4.26		
30.07.2020	15 270.60					5.01		
31.07.2020	15 250.55					4.72	78.58	
Aylık Toplam		0.35	8.98	0.00	308.00	242.66	242.66	242.66

EK 5 2020 Ağustos ayı su bütçesi elemanları ve bitki su tüketimi

Tarih	Toplam Lizimetre Ağırlığı (kg)	Drene Olan Su (mm)	Biçim (Kg/m^2)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Günlük Su Tüketimi (mm)	On Günlük Su Tüketimi (mm)	Aylık Su Tüketimi (mm)
1.08.2020	15 231.65					5.19		
2.08.2020	15 210.90				33.50	6.34		
3.08.2020	15 319.55					6.52		
4.08.2020	15 293.45	0.50				6.88		
5.08.2020	15 265.45	0.15				6.66		
6.08.2020	15 238.65	0.15			21.00	7.55		
7.08.2020	15 292.30	0.25				7.29		
8.08.2020	15 262.90	0.50				8.04		
9.08.2020	15 230.25	0.50				8.66		
10.08.2020	15 195.10	0.50			18.75	7.99	71.11	
11.08.2020	15 237.65	0.40				6.93		
12.08.2020	15 209.55	0.30				7.37		
13.08.2020	15 179.75	0.20			27.25	7.49		
14.08.2020	15 258.60	0.15				7.83		
15.08.2020	15 227.15	0.10				8.06		
16.08.2020	15 194.80	0.10				8.56		
17.08.2020	15 160.45	0.10			30.75	6.38		
18.08.2020	15 257.85	0.10				7.80		
19.08.2020	15 226.55					7.13		
20.08.2020	15 198.05				33.00	6.64	74.17	
21.08.2020	15 303.50					7.41		
22.08.2020	15 273.85					8.39		
23.08.2020	15 240.30					7.51		
24.08.2020	15 210.25		3.72			3.14		
25.08.2020	15 193.95					2.38		
26.08.2020	15 184.45					2.36		
27.08.2020	15 175.00	0.60			32.75	3.95		
28.08.2020	15 289.60					3.59		
29.08.2020	15 275.25					3.25		
30.08.2020	15 262.25					3.11		
31.08.2020	15 249.80	0.75			16.50	4.06	49.16	
Aylık Toplam		5.35	3.72	0.00	213.50	194.45	194.45	194.45

EK 6 2020 Eylül ayı su bütçesi elemanları ve bitki su tüketimi

Tarih	Toplam Lizimetre Ağırlığı (kg)	Drene Olan Su (mm)	Biçim (Kg/m^2)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Günlük Su Tüketimi (mm)	On Günlük Su Tüketimi (mm)	Aylık Su Tüketimi (mm)
1.09.2020	15 298.80					5.09		
2.09.2020	15 278.45					3.60		
3.09.2020	15 264.05	0.95			10.50	4.01		
4.09.2020	15 289.05	0.50				4.55		
5.09.2020	15 270.35					5.10		
6.09.2020	15 249.95					5.25		
7.09.2020	15 228.95	1.15			14.25	4.63		
8.09.2020	15 266.30					5.90		
9.09.2020	15 242.70					5.99		
10.09.2020	15 218.75	1.10			23.50	5.38	49.49	
11.09.2020	15 290.15					5.95		
12.09.2020	15 266.35					2.97		
13.09.2020	15 254.45					4.93		
14.09.2020	15 234.75	0.90			20.00	4.33		
15.09.2020	15 296.55					5.20		
16.09.2020	15 275.75					5.19		
17.09.2020	15 255.00	0.35			7.75	5.03		
18.09.2020	15 265.55					5.16		
19.09.2020	15 244.90					5.45		
20.09.2020	15 223.10					6.18	50.38	
21.09.2020	15 198.40					5.17		
22.09.2020	15 177.70					5.34		
23.09.2020	15 156.35	0.30			24.25	4.49		
24.09.2020	15 235.10					5.14		
25.09.2020	15 214.55	0.10				5.34		
26.09.2020	15 193.10					5.45		
27.09.2020	15 171.30					4.72		
28.09.2020	15 152.40	0.10	5.09			2.88		
29.09.2020	15 135.70					1.69		
30.09.2020	15 128.95					1.95	42.17	
Aylık Toplam		5.45	5.09	0.00	100.25	142.03	142.03	142.03

EK 7 2020 Ekim ayı su bütçesi elemanları ve bitki su tüketimi

Tarih	Toplam Lizimetre Ağırlığı (kg)	Drene Olan Su (mm)	Biçim (Kg/m^2)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Günlük Su Tüketimi (mm)	On Günlük Su Tüketimi (mm)	Aylık Su Tüketimi (mm)
1.10.2020	15 121.15					1.46		
2.10.2020	15 115.30				34.00	2.79		
3.10.2020	15 240.15					2.49		
4.10.2020	15 230.20					2.50		
5.10.2020	15 220.20					2.83		
6.10.2020	15 208.90					3.35		
7.10.2020	15 195.50					3.01		
8.10.2020	15 183.45				22.75	3.61		
9.10.2020	15 260.00					3.47		
10.10.2020	15 246.10					3.41	28.92	
11.10.2020	15 232.45					3.65		
12.10.2020	15 217.85					3.63		
13.10.2020	15 203.35					3.56		
14.10.2020	15 189.10					3.45		
15.10.2020	15 175.30	0.20			25.00	3.33		
16.10.2020	15 261.80					3.15		
17.10.2020	15 249.20					3.43		
18.10.2020	15 235.50					2.99		
19.10.2020	15 223.55					3.79		
20.10.2020	15 208.40					3.56	34.53	
21.10.2020	15 194.15					3.41		
22.10.2020	15 180.50				22.50	2.46		
23.10.2020	15 260.65					3.32		
24.10.2020	15 247.35					3.61		
25.10.2020	15 232.90					2.45		
26.10.2020	15 223.10					2.97		
27.10.2020	15 211.20					3.80		
28.10.2020	15 196.00					3.51		
29.10.2020	15 181.95					3.46		
30.10.2020	15 168.10		4.11			1.71		
31.10.2020	15 157.15					1.25	31.97	
Aylık Toplam		0.20	4.11	0.00	104.25	95.42	95.42	95.42
Mevsimlik Toplam		14.05	53.63	34.40	1 270.25	1 294.21	1 294.21	1 294.21