

**T.C.  
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEKİRDAĞ KOŞULLARINDA TOPRAK  
NEM PROFİLİNİN SWAP MODELİ İLE  
TAHMINİ**

**Serap KATITAŞ (APAYDIN)  
Yüksek Lisans Tezi  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Fatih KONUKCU  
2009**

**T.C.**  
**NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Serap KATITAŞ (APAYDIN)**

**TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: DOÇ. DR. FATİH KONUKCU**

**TEKİRDAĞ-2009**

**Her hakkı saklıdır**

Doç. Dr. Fatih KONUKÇU danışmanlığında, Serap KATITAŞ (APAYDIN) tarafından hazırlanan bu çalışma 27/02/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Doç.Dr.Fatih KONUKÇU (Danışman)

*İmza :*

Üye :Prof.Dr.Burhan ARSLAN

*İmza :*

Üye : Doç. Dr. Tolga ERDEM

*İmza :*

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU  
**Enstitü Müdürü**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### TEKİRDAĞ KOŞULLARINDA TOPRAK NEM PROFİLİNİN SWAP MODELİ İLE TAHMİN EDİLMESİ

Serap KATITAŞ (APAYDIN)

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih KONUKCU

Bu çalışma Tekirdağ koşullarında asma ve ayçiçeği bitkilerinin sulanan ve kuru koşullarda SWAP modeli ile toprak nem profilinin tahmin edilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ayçiçeği ve asma bitkisi ile yapılan tarla çalışmaları ile elde edilen veriler SWAP modeli ile hesaplanan model ile karşılaştırılmıştır. Modelde girdi olarak bitki yetiştirme sezonundaki iklim parametreleri ve toprak-su ilişkilerini ifade eden katsayılar (su içeriğinin bir fonksiyonu olarak matrik potansiyel ve hidrolik iletkenlik, toprağın nem sabiteleri) kullanılmıştır. Çıktı olarak ise toprak profilinin her 10 cm derinliği için üçer günlük ara ile nem değerleri simüle edilmiştir. Nem değerlerine bağlı olarak bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Hesaplanan değerler ile simüle edilen değerler karşılaştırıldığında kabul edilebilecek bir düzeyde ilişki bulunmuştur. Her iki bitki için de kuru koşullardaki uyum daha iyi bulunmuştur. Sulu koşullardaki uyumun nispeten zayıf olmasının nedeni tarla çalışmalarında nem takibinin onar günlük ara ile yapılmış olmasında kaynaklanmıştır. Modelin kullanılabilmesine dair veriler tesbit edilmesine karşılık, özellikle modeli test etmek amacıyla düzenlenen tarla çalışmalarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** SWAP Modeli, toprak nem değeri, sulama programı, su tüketimi, ayçiçeği (*helianthus annuus*), asma(*vitis vinifera*)

2009 , 29 sayfa

## ABSTRACT

Master of Science Thesis

### MODELLIN SOIL MOISTURE PROFILE UNDER TEKIRDAG CONDITIONS USING SWAP MODEL

Serap KATITAŞ (APAYDIN)

Namık Kemal University

Natural and Applied Science Institute

Agricultural Structures and Irrigation Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. KONUKCU

This study was conducted to predict soil moisture profile of sunflower and viticulture under Tekirdag conditions for rained and irrigated conditions using SWAP model. With this aim, results from the field studies of sunflower and viticulture were compared with the simulated ones. The climatic data during the growth season and soil-water related parameters (matric potential and hydraulic conductivity as a function of soil moisture and soil water constants) were the model input. Soil moisture data for 10 cm intervals along the profile every 3 days were the model output. The water consumption was calculated from the soil moisture profile. In general, model simulation data were reasonable agreed with the measured data while there was better agreement under rained condition for both crops. The poor agreement under irrigated conditions was attributed limited number of soil moisture measurements (ten-day intervals) in the field studies. While the model promises, field studies specifically conducted to test the model are suggested.

**Keywords:** SWAP model, soil moisture profile, sunflower (*helianthus annuus*), viticulture(*vitis vinifera*) , evapotranspiration, irrigation scheduling.

2009 , 29 pages

## **ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜRLER**

Dünyada ve ülkemizde hızla artan nüfus ve kuraklık nedeniyle yenilenebilir su kaynakları azalmaktadır. Bunun sonucunda tarımsal alanlarda yapılan bilinçsiz sulamalar birim alandan alınacak verimi düşüreceği gibi ürün kalitesini de etkilemektedir. Bu sonuçlar çiftçimizin ekonomisine önemli derecede zarar vermektedir. Mevcut su kaynaklarının ihtiyacından fazla kullanımını engellemeye yardımcı olmak amacıyla bu çalışma yapılmıştır.

Bana bu konuda tez hazırlama olanağı sağlayan ve emeğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Fatih KONUKCU başta olmak üzere Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Öğretim Üyelerine teşekkürlerimi sunarım.

## SİMGELER DİZİNİ

m	:metre
cm	:santimetre
mm	:milimetre
m <sup>3</sup>	:metreküp
°C	:santigrad derece
kg	:kilogram
da	: dekar
ha	:hektar
L	:litre
s	:saniye
%	:yüzde

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>Sayfa No</b>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
SİMGELER DİZİNİ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. LİTERATÜR ÖZETİ</b>	4
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b>	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Model	11
3.1.2. Modelin test edilmesinde kullanılan tarla çalışmaları	11
3.1.3. Araştırma yerinin özellikleri	12
3.1.4. İklim özellikleri	12
3.1.5. Toprak özellikleri	12
3.2. Yöntem	12
3.2.1. Model teorisi ve parametrelerinin tanımlanması	12
3.2.2. Model çıktıları	15
3.2.3. Simülasyon işlemi ve sunumu	15
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA</b>	18
4.1. Ayçiçeği Bitkisi için yapılan simülasyon sonuçları	18
4.1.1. Ayçiçeği sulamasız çalışma konusunun test edilmesi	18
4.1.2. Ayçiçeğinin tam sulama konusunda( $R_y=0.5$ ) konusunun test edilmesi	19
4.2. Asma bitkisi için yapılan simülasyon sonuçları	20
4.2.1. Asmanın sulamasız çalışma konusunun test edilmesi	20
4.2.2. Asma bitkisinin tam sulama konusunda( $R_y=0.7$ ) test edilmesi	21
<b>5. SONUÇ ve ÖNERİLER</b>	22
<b>6. KAYNAKLAR</b>	23
EKLER	27
ÖZGEÇMİŞ	29



## **ÇİZELGELER DİZİNİ**

Sayfa No

Çizelge 3.1. Ayçiçeği bitkisinin 1998 yılına ait bazı iklim verileri	13
Çizelge 3.2. Asma bitkisinin 2005 yılına ait bazı iklim verileri	14
Çizelge 3.3. Ayçiçeği bitkisinin 1998 yılına ait bazı toprak fiziksel özellikleri	16
Çizelge 3.4. Asma bitkisinin 2005 yılına ait bazı toprak fiziksel özellikleri	16
Çizelge 3.5. Toprak su ilişkileri ile ilgili model parametreleri	17

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

<b>Şekil 4.1.</b> Sulamasız koşullarda ayçiçeği bitkisi için toprak profilindeki ölçülen ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması	18
<b>Şekil 4.2.</b> Tam sulama koşullarda ayçiçeği bitkisi için toprak profilindeki ölçülen ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması	19
<b>Şekil 4.3.</b> Sulamasız koşullarda asma bitkisi için toprak profilindeki ölçülen ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması	20
<b>Şekil 4.4.</b> Tam sulama koşullarda asma bitkisi için toprak profilindeki ölçülen ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması	21

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusu her yıl %1.5 artmaktadır. Birleşmiş Milletler Örgütüne göre dünya nüfusu 2025 yılında 8 milyarı bulacaktır. Bu artış nedeniyle kişi başına düşen yıllık yenilenebilir tatlı su miktarı 2025 yılına kadar 6600 m<sup>3</sup>'ten 4800 m<sup>3</sup>'e kadar düşecektir (Cosgrove and Rijsberman 2000). Birçok ülkede ciddi su sıkıntısı yaşanacak bir döneme girilirken mevcut yenilenebilir su kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanılmamaktadır.

UN/WWAP (2003) dünyada 1.1 milyar insan yeterli su bulamazken, 2.5 milyar insanın sağlıklı suya ulaşamadığını belirtmiştir. Son on yıllık çabalarla önemli sayıda (860 milyon) insanın suya kavuşması sağlarken, büyük bir kısmının da (747 milyon) sağlıklı suya kavuşması başarılmıştır. Ancak önümüzdeki 50 yıl içinde verilen rakamlara ilaveten gelişmekte olan ülkelerde 1.0 milyar insan daha susuz kalacaktır (dünya nüfusunun %40' ı olacak).

Su kıtlığı nedeniyle her yıl 2 milyonun üzerinde ölüm gerçekleşmektedir. Bu rakama, yeterli su olmadığı için gıda üretiminin sınırlı kalması ve açlıktan dolayı ölümler de eklendiğinde yılda ölen insan sayısı 40 milyonu aşmaktadır (Prinz 2004).

Dünya tarımsal üretimin yaklaşık %40'ı, tahıl üretiminin ise yaklaşık %60'ı sulu tarım alanlarından sağlanmaktadır. Gıda ihtiyacına artan talebi karşılamak için 2025 yılına kadar üretimin %20-30 artırılması gerekmektedir. Çevresel ve ekolojik tehditlerle birlikte sulama sektörüne olan yatırımların azalması nedeniyle, sulu tarım alanlarındaki genişlemenin ancak %5-10 civarında kalacağı öngörülmektedir. Bu durum gıda kıtlığına ve fiyatlarının artmasına neden olacaktır. Tarım alanlarının veya su kaynaklarının artırılması imkanı olmadığına göre, mevcut su kaynaklarının verimliliğinin artırılması kaçınılmazdır (Sarwar 2000).

