

Hatice GÜRGÜLÜ  
Mehmet Ali UL

Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar  
ve Sulama Bölümü, 35100, İzmir / Türkiye  
sorumlu yazar: hatice.gurgulu@ege.edu.tr

## İzmir’de Yetiştirilen Bazı Bitkiler İçin Bitki Su Tüketimi Değerleri ve Sulama Programları

Evapotranspiration Values and Irrigation Schedules for Some Crops Grown in Izmir

Alınış (Received): 01.03..2017

Kabul tarihi (Accepted): 21.03.2017

### Anahtar Sözcükler:

Bitki su tüketimi, sulama zaman planlaması, sulama programı

### Key Words:

Evapotranspiration, planning irrigation time, irrigation schedule

### ÖZET

**B**u çalışmada, tarımsal üretimin yoğun olarak yapıldığı İzmir ilinde yetiştirilen bazı bitkiler için bitki su tüketimi değerleri ile sulama programları belirlenmeye çalışılmıştır. Sulama programlarının oluşturulmasındaki toprak-su bütçesi yaklaşımı, yöre koşullarına uygun sulama planlarının elde edilmesinde ve farklı koşullarda ortaya çıkacak değişimlerin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu amaçla çalışmada, İzmir yöresi için referans bitki su tüketimi değerleri Penman-Monteith (FAO Modifikasyonu) yöntemi ile hesaplanmıştır. Sulama zaman planlarının oluşturulmasında, yetiştirilen herhangi bir bitki için bölgenin iklim ve toprak koşulları, yetiştirilen bitkinin karakteristikleri, çiftçi istekleri ve kullanılan sulama yöntemi ile sulama sisteminin özelliklerini göz önüne alarak yeterli su koşullarında sulama planları elde edilmesini sağlayan IRSIS bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

### ABSTRACT

**I**n this study, it is aimed to determine evapotranspiration values and irrigation scheduling programs for some plants widely grown in Izmir. Soil-water budget approach used for establishing compatible with the local conditions and the possible variations under different conditions such as adequate water is used. Reference evapotranspiration values were calculated by using Penman-Monteith (FAO Modification) Method for plants grown in Izmir. Irrigation programs were developed by IRSIS computer software which considers crop characteristics, climate and soil conditions, farmer requests, irrigation method and irrigation system characteristics for adequate water conditions.

### GİRİŞ

Bitkinin normal gelişmesini sağlamak için önemli koşullardan biri büyüme mevsimi boyunca kök bölgesinde yeterli düzeyde nemin bulundurulmasıdır. Bu nemi sağlayan kaynakların ilki doğal yağışlardır. Nemli bölgelerde bitki büyüme mevsimi boyunca düşen yağışların miktarı ve dağılımı genellikle bitki su ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmaktadır. Ancak kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde bitki büyüme mevsimi boyunca düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım açısından yetersiz kalmakta ve bitki su ihtiyacını karşılayamamaktadır. Dolayısıyla, bitki kök bölgesindeki eksik nem sulama suyu ile tamamlanmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesi’ndeki dar bir alan dışında Türkiye’nin tüm bölgeleri kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. Bu nedenle Türkiye’de sulama bitkisel üretim için oldukça önemlidir.

Sulama, bitkilerin normal gelişmeleri için ihtiyaç duydukları suyun doğal yağışlarla karşılanamayan kısmının toprağa, bitki kök bölgesine verilmesi biçiminde tanımlanmaktadır. Sulanmayan alanlarda yetiştirilen kültür bitkilerinin oldukça sınırlı kalması, bu bitkilerin bile sulanması ile verim artışı sağlanması, bunun yanında, sulanmayan alanlarda diğer tarımsal girdilerin kısıtlı kalması, sulamanın önemini vurgulayan konulardır. Bu nedenle, sulama önemli tarımsal girdilerden biridir ve modern tarımın ayrılmaz bir parçasıdır (Güngör ve ark., 2004).

