

## Sulama Suyu İhtiyacı Açısından Su Tüketimi ve Yağış Analizi

Süleyman KODAL<sup>1</sup> M. Fatih SELENAY<sup>1</sup> F. Kemal SÖNMEZ<sup>1</sup> Y. Ersoy YILDIRIM<sup>1</sup>

Geliş Tarihi : 12.03.1997

**Özet :** Bitkilerin sulama suyu ihtiyacı, bitki su tüketimi ve yağış değerlerine bağlı olarak yıldan yıla önemli düzeyde değişim göstermektedir. Bu çalışmada, sıcak – kurak, ortalama, serin – yağışlı yıllarda beklenen sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde kullanılabilecek yaklaşımlar irdelenmiştir. Çalışma sonucunda, sıcak – kurak bir yıldaki bitki su ihtiyacı hesaplanırken, geçmişte bu dönemi en iyi temsil eden yıla ilişkin bitki su ihtiyacı değerinin alınması önerilmiştir.

**Anahtar kelimeler :** Sulama suyu ihtiyacı, bitki su tüketimi analizi, yağış analizi.

### The Analysis of Evapotranspiration and Rainfall Regarding the Irrigation Water Requirement

**Abstract :** Irrigation water requirement of crops, depending on crop water consumption and rainfall, varies significantly from year to year. In this study, the approaches that can be used to determine the expected requirement of irrigation water in hot - dry, medium and cold - wet years were examined. Results suggested that for the calculation of crop water requirements in a hot - dry year, the value of crop water requirement representing this period the best in the past years should be used.

**Key words :** Irrigation water requirement, evapotranspiration analysis, rainfall analysis.

### Giriş

Tarımsal üretimde beklenen verim ve kalite düzeyine ulaşılabilmesi, diğer faktörler optimum düzeyde tutulduğunda, bitki kök bölgesindeki toprakta yeterli düzeyde suyun sağlanması ile mümkündür. Yağışların miktar açısından yetersiz veya dağılımının uygun olmadığı dönemlerde bitki kök bölgesindeki açığın sulama suyu ile karşılanması gerekir. Bitkilere verilecek sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve yağış değerlerinden yararlanılarak hesaplanmaktadır.

Sulama sistemlerinin projelenmesi ve işletilmesi sırasında kullanılacak temel bilgilerin başında, bölgede yetiştirilen bitkilerin su tüketimleri gelmektedir. Sulama sistemlerinin işletilmesinde sulama programlarının hazırlanması çalışmalarında, kısa dönemli (günlük, on günlük) bitki su tüketiminin kullanılması gerekmektedir.

İklim faktörlerinin fonksiyonu olan bitki su tüketimi değerleri, aynı yörede yıldan yıla az da olsa değişim göstermektedir. Yağış değerlerindeki değişim ise, su tüketimine oranla daha fazla olmaktadır. Bitkilere verilmesi gereken sulama suyunun yıldan yıla değişiminin belirlenebilmesi açısından su tüketimi ve yağış değerlerinin analizi önem taşımaktadır.

Yağışlı ve kurak yıllarda bitkilerin sulama suyu ihtiyacındaki değişimlerin belirlenmesine yönelik çalışmalarda yağış analizleri yapılmakta, referans su tüketimi (ET<sub>o</sub>) değerleri ortalama değer olarak alınmakta ve değişmediği kabul edilmektedir (Abdulmumin ve Bastieansen 1991, Raes ve ark. 1988, Sönmez ve ark. 1995, Benli ve ark. 1991, Kodal ve ark. 1993).

Yağış kadar olmasa da bitki su tüketimleri de yıldan yıla bir miktar değişim göstermektedir. Herhangi bir bitkinin su tüketimi (ET<sub>c</sub>) referans su tüketimi (ET<sub>o</sub>) ile bitki katsayısının (k<sub>c</sub>) çarpımı ile elde edildiğinden (ET<sub>c</sub>=ET<sub>o</sub> \* k<sub>c</sub>) ve bitki su tüketimi bitkinin ekim-hayat tarihleriyle sınırlı kaldığından birçok iklim faktörünün bir göstergesi olan ET<sub>o</sub> değerindeki değişimin izlenmesi, sulama çalışmalarında su tüketimindeki değişimin izlenmesi açısından daha anlamlı olacaktır. Çünkü iklim faktörlerindeki değişim ET<sub>o</sub> üzerine yansımaktadır. Bu nedenle sulama suyu ihtiyacının yıl içerisinde ve yıllar bazındaki değişiminin izlenebilmesi ve iklim açısından ekstrem yıllarda sulama suyu ihtiyacının belirlenebilmesi için, yağış yanında ET<sub>o</sub> değerlerinin de analiz edilmesi gerekmektedir (Kodal 1996).

Bu çalışmada, su tüketimi ve yağış analizlerinde izlenebilecek yaklaşımlar karşılaştırılmış ve öneriler getirilmiştir. Bitki su tüketimi ve yağış analiz sonuçlarına göre sıcak - kurak, serin - yağışlı, ortalama vb. yıllarda sulama suyu ihtiyacının hesaplanmasında kullanılabilecek yaklaşımlar irdelenmiştir.

### Materyal ve Yöntem

#### Materyal

Araştırma alanı olarak seçilen Beypazarı ilçesinde sulanan alanlarda sebze ağırlıklı olmak üzere bağ, meyve, yem bitkileri ve sanayi ürünleri yetiştirilmektedir.

<sup>1</sup> Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Ankara

Bu çalışmada, Beypazarı meteoroloji istasyonunda 1971-1994 yıllarında ölçülen onar günlük yağış, ortalama sıcaklık, ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama nispi nem, ortalama rüzgar hızı ve ortalama bulutluluk değerlerinden yararlanılmıştır. Bu değerler DMİ Genel Müdürlüğü arşivindeki rasat cetvellerinden alınmıştır. Söz konusu iklim faktörlerinin uzun yıllar (1971-1994 yılları) ortalamaları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çalışmada, referans su tüketiminin hesaplanmasında ve istatistiksel analizlerde A.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bilgi İşlem Ünitesindeki bilgisayarlardan ve EXCEL, IRSIS,