Yenilenebilir su kaynaklarının 2/3'ü sulama amaçlı kullanıldığından sürdürülebilir bir su kullanımı için sulamanın daha etkin bir biçimde yapılması öncelikli olarak gündeme getirilmelidir. Tarımda yapılacak su tasarrufu geniş ve büyük ölçüde dokunulmamış yeni bir su kaynağı oluşturur. Sulamada kullanılan suyun miktarını % 10 oranında düşürmek, dünya çapında evlerde su kullanımı için gerekli olan sudan iki kat daha fazlasını sağlayacaktır (Shiklomanov, 1990). Dünyada su kullanım randımanı ortalama % 40 civarındadır. İsrail LEPA (Low Energy Precision Application) ile % 95'e kadar çıkarılabilmektedir. Sulama etkinliğini arttırmak için en pratik, en ekonomik ve en uygun yöntem bölgeden bölgeye

değişmektedir. Fakat hemen hemen her durumda çiftçilerin su kullarımlarını % 10-50 arasında azaltmak mümkündür. Bu amaçla yüksek su kullanım randımanı ve ekonomik değeri olan bitkilerin seçilmesi, suyun açık kanallarla değil de kapalı boru sistemi ile iletilmesi, yüzey sulama yöntemleri yerine basınçlı (mümkünse damla sulama) sistemlerinin tercih edilmesi ve kısıtlı sulama tekniğinin uygulanması tavsiye edilmektedir. Ayrıca kuraklığa dayanıklı çeşitlerin adaptasyon veya ıslah çalışmalarına hız kazandırılmalıdır.

Son yıllarda su kaynaklarının giderek daha kısıtlı hale gelmesi 'havza bazında entegre su yönetimi' ve 'kuraklık yönetimi' çalışmalarına hız kazandırmıştır. Toprak profili boyunca nem durumunun doğru olarak tahmin edilmesi sulamanın programlanması, su stresi ve kuraklık yönetimi ile havza su verimlerinin hesaplanması çalışmalarında önemli bir yere sahiptir.

Toprak nem profili ya direkt ölçülerek (gravimetrik yöntem, netron probe, TDR, tansiyometreler, v.s) ya da matematiksel modellerle tahmin edilmektedir. Direkt ölçüm yöntemleri daha çok mikro düzeyde (parsel ve tarla bazında) sulama çalışmalarında tercih edilirken; havza bazında yapılan çalışmalarda daha çok matematiksel yöntemler kullanılmaktadır.

Direkt ölçüm yöntemleriyle havza bazında toprak nem içeriğinin ölçümünde karşılaşılan zorluklar nedeniyle, matematiksel tahmin yöntemleri yanında ayrıca radar tekniği ve uzaktan algılama yöntemleri de günümüzde kullanılmaya başlanmıştır ancak yeterli hassasiyette veriler henüz sağlanamamıştır (Weihermüller ve ark. 2007, Bellot ve Ortiz de Urbina 2008).

SWAP (van Dam ve ark. 1997) ve SALTMED (Ragab 2002), toprak nem ve tuzluluk tahmininde, bitki su tüketiminin ve sulama programının oluşturulmasında yaygın olarak kullanılan modeller arasındadır. Bu araştırmanın amacı Tekirdağ koşullarında ayçiçeği ve bağcılık yapılan alanlarda toprak profilindeki nem değişiminin SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant) Modeli ile tahmin edilmesidir.

Bu çalışma kapsamında SWAP modeli kullanılarak Tekirdağ koşullarında bağ alanları ve ayçiçeği bitkisi yetiştirilen toprakların nem profili tahmin edilmiştir. Model simülasyon sonuçları, bu ürünler için değişik zamanlarda Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde gerçekleştirilen direkt olarak ölçülmüş nem değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda SWAP modelinin Tekirdağ koşullarında sulama programlamasında ve havza bazında su bütçesinin tahmin edilmesinde kullanılıp,

kullanılmayacağına karar verilmiştir. Modelin hata sınırları içerisinde tahmin yapması durumunda, bölge koşullarında önemli ölçüde zaman, işgücü ve maddiyat gerektiren bitki-su-verim ilişkileri çalışmalarına gerek kalmayacaktır veya minimum düzeyde ihtiyaç duyulacaktır. Modelin diğer bölgelere uygulanması da değerlendirilecektir.

## 2. LİTERATÜR ÖZETİ

Toprak profilindeki nem dağılımının lokal bazda veya havza bazında hassas bir şekilde ölçülmesi veya tahmin edilmesi hidroloji, meteoroloji ve özellikle de tarım mühendisliğinde (spesifik olarak sulama) çok sayıda çalışmanın konusu olmuştur. Bu bölümde sulama bilminde toprak su içeriğinin ölçümü, tahmin edilmesi ve bu çalışmaların uygulamada nasıl değerlendirildiği ile ilgili çalışmalar özetlenecektir.

Toprak neminin laboratuvar ve tarla koşullarında direk ölçümü ile ilgili çalışmalar daha çok bitki su tüketimi, sulama zamanı ve sulama programının belirlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Bu konuda nerdeyse hemen her lokasyon ve her bitki için bir araştırma bulmak mümkündür. Araştırma çalışmasına konu olan Tekirdağ (veya Trakya)'da yapılan çalışmalardan bazılarının öncelikli olarak verilmesi daha uygun bulunmuştur.

İstanbuluoğlu ve ark. (2006)'nın bildirdiğine göre: sulama ile ilgili ilk çalışmalar 1981 yılında Kırklareli'nde kurulan Atatürk Toprak Su Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (bu kuruluş 1984 yılında Köy Hizmetleri ve 2005 yılında Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü isimlerini almıştır) ile başlamıştır. Bugün, 1982 yılında kurulan Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü ile birlikte sürdürmektedir. Bu süre (25 yıl) içerisinde sulama konusunda Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından 10 ve Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü tarafından 43 adet olmak üzere toplam 53 adet araştırma çalışması tamamlanarak yayınlanmıştır. Bu çalışmaların 28 adeti yüksek lisans ve 5 adeti doktora olmuştur.

Araştırmaların bir kısmı yörede yaygın üretimi yapılan bitkilerin su tüketimi, sulama zamanı planlaması ve su-verim ilişkileri üzerine olmakla birlikte bir kısmı da bölgede yer alan sulama şebekelerinde su dağıtım ve kullanım etkinlikleri üzerine olmuştur. Ayrıca iki adet yağmurlama sulama rehberi çalışması da yapılmıştır. Rehberlerde, yağmurlama sulama sistemlerinin planlamasında kullanılan kimi ölçütler, örneğin her toprak grubu için infiltrasyon sonuçları verilmiştir (Çakır ve Karata 1996; Çakır, 2003). Suyun etkin kullanımı için gerekli olan tüm bilgilerin verilmiş olmasına karşın, konu edilen sulama rehberlerinin yaygın biçimde kullanıldığını söylemek, şu an için, olanaklı değildir. Su kaynaklarının tarım topraklarına göre oldukça sınırlı olduğu bölgede, kısıntılı sulama uygulamalarının önemsenmesi nedeniyle, buğday, ayçiçeği, çeltik ve mısır gibi önemli bitkiler için elde edilen sonuçlar özetlenerek sunulmuştur.

Bölgede ilk buğday çalışması Kırklareli'nde Yakan ve Kanburoğlu (1992) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar, sulama konularından 539.9 kgda<sup>-1</sup> ile en fazla ortalama verimi, 785.8 mm su tüketimi ve 355.7 mm sulama suyu uygulanan konudan almışlardır. Ancak ekimden sonra, sapa kalkmada ve süt olumunda olmak üzere üç adet sulama suyu uygulaması gerektiren bu uygulama yerine yalnız sapa kalkmada verilmek üzere tek bir suyun uygulandığı konuyu önermişlerdir. Bu konunun bitki su tüketimi 557.4 mm, sulama suyu miktarı 130.7 mm ve ortalama verimi 511.3 kgda<sup>-1</sup> olmuştur.

Buğdayla ilgili bir diğer çalışma Tekirdağ'da Orta ve ark. (2002a; 2004) tarafından yapılmıştır. Burada ise bitkinin su tüketimi ve sulama zamanı planlamasının yanı sıra su-verim ilişkileri ve su kullanım etkinlikleri de araştırılmıştır. Farklı buğday çeşitlerinde yürütülen çalışmada, toprak nem içeriğinin tamamının karşılanması halinde, bitki su tüketimi 483-580 mm arasında değişmiştir. Buna karşılık ortalama verim ise 499.7-957.1 kgda<sup>-1</sup> arasında olmuştur. Ayrıca araştırmadaki susuz konulardan elde edilen ortalama verimde 373.4-544.9 kgda<sup>-1</sup>'lar arasında yer almıştır.

Bölgenin önemli bitkisi olan ayçiçeğinde ilk çalışma, bitkinin su tüketimi ve sulama zamanı planlaması üzerine olmuştur. Kırklareli'nde Yakan ve Kanburoğlu (1989) tarafından yapılan araştırmada, su kısıtının olmadığı koşullarda Haziran ayının ilk yarısında başlamak üzere 10 gün arayla 5 kez sulama yapılabileceği saptanmıştır. Bu konudan 845.1 mm su tüketimine karşılık 409.6 kgda<sup>-1</sup> ile en fazla ortalama verim almışlardır. Her bir sulamada 113.0 mm olmak üzere toplam 565.0 mm sulama suyu hesaplanmıştır. Ancak suyun kısıtlı olduğu koşullarda ise bitkinin yalnız çiçeklenme döneminde olmak üzere bir kez sulanmasının yeterli olabileceği önerilmiştir. Bu uygulamada 197.8 mm olarak verilecek sulama suyu miktarına karşılık 296.3 kgda<sup>-1</sup> ortalama verim alınmıştır. Yine Kırklareli'nde Karaata (1991) tarafından yapılan bir diğer araştırmada, ayçiçeğinin su-üretim fonksiyonları belirlenmiştir. Buna göre bitkinin su stresi yaşamaması için tabla oluşumunda, çiçeklenme başlangıcında ve süt olumunda olmak üzere üç kez sulanması gerekmektedir. Bu sulamalarda tabla oluşumunda 210 mm, çiçeklenme başlangıcı ve süt olumunda ise 160'ar mm olmak üzere toplam 530 mm sulama suyu hesaplanmıştır. Su kısıtının verimi çok fazla etkilediği vurgulanan bu çalışmada, bir su kısıtı uygulaması düşünülmesi halinde, bunun tabla oluşumu ve süt olumu dönemlerindeki sulamalara eşit olarak paylaşılması gerektiği ifade edilmiştir. Çiçeklenme döneminde mutlaka sulama yapılması vurgulanmıştır.