Toprak yüzeyinden olan buharlaşma ve bitki yapraklarından olan terlemenin toplamı biçiminde tanımlanan bitki su tüketimi, doğrudan ölçülebildiği gibi iklim verilerinden tahmin yöntemleriyle de belirlenebilmektedir. Doğrudan ölçme yöntemleri zaman alıcı ve pahalı olmaları nedeniyle, geliştirilen

ampirik eşitlikler bitki su tüketimi tahmini amacıyla kullanılmaktadır. Gerek sulama projelerinde ortalama bitki su tüketiminin tahmininde gerekse sulama zamanının planlanmasında, uygulamada yaygın olarak iklim verilerinden tahmin yöntemleri kullanılmaktadır. Sulama projelerinin ortalama bitki su tüketiminin tahmininde kullanılan ampirik eşitlikler, genellikle uzun periyotlar için sağlıklı sonuçlar veren ve birkaç iklim elemanını kapsayan basit eşitliklerdir. Sulama zamanının planlanmasında dikkate alınan bitki su tüketimi tahminlerinde kullanılan ampirik eşitlikler ise günlük, haftalık ve en çok on günlük periyotlar için sağlıklı sonuçlar veren, genellikle çok sayıda iklim elemanını içeren nispeten karmaşık eşitliklerdir (Jensen, 1974; Doorenbos ve Pruitt, 1977; Burman ve ark., 1983; Orta ve ark., 2000).

Bitki su tüketimi değerlerinin iklim verilerine dayalı tahmin eşitlikleri ile hesaplanması amacıyla öncelikle, belli koşullara sahip kıyas (referans) bir bitki alınarak, bu bitkiye ait su tüketiminin tahmininde kullanılabilir ampirik eşitlikler geliştirilmiştir. Daha sonra bu eşitliklerin diğer bitkilere ilişkin su tüketimi tahminlerinde kullanılabilmesi için, eşitlikler bitki cinsi ve bitki gelişme devresinin fonksiyonu olan bitki katsayıları ile düzeltilmektedir. Burada referans bitki su tüketiminin hesaplanmasında Penman-Monteith ve A sınıfı kap buharlaşması yöntemlerinin FAO modifikasyonları ile uzun periyotlar için sağlıklı sonuçlar veren Blaney-Cridle yönteminin FAO modifikasyonundan söz edilebilir (Gürgülü ve Ul, 2009).

Sulama zamanının planlanmasında kullanılan toprak su bütçesi yaklaşımı özellikle bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, son yıllarda gitgide önem kazanmış ve su dengesi esasına dayanan, toprak, bitki ve iklim koşulları yanında sulama yöntemi ve sulama sisteminin özelliklerini de göz önüne alan ve bilgisayar yazılımı bulunan çeşitli simülasyon modelleri geliştirilmiştir. Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından CROPWAT ve Belçika'da K. U. Leuven Üniversitesi'nde geliştirilen IRSIS bu modellere örnek olarak verilebilir. Bu modellerle sulama zamanının planlanmasında, iklim, bitki ve toprakla ilgili veriler ile sulama yöntemi ve sulama sistemi ile ilgili bilgiler kullanılmaktadır (Kodal ve ark., 1993). Bitkilerin sulama zamanının planlanması amacıyla geliştirilen bu bilgisayar programları yardımıyla farklı iklim koşulları, farklı toprak bünyeleri ve su kaynağının yeterlilik durumuna göre, herhangi bir bitkinin sulama zamanının planlanması değişik alternatifler için kısa sürede elde edilebilmektedir (İstanbuluoğlu ve Şişman, 2004).

Ülkemizde kamu ve özel kaynaklar kullanılarak gerçekleştirilen sulama projelerinde arzu edilen amaçlara süreç içerisinde tam olarak ulaşamadığı görülmektedir. Bu durum sistemin projelenmesinden

daha çok, sulama şebekelerinin işletme-bakım-yönetim organizasyonu sorunları ile tarla içi su dağıtımına ilişkin sorunlardan kaynaklanmaktadır. Üreticiler, sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi adına kesinlikle sorulması gerekli olan hangi yöntemle, ne zaman sulanmalı ve ne kadar su uygulanmalı sorularını genellikle ya sorgulamamakta ya da eksik sorgulamaktadır. Ülkemizde sulu tarımın bu yönü, suyun depolanması, tarım alanlarına iletilmesi ve dağıtılmasına yönelik çalışmalar kadar ilgi görmemiştir. Oysaki sulama projelerindeki başarının iyi planlanmış ve hayata geçirilmiş mühendislik tesisleri yanında, sulamanın tarımsal yönüne verilen öneme, iyi bir çiftçi eğitime ve proje alanında görev yapan kuruluşlar arasındaki etkin işbirliğine de bağlı olduğu unutulmamalıdır (Ul, 2001a; Ul, 2001b).

Çalışmada, İzmir yöresinde tarımı yapılan pamuk, mısır, narenciye, zeytin, domates ve biber bitkileri için bölge koşulları altında mevcut toprak, iklim ve bitki faktörlerinin dikkate alındığı IRSIS bilgisayar yazılımında sulama zaman planlaması yapılarak, bölgeye uygun sulama aralıkları ve sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Bitkilere ait sulama planlaması sonuçları sunulmuştur.