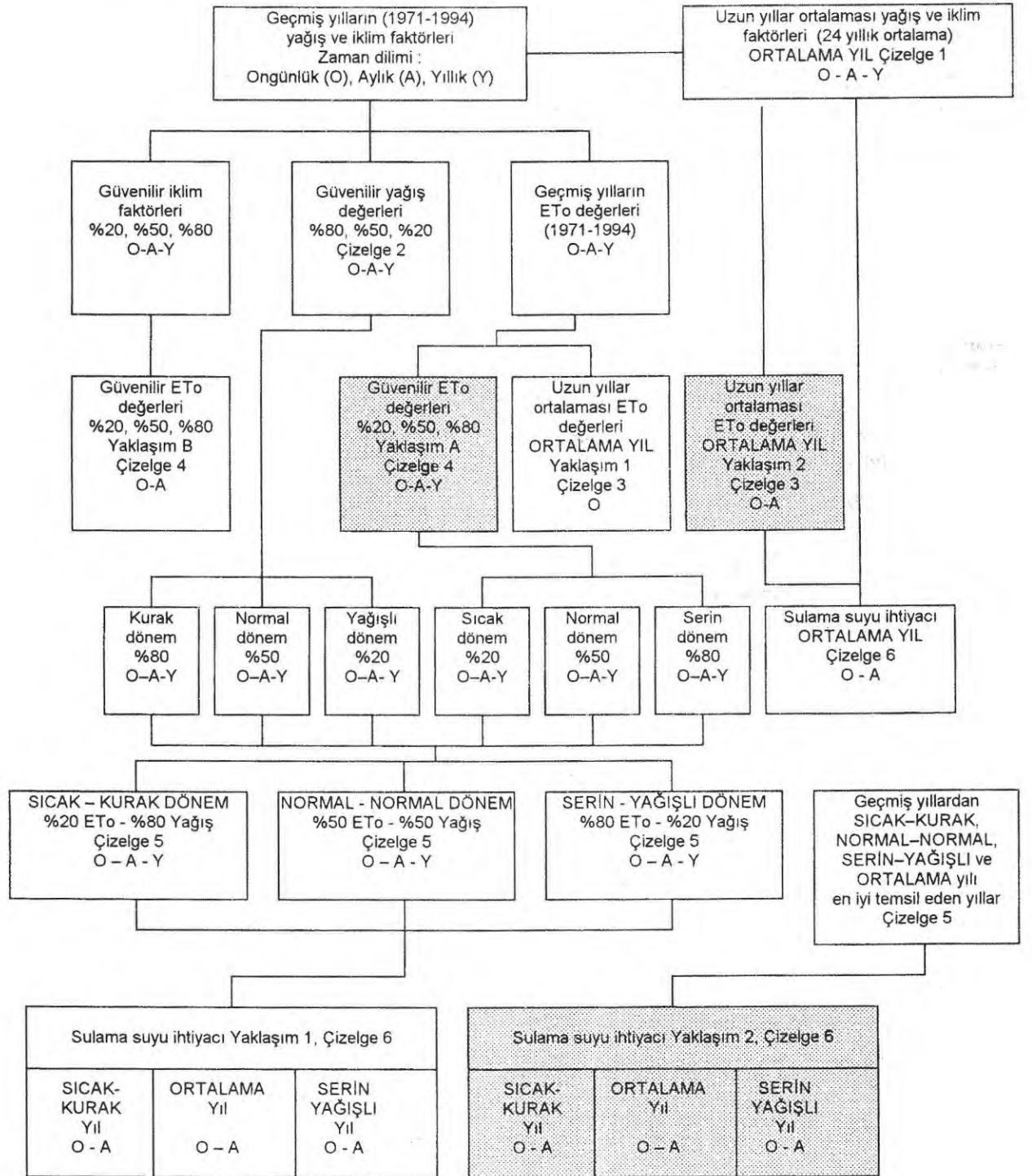
RAINBOW, MINITAB bilgisayar yazılımlarından yararlanılmıştır.

### Yöntem

Araştırmada, akış şeması Şekil 1'de verilen işlemler yapılmıştır. Bu bölümde, yapılan bu işlemlerde kullanılan yöntem ve yaklaşımlar açıklanmıştır. Araştırmada, yağış, referans su tüketimi (ET<sub>o</sub>) hesaplarında kullanılan iklim faktörleri ve ET<sub>o</sub> ayrı ayrı analize tabi tutulmuştur. Şekilde ayrıca, işlemlerin yapılabileceği zaman dilimleri (ongünlük, aylık, yıllık), yaklaşım türü ve işlem sonuçlarının tamamının veya bir bölümünün verildiği çizelgeler belirtilmiştir.

Çizelge 1. Beypazarı meteoroloji istasyonu ortalama iklim faktörleri (1971-1994 yılları ortalaması).

Dönem	Ortalama Toplam Yağış (mm)	Ortalama Maksimum sıcaklık (°C)	Ortalama Minimum sıcaklık (°C)	Ortalama nispi nem (%)	Ortalama rüzgar hızı (10 m) (m/s)	Ortalama Bulutluluk (0-10)
Ocak 1	19.4	3.8	-2.0	78.9	1.6	7.0
Ocak 2	11.4	3.2	-3.0	75.9	1.6	6.4
Ocak 3	15.3	4.4	-1.9	76.4	1.5	6.9
OCAK	46.1	3.8	-2.3	77.1	1.6	6.8
Şubat 1	7.3	5.4	-2.2	72.8	1.7	5.8
Şubat 2	14.8	7.6	-0.1	70.6	1.8	6.6
Şubat 3	8.8	8.1	-0.6	68.0	2.0	6.2
ŞUBAT	30.9	7.0	-1.0	70.6	1.8	6.2
Mart 1	8.4	9.8	0.2	66.2	2.0	5.6
Mart 2	12.5	11.8	1.9	65.9	2.1	5.8
Mart 3	9.5	16.3	4.4	58.4	1.9	4.8
MART	30.4	12.8	2.2	63.3	2.0	5.4
Nisan 1	11.8	18.2	6.8	58.0	2.2	5.7
Nisan 2	19.9	17.4	6.9	61.7	2.3	6.2
Nisan 3	11.9	19.2	7.5	59.0	2.3	5.3
NISAN	43.6	18.3	7.1	59.6	2.3	5.7
Mayıs 1	12.2	21.2	9.2	57.9	2.1	4.7
Mayıs 2	18.8	22.8	11.0	59.2	2.2	5.0
Mayıs 3	14.5	25.0	12.3	56.9	2.2	4.3
MAYIS	45.5	21.3	10.9	58.0	2.2	4.7
Haziran 1	13.7	26.0	13.3	56.4	2.2	4.0
Haziran 2	8.0	27.8	14.5	52.2	2.3	3.3
Haziran 3	6.2	29.2	15.4	51.6	2.4	2.7
HAZİRAN	27.9	27.7	14.4	53.4	2.3	3.3
Temmuz 1	6.7	30.0	16.2	51.6	2.5	2.7
Temmuz 2	2.8	31.8	17.3	48.5	2.3	1.8
Temmuz 3	4.9	31.7	17.6	49.7	2.4	2.0
TEMMUZ	14.4	31.2	17.0	49.9	2.4	2.2
Ağustos 1	5.3	31.6	17.1	49.9	2.3	1.8
Ağustos 2	3.4	30.9	16.9	50.4	2.2	1.9
Ağustos 3	5.7	30.2	16.3	50.7	2.1	2.0
AĞUSTOS	14.4	30.9	16.7	50.4	2.2	1.9
Eylül 1	6.6	28.0	14.3	53.5	2.0	2.2
Eylül 2	2.4	27.3	13.1	49.5	1.8	1.4
Eylül 3	3.3	25.8	12.0	52.5	1.6	2.2
EYLÜL	12.3	27.0	13.1	51.8	1.8	1.9
Ekim 1	4.0	23.3	10.5	55.7	1.6	3.2
Ekim 2	8.8	21.2	9.5	61.1	1.5	4.0
Ekim 3	16.4	17.1	6.9	65.5	1.5	4.9
EKİM	29.2	20.4	8.9	60.9	1.5	4.0
Kasım 1	8.6	14.2	4.7	66.1	1.4	5.0
Kasım 2	13.0	12.0	3.1	69.7	1.5	5.0
Kasım 3	14.6	10.4	2.5	72.3	1.6	5.7
KASIM	36.2	12.2	3.4	69.3	1.5	5.2
Aralık 1	15.8	7.4	0.8	75.2	1.5	6.3
Aralık 2	19.7	5.8	-0.2	76.4	1.6	7.0
Aralık 3	14.0	4.5	-0.8	78.4	1.5	7.2
ARALIK	49.5	5.8	-0.1	76.7	1.5	6.9
YILLIK	380.4	18.0	7.6	57.9	1.8	4.2