Bir diğerk çalışmada bölgenin kıyı şerisinde yer alan Tekirdağ'da Orta ve ark. (2002b) ile Erdem ve Delibaş (2003) tarafından yapılmıştır. Bunlar da bitkinin su tüketimi ve sulama zamanı planlamasının yanı sıra su-verim ilişkileri ve su kullanım etkinlikleri de araştırılmıştır. Toprak nem içeriğinin tüm büyüme mevsimi boyunca karşılandığı koşullarda ayçiçeğinin bitki su tüketimi 781 mm olarak belirlenmiştir. Hiç sulama suyu uygulanmayan deneme konusundan 265.7 kgda<sup>-1</sup> ortalama dane verimi elde edilirken, bitki su ihtiyacının tamamının karşılandığı konudan 513.9 kgda<sup>-1</sup> ortalama dane verimi elde edilmiştir.

Türkiye toplam çeltik üretiminin yarıya yakını, bölgenin Meriç-Ergene havzasından elde edilmektedir. Havzanın sulama suyu ihtiyacı ise Meriç ve Ergene nehri sularından sağlanmaktadır. Ancak Meriç nehrinde su miktarının çok azaldığı, buna karşılıklı yoğun sulama suyu gerektiği dönemlerde ise kıştan bir kısmı yine Meriç suyu ile doldurulan baraj ve göletlerden su teminine gidilmektedir. Bununla birlikte bölgede yapılan gözlemler ve araştırmalar sonucu çeltik sulamasında kullanılan bu suların çeltik alanlarının elden çıkmasına, çeltik veriminin düşmesine, toprakların ve yeraltı sularının kirlenmesine neden olacak sorunlar içerdiği ifade edilmektedir. Bölgedeki çeltik üretiminin diğerk tarım ürünlerine göre daha karlı oluşu nedeniyle, ekim alanlarında hızlı bir artış ve iç bölgelere doğrudan bir yayılış görölmektedir. Çeltik sulamasına yönelik Yakan ve Sürek (1990) tarafından yapılan bir tarla çalışmasına göre, maksimum kardeşlenmeye dek devamlı sulama ve bundan sonra ise 15 cm su yüksekliğinde kesik sulamalar yapılması önerilmektedir. Bu konuya ait ortalama verim 674.5 kgda<sup>-1</sup>, ortalama tarla başı sulama modülü 1.54 ve maksimum modül ise 3.07 Ls<sup>-1</sup>ha<sup>-1</sup> olmuştur.

İlk çalışma Bakanoğulları (1995) tarafından yapılmış, Kırklareli koşullarında mısırın mevsimlik su tüketimi 681 mm ve en yüksek aylık su tüketimi Ağustos ayında 246 mm olarak hesaplanmıştır.

Daha sonra bitkinin su tüketimi, sulama zamanı planlaması, su-verim ilişkileri ve su kullanım etkinliğinin belirlendiği iki farklı araştırılma çalışması yapılmıştır. Bunların ilki Tekirdağ'da İstanbulluoğlu ve Kocaman (1996) tarafından yapılmıştır. Topraktaki nem eksikliğine duyarlı olduğu ifade edilen bitkinin, en duyarlı döneminin tepe püskülü çıkarma olduğu, bunu sırasıyla koçan püskülü çıkarma ve vejetatif gelişme dönemlerinin izledikleri saptanmıştır. Su kısıtının olmadığı sulama programı için, ilk sulama bitki boyu 40-50 cm olduğunda, ikinci sulama tepe püskülü çıkarma döneminde ve üçüncü sulama koçan püskülü çıkarma döneminde yapılması önerilmiştir. Bu konunun toplam sulama suyu ihtiyacı 285 mm



ve su tüketimi 586 mm olmuştur. En yüksek su tüketimi Temmuz ayında 217 mm hesaplanmıştır. Bu konudan ortalama 992 kgda<sup>-1</sup> mısır dane verimi alınmıştır. Ayrıca su kısıtına bağlı olarak, iki sulamanın gerektiği halde bunların tepe ve koçan teşekkülü çıkarma dönemlerinde, tek bir sulamanın gerektiği halde ise tepe püskülü çıkarma döneminde verilmesi gerektiği ifade edilmiştir (İstanbuluoğlu ve ark., 2002a).

İkincisi Kırklareli'nde Çakır (1999) tarafından yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre bitkinin tepe püskülü başlangıcı, koçan oluşumu ve süt olumu fenolojik dönemlerinde olmak üzere üç kez sulanması önerilmiştir. Buna göre denemeden ortalama 1133.0 kgda<sup>-1</sup> mısır dane verimi alınmış olup toplam sulama suyu ihtiyacı 410.3 mm ve bitki su tüketimi 666.7 mm olmuştur.

Trakya Bölgesinde yapılan bu çalışmaların yanında Türkiye'de ve dünyanın diğer taraflarında yapılan bitki-su ilişkileri çalışmaları incelendiğinde; hemen hepsinde benzer metotlar kullanılmakla birlikte, iklim, toprak, topografya gibi faktörlerin farklı olması nedeniyle farklı sonuçlara ulaşılmıştır. Hatta aynı bölgede aynı bitki için farklı sonuçlar bulunmaktadır. Çakır (1999) ve İstanbuluoğlu ve ark. (2002a)'nın Trakya Bölgesinde mısır için yürüttükleri çalışma buna güzel bir örnektir. Bu, herhangi bir bitki için sulama programlaması ve su kaynaklarının verimli kullanılması amacıyla elde edilecek katsayılar için, iklim, toprak ve topografya gibi parametreler açısından tekdüzelik gösteren her bir lokasyon için ayrı bir çalışma yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Tekdüzelik gösteren bu bölgelerin belirlenmesi amacıyla jeostatistiksel yöntemlerin yaygın olarak kullanıldığı da bilinmektedir. Söz konusu her bir homojen bölgede yaygın olarak tarımı yapılan kültür bitkileri için sulamaya ilişkin katsayıların elde edilmesi, zaman, işgücü ve kaynak kısıtı nedeniyle pratik olarak neredeyse imkansızdır. Pratikte karşılaşılan bu soruna çözüm bulmak amacıyla toprak profili nem dağılımını, evapotranspirasyonu ve havza bazında su tüketimini tahmin etmek için modelleme çalışmaları başlamıştır.

Modelleme çalışmalarında esas hedef su bütçesi parametrelerini kullanarak toprak profili nem dağılımı veya bitki su tüketimi çıktısına ulaşmaktır. İklim değerleri (yağış, sıcaklık, rüzgar hızı, oransal nem, radyasyon, v.s), pedotransfer fonksiyonlar (toprak nem sabiteleri, toprak hidrolik iletkenliği, toprak karakteristik nem tutma-tansiyon ilişkisi, infiltrasyon karakteristikleri, v.s.) ve bitki özellikleri (kök derinliği, kök gelişim fonksiyonu, su alım fonksiyonu) bağımsız değişken olup girdi olarak kullanılmaktadır. Drenaj miktarı,

evapotranspirasyon ve toprak profili nem değişimi ise bağımlı değişken olup, çıktı olarak hesaplanmaktadır.

Toprak nem dengesi ile ilgili tüm teorik çalışmalar, Darcy eşitliği ile süreklilik denkleminin kombinasyonuna dayanmakta olup, Richards Eşitliği (Richards 1931) olarak bilinmektedir. Yıl içerisinde herhangi bir zamanda ve toprağın (sulanan veya sulanmayan, bitki ekili olan veya olamayan) herhangi bir derinliğindeki su içeriğini tahmin etmek amacıyla Richards eşitliğine analitik ve numerik çok sayıda çözüm geliştirilmiştir.

Analitik veya yarı-analitik çözümler, homojen bir ortamda simulasyon şartlarının basitleştirildiği durumlarda kullanılmaktadır. (Örnek: Parlange 1972, Babu 1976, Warrick 1974, Raats 1976, Lomen and Warrick 1974, Batu 1979, Shimojima et al. 1990). Ancak tarla şartları çok heterojen bir yapıya sahip olduğu için sağlıklı sonuca her zaman ulaşılamayabilir.

Nümerik çözüm tekniği üzerine çok sayıda çalışma yürütülerek son derece faydalı modeller oluşturulmuştur. İlk başta sadece toprak nem değişimi ve evapotranspirasyon için oluşturulan modeller sürekli geliştirilerek bugün tuzluluk, histeresis, toprak yarıkları, kimyasal taşınma ve verimi aynı anda simule edebilmektedirler (en eskilerinden başlayarak yeni ve en gelişmiş olanına doğru bazılarını sıralarsak: Hayhoe ve de Jong (1982) (SWASIM model); Feddes ve ark. 1978 (SWATR model), Belmans ve ark. 1983 (SWATRE model, SWATR modelinin geliştirilmiş versiyonu), Voss 1984 (SUTRA model), Abbott ve ark. 1986 (SHE model), Dierckx ve ark. 1986 (SWATRER model), Wesseling ve ark. 1989 (SWACROP model), Wagenet ve Hutson 1989 (LEACHW model), Vanclooster ve ark. 1995 (WAVE model), van Dam ve ark. 1997 (SWAP model, SWATRE modelinin sonraki versiyonudur), Ragab ve ark. 2000 (SALTMED Model).

Geliştirilen modellerin test ve aplikasyonlarını yapıldığı çok sayıda araştırma mevcuttur. Bunlardan önemli ve son yıllarda yürütölenlerden bazıları burada özetlenmiştir:

Toth ve ark. (2008) SWAP modelini kullanarak Slovakya ve Macaristanda altı farklı yerde toprak-bitki sisteminde, toprak su rejiminin yersel değişimini simule etmek amacıyla yapmış oldukları çalışmada, yersel farklılıkların ortadan kaldırılması için, çalışma alanlarının tekdüzelik gösteren alt birimlere ayrılmasını ve bu alanlardaki ortalama katsayıların kullanılmasını önermişlerdir.