## MATERYAL ve YÖNTEM

### Materyal

İzmir ili; orta enlem kuşağında, denizsel etkilere açık, iç deniz özelliği gösteren körfez yapısı ile kıyı Ege şeridinin tektonik özelliğine göre iklimsel karakter göstermektedir. Orta enlem kuşağında yer alması ve kıyı şehri olması nedeni ile Akdeniz İklimi karakteri hakimdir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve bol yağışlı, bahar ayları ise geçiş özelliği gösterir. Güneşlenme potansiyeli yüksektir. Rüzgâr durumu, denize açık kıyı şeridi ve farklı topoğrafik yapıları bir arada bulundurması nedeni ile önemli bir üretim potansiyeli oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr ve güneş) açısından da önemli sayılabilecek düzeyde potansiyele sahiptir. Zarar verici meteorolojik olayların (kuvvetli yağış, dolu, fırtına, don vb.) oluşma sıklığı özellikle kış aylarında yüksektir. İzmir ili uzun yıllık toplam yağış ortalaması 689.0 mm'dir. Uzun yıllık ortalama sıcaklığı 17.9°C'dir ve sıcaklık artış eğilimindedir. Ortalama rüzgâr hızı 3.0 m s<sup>-1</sup>'dir. İzmir'in hâkim rüzgâr yönü Güney-Güneydoğu, mevsimsel değişimlere bağlı olarak ikincil derece hâkim rüzgâr yönü Batı-Kuzeybatı'dır (MGM, 2016).

Dağların denize dik uzanması ve ovaların İç Batı Anadolu eşiğine kadar sokulması, deniz etkisinin iç kesimlere kadar yayılmasına olanak vermektedir. Ancak, il genelinde yükseklik ve kıydan uzaklık gibi fiziksel coğrafya farklılıkları, yağış, sıcaklık ve güneşlenme açısından önemli sayılabilecek iklim farklılıklarına da yol açmaktadır.

İzmir, bitki örtüsü yönünden Akdeniz iklimi’nin etkisi altındadır. Akdeniz bitkilerinin birçoğu bulunmaktadır. Yüzyıllar boyu aşırı otlama, yangın ve tarla açma nedenleriyle ormanların ortadan kalktığı yerlerde, maki florası kendini göstermektedir. 2012 yılında bitkisel üretim değeri bakımından İzmir, 4 milyar lira ile Antalya ve Mersin’den sonra üçüncü sırada gelmektedir. Bu değer ile İzmir, Türkiye toplam bitkisel üretim değerlerinin % 4.63’ünü temsil etmektedir. İlde sırasıyla mısır, patates, pamuk ve buğday, satsuma mandalina, zeytin, üzüm, kiraz, incir ve kestane, domates, karpuz, biber, kavun, hıyar, ıspanak, pırasa ve karnabahar üretimi en yüksek olan ürünlerdir (İTB, 2016).

### Yöntem

Çalışmada, sulama zaman planlaması için gerekli olan meteorolojik veriler T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilmiştir. Bölge için referans bitki su tüketimi değerleri Penman-Monteith (FAO Modifikasyonu) yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu amaçla Belçika’da K.U. Leuven Üniversitesi’nde geliştirilen IRSIS (Irrigation Scheduling Information System) bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır. IRSIS, parsel düzeyinde yetiştirilen herhangi bir

bitki için bölgenin iklim ve toprak koşulları, yetiştirilen bitkinin karakteristikleri, çiftçi istekleri ve kullanılan sulama yöntemi ile sulama sisteminin özellikleri göz önüne alınarak yeterli ve kısıtlı su koşullarına göre sulama zaman planlarının (sulama tarihi, sulama aralığı, her sulamada uygulanacak sulama suyu derinliği) belirlenmesi amacı ile geliştirilmiş bir bilgisayar yazılımıdır (Raes ve ark., 1988; Kodal, 1996; Çakmak ve Kendirli, 2001).