Şekil 1. Araştırmada izlenen akış şeması

### Analiz yöntemi

Çalışmada 1971-1994 yıllarına ilişkin ongünlük, aylık ve yıllık yağış ve iklim faktörlerinin analizinde RAINBOW bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır (Raes ve ark. 1989; Kodal ve ark. 1995). Söz konusu yazılım yardımıyla ongünlük, aylık ve yıllık yağış, iklim faktörleri ve ETo'nun %80, %50 ve %20 ihtimalle oluşması beklenen güvenilir değerleri (örneğin yağış için kurak, normal ve yağışlı dönem değerleri) elde edilmiştir (Sönmez 1997).

### Referans su tüketimi (ETo) tahmin yöntemi

Beypazarı için referans su tüketiminin hesaplanmasında Penman (FAO Modifikasyonu) yöntemi kullanılmış, bu amaçla IRSIS bilgisayar yazılımından yararlanılmıştır (Raes ve ark. 1988; Kodal ve ark. 1995).

Beypazarı meteoroloji istasyonunda güneşlenme süresi rasadı yapılmadığından, bu değerler Kabakçı ve Kodal (1997) da verilen eşitlikten yararlanılarak hesaplanmıştır. ETo hesabı için gerekli olan gündüz-gece rüzgar hızı oranı da aynı araştırmada önerilen mevsimlik ortalama değer olan 1.9 olarak alınmıştır.

### ETo tahmininde kullanılan yaklaşımlar

Beypazarı için ongünlük dönemlere ilişkin uzun yıllar ortalaması ETo değerleri 2 farklı yaklaşımla hesaplanmıştır.

a)Yaklaşım 1: Geçmişteki her yılın (1971-1994 yılları arasındaki 24 yılın) her ongünlük dönemine ilişkin iklim faktörlerinden yararlanılarak ETo değerlerinin hesaplanması ve bu değerlerin 24 yıl için ortalamasının alınması.

Bu yaklaşımda önce Ocak1 dönemi ve 1971, 1972, ..., 1994 yıllarının her biri için onar günlük iklim faktörleri kullanılarak ongünlük ETo değerleri hesaplanmış, daha sonra hesaplanan 24 yıllık ETo değerinin ortalaması alınmıştır. Bu işlem bütün ongünlük dönemler için tekrarlanmıştır. Böylece uzun yıllar ortalaması ongünlük ETo değerleri elde edilmiştir.

b)Yaklaşım 2: Ongünlük dönemlere ilişkin uzun yıllar (24 yıl) ortalaması iklim faktörlerinden yararlanılarak ETo değerlerinin hesaplanması.

Bu yaklaşımda, 24 yıllık periyoda ilişkin ortalama iklim faktörlerinin onar günlük değerlerinden (Çizelge 1) yararlanılarak, uzun yıllar ortalaması ongünlük ETo değerleri elde edilmiştir. Örneğin Ocak 1 dönemine ilişkin Çizelge 1'de verilen uzun yıllar ortalaması iklim faktörlerinden yararlanılarak ETo değeri hesaplanmış, bu işlem bütün ongünlük dönemler için tekrarlanmıştır.

### Yağış iklim faktörleri ve ETo analizi

Beypazarı için yağış ve iklim faktörleri ile Penman yöntemiyle 1971-1994 yıllarında ongünlük dönemler için hesaplanan ETo değerleri ongünlük, aylık ve yıllık dönemler için analiz edilerek % 20, % 50 ve % 80 güvenilir değerleri elde edilmiştir.

### Güvenilir ETo değerlerinin belirlenmesinde kullanılan yaklaşımlar

Beypazarı için güvenilir ETo değerleri farklı iki yaklaşımla elde edilmiştir.

a)Yaklaşım A: Geçmiş yıllara ilişkin ETo değerlerinin analizi.

Bu yaklaşımda, geçmiş yılların herbiri için elde edilen ongünlük, aylık ve yıllık ETo değerleri, bölüm c' de belirtildiği gibi analiz edilmiş ve ongünlük, aylık ve yıllık güvenilir ETo değerleri elde edilmiştir.

b)Yaklaşım B: Geçmiş yıllara ilişkin iklim faktörleri analiz sonuçlarından yararlanılarak güvenilir ETo değerlerinin hesaplanması.

Bu yaklaşımda, iklim faktörlerinin analize tabi tutulmasıyla elde edilen %20, %50 ve %80 güvenilir değerlerinden yararlanılarak IRSIS bilgisayar programı yardımıyla ongünlük ve aylık dönemler için %20, %50 ve %80 güvenilir ETo değerleri elde edilmiştir.

Nispi nemin diğer iklim faktörlerine göre ters değişim göstermesi (diğer iklim faktörleri azalırken nispi nemin artması) nedeniyle %80 (serin yıl) güvenilir ETo değeri elde edilirken, ortalama maksimum sıcaklığın %80, ortalama minimum sıcaklığın %80, nispi nemin %20, rüzgar hızının %80, güneşlenme süresinin %80 değeri kullanılmıştır. %20 (sıcak dönem) güvenilir ETo değeri elde edilirken ise, iklim faktörlerinin yukarıda belirtilen yüzdelere tersi kullanılmıştır. %50 (normal dönem) güvenilir ETo değeri ise bütün iklim faktörlerinin % 50 değerlerinin kullanılmasıyla hesaplanmıştır.