Ustet ve ark. (2007) Akdeniz iklimi koşullarında (İspanya) bir agrohidrolojik model olan SWAP'ı yapılan şekerpancarı sulama çalışmaları ile test etmişlerdir. Modelin oransal

verim ve ET tahminlerinde yaklaşık sonuç verdiğini bulmuşlardır (simülasyon sonuçları ile ölçülen değerler arasındaki regresyon katsayısı,  $R^2=0.75$ 'tir).

Ben-Asher ve ark. (2006) SWAP modelinin tuzlu sulama suları için (1.8, 3.3, 4.8 ds/m) geliştirilen versiyonunu (SWAPs) bağda test etmişlerdir. Tuzluğun artışıyla birlikte SWAPs ile simule edilen ET sonuçları da gerçek sonuçlardan daha fazla sapma göstermiştir. Bu sapsmalar 1.8, 3.3 ve 4.8 ds/m tuzluluk değerleri için sırasıyla %5, 11, ve 15 olmuştur. ET dışında yaprak alanı indeksi ve verim gibi parametreler açısından da yeni versiyon yeterli güvenilirlikte sonuç vermiştir.

Benzer şekilde Crescimanno ve Garofalo (2005) SWAP modelini çatlamış killi topraklarda test etmişlerdir. Toprak nemi ve ET nin hesaplanmasında ölçülmüş değerlere yakın sonuçlar bulmuşlardır.

Eitzinger ve ark. (2003) yaygın olarak kullanılan CERES, SWAP ve WOFOST modellerinin toprak su içeriği, ET ve verimi tahmin etmede gösterdikleri performansı test etmek amacıyla Avusturya'da 2000-2001 yılında kışlık buğday ve yazlık arpada altı tekerrürlü lizimetre çalışmaları düzenlemişlerdir. Toprak nem içeriğini her 30 cm'de bir TDR ile ölçmüşlerdir. WOFOST modelinin aksine CERES ve SWAP modelleri verimi daha hassas tahmin etmişlerdir. Her üç model de toprak profili su içeriklerini yaklaşık olarak tahmin etmişlerdir. Arpada %0.71-4.67, buğdayda ise % 2.32-6.77 arasında sapma kaydetmişlerdir. Profildeki toplam suyu kestirmede hiçbir model diğerinden daha iyi sonuç vermemiş ve topraktaki nem azalması ölçülenlere göre daha fazla hesaplanmıştır. CERES ve SWAP modelleri ET ve verimi tahmin etmede tercih edilmesi gerektiği sonucuna varmışlardır.

SALTMED modeli başarılı bir şekilde kalibre edildikten sonra 2000-2002 yıllarında Suriye ve Mısır'da tarla çalışmalarıyla test edilmiştir. Model birçok hidrodinamik prosesi (tuzluluğun verime etkisi, su tüketimi ve profil boyunca tuz dağılımı) başarılı bir şekilde aynı anda simule edebileceğini kanıtlamıştır. Model ayrıca domates bitkisinin tuzluluğa toleranslı bir bitki olduğunu, tuzluluk ile verim arasında doğrusal olmayan dördüncü dereceden polinomial bir ilişki olduğunda ve 7.0 dS/m'de oransal verimin %50 olduğunu tahmin etmiştir. SALTMED'in tarla şartlarında toprak bitki ve su yönetiminde başarı ile kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Ragab ve ark. 2005, Flowers ve ark. 2005).

Özetlenen çalışmalar değerlendirildiğinde:

i) Sulama ve su yönetiminde tarla çalışmalarının en doğru sonucu verdiğine ancak tekdüzelik gösteren her bir birim alanda sulama sahasında planlanan her bir bitki türü için ayrı çalışma düzenlemenin imkansız olduğuna bu nedenle tarla çalışmalarının model test çalışmaları amacıyla düzenlenmesinin daha doğru olacağına,

ii) İzin verilebilir hata sınırları içerisinde doğru sonuç veren modellerin su kaynaklarını planlamada karar-destek sisteminde çok faydalı bir enstrüman olduğu ancak her şart için doğru sonuç verecek ve her parametreyi dikkate alarak güvenilir çıktılar üretecek model sayısının çok az olduğuna;

iii) Geliştirilen modellerin kontrole edilebilir laboratuvar çalışmalarıyla kalibre edilmesi gerektiğine,

iv) Sonuç olarak duruma göre, teorik, laboratuvar ve tarla çalışmalarının hepsine de ihtiyaç vardır.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1. MATERYAL**

##### **3.1.1. Model**

Toprak nem içeriğini tahmin etmek amacıyla SWAP (Version 2.0) modeli kullanılmıştır. SWAP modeli coğrafi bilgi sistemlerini de kullanarak bölgesel su yönetimi çalışmalarında karar destek mekanizması sağlayan bir sistemdir. SWAP (Soil Water Atmosphere and Plant), toprak su, atmosfer ve bitki interaksyonunu modelleyen ve windows ortamında çalışan bir modeldir. Model ile i) tarla bazında su ve tuzluluk yönetimi, ii) sulama programlaması, iii) kararsız akış şartlarında drenaj, iii) su ve tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, iv) yüzey ve yer altı sularının pestisit karışımı, v) bölgesel drenaj, yüzey su yönetiminin optimizasyonu, ve toprak heterojenitesinin suluma yönetimine etkisi gibi çok sayıda konunun çalışılması mümkündür (van Dam ve ark. 2007). Bu prosesler için modelleme konsepti veya teorik altyapı altı ana başlık altında toplanabilir: i) toprakta su hareketi, ii) toprakta ısı transferi, iii) tuz (veya suda çözülmüş herhangi bir kirlenici unsur) taşınımı, iv) bitki gelişimi, v) makropor akışı (doymun akış veya drenaj), ve vi) yüzey akış sistemleridir. Çalışma ile ilgili model parametreleri ve çıktıları metot kısmında açıklanmıştır.

##### **3.1.2. Modelin test edilmesinde kullanılan tarla çalışmaları**

Toprak nem içeriğinin tahmininde kullanılan SWAP Modeli, Tekirdağ koşullarında yürütülen tarla çalışmaları ile test etmek amacıyla, bölgede şimdiye kadar yapılan birçok araştırma çalışmaları içinden ayçiçeği (Erdem 2000) ve asma (Gündüz 2007) sulamasına ilişkin doktora çalışmaları seçilmiştir. Bu çalışmaların seçilmesindeki esas neden, model girdi ve çıktı parametrelerinin karşılaştırılabilecek formda sunulması ve her iki bitkinin de su stresine maruz kalabilecek bölge ana ürünlerinden olmasıdır. Çalışmalar 2-3 yıl tekerrürlü ve birçok konu içermesine rağmen, test amacıyla bir başlangıç olarak ayçiçeğinde 1998 yılı ve sulamasız konu ile su ihtiyacının %100'ünün karşılandığı ( $R_y = 0.50$ ) konu test edilmiştir. Asmada ise Razakı çeşidinin 2005 yılı tekrarındaki yarayıslı suyun %30, 50 ve 70'i tüketildiğinde suluma yapılan konulardan %70 konusu ve sulamasız konu test edilmiştir.

### 3.1.3. Araştırma yerinin özellikleri

Bu çalışma teorik bir çalışmadır ancak modelin test edilmesi amacıyla seçilen araştırma çalışmaları Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsünde yürütülmüştür. Araştırma alanının denizden yüksekliği 5.0 m olup, enlem derecesi 40°59' kuzey, boylam derecesi ise 27°29' doğudur.

### 3.1.4. İklim özellikleri

Araştırma alanı yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 13,8 °C'dir. En soğuk ay (4,5 °C) Ocak, en sıcak ay (23,3 °C) Temmuzdur. Yıllık ortalama yağış miktarı 575 mm, bağıl nem 0.76, 2 m yükseklikteki ortalama rüzgar hızı 3,1 m/s'dir.

Ayçiçeği için 1998 (Erdem 2000) ve bağ için 2005 (Gündüz 2007) yılında ölçülen bazı iklim verileri sırasıyla Çizelge 3.1 ve 3.2' de verilmiştir.

### 3.1.5. Toprak özellikleri

Araştırma alanındaki topraklar killi-tın bünyeye sahiptir. Taban suyu, tuzluluk, alkalilik, asitlik gibi sorunlar yoktur. Ayçiçeği ve asma bitkisi araştırma çalışmalarının yürütüldüğü toprakların bazı fiziksel özellikleri sırasıyla Çizelge 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.

## 3.2. YÖNTEM

### 3.2.1. Model teorisi ve parametrelerinin tanımlanması

Modelin toprak su içeriğini kestirmede kullandığı eşitlik Darcy eşitliğinin süreklilik denklemi ile kombine edilmesiyle elde edilmektedir. Bu kombine eşitlik Richard eşitliği olarak bilinmektedir.

$$C_w(\Psi_m) \frac{\partial \Psi_m}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[ K(\Psi_m) \left( \frac{\partial \Psi_m}{\partial z} + 1 \right) \right] - S(\Psi_m)$$

(1)

Eşitlikte:  $C_w(\Psi_m)$  diferansiyel su kapasitesini ( $d\theta/d\psi$ ) (1/cm),  $t$  zamanı (gün),  $z$  toprak profilindeki herhangi bir derinliği(cm),  $\theta$  su içeriğini ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ),  $\Psi_m$  toprak matrik potansiyelini (cm),  $K(\Psi_m)$  toprağın matrik potansiyelin bir fonksiyonu olarak hidrolik iletkenliğini (cm/gün) ve  $S$  bitki kökleri tarafından ekstrakte edilen su miktarını ifade etmektedir ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$  gün).

Çizelge 3.1. Ayçiçeği bitkisinin 1998 yılına ait bazı iklim verileri (Erdem 2000).