IRSIS ana yönetimi; destek kütüğü yönetimi ve planlama kütüğü yönetimi olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Sulama programı oluşturmak için gerekli verilerin yüklendiği bölüm olan destek kütüğü yönetimi;  $ET_0$ , yağış, bitki ve toprak kütüğü yönetiminden meydana gelmektedir.  $ET_0$  kütüğü yönetiminde referans bitki su tüketimini hesaplamak amacıyla gerekli olan meteorolojik veriler; ortalama minimum ve maksimum sıcaklık ( $^{\circ}C$ ), ortalama güneşlenme süreleri (saat), ortalama oransal nem (%), ortalama rüzgâr hızı ( $m\ sn^{-1}$ ) ve ortalama yağış (mm)’dir. İzmir’e ait uzun yıllık ortalama iklim verileri (1997-2014) Çizelge 1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** İzmir için uzun yıllık iklim verilerinin aylık ortalama değerleri (MGM, 2015)  
**Table 1.** Monthly average values of long term climate data for Izmir

Aylar	Ortalama Minimum Sıcaklık ( $^{\circ}C$ )	Ortalama Maksimum Sıcaklık ( $^{\circ}C$ )	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	Oransal Nem (%)	Ortalama Rüzgâr Hızı ( $m\ sn^{-1}$ )	Toplam Yağış (mm)
Ocak	6.4	13.0	4.6	69.0	2.8	121.1
Şubat	6.6	13.9	5.2	67.1	3.1	117.7
Mart	8.5	17.1	6.6	62.7	3.0	72.6
Nisan	12.0	21.2	7.5	60.8	3.0	55.7
Mayıs	16.1	26.5	9.9	57.7	3.0	29.6
Haziran	21.0	31.2	11.8	51.0	3.3	13.2
Temmuz	23.8	33.9	12.3	48.7	3.4	0.5
Ağustos	23.7	33.6	11.6	50.6	3.2	3.3
Eylül	19.3	29.1	9.7	56.5	2.9	24.8
Ekim	15.3	24.3	7.6	62.8	2.7	67.8
Kasım	11.2	18.9	5.7	68.2	2.7	103.9
Aralık	8.0	14.3	4.1	69.8	2.9	131.1

Çalışmada 1997’den 2014 yılına kadar olan meteorolojik veriler, her ayın ilk 10, ikinci 10 ve üçüncü 10 günlük dilimi olmak üzere üç periyoda bölünmüştür. Her ayın ilgili 10 günlük periyoduna ait meteorolojik ölçümlerin ortalamaları  $ET_0$ ’ın hesaplanması amacıyla programın ilgili kütüğüne işlenmiştir. Yağış kütüğü yönetiminde bölgenin ortalama yağış değerleri programa girilmiştir; bitki kütüğünde bitkinin gelişme aşamaları (kc), duyarlılık aşamaları (ky), kök derinliği (D) ve kritik seviye (p) gibi bitki karakteristikleri programa girilmiştir. (Doorenbos ve Pruitt, 1977). Toprak kütüğünde solma noktası (Pv, % 14) ve tarla kapasitesi (Pv, % 38) değerleri kullanılmıştır. Bitkilerin sulama zaman planlarının elde edilmesinde, IRSIS paket

programı aylık onar günlük periyotlar için çalıştırılarak, İzmir yöresinde tarımı yapılan pamuk, mısır, narenciye, zeytin, domates ve biber bitkileri için bölgeye uygun bitki su tüketimleri (sisteme girilen veriler ile program tarafından hesaplanmıştır), sulama aralıkları ve sulama suyu miktarları belirlenmiştir.

### ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Ortalama yağış ve optimum planlama için söz konusu bitkilere ait sulama programı sonuçları (sulama sayısı, toplam sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi, en kısa sulama aralığı ve verim oranı) Çizelge 2’de verilmektedir.

**Çizelge 2.** İzmir’de yetiştirilen bazı bitkilere ait sulama programları  
**Table 2.** *Irrigation schedules for some crops grown in Izmir*

Sulama Planlaması Sonuçları					
Bitki Adı	Sulama Sayısı	Uygulanacak Toplam Sulama Suyu Derinliği (I <sub>r</sub> ) (mm)	Bitki Su Tüketimi (ET <sub>bitki</sub> ) (mm)	En Kısa Sulama Aralığı (gün)	Verim Oranı (Y <sub>a</sub> /Y <sub>m</sub> ) (%)
Pamuk	9	805.3	1013.7	11	100
Mısır	12	827.9	881.9	6	100
Narenciye	8	1056.2	1673.1	14	100
Zeytin	5	818.6	1021.4	21	100
Domates	13	804.0	858.0	4	100
Biber	20	885.6	918.5	3	100

Program ile parsel düzeyinde yetiştirilen herhangi bir bitki için bölgenin iklim ve toprak koşulları, yetiştirilen bitkinin karakteristikleri, çiftçi istekleri ve kullanılan sulama yöntemi ile sulama sisteminin özellikleri göz önüne alınarak yeterli ve kısıtlı su koşullarına göre sulama zaman planları da belirlenebilmektedir.