### ETo ve yağış analiz sonuçlarının sulama suyu ihtiyacı açısından birlikte değerlendirilmesi

Geçmiş yılların herhangi bir dönemine ilişkin (on gün, ay, yıl) yağış değerlerinin analizleri ile %80, %50 ve %20 güvenilir yağış değerleri elde edilebilmektedir:

- Kurak dönem yağış (%80 güvenilir yağış) değeri
- Normal dönem yağış (%50 güvenilir yağış) değeri
- Yağışlı dönem yağış (%20 güvenilir yağış) değeri

Dönem uzunluğu, çalışmanın yapıldığı zaman dilimine bağlı olarak on gün, ay veya yıl olabilir ve yukarıdaki gruplar bu dönem uzunluklarına göre isimlendirilebilir (Kurak yıl, yağışlı yıl, kurak ay, yağışlı ay, kurak on gün, yağışlı on gün gibi).

Elde edilen %20, %50 ve %80 yağış değerlerine göre dönemler yağış açısından 3 gruba ayrılabilir:

a) Kurak dönem (%80 güvenilir yağış değerine eşit veya daha az yağış alan dönem)

b) Normal dönem (%50 civarında ancak %80 güvenilir yağış değerinden daha fazla ve %20 güvenilir yağış değerinden daha az yağış alan dönem)

c) Yağışlı dönem (%20 güvenilir yağış değerine eşit veya daha fazla yağış alan dönem)



Benzer şekilde geçmiş yılların herhangi bir dönemine ilişkin ETo değerlerinin analizi ile %20, %50 ve %80 güvenilir ETo değerleri elde edilebilmektedir:

- a) Serin dönem ETo değeri (%80 güvenilir Eto)
- b) Normal dönem ETo değeri (%50 güvenilir ETo)
- c) Sıcak dönem ETo değeri (%20 güvenilir ETo)

Elde edilen %20, %50 ve %80 güvenilir ETo değerlerine göre dönemler ETo açısından 3 gruba ayrılabilir:

- a) Sıcak dönem (ETo değeri %20 güvenilir ETo değerine eşit veya daha büyük olan dönem)
- b) Normal dönem (ETo değeri %50 civarında ancak %80 ile %20 güvenilir ETo değerleri arasında olan dönem)
- c) Serin dönem (ETo değeri %80 güvenilir ETo değerine eşit veya daha az olan dönem)

Sulama suyu ihtiyacı açısından ETo ve yağış birlikte düşünüldüğünde, 9 farklı dönem tanımlanması mümkündür:

- 1) Sıcak-kurak dönem
- 2) Sıcak-normal dönem
- 3) Sıcak-yağışlı dönem
- 4) Normal-kurak dönem
- 5) Normal-normal dönem
- 6) Normal-yağışlı dönem
- 7) Serin-kurak dönem
- 8) Serin-normal dönem
- 9) Serin-yağışlı dönem

Bu dönemlerden ilkinde (sıcak-kurak dönemde) sulama suyu ihtiyacı maksimumdur, çünkü bu dönem ETo açısından en yüksek, yağış açısından ise en düşük değere sahip olan dönemdir. Serin-yağışlı dönem ise sulama suyu ihtiyacının minimum olduğu dönemdir. Normal-normal dönemde ise, sulama suyu ihtiyacı orta düzeydedir ve bu dönemdeki sulama suyu ihtiyacı uzun yıllar ortalaması iklim faktörlerinden yararlanılarak hesaplanan sulama suyu ihtiyacına oldukça yakındır.

Sulama suyu ihtiyacının yıllar bazında değişimi ile ilgili çalışmalarda, yukarıda belirtilen 9 dönem yerine, sulama suyu ihtiyacının ortalama ve ekstrem olduğu dönemlerin incelenmesi yeterli olacaktır:

- 1) Sıcak-kurak dönem (sulama suyu ihtiyacının maksimum olduğu dönem)
- 2) Ortalama dönem (uzun yıllar ortalaması ETo ve yağışa sahip dönem)
- 3) Serin-yağışlı dönem (sulama suyu ihtiyacının minimum olduğu dönem)

Özellikle sulama zamanının planlanması çalışmaları ETo ve yağışın en çok günlük dönemler için belirlenmesi gerekmektedir. Günlük dönemler için sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde iki farklı yaklaşım kullanılabilir:

a) Yaklaşım 1: Güvenilir ETo ve güvenilir yağış değerlerinden yararlanılarak sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi.

Bu yaklaşımda, sıcak-kurak yıl ve serin-yağışlı yıl için sulama suyu ihtiyacı belirlenirken, günlük güvenilir ETo ve güvenilir yağış değerleri kullanılmıştır.

Ortalama yıl için sulama suyu ihtiyacının hesaplanmasında, uzun yıllar ortalaması onar günlük ETo ve yağış değerleri kullanılmıştır.

b) Yaklaşım 2: Sıcak-kurak, ortalama ve serin-yağışlı yılları temsil eden geçmiş yılların onar günlük ETo ve yağış değerlerinden yararlanılarak sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi.

Bu yaklaşımda, geçmiş yıllar içerisinde sıcak-kurak, ortalama ve serin-yağışlı yılları en iyi temsil eden yıllar belirlendikten sonra, bu yılların gerçek günlük ETo ve yağış değerlerinden yararlanılarak sulama suyu ihtiyacı belirlenmiştir.

#### Sonuçların istatistiksel olarak karşılaştırılması

Günlük ve aylık olarak %80, %50 ve %20 ihtimallere göre hesaplanmış ETo değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan önemli olup olmadığının kontrolü için, parametrik olmayan istatistik yöntemlerinden Wilcoxon yöntemi kullanılmıştır (Düzyünes ve ark. 1987). Bu yöntemle ilişkin hesaplamalar MINITAB yazılımından yararlanılarak yapılmıştır.

#### Bulgular ve Tartışma

##### Yağış analiz sonuçları

Günlük, aylık ve yıllık yağış analizlerine ilişkin sonuçlardan günlük dönemlere ilişkin olanları Çizelge 2' de verilmiştir.

##### İklim faktörleri analiz sonuçları

Beyazır istasyonuna ilişkin günlük ortalama maksimum sıcaklık, ortalama minimum sıcaklık, ortalama nispi nem, ortalama rüzgar hızı, ortalama bulutluluk ve ortalama güneşlenme süresi değerleri, üç farklı yaklaşımla analize tabi tutulmuş ve günlük, aylık ve yıllık %20, %50 ve %80 değerleri elde edilmiştir. Bu sonuçlardan yararlanılarak ETo değerleri hesaplandığından, burada iklim faktörleri analiz sonuçlarına yer verilmemiştir (Sönmez 1997).

