

Ayaş - Asartepe Sulamasında Şeker Pancarı Bitkisinin Sulama Planlaması

M.Ali TOKGÖZ¹

Geliş Tarihi : 08.08.1997

Özet: Bu çalışmada, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü V.Bölge sulamalarından Ayaş - Asartepe proje alanında değişik toprak bünyelerinde yörede yetiştiriciliği yapılan şekerpancarı bitkisi için sulama planlaması yapılarak; sulama suyu miktarı, sulama aralıkları ve sulama sayıları saptanmaya çalışılmıştır. Çalışmadaki sulama planlaması Ayaş ilçesine ait iklim verileri kullanılarak, toprak su bütçesi yardımıyla, IRSIS " Irrigation Scheduling Information System- Sulama Planlama Bilgi Sistemi" paket programı kullanılarak, yapılmıştır. Çalışmada, farklı program seçenekleri irdelenmiştir. Birinci sulama planlaması, topraktaki su miktarı kritik su düzeyine düşünce tarla kapasitesine çıkarılacak şekilde yapılmış buna "İdeal Sulama Planlaması" adı verilmiştir. Ancak bu şekilde planlamada, sulama aralığı ve uygulanan su miktarı sürekli farklılık gösterdiğinden pratiğe uygun görülmemiştir. İkinci sulama planlaması, " Pratik Sulama Planlaması" adı verilen, su kaybını ve verimdeki azalmayı minimum düzeyde tutacak şekilde sulama aralıklarını ve uygulanan su miktarını pratiğe uygun olarak sabitleştirmeye çalışılarak yapılmış ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Sulama planlaması, sulama suyu miktarı, sulama aralığı, sulama sayısı, toprak su bütçesi, IRSIS paket programı, ideal sulama planlaması, pratik sulama planlaması.

Irrigation Planing of Sugar Beet in Ayaş Asartepe Project Area

Abstract: In this study, irrigation plans were prepared for sugar beet to determine the amount of irrigation water, the irrigation interval and the number of irrigations in the Ayaş - Asartepe project area which was one the irrigation projects of State Hydraulic Works (DSI). For this purpose, soil samples were taken from the area, to determine the soil structure, specific gravity, field capacity and the wilting point values of the area. The irrigation plans were made by using the climatological data obtained from the Ayaş meteorological station by the help of IRSIS - Irrigation Scheduling Information System- packet program which depends on the soil - water budget method. In the study two alternative planning methods were tried. In the first method which was called " Ideal Irrigations Planning", the irrigation were made whenever the water level in the root zone depletes to the critical water level which was determined before. The water was added up to the field capacity. Although this method was convenient for irrigation planning, it was not suitable in practice as the amount of water and interval differs in each irrigation. So, in the second method the amount of irrigation water and the irrigation interval were settled in a fixed manner for practical use and this method was called as " Practical Irrigation Method".

Key words: Irrigation planning, amount of irrigation water, irrigation interval, number of irrigations, soil water budget, IRSIS software, ideal irrigation planning, practical irrigation planing.

Giriş

Genel olarak sulama, bitkinin normal gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun kontrollü olarak toprağa verilmesidir. Sulamanın kontrollü bir biçimde yapılabilmesi için; bitkinin yetiştirme dönemi içerisindeki su tüketiminin, en fazla suya gereksinim gösterdiği devrenin, toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin, sulama aralığının ve sulama süresinin önceden bilinmesi diğer bir deyişle sulama planlarının önceden hazırlanması gerekmektedir (Hiler vd., 1971).

Sulama planlarının hazırlanmasında gerekli olan, bitki su tüketimine etkili iklim elemanları yıldan yıla büyük değişiklik göstermektedir. Buna bağlı olarak bitki su ihtiyaçları da zaman boyutunda farklılık gösterecektir. Bu nedenle, hazırlanacak sulama planlarının, geçmiş dönemlerde oluşan uzun yılların iklim değerlerinden yararlanılarak hazırlanması veya tarla denemeleri ile kontrol edildikten sonra uygulayıcılara aktarılması gerekmektedir (Doorenbos ve Pruit, 1977).