IRSI ile planlama çalışması yapılabildiği gibi, sulama mevsimi sonunda veya sonrasında, o mevsim süresince uygulanan sulama programının değerlendirilmesi de yapılabilmektedir. Ayrıca program ile sulama mevsiminin başlangıcından sonuna kadar belirli aralıklarla çözüm alınıp, her çözümde, çözüm yapılan andan önceki zaman dilimi için değerlendirme, sonraki kısa bir zaman dilimi için planlama çalışması yapılarak sulama programı geliştirilebilmektedir.

Çalışmada elde edilen sulama planlaması sonuçlarına göre, İzmir’de yetiştirilen pamuk, mısır, narenciye, zeytin, domates ve biber bitkilerine ait sulama sayıları sırasıyla 9, 12, 8, 5, 13 ve 20 olarak bulunmuştur. En fazla sulama sayısına sahip olan biber için toplam sulama suyu miktarı 885.6 mm., en az sulama sayısına sahip zeytin için ise 818.6 mm. olarak verilmektedir. En yüksek sulama suyu miktarı ise 1056.2 mm. ile narenciye bitkisine ilişkindir. Pamuk ve mısır bitkilerinin sulama suyu miktarları arasında çok büyük bir fark görülmezken, pamuk bitkisinin bitki yetiştirme döneminin daha uzun olması ve kök gelişimi nedeniyle bitki su tüketimi değeri daha yüksek elde edilmiştir. Pamuğun sulanmasında hasada doğru toprak suyunun düşmesi istenir; kozaların açılması için bitkinin streslenmesi gerekir. Ayrıca mevsim ortası sulama aralığına göre pamuk için son sulamanın eylülün ilk haftasında olabileceği bildirilmektedir (Tülücü, 2003).

Söz konusu bitkilere ait ayrıntılı sulama programları; sulama sayısı, sulama tarihi, sulama aralığı ve her sulamada verilecek sulama suyu miktarlarını da içerecek şekilde, sırasıyla Çizelge 3, 4, 5, 6, 7 ve 8’de ayrı ayrı verilmiştir.

**Çizelge 3.** Pamuk bitkisinin sulama programı  
**Table 3.** *Irrigation schedule for cotton*

Pamuk Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	26 Mayıs	-	81.5
2	13 Haziran	18	82.0
3	26 Haziran	13	83.2
4	07 Temmuz	11	82.3
5	18 Temmuz	11	91.2
6	29 Temmuz	11	96.3
7	09Ağustos	11	97.4
8	21 Ağustos	12	93.0
9	03 Eylül	13	98.3
Toplam Su Miktarı			805.3
Bitki Yetiştirme Dönemi: 15 Nisan – 21 Ekim			

**Çizelge 4.** Mısır bitkisinin sulama programı  
**Table 4.** *Irrigation schedule for maize*

Mısır Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	29 Mayıs	-	83.8
2	11 Haziran	13	73.7
3	20 Haziran	9	75.7
4	27 Haziran	7	68.8
5	03 Temmuz	6	66.6
6	09 Temmuz	6	70.0
7	15 Temmuz	6	69.1
8	21 Temmuz	6	68.9
9	27 Temmuz	6	54.7
10	02 Ağustos	6	60.6
11	09 Ağustos	7	61.8
12	19 Ağustos	10	74.1
Toplam Su Miktarı			827.9
Bitki Yetiştirme Dönemi: 01 Mayıs – 02 Eylül			

**Çizelge 5.** Narenciye bitkisinin sulama programı  
**Table 5.** *Irrigation schedule for citrus*

Narenciye Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	07 Mayıs	-	148.1
2	01 Haziran	25	137.7
3	18 Haziran	17	125.9
4	03 Temmuz	15	124.0
5	17 Temmuz	14	122.8
6	01 Ağustos	15	128.2
7	18 Ağustos	17	132.9
8	07 Eylül	20	136.6
Toplam Su Miktarı			1056.2
Bitki Yetiştirme Dönemi: 01 Ocak – 30 Aralık			

**Çizelge 6.** Zeytin bitkisinin sulama programı**Table 6.** Irrigation schedule for olive

Zeytin Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	04 Haziran	-	194.8
2	27 Haziran	23	147.2
3	18 Temmuz	21	150.9
4	10 Ağustos	23	155.2
5	09 Eylül	30	170.5
Toplam Su Miktarı			818.6
Bitki Yetiştirme Dönemi: 01 Mart – 25 Kasım			