##### ETo tahmin sonuçları

Yöntem bölümünde belirtilen iki farklı yaklaşımda hesaplanan uzun yıllar ortalaması günlük ETo değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Çizelge 3 incelendiğinde, farklı yaklaşımlarla hesaplanan ETo değerlerinin birbirine eşit veya çok yakın olduğu görülmektedir. Nisan-Kasım aylarında tahminler arasındaki fark 0-1 mm gibi çok düşük düzeylerde kalırken, diğer aylarda bir miktar artarak 5 mm'ye kadar çıkmaktadır.

Çizelge 2. Yağış değerleri analiz sonuçları.

Dönem	Güvenilir yağış değerleri ( mm )		
	% 80 ( Kurak )	% 50 ( Normal )	% 20 ( Yağışlı )
A. Ongünlük toplam yağış değerleri analiz sonuçları			
Ocak1	0.8	13.1	35.9
Ocak2	0.0	7.7	21.7
Ocak3	4.4	12.9	25.6
Şubat1	0.0	5.3	13.6
Şubat2	2.6	12.1	25.9
Şubat3	0.0	6.1	16.8
Mart1	1.5	6.6	14.7
Mart2	0.0	8.7	23.6
Mart3	0.0	6.1	18.6
Nisan1	2.2	9.7	20.6
Nisan2	6.8	17.2	32.3
Nisan3	2.7	9.5	20.4
Mayıs1	3.3	12.3	20.1
Mayıs2	2.6	14.3	33.7
Mayıs3	2.4	11.3	25.7
Haziran1	1.7	10.2	24.7
Haziran2	0.0	5.3	15.3
Haziran3	0.0	3.2	12.4
Temmuz1	0.0	1.2	9.7
Temmuz2	0.0	0.0	3.4
Temmuz3	0.0	1.6	9.9
Ağustos1	0.0	0.0	10.4
Ağustos2	0.0	0.0	5.1
Ağustos3	0.0	0.2	11.6
Eylül1	0.0	1.6	13.4
Eylül2	0.0	0.0	3.3
Eylül3	0.0	0.0	4.5
Ekim1	0.0	0.0	8.2
Ekim2	0.0	5.3	16.9
Ekim3	0.0	9.3	32.1
Kasım1	0.0	4.3	17.2
Kasım2	0.1	8.7	24.4
Kasım3	0.7	9.8	26.1
Aralık1	0.0	13.4	28.3
Aralık2	2.1	14.9	35.3
Aralık3	2.3	10.7	24.9
B. Aylık toplam yağış değerleri analiz sonuçları			
Ocak	14.2	39.1	76.4
Şubat	13.2	27.9	48.0
Mart	12.8	27.3	47.2
Nisan	24.3	41.1	62.4
Mayıs	20.4	41.4	69.7
Haziran	7.8	23.2	46.9
Temmuz	1.7	10.5	25.8
Ağustos	2.0	10.9	25.8
Eylül	1.0	9.0	22.4
Ekim	6.9	24.2	50.1
Kasım	11.4	30.9	59.9
Aralık	24.5	45.5	73.0
C. Yıllık toplam yağış değerleri analiz sonuçları			
Yıllık	319	368	434

Farklı iki yaklaşımla elde edilen ETo değerleri arasındaki farklılık Wilcoxon testi ile kontrol edilmiş ve aralarındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı sonucuna varılmıştır ( $p = 0.08$ ).

İstatistiksel açıdan fark olmadığından, hesaplama kolaylığı açısından Yaklaşım 2 önerilebilir. Çünkü Yaklaşım 2' de uzun yıllar ortalaması iklim faktörlerinden (Çizelge 1) yararlanılarak ETo hesaplanmaktadır, ETo hesabında uygulanan alışlagelmiş yaklaşım da budur. Yaklaşım 1 ise oldukça fazla ve uzun zaman alan işlemler gerektirmektedir.

#### Güvenilir ETo sonuçları

Yöntem bölümünde açıklanan farklı iki yaklaşımla (Yaklaşım A ve Yaklaşım B) elde edilen ongünlük, aylık ve yıllık güvenilir ETo değerleri Çizelge 4' de verilmiştir.

Yaklaşım A' da, geçmiş yıllara ilişkin ETo değerleri ongünlük, aylık ve yıllık dönemler için analiz edilerek sıcak (%20), normal (%50) ve serin (%80) dönemlerdeki güvenilir ETo değerleri belirlenmiştir.

Yaklaşım B' de ise önce iklim faktörleri analiz edilerek %80, %50, %20 değerleri bulunmuş daha sonra

Çizelge 3. ET<sub>o</sub> tahmin sonuçları.

Dönem	ET <sub>o</sub> (mm)			Dönem	ET <sub>o</sub> (mm)		
	Yaklaşım 1	Yaklaşım 2	Fark (Yaklaşım 2 - Yaklaşım 1)		Yaklaşım 1	Yaklaşım 2	Fark (Yaklaşım 2 - Yaklaşım 1)
Ocak1	4	7	3	Temmuz1	66	67	1
Ocak2	4	8	4	Temmuz2	68	68	0
Ocak3	5	10	5	Temmuz3	73	74	1
Şubat1	8	10	2	Ağustos1	64	64	0
Şubat2	12	13	1	Ağustos2	59	9	0
Şubat3	11	13	2	Ağustos3	59	9	0
Mart1	19	19	0	Eylül1	47	47	0
Mart2	21	22	1	Eylül2	42	43	1
Mart3	29	32	3	Eylül3	36	36	0
Nisan1	34	34	0	Ekim1	29	30	1
Nisan2	35	35	0	Ekim2	24	24	0
Nisan3	40	41	1	Ekim3	20	20	0
Mayıs1	45	45	0	Kasım1	14	14	0
Mayıs2	49	49	0	Kasım2	12	12	0
Mayıs3	59	59	0	Kasım3	10	10	0
Haziran1	57	57	0	Aralık1	8	8	0
Haziran2	62	62	0	Aralık2	7	8	1
Haziran3	65	66	1	Aralık3	6	8	2
				Yıllık	1203	1233	30

Çizelge 4. Farklı yaklaşımlarla hesaplanan güvenilir ET<sub>o</sub> değerleri.