Dönem	Maksimum sıcaklık (°C)	Ortalama sıcaklık* (°C)	Minimum sıcaklık (°C)	Maksimum bağıl nem (%)	Ortalama bağıl nem (%)	Minimum bağıl nem (%)	Ortalama rüzgar hızı* (m/s)	Güneşlenme süresi (h)	Buharlaşma miktarı** (mm/gün)	Yağış (mm)
Mayıs										
4-10	21.1	17.1	13.9	87.0	72.4	61.6	2.36	5.57	3.89	11.9
11-20	17.1	15.0	12.5	91.8	80.6	73.1	1.43	2.91	1.71	42.3
21-31	21.0	18.0	13.9	93.1	80.2	68.5	2.04	3.64	2.30	13.0
Haziran										
1-10	24.1	21.0	16.7	87.7	79.1	70.6	0.88	8.49	3.61	16.9
11-20	26.5	22.6	17.6	84.9	67.5	58.1	1.62	10.31	4.71	2.3
21-30	27.1	23.4	18.0	87.0	73.7	61.3	1.48	9.37	5.68	1.0
Temmuz										
1-10	26.8	22.3	17.3	89.0	74.9	64.1	1.52	8.61	5.30	47.1
11-20	28.3	23.7	18.4	89.3	70.6	59.1	1.78	11.22	5.57	
21-31	30.9	26.6	21.5	82.4	69.3	57.0	1.67	9.10	7.16	
Ağustos										
1-10	32.3	27.4	22.6	81.7	71.0	55.0	2.05	10.64	7.05	
11-20	27.8	24.1	20.1	80.3	67.9	58.2	1.92	10.27	6.24	
21-31	27.1	23.8	20.1	84.9	75.9	63.9	1.65	9.19	5.32	

\*Yerden 2m yükseklikte, \*\*A sınıfı buharlaşma kabından ölçülmüştür.

Çizelge 3.2. Asma bitkisinin 2005 yılına ait bazı iklim verileri (Gündüz 2007).

Aylar	Maksimum sıcaklık* (°C)	Ortalama sıcaklık* (°C)	Minimum sıcaklık* (°C)	Maksimum bağıl nem (%)	Ortalama bağıl nem (%)	Minimum bağıl nem (%)	Ortalama rüzgar hızı** (m/s)	Güneşlenme süresi (h)	Buharlaşma miktarı*** (mm/gün)	Yağış (mm)
Ocak	15.6	5.1	-3.8	98.0	84.0	57.0	2.5	2.6		3.6
Şubat	15.9	3.2	-10.5	99.0	84.0	56.0	3.0	3.7		15.6
Mart	22.8	6.5	-5.3	99.0	79.1	34.0	2.7	5.3		
Nisan	24.8	11.6	-1.9	96.0	76.3	40.0	2.5	7.4	3.7	16.2
Mayıs	25.0	16.9	8.0	97.0	83.0	54.0	2.0	7.2	3.7	65.0
Haziran	27.8	20.5	12.0	94.0	76.5	44.0	2.3	10.1	5.4	5.4
Temmuz	33.1	24.3	15.9	93.0	74.6	47.0	2.8	10.0	5.4	10.4
Ağustos	33.1	24.4	12.9	95.0	77.7	45.0	2.4	9.5	5.4	8.6
Eylül	29.1	20.0	10.2	98.0	75.9	38.0	2.3	7.5	3.7	9.2
Ekim	25.2	13.9	2.8	99.0	78.3	40.0	2.6	6.0		20.6
Kasım	19.4	8.7	-2.4	98.0	82.4	50.0	2.4	2.6		74.0
Aralık	27.1	5.6	-9.4	99.0	83.1	49.0	3.0	2.5		45.6
Yıllık ort. top.	33.1	13.4	-10.5	99.0	79.6	34.0	2.5	6.2	4.6	274.2

\*Yerden 2 m yükseklikte, \*\*A sınıfı buharlaşma kabından ölçülmüştür.



Modelde bu eşitlik numerik çözüm tekniğine göre çözülmüştür. Eşitliğin çözümü için toprak su ilişkilerini tanımlayan analitik fonksiyonların tanımlanması gerekmektedir. Bu amaçla matris potansiyelin bir fonksiyonu olarak hidrolik iletkenlik  $K(\Psi_m)$  ve matris potansiyelin bir fonksiyonu olarak su içeriği  $\theta(\psi)$  için sırasıyla van Genuchten (1980) ve Mualem (1976) modelleri kullanılmıştır. Ancak bu modeller van Dam (2008) de detaylı olarak açıklandığı için burada anlatılmamıştır. Bu fonksiyonlar içindeki bazı parametrelere ait değerler her iki araştırmadaki toprak tekstürü (killi ve killi tın) için de ayrı ayrı optimize edilerek Çizelge 3.5'te verilmiştir.

Modeldeki bir diğer parametre ise S'dir. Bu ise her bir bitki için gelişme faktörüne bağlı olarak model kütüphanesinden alınabilir veya simüle edilen bölge için deneysel olarak bulunabilir. Bu çalışmada model kütüphanesinden faydalanılmıştır.

Modeldeki iklim parametreleri ise Çizelge 3.1. ve 3.2'de verilmiştir. Bitkilere ait ekim zamanları sulama zamanları ve verilen su miktarları Erdem (2000) ve Gündüz (2007)'de verildiği gibidir.

### **3.2.2. Model çıktıları**

SWAP modeli 3.1.1.'de bahsedildiği gibi çok sayıda çıktı vermektedir veya *agrohidrolojik* birçok parametreyi simüle etmektedir. Ancak burada zamanın ve toprak profil derinliğinin bir fonksiyonu olarak su içeriği simüle edilmiştir.

### **3.2.3. Simülasyon işlemi ve sunumu**

Tarla çalışmalarında toprak nemi ortalama olarak 10 günlük aralıklarla ölçülmüş ve profildeki toplam su miktarına bağlı olarak uygulanması gereken su miktarı veya evapotranspirasyon hesaplanmıştır. Tarla çalışmalarından elde edilen sulama suyu miktarı (I) veya evapotranspirasyon miktarlarını (ET), simülasyon sonucu elde edilen nem değerlerinden hesaplanan I ve ET ile karşılaştırmak amacıyla, model kullanım kılavuzuna uygun olarak çalıştırılmıştır.

Bu amaçla önce sezon içerisindeki iklim değerleri (sıcaklık, yağış, oransal nem, radyasyon, rüzgar hızı) girilmiştir. Programa günlük veri yüklemek mümkündür. Ancak elimizdeki veriler 10 günlük olduğu için, onar günlük ortalamalar şeklinde tanımlanmıştır. Model iklim değerlerinden Penman Montaitth yöntemine göre ET değerini hesaplamaktadır.

Daha sonra toprak ile ilgili  $K(\Psi_m)$  ve  $\theta(\psi)$  fonksiyonunun tanımlanmasında kullanılan ve Çizelge 3.5'te verilen parametreler girilmiştir. Tarla çalışmalarında toprak profili 30 cm'lik katmanlara ayrılmışken, hesaplamaların hassas olması için simülasyonlarda birer cm'lik tabakalar halinde ele alınmıştır.

Üst sınır şartları bitkilerden ve toprak yüzeyinden meydana gelen ET ile tanımlanmışken, alt sınır şartları ise serbest drenaj koşulları ile tanımlanmıştır. Yüzey akış ve drenaj ihmal edilmiştir.

Tarla çalışmalarında nem ölçümlerine karşılık gelen günler için simülasyon yapılmış ve ölçülen değerler ile simülasyon değerleri arasındaki uyum istatistiksel olarak (Regresyon ve ANOVA) değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.3. Ayçiçeği bitkisinin 1998 yılına ait bazı toprak fiziksel özellikleri (Erdem 2000).

Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Kullanılabilir su tutma kapasitesi		
			(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	
0-30	C	1.48	27.13	120.46	17.92	79.56	9.21	40.90	
30-60		1.51	27.57	124.89	18.10	81.99	9.47	42.90	
60-90		1.55	27.10	126.02	20.01	93.05	7.09	32.97	
90-120		1.58	27.90	132.25	21.02	99.64	6.88	32.61	
0-90					371.37		254.60		116.77
0-120					503.62		354.24		149.38

Çizelge 3.4. Asma bitkisinin 2005 yılına ait bazı toprak fiziksel özellikleri (Gündüz, 2007).

Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Kullanılabilir su tutma kapasitesi		
			(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	
0-30	CL	1.63	26.84	131.25	12.58	61.52	14.26	69.73	
30-60		1.63	24.90	121.76	12.40	60.64	12.50	61.13	
60-90		1.59	26.81	127.88	13.97	66.64	12.84	61.25	
90-120		1.82	26.66	145.56	15.19	82.94	11.47	62.63	
120-150		1.86	28.21	157.41	16.39	91.46	11.82	65.96	
150-180		1.69	28.82	146.12	15.40	78.08	13.42	68.04	
0-90					380.89		188.8		192.11
0-120					526.45		271.74		254.74

Çizelge 3.5. Toprak su ilişkileri ile ilgili model parametreleri.  $K(\psi_m) \cdot \theta_r$  higroskopik su içeriği,  $\theta_s$  saturasyon su içeriği,  $\theta$  volumetrik su içeriği ve  $m$ ,  $n$  ve  $\alpha$  toprak tekstürü ile ilgili katsayılarıdır;  $K_s$  doymun şartlarda hidrolik iletkenlik,  $a$  ve  $b$  toprak tekstürü ile ilgili regresyon eğrisi uydurma katsayılarıdır.