**Çizelge 7.** Domates bitkisinin sulama programı**Table 7.** Irrigation schedule for tomato

Domates Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	08 Haziran	-	79.1
2	17 Haziran	9	63.0
3	24 Haziran	7	61.5
4	30 Haziran	6	61.8
5	05 Temmuz	5	60.7
6	10 Temmuz	5	65.8
7	14 Temmuz	4	51.9
8	18 Temmuz	4	51.4
9	22 Temmuz	4	50.8
10	27 Temmuz	5	62.2
11	01 Ağustos	5	61.9
12	06 Ağustos	5	59.1
13	13 Ağustos	7	74.7
Toplam Su Miktarı			804.0
Bitki Yetiştirme Dönemi: 15 Mayıs – 27 Ağustos			

**Çizelge 8.** Biber bitkisinin sulama programı**Table 8.** Irrigation schedule for pepper

Biber Sulama No	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı (gün)	Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	17 Mayıs	-	65.1
2	03 Haziran	17	32.5
3	13 Haziran	10	33.1
4	16 Haziran	3	23.1
5	19 Haziran	3	30.5
6	22 Haziran	3	31.8
7	25 Haziran	3	32.5
8	28 Haziran	3	32.9
9	01 Temmuz	3	34.0
10	04 Temmuz	3	35.6
11	07 Temmuz	3	36.2
12	11 Temmuz	4	48.2
13	15 Temmuz	4	49.9
14	19 Temmuz	4	51.0
15	24 Temmuz	5	55.6
16	30 Temmuz	6	59.4
17	05 Ağustos	6	56.6
18	11 Ağustos	6	55.5
19	18 Ağustos	7	62.3
20	25 Ağustos	7	59.7
Toplam Su Miktarı			885.6
Bitki Yetiştirme Dönemi: 17 Mayıs – 18 Eylül			

Program ile değişik toprak tiplerinde yetiştirilen farklı bitkilerin yağışlı, normal ve kurak yıllara ilişkin sulama zaman planları yapılabilmekte; yeterli sulama koşulunda optimum sulama programları, yetersiz

sulama koşulunda ise kısıtlı sulama programları geliştirilebilmektedir (Çakmak ve Kendirli, 2001). Optimum sulama koşullarında gerçek su tüketiminin maksimum su tüketimine oranı 1.00 olup, gerçek verim (Ya) maksimum verime (Ym) eşittir. Bitkiye verilen su miktarı azaldıkça sulama sayısı da azalmaktadır. Uygulanan kısıt arttırıldığında verim azalması değerleri artış gösterir (Çakmak, 2001). Çalışmanın yapıldığı bölgede bir kısıt söz konusu olmadığından yeterli koşullar için optimum düzeyde sulama programları oluşturulmuştur.

Kullanılan bilgisayar programına benzer bazı programlar daha geliştirilmiş ve bunlarla çalışmalar yapılmıştır. CROPWAT paket programı da bunlardan biridir. CROPWAT ile de proje alanına ilişkin bitkiler için sulama zamanı planlaması, şebeke su ihtiyacının belirlenmesi ve sulama yöntemi açısından proje değerlendirmesinin yapılabileceği bildirilmektedir. Bitki su tüketiminin belirlenmesinde Penman-Monteith yönteminin kullanıldığı, sulama zamanının planlanmasında ise FAO tarafından geliştirilen CROPWAT paket programından yararlanıldığı ve elde edilen optimum bitki desenine ilişkin bitki su tüketim değerlerinin ve sulama zamanı planlarının kullanıcıların hizmetine sunulabileceği belirtilmektedir (Ağlamış ve Tokgöz, 1997). Su dengesine dayalı, ticari amaçlar için geliştirilmiş ve sulamanın programlanması amacıyla kullanılan bilgisayar programlarına AZSCHED, SCHEDULER, ETWATBAL, SPRITER örnek olarak verilebilir (Bustamante ve ark., 2004).

Kodal (1996), yeterli ve kısıtlı su için bitki su tüketimlerinin hesaplanmasında ve sulama programlarının geliştirilmesinde IRSIS yazılımından yararlanmıştır. ET<sub>o</sub>, yağış, bitki ve toprak kütüğü olmak üzere dört bölümden, destek kütüğü ve sulama programlamasına ilişkin işlemlerin yapıldığı işletme kütüğünden oluştuğunu belirttiği IRSIS yazılımında, istenilen sulama programının elde edilebildiğini ve bu programa ilişkin su bütçesi elemanlarının sayısal değerler ve grafikler şeklinde alınabildiğini ifade etmektedir.