Dönem	Yaklaşım A (Geçmiş yıllara ilişkin toplam ET <sub>o</sub> değerleri analiz sonuçları)			Yaklaşım B (İklim faktörleri analiz sonuçlarından hesaplanan güvenilir ET <sub>o</sub> değerleri)		
	% 80 (Serin)	% 50 (Normal)	% 20 (Sıcak)	% 80 (Serin)	% 50 (Normal)	% 20 (Sıcak)
a) Onar günlük dönemlere ilişkin güvenilir ET <sub>o</sub> değerleri						
Nisan1	29	34	39	30	34	38
Nisan2	31	35	39	31	35	39
Nisan3	36	40	44	35	40	45
Mayıs1	40	45	50	41	45	50
Mayıs2	43	48	54	44	49	52
Mayıs3	54	59	65	54	59	66
Haziran1	53	57	61	53	57	62
Haziran2	57	62	67	56	62	68
Haziran3	61	65	69	60	66	71
Temmuz1	62	66	71	60	66	74
Temmuz2	65	68	72	63	68	74
Temmuz3	69	74	77	66	74	80
Ağustos1	60	64	67	58	64	70
Ağustos2	56	59	62	54	59	65
Ağustos3	55	59	64	53	59	66
Eylül1	44	47	50	43	47	51
Eylül2	40	42	45	38	42	47
Eylül3	33	36	38	32	36	39
Ekim1	26	29	32	26	29	33
Ekim2	21	24	26	22	24	25
Ekim3	17	20	22	18	20	21
b) Aylık dönemlere ilişkin güvenilir ET <sub>o</sub> değerleri						
Nisan	102	108	117	102	111	120
Mayıs	143	152	161	143	152	161
Haziran	177	186	192	174	186	195
Temmuz	202	208	217	195	208	226
Ağustos	174	183	189	171	183	198
Eylül	120	126	129	117	126	135
Ekim	65	71	78	68	71	78
c) Yıllık güvenilir ET <sub>o</sub> değerleri						
Yıllık	1172	1205	1238	-	-	-



bu analiz sonuçlarından yararlanılarak serin (%80), normal (%50) ve sıcak (%20) dönemler için ETo değerleri hesaplanmıştır.

Çizelge 4' de verilen ve iki farklı yaklaşımla hesaplanan günlük ve aylık güvenilir ETo değerleri incelendiğinde, yaklaşım A ve Yaklaşım B ile elde edilen güvenilir ETo değerleri arasında çok az farklılık olduğu görülmektedir.

Uygulanan Wilcoxon testi sonucunda, Yaklaşım A ve Yaklaşım B arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı belirlenmiştir (Ongünlük tahminlerde % 80 ETo için  $p = 0.21$ , % 50 ETo için  $p = 0.37$ , % 20 ETo için  $p = 0.14$ , aylık tahminlerde aynı değerler sırasıyla 0.23, 0.99 ve 0.06).

Söz konusu Yaklaşımlar (A ve B) arasında istatistiksel açıdan farklılık bulunmaması nedeniyle, hesaplama kolaylığı açısından Yaklaşım A önerilebilir.

#### Sulama suyu ihtiyacı açısından ETo ve yağış analizleri değerlendirme sonuçları

Bu bölümde, sulama suyu ihtiyacının değişimi açısından, daha önceki bölümlerde elde edilen ETo ve yağış analiz sonuçlarının birlikte değerlendirilmesine ilişkin sonuçlar verilmiştir. Dönem olarak "yıl" alınmış ve yıllık ETo analiz sonuçları ve yıllık yağış analiz sonuçlarından yararlanılarak, 1971-1994 dönemindeki 24 yıl sulama suyu açısından değerlendirilmiştir.

Dönem olarak yıl alındığından, Çizelge 4' de verilen yıllık güvenilir ETo sonuçlarından (Yaklaşım A-Yaklaşım B) yararlanılarak, ETo açısından 3 sınıf belirlenmiştir.

- a) E1: Sıcak yıl ( $ETo \geq 1238$  mm)
- b) E2: Normal yıl ( $1172$  mm  $< ETo < 1238$  mm)
- c) E3: Serin yıl ( $ETo \leq 1172$  mm)

Yıllık yağış açısından ise, Çizelge 2' de verilen yıllık güvenilir yağış değerinden yararlanılarak, 3 sınıf belirlenmiştir:

- a) Y1: Kurak yıl ( $R \leq 319$  mm)
- b) Y2: Normal yıl ( $319$  mm  $< R < 434$  mm)
- c) Y3: Yağışlı yıl ( $R \geq 434$  mm)

ETo ve yağışın birlikte değerlendirilmesiyle oluşan 9 sınıf ve 1971-1994 yıllarının dağılımı Çizelge 5' de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi ETo ve yağış açısından ortalama ile birlikte 10 sınıf belirlenmiş ve 1971-1994 periyodundaki her yılın bu sınıflara dağılımı yapılmıştır. Bu sonuçlara göre 1977 yılı sıcak-kurak bir yılı, 1981 yılı sıcak-yağışlı bir yılı, 1992 yılı serin-kurak bir yılı, 1983 yılı serin-yağışlı bir yılı, 1972 yılı ise uzun yıllar ortalaması bir yılı temsil etmektedir. Bir sınıfta birden fazla yılın yer alması durumunda, sınıfın ETo ve yağış sınırlarına göre, söz konusu sınıfı en iyi temsil edebilecek yıl (\*) ile işaretlenmiştir.

Çizelge 5' de görüldüğü gibi, normal - normal yılı temsil eden 1972 yılı, aynı zamanda uzun yıllar ortalaması ETo ve yağış değerlerine en yakın yıl

olmaktadır. Çizelge 5 'de verilen yılların sınıflara dağılımı incelendiğinde, sıcak bir yılın kurak geçeceğinin, veya soğuk bir yılın yağışlı geçeceğinin söylenmesinin mümkün olmadığı, sıcak bir yılın kurak, normal veya yağışlı geçebileceği, serin bir yılın da yine kurak, normal veya yağışlı geçebileceği söylenebilir. Nitekim, 1971-1994 yıllarına ilişkin yıllık ETo ile yıllık yağış arasında, aylık ETo ile aylık yağış arasında ve onar günlük ETo ile onar günlük yağış arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Sulama suyu ihtiyacının maksimum, ortalama ve minimum olacağı yıllar (sıcak-kurak yıl, ortalama yıl ve serin-yağışlı yıl) Çizelge 5' de "koyu" olarak yazılmıştır. Sıcak-kurak yılı temsil eden 1977 yılında ETo 1262 mm, yağış ise 285.6 mm'dir. Uzun yıllar ortalaması ETo ve yağış değerlerine en yakın yıl olan 1972 yılında ETo 1197 mm, yağış ise 371.8 mm'dir. Bilindiği gibi 1972 yılı aynı zamanda normal-normal yılı temsil etmektedir. Serin - yağışlı bir yılı temsil eden 1983 yılında ise ETo 1170 mm, yağış 464.6 mm'dir.

Sulama zamanının planlanması çalışmalarında ETo ve yağışın günlük değerlerinin kullanılması gerekmektedir. Farklı yıllar için sulama zaman planları geliştirilirken genellikle yağış analizleri ile elde edilen günlük güvenilir yağış değerleri ile, ETo analizleri ile elde edilen günlük güvenilir ETo değerleri kullanılmaktadır.