Toprak	$\psi_m(\theta)$ parametresi (Genuchten 1980)					
	$\theta_r$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	$\theta_s$ (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	$\alpha$ (1/cm)	$n$	$m$	$R^2$
Killi	0.000	0.45	0.033	1.347	0.257	0.99
Killi tın	0.001	0.52	0.882	1.364	0.266	0.99
Toprak	$K(\psi_m)$ parametresi (Maulem 1976)					
	$a$ (m)	$b$ (m)	$a/b = K_s$ (m/s)	$n$	$R^2$	
Killi	$4.90 \cdot 10^{-7}$	4.35 10	$0.130 \cdot 10^{-10}$	2	0.99	
Killi tın	$4.93 \cdot 10^{-5}$	6.52	$0.790 \cdot 10^{-6}$	3	0.93	

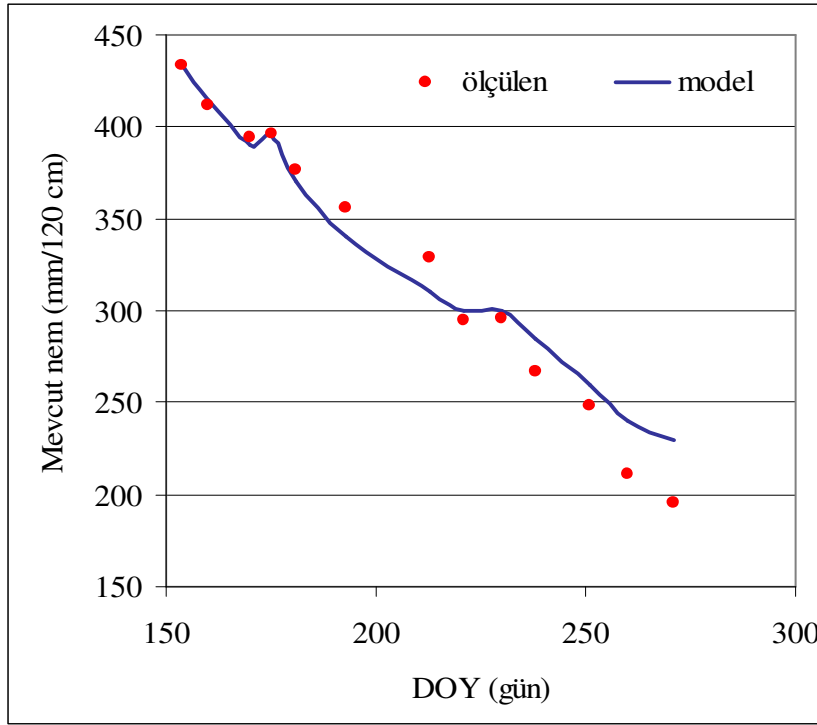
## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

### 4.1. Ayçiçeği Bitkisi için yapılan simülasyon sonuçları

#### 4.1.1. Ayçiçeği sulamasız çalışma konusunun test edilmesi

Deneme süresince belirli aralıklarla toprak profilindeki nem ölçümleri her 30 cm'de bir yapılarak 120 cm deki toplam nem miktarı mm olarak hesaplanmıştır (Erdem 2000). SWAP modeli ile de her üç günde, 10 cm'de bir toprak profili nem içerikleri simüle edilerek, denemelerdekine benzer şekilde 120 cm toprak sütununda mm su yüksekliği cinsinden hesaplanmıştır. Ölçülen değerler ile modelle hesaplanan değerler Şekil 4.1.'de karşılaştırılmıştır.

Ölçülen ve simüle edilen veriler arasında iyi bir uyum bulunmuştur ( $R^2 = 0.97$ ). Yapılan ANOVA tek yön istatistiksel analiz sonucu aralarında 0.01 ve 0.05 önemlilik düzeyinde bir fark bulunamamıştır (EK-1). Daha önce yapılan çalışmalarda da SWAP modelinin kuru koşullarda daha iyi sonuç verdiği belirtilmiştir (Toth ve ark. 2008, Ustet ve ark. 2007, Garofalo 2005).



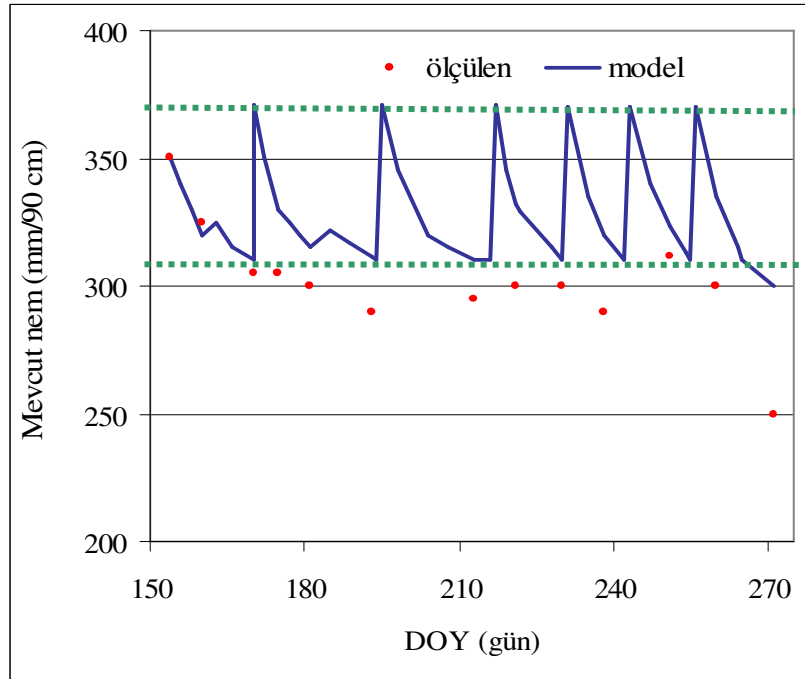
Şekil 4.1. Sulamasız koşullarda ayçiçeği bitkisi için toprak profilindeki ölçülen (Erdem 2000) ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması. (DOY: day of year)

#### 4.1.2. Ayçiçeğinin tam sulama konusunda ( $R_y=0.5$ ) konusunun test edilmesi

Toprak profilinin 90 cm'lik kısmında ölçülen ve model ile hesaplanan veriler Şekil 4.2.'de sunulmuştur. Bu konuda 90 cm'lik kısmın dikkate alınmasının sebebi sulamalarda 90 cm'nin dikkate alınmasıdır. Simülasyon sonuçlarında hesaplanan nem içerikleri süreklilik arz ederken, ölçülen değerler için bu geçerli değildir. Ölçülen değerler 170. günden itibaren (başlangıçtan itibaren 3. nokta) aynı zamanda sulamadan hemen önceki nem içeriklerini yansıtmaktadır. Bu duruma göre 170. gün ile 251. gün arasında toplam 8 sulama gerçekleştirilmiş, 251. günden sonra sulamalar kesilmiştir. Grafikteki kesikli çizgilerden üstteki tarla kapasitesini (371 mm) ve alttaki sulamanın başlaması gereken noktayı (312.5 mm) temsil etmektedir. Şekil 4.2'den görüleceği üzere simülasyon sonucu 6 defa sulama yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Deneme sonuçlarına göre hesaplanan toplam ET 968 mm (135 mm yağış, 234 mm toprak profili nem değişimi ve 596 mm sulama suyu) iken simülasyon sonucu bulunan ET 785 mm (135 mm yağış, 203 mm toprak profili nem değişimi ve 447 mm sulama suyu) bulunmuştur.

Ölçülen ve hesaplanan veri setleri birbiri ile aynı olmadığı için bunlar üzerinde herhangi bir istatistiksel çalışma yapılmamıştır. Ancak ilk 20 günlük sonuçlar karşılaştırıldığında iyi bir uyumun olduğu gözlemlenebilir.



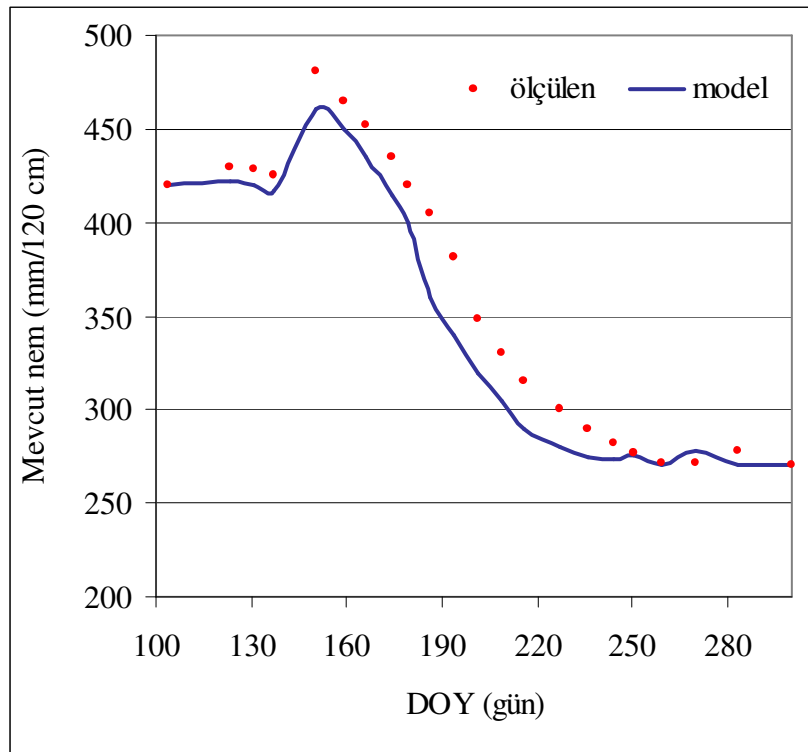
Şekil 4.2. Tam sulama koşullarda ayçiçeği bitkisi için toprak profilindeki ölçülen (Erdem 2000) ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması. (DOY: day of year)

## 4.2. Asma bitkisi için yapılan simülasyon sonuçları

### 4.2.1. Asmanın sulamasız çalışma konusunun test edilmesi

Deneme süresince belirli aralıklarla toprak profilindeki nem ölçümleri her 30 cm'de bir yapılarak 120 cm deki toplam nem miktarı mm olarak hesaplanmıştır (Gündüz 2007). SWAP modeli ile de her üç günde, 10 cm'de bir toprak profili nem içerikleri simüle edilerek, denemelerdekine benzer şekilde 120 cm toprak sütununda mm su yüksekliği cinsinden hesaplanmıştır. Ölçülen değerler ile modelle hesaplanan değerler Şekil 4.3.'de karşılaştırılmıştır.

Ölçülen ve simüle edilen veriler arasında iyi bir uyum bulunmuştur ( $R^2 = 0.97$ ). Yapılan ANOVA tek yön istatistiksel analiz sonucu aralarında 0.01 ve 0.05 önemlilik düzeyinde bir fark bulunamamıştır (EK-2). Model genelde ölçülen değerlerden daha çok su kaybı hesaplamıştır. Bu nedenle toprak profili nem miktarı genellikle düşük bulunmuştur. Toprak profilindeki başlangıç ve bitiş nem düzeyleri her iki veri setinde de aynı olduğu için aynı ET değeri de aynı hesaplanmıştır (285 mm). Ben-Asher ve ark. (2006) bağlarda tuzlu ve normal sulama suyu koşullarında benzer sonuçları bulmuştur.