Bir işletmede yetiştirilen 13 bitkinin sulama programları IRSIS yazılımı yardımıyla elde edilmiş; araştırma sonucunda kooperatif gelirinin maksimum olabilmesi için, yetersiz su kaynağının işletmeler arasında eşit bir şekilde dağıtılmasının gerektiği ve bu durumda aynı suyla daha fazla alanın sulanmasının, daha çok çiftçinin su kaynağından yararlanmasının ve daha fazla tarımsal ürün alınmasının mümkün olduğu tespit edilmiştir (Kodal, 1996).

Çakmak ve Kendirli (2001), Gediz Havzası’nda zeytinin yeterli ve kısıtlı su koşullarında sulama zaman planları ve brüt kar değerlerini belirlemeye çalışmışlardır; yeterli ve kısıtlı su koşulları için IRSIS bilgisayar yazılımı kullanılarak sulama programları oluşturulmuştur. IRSIS

ve CROPWAT bilgisayar yazılımlarından elde edilen sulama sayılarının ve sulama suyu miktarlarının, tarla denemeleri sonucunda elde edilen değerlere yakın olduğu belirtilmektedir.

Sulama programının oluşturulmasında kullanılmak üzere geliştirilen IRSIS ve CROPWAT (7.0) paket programında elde edilen optimum sulama planlama sonuçları tarla denemeleri ile bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır. Domates bitkisinde "Class A Pan" (A Sınıfı Buharlaşma Kabı) buharlaşmasından yararlanılarak sulama programının oluşturulması amacıyla 1994-1996 yılları arasında yürütülen tarla denemesinin sonuçları bu amaçla kullanılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda, IRSIS ve CROPWAT paket programlarından elde edilen sulama sayıları ve sulama suyu miktarları, tarla denemeleri sonucu elde edilen değerlere yakın çıkmıştır (Balçın ve Güleç, 1997).

Değişen koşullara uygun olarak elde edilen bir sulama zaman planlaması ile yüzey akış ve derine sızım yoluyla meydana gelen su kayıpları en aza indirilirken, sulama etkinliği artırılıp, toprakta bulunan bitkiye yararlı besin maddelerinin yıkanma yoluyla kaybı azaltılabilir. Bununla birlikte iyi bir sulama zaman planlaması yapıldığında; yağışlardan daha fazla yararlanılması, yabancı ot, hastalık, tuzluluk ve drenaj sorunlarının azaltılması veya ortadan kalkması, gübre uygulamaları ile yapılan masrafın düşmesi ve suyun çiftçiler arasında adil bir şekilde dağıtılması sağlanabilmektedir (Gürgülü, 2007).

## SONUÇ

Sulama programlama çalışmaları, suyun en çok kullandığı tarım sektöründe son yıllarda su tasarrufunun

sağlanması açısından öne çıkan önlemler arasında yer almakta; bölge koşullarını temsil eden iklim, toprak, bitki, sulama yöntemi ve sulama suyunun yeterlilik durumuna uygun sulama programlarının hazırlanmasına yönelik araştırmalar giderek önem kazanmaktadır.

Sulama zaman planlaması yapılmadan gerçekleştirilen bir sulama, su kaynağının kısıtlı olduğu yerlerde suyun optimum şekilde kullanılmasını engellerken, su kaynağının yeterli olduğu yerlerde aşırı sulamanın yol açtığı olumsuz etkileri ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle, çağımızda bitkisel üretimde su kullanımının etkin bir biçimde planlanması zorunlu duruma gelmiştir.

Mevcut su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması açısından toprak, iklim, bitki, topoğrafya, sulama sistemi, sulama yöntemi, su verim ilişkileri ve çiftçi isteklerinin göz önüne alındığı sulama zaman planlaması çalışmaları ile bu sonuçlara dayalı, bire bir etkileşimli, diğer bir deyişle interaktif ve su dağıtım ağı, parsel özellikleri, bitki deseni ve su yönetim örgütünün koşullarının dikkate alındığı bir su dağıtım planının yapılması büyük önem taşımaktadır (Koçak Tahmaz, 2006).