Kurak geçecek bir yılda sulama suyu ihtiyacı hesabında, yağış analizi ile belirlenen günlük %80 güvenilir yağış değerleri kullanılmaktadır. Ancak, bitki yetiştirme dönemi içinde günlük %80 yağış değerlerinin kullanılması, bütün kurak günlük dönemlerin ard arda sıralanması anlamına gelmektedir. Oysa, bir yıl içerisinde bütün günlük kurak dönemlerin ard arda sıralanması olasılığı oldukça düşüktür. Bu durumda kurak bir yıldaki sulama suyu ihtiyacının belirlenmesinde, günlük dönemlere ilişkin %80 güvenilir yağış değerlerinin kullanılması ne düzeyde gerçekçi olacaktır? Bunun yerine, geçmiş yıllarda kurak bir yılı en iyi temsil eden yıl göz önüne alınarak, o yıla ilişkin sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi, birinciye oranla daha gerçekçi olacak mıdır? Bu sorulara cevap verilebilmesi için, Beypazarı'nda sıcak-kurak, serin-yağışlı ve ortalama yıllarda havuç bitkisi sulama suyu ihtiyacı günlük dönemler için farklı iki yaklaşımla hesaplanmıştır. Havuç bitkisinin seçilmesinin nedeni, yetiştirme döneminin (Nisan-Ağustos) diğer bitkilere oranla daha uzun bir dönemi kapsamasıdır.

Yaklaşım 1' de, sıcak-kurak ve serin-yağışlı yıllarda, günlük dönemler için belirlenen güvenilir ETo ve güvenilir yağış değerleri kullanılmıştır.

Yaklaşım 2' de ise, geçmiş yıllarda sıcak-kurak ve serin-yağışlı yılları en iyi temsil eden yıla ilişkin günlük gerçek ETo ve yağış değerlerinden yararlanılarak sulama suyu ihtiyacı belirlenmiştir. Ortalama yıl için ise, uzun yıllar ortalaması günlük ETo ve yağış değerleri kullanılarak sulama suyu ihtiyacı belirlenmiştir.

Yukarıda açıklandığı şekilde elde edilen sulama suyu ihtiyacı değerleri Çizelge 6' da verilmiştir.



Çizelge 5. Yıllık ETo ve yıllık yağış değerleri açısından yılların dağılımı.

ETo ve yağış sınıfı	Sınıf sınırları (mm)	Yıl	Yılın ETo değeri (mm)	Yılın yağış değeri (mm)
1) E1-Y1 (sıcak-kurak yıl)	ETo $\geq$ 1238 R $\leq$ 319	1977*	1262	285,6
2) E1-Y2 (sıcak-normal yıl)	Eto $\geq$ 1238 319 < R < 434	1986 1994*	1238 1252	421,3 348,4
3) E1-Y3 (sıcak-yağışlı yıl)	Eto $\geq$ 1238 R $\geq$ 434	1981*	1261	512,5
4) E2-Y1 (normal-kurak yıl)	1172 < ETO < 1238 R $\leq$ 319	1973* 1984 1990 1993	1236 1201 1180 1173	253,4 276,3 308,2 275,7
5) E2-Y2 (normal-normal yıl)	1172 < ETO < 1238 319 < R < 434	1971 1972* 1974 1980 1982 1985 1988 1989	1231 1197 1209 1225 1192 1216 1197 1225	424,7 371,8 412,1 368,1 337,4 333,3 412,8 361,7
6) E2-Y3 (sıcak-yağışlı yıl)	1172 < ETO < 1238 R $\geq$ 434	1975* 1978 1979	1216 1236 1213	511,2 457,8 436,9
7) E3-Y1 (serin-kurak yıl)	ETo $\leq$ 1172 R $\leq$ 319	1992*	1130	290,8
8) E3-Y2 (serin-normal yıl)	ETo $\leq$ 1172 319 < R < 434	1976 1987* 1991	1166 1146 1154	421,3 413,1 430,8
9) E3-Y3 (serin-yağışlı yıl)	ETo $\leq$ 1172 R $\geq$ 434	1983*	1170	464,6
10) Uzun yıllar ortalaması (Ortalama yıl)	ETo = 1205,2 R = 380,4	1972*	1197	371,8

\* Söz konusu sınıfı en iyi temsil eden yıl.

Çizelge 6' da verilen yıllık toplam sulama suyu ihtiyacı değerleri incelendiğinde, sıcak-kurak yılda (%20-80) sulama suyu ihtiyacı 774.7 mm iken, bu yılı temsil eden 1977 yılında sulama suyu ihtiyacı 651.1 mm' dir. Sıcak-kurak (%20-80) yılın su ihtiyacı, 1977 yılı su ihtiyacından 123.1 mm (%19) daha yüksektir. Bunun nedeni, daha önce de belirtildiği gibi, sıcak-kurak yılda bütün sıcak ve kurak onar günlük dönemlerin aynı yılda çakıştığı kabul edilmesidir. 1977 yılında ise, onar günlük dönemlerin bir kısmı sıcak geçerken, bir kısmı normal veya serin olmuş, yine bu dönemlerin bir kısmı kurak geçerken bir kısmı da normal veya yağışlı geçmiştir.

Ortalama yıl ile, ortalama yılı temsil eden 1972 yılı su ihtiyaçları birbirine yakın bulunmuştur (sırasıyla 576 mm ve 548.3 mm).

Serin-yağışlı yılın (%80-20) sulama suyu ihtiyacı 392.2 mm iken, bu yılı temsil eden 1983 yılında su ihtiyacı 465 mm olarak elde edilmiştir. Serin-yağışlı (%80-20) yılın su ihtiyacı, 1983 yılı su ihtiyacından 72.8 mm (%16) daha azdır. Yine bunun nedeni, serin-yağışlı yılda bütün serin ve kurak onar günlük dönemlerin aynı yılda çakışmasıdır.

Çizelge 6' da verilen onar günlük havuç su ihtiyacı değerleri incelendiğinde, onar günlük dönemlerin hepsinde de sıcak-kurak yılda su ihtiyacının en yüksek, serin-yağışlı yılda ise en düşük olduğu görülmektedir. Yaklaşım 2'de 1977, 1983 ve 1972 yılı için elde edilen onar günlük su ihtiyacı değerleri incelendiğinde ise, on günlük dönemlerin bir kısmında 1977 yılı en yüksek iken, bir kısmında 1972 yılı, bir kısmında ise 1983 yılı en yüksek olmuştur. Benzer şekilde, en düşük su ihtiyacı bazı dönemlerde 1983 yılında, bazı dönemlerde ise 1972 veya 1977 yılında ortaya çıkmıştır. Diğer bir deyişle, sıcak-kurak yılı temsil eden 1977 yılında bütün on günlük dönemler sıcak ve kurak geçmemiş, serin-yağışlı yılı temsil eden 1983 yılında da bütün on günlük dönemler serin ve yağışlı geçmemiştir. İleriki yıllarda sulama suyu ihtiyacının yüksek olacağı sıcak-kurak olarak isimlendirilebilecek bir yılda da, bütün on günlük dönemlerin sıcak ve kurak geçmesinin beklenmesi mümkün değildir. Bu nedenle, ileriye dönük olarak sıcak-kurak ve serin-yağışlı yıllarda bitkilere verilecek sulama suyu ihtiyacının belirlenmesine yönelik çalışmalarda, Yaklaşım 2'nin tercih edilmesi önerilebilir.