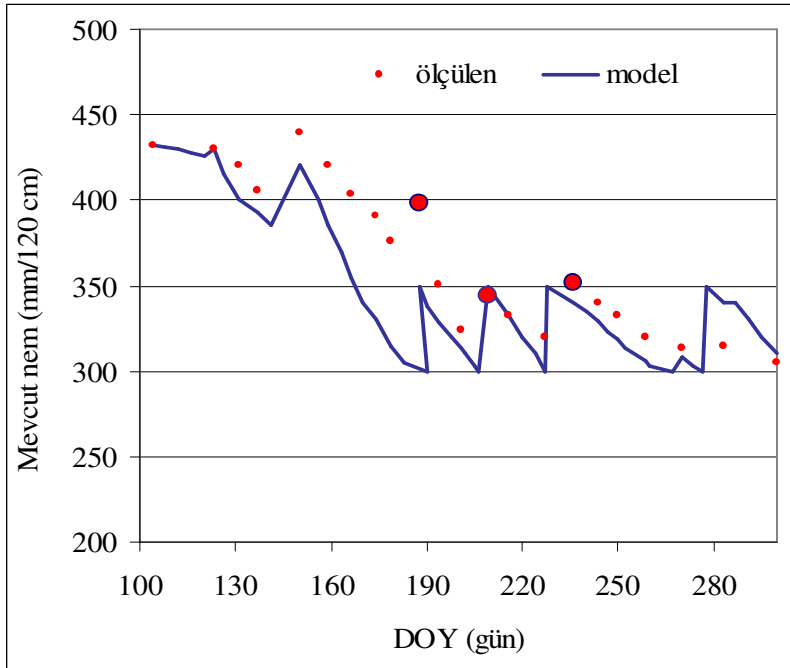
Şekil 4.3. Sulamasız koşullarda asma bitkisi için toprak profilindeki ölçülen (Gündüz 2007) ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması. (DOY: day of year)

#### 4.2.2. Asma bitkisinin tam sulama konusunda ( $R_y=0.7$ ) test edilmesi

Toprak profilinin 120 cm'lik kısmında her 10 günde ölçülen ve 3 gün ara ile simüle edilen nem değerleri Şekil 4.4.'de karşılaştırılmıştır. Veriler karşılaştırıldığında 150. ve 190. günler arasındaki nem içerikleri arasında önemli sapmalar görülmüştür. Ancak 150. güne kadar ve 190. günden sonra model sonuçları ve ölçülen değerler arasında daha iyi bir uyum bulunmaktadır. Sezon boyunca iki veri seti karşılaştırıldığında kısmen düşük bir regresyon katsayısı elde edilmiştir ( $R^2 = 0.77$ ).

Tarla çalışmalarında 3 sulama yapılmışken (grafikte daha iri olarak belirtilmiştir) simülasyon sonucu 4 sulama hesaplanmıştır (150. gündeki yağış sonucu kaydedilen pik hariç her pik bir sulamaya karşılık gelmektedir).

Deneme çalışmalarında toplam ET 390 mm (127 mm profil nemi, 128 mm sulama ve 135 mm yağış) olarak bulunmuştur. Simülasyon sonucunda ise toplam ET 455 mm (127 mm profil nemi, 200 mm sulama ve 135 mm yağış) olarak hesaplanmıştır. Bu durumda model toplam ET'yi %15 daha fazla hesaplamıştır. Bu fazlalık tamamen sulama suyu miktarından kaynaklanmaktadır. Sadece sulama suyu dikkate alınırsa, model sulama suyu miktarını %17 fazla hesaplamıştır.



Şekil 4.4. Tam sulama koşullarda asma bitkisi için toprak profilindeki ölçülen (Gündüz 2007)) ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması. (DOY: day of year)

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmanın amacı, Tekirdağ koşullarında ayçiçeği ve bağcılıkta yapılan toprak profilindeki nem değişiminin SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant) Modeli ile tahmin edilerek, bölge koşullarında önemli ölçüde zaman, işgücü ve maddiyat gerektiren bitki-su-verim çalışmalarının minimum düzeye indirilmesidir.

Ayçiçeğinin sulamasız çalışma konusundaki ölçülen ve simüle edilen verileri arasında iyi bir uyum bulunmuştur ( $R^2 = 0.97$ ). Yapılan ANOVA tek yön istatistiksel analiz sonucu aralarında 0.01 ve 0.05 önemlilik düzeyinde bir fark bulunamamıştır (EK-1).

Ayçiçeğinin tam sulama konusundaki ( $R_y=0.5$ ) sonuçlarına göre hesaplanan toplam ET 968 mm (135 mm yağış, 234 mm toprak profili nem değişimi ve 596 mm sulama suyu) iken simülasyon sonucu bulunan ET 785 mm (135 mm yağış, 203 mm toprak profili nem değişimi ve 447 mm sulama suyu) bulunmuştur. Ölçülen ve hesaplanan veri setleri birbiri ile aynı olmadığı için bunlar üzerinde herhangi bir istatistiksel çalışma yapılmamıştır. Ancak ilk 20 günlük sonuçlar karşılaştırıldığında iyi bir uyumun olduğu gözlenebilir.

Asmanın sulamasız çalışma konusundaki ölçülen ve simüle edilen veriler arasında iyi bir uyum bulunmuştur ( $R^2 = 0.97$ ).

Asma bitkisinin tam sulama konusunda ( $R_y=0.7$ ) Deneme çalışmalarında toplam ET 390 mm (127 mm profil nemi, 128 mm sulama ve 135 mm yağış) olarak bulunmuştur. Simülasyon sonucunda ise toplam ET 455 mm (127 mm profil nemi, 200 mm sulama ve 135 mm yağış) olarak hesaplanmıştır. Bu durumda model toplam ET'yi %15 daha fazla hesaplamıştır. Bu fazlalık tamamen sulama suyu miktarından kaynaklanmaktadır. Sadece sulama suyu dikkate alınırsa, model sulama suyu miktarını %17 fazla hesaplamıştır.

Her iki bitki için de kuru koşullardaki uyum daha iyi bulunmuştur. Sulu koşullardaki uyumun nispeten zayıf olmasının nedeni tarla çalışmalarında nem takibinin onar günlük ara ile yapılmış olmasında kaynaklanmıştır. Modelin kullanılabilmesine dair bilgiler olmasına karşılık, özellikle modeli test etmek amacıyla düzenlenen tarla çalışmalarıyla birlikte değerlendirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.



## 6. KAYNAKLAR

- Abbott MB, Bathurst JC, Cunge JA, O'Connell PE, and Rasmussen J (1986). An Introduction to The European Hydrological System - Systeme Hydrological Europeen, SHE, 1: History and Philosophy of A Physically-Based, Distributed Modelling System. *Journal of Hydrology*, **87**: 4-69.
- Babu DK (1976). Infiltration Analysis and Perturbation Methods, 3. Vertical Infiltration. *Water Resources Researches*, **12**:1019-1024.
- Bakanoğulları F (1995). Kırklareli Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, 48s, Edirne.
- Batu V (1979). Flow Net for Unsaturated Infiltration From Strip Source. *Transactions of ASCE*, **105(IR3)**: 233-245.
- Belmans C, JG Wesseling and RA Feddes (1983). Simulation of The Water Balance of A Cropped Soil: SWATRE. *Journal of Hydrology*, **63**: 271-286.
- Bellot J, Ortiz de Urbina JM (2008). Soil water content at the catchment level and plant water status relationships in a Mediterranean Quercus ilex forest. *Journal of Hydrology* 357: 67-75.
- Ben-Asher J, Van Dam J, Feddes RA, Jhorar RK (2006). Irrigation of Grapevines With Saline Water- II. Mathematical Simulation of Vine Growth and Yield. *Agricultural Water Management*, 83:22-29.
- Crescimanno G and Garofalo P (2005). Application and Evaluation of The SWAP Model for Simulating Water and Solute Transport in A Cracking Clay Soil. *Soil Science Society of America Journal*, 69:1943-1954.
- Casgrove, W.J. and F.R. Rijsberman (2000). World Water Vision, making water everybody's business. World Water Council, Earthscan Publications Ltd., London, UK:108 .
- Çakır R ve Karaata H (1996). Kırklareli Ovası Yağmurlama Sulama Rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Kırklareli Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, Kırklareli 91:50-35.
- Çakır R (1999). Trakya Koşullarında Yetiştirilen Hibrit Mısırın Su Verim İlişkileri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Kırklareli Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, Kırklareli 92:62-41.
- Çakır R (2003). Kayalıköy (Teke) Sulaması Yağmurlama Rehberi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Kırklareli Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları Kırklareli,108:64-43.
- Dierckx J, Belmans C and Pauwels P (1986). SWATRERA Computer Package for Modelling The Field Water Balance. Reference Manual. Laboratory of Soil and Water Engineering, Faculty of Agriculture Sciences, 114p, Belgium
- Eitzinger J, Tranka M, Hösch J, Zalud Z, Dubrovsky M (2003). Comparison of CERES, WOFOST and SWAP Models in Simulating Soil Water Content During Growing Season Under Different Soil Conditions.
- Erdem T and Delibaş L (2003). Yield Response of Sunflower to Water Stres Under Tekirdag Conditions. *Helia*, 26(38): 149-158.
- Erdem T (2000). Tekirdağ Koşullarında Ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L) Su Verim İlişkileri. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi, 135s Tekirdağ
- Feddes RA, Kowalik PJ and Zaradny H (1978). Simulation of Field Water Use and Crop Yield. Simulation Monograph, PUDOC.189, Wageningen, The Netherlands.