Çalışmada, IRSIS yazılımından pamuk, mısır, narenciye, zeytin, domates ve biber bitkileri için elde edilen optimum sulama zaman planlaması sonuçlarına göre sulama sayıları sırasıyla 9, 12, 8, 5, 13 ve 20 sulama; toplam sulama suyu miktarları 805.3, 827.9, 1056.2, 818.6, 804.0 ve 885.6 mm.; bitki su tüketimleri ise, 1013.7, 881.9, 1673.1, 1021.4, 858.0 ve 918.5 mm. olarak verilmektedir. Elde edilen bu sonuçların yörede yapılacak olan sulama uygulamalarında aydınlatıcı olacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Ağlamış, N. ve Tokgöz, M.A. 1997. Ankara Murted Sulamasında Su Kullanım ve Dağıtım Etkinliğinin Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 1997, 3 (2), s. 83-88, Ankara.
- Balçın, M. ve Güleç, H. 1997. IRSIS ve CROPWAT Paket Programından Elde Edilen Sulama Programlarının Tarla Sartaalarında Elde Edilen Sulama Programları ile Karşılaştırılması, 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi ve Kültürteknik Derneği, Kızılayyayla-BURSA.
- Burman, R.D., P.R. Nixon, J.L. Wright and W.O. Pruitt. 1983. Water Requirements Design and Operation of Farm Irrigation Systems. 829 p.
- Bustamante, O.W., Ibarra, S.E., Slack, C.D. and Carrillo, M. 2004. Generalization of Irrigation Scheduling Parameters Using The Growing Degree Days Concept: Application To A Potato Crop. Irrigation and Drainage, 53:251-261 (2004), DOI:10.1002/ird.134.
- Çakmak, B. 2001. İçel İli İklim Koşullarında Turuncuğil Sulama Planlaması, S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(28):69-81, ISSN:1300-5774.
- Çakmak, B. ve B. Kendirli. 2001. Gediz Havzası'nda Zeytinin Sulanması ve Ekonomik Yönü. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977. Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No:24, Rome, Italy, 156 p.
- Güngör, Y., A.Z. Erözel ve O. Yıldırım. 2004. Sulama (3. Basım). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1540, Ders Kitabı:493.
- Gürgülü, H. 2007. Akçay Sol Sahil Sulama Birliği Bünyesinde Yetiştirilen Bazı Bitkiler İçin En Uygun Sulama Zaman Planlaması, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gürgülü, H. ve M.A. Ul. 2009. Manisa ve İzmir'e Ait Referans Bitki Su Tüketimi Değerlerinden Yararlanarak Bağ İçin Maksimum Bitki Su Tüketiminin Hesaplanması. 7. Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu, 5-9 Ekim 2009, Poster Bildiri, s. 78, Salihli-Manisa.
- İstanbuluoğlu, A. ve C.B. Şişman, 2004. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Araştırmalarının Sulama Zamanının Model Yaklaşımı ile Planlanması. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 5(1):35-41.

- İTB. 2016. İzmir Ticaret Borsası. [http://www.itb.org.trimguserfilesizmir\\_ekonomisi.pdf](http://www.itb.org.trimguserfilesizmir_ekonomisi.pdf). Erişim: Ocak, 2016.
- Jensen, M.E. 1974. Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements. ASCE, New York, USA, 215 p.
- Koçak Tahmaz, P. 2006. Asartepe Sulama Birliği Alanında Planlı Su Dağıtım Esaslarının Belirlenmesi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Kodal, S., E. Yıldırım ve N. Dağdelen. 1993. Tarımsal Kuraklık ve Sulama İhtiyacı. Kuraklık ve Sulama Sempozyumu, Türkiye Ziraat Odaları Birliği, 27 Nisan 1993, Yayın No: 172, Ankara.
- Kodal, S. 1996. Ankara-Beypazarı Ekolojisinde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Sulama Programlaması, İşletme Optimizasyonu ve Optimum Su Dağıtımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Yayın No: 1465, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler: 807, s. 69.
- MGM. 2015. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- MGM. 2016. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. [http://www.izmir.mgm.gov.tr/filesiklimizmir\\_iklim.pdf](http://www.izmir.mgm.gov.tr/filesiklimizmir_iklim.pdf). Erişim: Ocak, 2016.
- Orta, A.H., A.N. Yüksel ve T. Erdem. 2000. Tekirdağ Koşullarında Farklı Sulama Yöntemlerinin Elma Ağaçlarının Su Tüketimine Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi 2000, 6(3) s. 109-115.
- Raes, D., H. Lemmens, V.P. Aelst, V.M. Bulcke and M. Smith. 1988. Irrigation Scheduling Information System. Volume I- Manual, Volume II- Displays, Laboratory of Land Management, Faculty of Agricultural Sciences, K. U. Leuven, Reference Manual III, Belgium.
- Tülcü, K. 2003. Özel Bitkilerin Sulanması. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 254, Ders Kitapları Yayın No: A-82, Adana-Türkiye.
- Ul, M.A. 2001a. Tarımda Etkili Su Kullanımı. Düünden Bugüne Çivril Sempozyumu, 13-14 Eylül 2001, Çivril.
- Ul, M.A. 2001b. Sürdürülebilir Tarımda Sulama. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası İzmir Şubesi Teknik Bülteni, s. 11-14, Ocak-Şubat 2001, İzmir.