Çizelge 6. Havuç için sulama suyu ihtiyacı değerleri (mm).

Dönem	Yaklaşım 1			Yaklaşım 2		
	Sıcak-kurak yıl (%20-80)	Serin-yağışlı yıl (%80-20)	Uzun yıllar ortalaması	1977 yılı (sıcak-kurak)	1983 yılı (serin- yağışlı)	1972 yılı (ortalama yıl)
Nisan 1	10,4	0,0	2,1	10,7	1,5	6,7
Nisan 2	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7
Nisan 3	22,6	0,0	0,0	0,0	21,6	5,5
Mayıs 1	33,7	0,0	18,6	5,4	24,8	14,0
Mayıs 2	43,6	0,0	22,7	41,2	18,4	53,7
Mayıs 3	67,6	0,0	46,7	67,6	41,2	48,4
Haziran 1	65,9	32,0	49,0	52,5	45,0	21,0
Haziran 2	73,2	44,6	58,2	57,6	61,5	59,1
Haziran 3	75,4	50,9	63,6	67,5	62,3	64,1
Temmuz 1	78,0	53,1	63,8	78,6	21,1	45,7
Temmuz 2	78,2	63,9	69,3	73,2	45,4	74,8
Temmuz 3	84,6	59,4	59,4	74,4	60,6	39,4
Ağustos 1	69,5	46,8	46,8	63,2	8,4	70,3
Ağustos 2	53,2	35,8	35,8	48,8	43,8	44,8
Ağustos 3	11,4	5,8	5,8	10,4	9,3	0,0
Yıllık Toplam	774,7	392,2	576,0	651,1	465,0	548,3

## Sonuç

Sulama sistemlerinin projelenmesi sırasında temel bilgi olarak kullanılan bitki su tüketimi hesaplarında, geçmiş yıllarda meydana gelen meteorolojik olayların büyüklüğü ve dağılımı önemli olmaktadır. Meteorolojik olaylardaki farklılık, bitki su tüketimi ve dolayısıyla sulama suyu ihtiyacına da etki etmektedir.

Çalışmada elde edilen bulgulara göre:

1. Sıcak, normal ve serin yıllarda beklenen onar günlük ETo değeri, her bir on günlük dönem için geçmiş yılların ETo değerlerinin analiz edilmesiyle hesaplanmalıdır.

2. Benzer şekilde, geçmiş yılların onar günlük yağış değerlerinin analizi ile, kurak, normal ve yağışlı yıllarda beklenen yağış değerleri elde edilebilir.

3. Sulama suyu ihtiyacı açısından ETo ve yağış analizleri birlikte düşünüldüğünde, su ihtiyacının en yüksek olacağı sıcak – kurak bir yıldaki ETo değeri ile kurak bir yıldaki yağış değerinden yararlanılarak hesaplanabilir. Ancak bulunan değerlerin, bir yılı oluşturan bütün on günlük dönemlerin tamamının sıcak ve kurak olduğu durumda geçerli olduğu unutulmamalıdır.

4. Gelecekte, sulama suyu ihtiyacının yüksek olacağı sıcak – kurak bir yılda ihtiyaç duyulan su miktarı belirlenirken, geçmiş yılların ETo ve yağış değerleri araştırmada önerilen şekilde analiz edilerek sıcak – kurak yılı en iyi temsil eden yıl belirlenmeli ve bu yıla ilişkin su ihtiyaçları kullanılmalıdır.

## Kaynaklar

Abdulummin, S. ve J. Bastiaanson, 1991; **Application of Climatic Data for Effective Irrigation Planning and Management**. Training Manual. UAO, WMO, DSI, Ankara, 163 s.

Benli, E., S.Kodal, Y.E. Yıldırım, N.Özgenç ve F.C. Erdoğan, 1991; **Guidelines for Using Cropwat Turkey Seminar or Application of Climatic Data for Effective Irrigation**, Katholische Universitat. Leuven, Belgium.

Düzgüneş, O., T. Kesici, O.Kavuncu, F.Gürbüz, 1987. **Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları - II)**, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları : 1021, Ders Kitabı : 295, Ankara.

Kabakçı, H., S. Kodal, 1997. **Bitki Su Tüketimi Tahmininde Kullanılan Bazı Parametrelerin Türkiye Koşullarında Belirlenmesi**. 6. Kültürteknik Kongresi. Kültürteknik Derneği (Baskıda), Ankara.

Kodal, S., Y.E. Yıldırım ve N. Dağdelen, 1993; **Tarımsal Kuraklık ve Sulama İhtiyacı, Kuraklık ve Sulama Sempozyumu**, TZOB. Yayın no: 172, Ankara, S.23-49.Planning and Management, December 1991; DSI, Ankara, Turkey.

Kodal, S., F. Öztürk, M.F. Selenay, F.K. Sönmez ve H. Apaydın, 1995; **Sulama Suyu Yönetiminde Bilgisayar Uygulamaları** 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri. Kültürteknik Derneği, Ankara, s. 641-660.

Kodal, S., 1996; **Ankara-Beyazırma Ekolojisinde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Sulama Programlaması, İşletme Optimizasyonu ve Optimum Su Dağıtım**. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları 1465, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler:807, Ankara, 69 s.

Raes, D., H.Lemmens, P.Van Aelst, M.Vanden Bluche ve M.Smith, 1988 **IRSYS, Irrigation Scheduling Information System**. Reference Manuel 3 Faculty of Agricultural Science, Belgium.

Raes, D., Z. Song, D. Mallants ve G.Wyseure, 1989 **RAINBOW, Frequency Analysis and Probability Plotting of Hydrologic Data Test of Homogeneity of Hydrologic Records**. Reference Manual, Katholische Universitat, Leuven, Center for Irrigation Engineering, 43 s. Belgium.

Sönmez, F.K., S. Kodal ve F. Öztürk, 1995 **Sulamada Güvenilir Yağış ve Hesaplanması**. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri. Kültürteknik Derneği, Ankara, s. 673-682.

Sönmez, F. K., 1997. **Sulamada Yağış ve İklim Faktörleri Analizi**, A. Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (Baskıda), Ankara.