- Flowers TJ, Ragab R, Malash N, Abdel Gawad G, Cuartero J and Arslan A (2005). Sustainable Strategies for Irrigation in Salt-Prone Mediterranean SALTMED. *Agricultural Water Management*, 78:3-14.
- Gündüz A (2007). Tekirdağ Koşullarında Sulamanın Razıka ve Semillon Üzüm Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi, 119s, Tekirdağ.
- Hayhoe HN and R de Jong (1982). Computer simulation model of soil water movement and uptake by plant roots. Land Resources Research Institute, Publication 82-13, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, Canada: 74D, 73p
- İstanbulluoğlu A ve Kocaman İ (1996). Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri. Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları, Tekirdağ, 88:251-97.
- Istanbulluoglu A, Kocaman İ and Konukcu F (2002a). Water Use-Production Relationship of Maize under Tekirdag Conditions in Turkey, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(3): 287-291.
- İstanbulluoğlu A, Konukcu F ve Kocaman İ (2006). Trakya Bölgesi Su Kaynaklarının Geliştirilmesi ve Sulu Tarım Uygulamaları: Mevcut Sorunların Çözümü için Analizi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 23s, Tekirdağ.
- Karaata H (1991). Kırklareli Koşullarında Ayçiçeği Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonları (Doktora Tezi). Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Kırklareli Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, 28/24, 92s, Kırklareli.
- Lomen D O and Warrick AW (1974). Time-Dependent Linearized Infiltration, II. Line Sources. *Soil Science Society of America Proceedings*, 38: 568-572.
- Mualet Y (1976). A New Model for Predicting The Hydraulic Conductivity of Unsaturated Porous Media. *Water Resources Research*, 12: 513-522.
- Orta AH, Şehrali S, Başer İ, Erdem T, Erdem Y and Yorgancılar Ö (2002a). Water-Yield Relation and Water-Use Efficiency of Winter Wheat in Western Turkey. *Cereal Research Communications*, 30(3-4): 367-374.
- Orta AH, Erdem T and Erdem Y (2002b). Determination of Water Stress Index in Sunflower. *Helia*, 25(37): 27-38.
- Orta AH, Şehrali S, Başer İ, Erdem T and Erdem Y (2004). Use of Infrared Thermometry for Developing Baseline Equations and Scheduling Irrigation in Wheat. *Cereal Research Communications*, 32(3): 363-370.
- Parlange JY (1972). Theory of Water Movement in Soils, 2. One Dimensional Infiltration. *Soil Science*, 111: 171-174.
- Prinz D (2004) Water and Development – The Challenge Ahead', EWRA Symposium on Water Resources Management: Risks and Challenges for the 21th Century. 2-4 September, Izmir
- Raats PAC (1976). Analytical Solution for a Simplified Flow Equation. *Transaction of ASAE*, 19: 683-689.
- Ragab R, Malash N, Abdel Gawad G, Arslan A and Ghaibeh A (2000). A Holistic Generic Integrated Approach for Irrigation, Crop and Field Management 1. The SALTMED Model and Its Calibration Using Field Data Egypt and Syria. *Agricultural Water Management* 78:67-88.
- Ragab R (2002). An Integrated Modelling Approach for Irrigation Water Management Using Saline and Non-Saline Water: The Saltmed Model. *Acta hort. (ishs)* 573:129-138.
- Ragab R, Malash N, Abdel GG, Arslan A and Ghaibeh A (2005) A holistic generic integrated approach for irrigation, crop and field management. 1. The SALTMED model and its calibration using field data from Egypt and Syria. *Agricultural Water Management*, 78, 67-88.

- Richards LA (1931). Capillary Conduction of Liquid Through Porous Media. *Physics*, **1**: 318-333.
- Sarwar A (2000). A Transient Model Approach to Improve on-farm Irrigation and Drainage in Semiarid Zones. PhD-thesis, 143p, Wageningen University.
- Shiklomanow IA (1990). Global Water Resource. *Nature and Resources*, 26:3.
- Shimajima E, Curtis A and Alan A (1990). The Mechanism of Evaporation from Sand Columns with Restricted and Unrestricted Water Table Using Deuterium Under Turbulent Air Flow Conditions. *Journal of Hydrology*, **117**: 15-54.
- Toth E, Farkas C, Nagy V, Hagyo A, Stekauerova V (2008). Assessment of Spatial Variation of The Soil Water Regime in The Soil-Planet System. *Cereal Research Communications*, 36: 307-310.
- UN, WWAP (2003). UN World Water Development Report. Water for People, Water for Life UNESCO, Berghahn Boks.
- Utset A, Velicia H, Delrio B, Morillo R, Centeno JA, Martinez JC (2007). Calibrating and Validating an Agrohydrological Model to Simulate Sugarbeet Water Use Under Mediterranean Conditions. *Agricultural Water Management*, 94:11-21.
- Vanclooster M, Viaene P, Diels J and Christianes K (1995). WAVE: A Mathematical Model for Simulating Water and Agrochemical in The Soil and Vadose Environment. Institute for Land and Water Management, Belgium.
- van Genuchten MT (1980). A Closed Form Equation for Predicting The Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Science Society of America Journal*, **44**: 892-898.
- Van Dam JC, Huygen J, Wesseling JG, Feddes RA, Kabat P, Van Walsum PEV, Groenendijk P ve Van Diepen CA (1997). SWAP Version 2.0, Theory. Simulation of Water Flow, Solute Transport and Plant Growth in The Soil-Water-Atmosphere-Plant Environment. Report 71. Department of Water Resources, Wageningen Agricultural University. Technical Document 45 DLO Winand Staring Centre, Wageningen.
- Van Dam JC, Huygen J, Wesseling JG, Feddes RA, Kabat P, van Walsum PEV et al. 1997. *SWAP Version 2.0, Theory. Simulation of Water Flow, Solute Transport and Plant Growth in the Soil-Water-Air-Plant Environment*. Report No 71. DLO Winand Staring Centre, Department Water Resources, Wageningen Agricultural University, Wageningen
- Van Dam JC, Groenendijk P, Hendriks RFA, Kroes JG (2008) Advances of modeling water flow in variably saturated soils with SWAP *Vadose Zone Journal* 7 (2). - p. 640 – 653
- Van Genuchten MT (1980). A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, **44**, 892–898.
- Voss CI (1984). SUTRA. A Finite Element Simulation Model for Saturated-Unsaturated Fluid Density Dependent Groundwater Flow with Energy Transport or Chemically Reactive Single Species Transport. U.S. Geological Survey Water Resources Investigations, 409p.
- Wagenet RT and Hutson JL (1989). LEACHM: A Process Based Model of Water and Solute Movement, Transformation, Plant Uptake and Chemical Reactions in The Unsaturated Zone. Centre for Environmental Research, Cornell University, Ithaca, NY: 147p.
- Warrick AW (1974). Solution to One Dimensional Linear Moisture Flow Equation with Water Extraction. *Soil Science Society of America Journal* **38**: 573-576.
- Weihermüller L, Siemens J, Deurer M, Knoblauch S, Rupp H, Göttlein A and Pütz T (2007). In Situ Soil Water Extraction: A Review. *Journal of Environmental Quality* 36:1735-1748.

- Wesseling JG, Kabat P, van Broek BT and Feddes RA (1989). Simulation Model of The Water Balance of a Cropped Soil With Different Types of Boundary Conditions Including the Possibility of Drainage and Irrigation and the Calculation of Crop Yield. Instructions for Input SWACROP. Winand Staring Centre. Wageningen. the Netherlands, 127p.
- Yakan H ve Kanburoğlu S (1989). Kırklareli Koşullarında Ayçiçeğinin Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Kırklareli Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, 45:14-10, Kırklareli.
- Yakan H ve Sürek H (1990). Edirne Yöresinde Çeltik Sulaması. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Kırklareli Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, 18/14, 28s, Kırklareli.
- Yakan H ve Kanburoğlu S (1992). Kırklareli Koşullarında Buğdayın Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Kırklareli Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü yayınları, 37:30-26, Kırklareli.

## EKLER

**EK-1.** Sulamasız koşullarda ayçiçeği bitkisi için toprak profilindeki ölçülen (Erdem 2000) ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen tek yön ANOVA testi.

Anova: Tek Etken (0.01)

### ÖZET

<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
Sütun 1	13	4210	323.8462	6114.141
Sütun 2	13	4268	328.3077	4545.564

### ANOVA

<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Gruplar						
Arasında	129.3846	1	129.3846	0.024275	0.877489	7.822871
Gruplar İçinde	127916.5	24	5329.853			
Toplam	128045.8	25				

Anova: Tek Etken 0.05

### ÖZET

<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
Sütun 1	13	4210	323.8462	6114.141
Sütun 2	13	4268	328.3077	4545.564

### ANOVA

<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>	<i>F ölçütü</i>
Gruplar							
Arasında	129.3846	1	129.3846	0.024275	0.877489	4.259677	7.822871
Gruplar İçinde	127916.5	24	5329.853				
Toplam	128045.8	25					

**EK-2.** Sulamasız koşullarda asma bitkisi için toprak profilindeki ölçülen (Erdem 2000) ve simüle edilen nem verilerinin karşılaştırılması amacıyla gerçekleştirilen tek yön ANOVA testi.

Anova: Tek Etken 0.01

ÖZET

<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
Sütun 1	22	7974	362.4545	5630.736
Sütun 2	22	7647	347.5909	5156.253

ANOVA

<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Gruplar Arasında	2430.205	1	2430.205	0.450581	0.505735	7.279561
Gruplar İçinde	226526.8	42	5393.495			
Toplam	228957	43				

Anova: Tek Etken 0.005

ÖZET

<i>Gruplar</i>	<i>Say</i>	<i>Toplam</i>	<i>Ortalama</i>	<i>Varyans</i>
Sütun 1	22	7974	362.4545	5630.736
Sütun 2	22	7647	347.5909	5156.253

ANOVA

<i>Varyans Kaynağı</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-değeri</i>	<i>F ölçütü</i>
Gruplar Arasında	2430.205	1	2430.205	0.450581	0.505735	4.072654
Gruplar İçinde	226526.8	42	5393.495			
Toplam	228957	43				

## **ÖZGEÇMİŞ**

1980 yılında Amasya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Amasya'da tamamladı. 1999 yılında girdiği Ondokuz Mayıs Üniversitesi Amasya Meslek Yüksekokulu İnşaat Teknikerliği bölümünden 2002 yılında mezun oldu. 2002 yılında girdiği Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Teknoloji Bölümü Tarımsal Yapılar ve Sulama alt programında 2006 yılında mezun oldu. 2006 yılında başladığı Yüksek Lisansına halen devam etmektedir. Evli ve bir çocuk sahibidir.