Sulama yönünden toprak, bitkilerin su deposu olarak kabul edilmektedir. Toprak suyunun alt ve üst sınırlarını oluşturan tarla kapasitesi ile devamlı solma yüzdesi değerleri arasında tutulan su, bitkiler tarafından kullanılabilir su olarak tanımlanmaktadır. Kullanılabilir suyun tüketilmesi halinde gelişme durur ve kurak dönem başlar. Hatta kullanılabilir suyun belirgin bir oranının tüketilmesi durumunda bile bitki çeşidine bağlı olarak bitki strese girer ve bitkide verim kaybı meydana gelir. Bu dönemlerin daha önceden tahmin edilerek düzenli sulama planları ile verim kaybına neden olmayacak şekilde giderilmesi gerekir.

Sulama planlama teknikleri ile bunların özelliklerine ilişkin genel bilgiler Çizelge 1'de (Jensen, 1983) verilmiş olup, bu konuda yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Tscheske vd. (1978), Nebraska Üniversitesi tarafından geliştirilen AGNET bilgisayar ağında mevcut

¹ Ankara Üniv.Ziraat Fak.Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

Çizelge 1. Sulama Planlama Teknikleri ve Bunların Özelliklerine İlişkin Genel Bilgiler (Jensen, 1983)

Gözlenen veya Ölçülen Parametreler	İhtiyaç Duyulan Aletler veya İşlemler	Metodun Avantajları	Metodun Dezavantajları
Toprağa Bağlı Ölçümler			
Görünüm ve hissetme	Elle inceleme	Basittir	Kaba, yorumlayıcı tecrübesine ihtiyaç gösterir
Elektriksel direnç	Gözenekli bloklar	Topraktaki su miktarının dolaylı olarak ölçümüne olanak sağlar	Kalibrasyon ve kurulması esnasında dikkat edilmesi gerekir. Sık okuma yapılmalıdır. Kaba bünyeli topraklarda yeterince hassas değildir. Kullanım süresi kısadır. Tekerrürlü okumalara ihtiyaç gösterir.
Toprak matrix potansiyeli	Tansiyometre	Toprak su akışını etkileyen temel parametreleri ölçer	Tesisten önce bir düzenlemeye gereksinim duyulur. Hassas şekilde tesis edilmelidir. Sık okumalara ve bakıma ihtiyaç gösterir. Tekerrürlü okumalar gereklidir.
Bitkiye Bağlı Ölçümler			
Görünüm	Göz ile	Basittir	Görünümde meydana gelen değişimden önce potansiyel verimde azalma görülmektedir.
Toprak su potansiyeli	Basınç odası veya thermocouple psikometre	Metabolik işlemlerle bağlantı kurar, su akışını etkileyen temel parametreleri ölçer	Günlük değişimlerden ötürü sapmalar gözlenir. İyi örneklerle ihtiyaç duyulur. Elde edilen bilgiler kolayca yorumlanamaz. Zaman alıcıdır.
Yaprak terleme direnci	Diffüzyon parametre	Stomaların açılması ile ilişkili ölçüm yapar	Bir önceki yöntemle aynıdır.
Yaprak sıcaklığı	Infrared termometreler	Uzaktan algılanabilir	Uygulama yöntemleri iyi gelişmemiştir
Su Dengesinden Hesaplama			
Kök bölgesindeki su miktarı	Su denge modelleri	Hidrolojik dengeyi simüle eder. Uygulamada büyük esnekliğe sahiptir. Su ihtiyaçlarının hesaplanmasına iyi bir şekilde uygulanır.	Girdilerin doğruluk derecesinden etkilenir. Genellikle periyodik tarla kontrollerine ihtiyaç gösterir. Çıkarılan zamana bağımlı olarak düzenlenmesi gerekebilir.
Evaporasyon Aletleri			
Serbest su yüzeyi gözenekli hazne veya gözenekli düz yüzeylerden olan buharlaşma	Buharlaştırma kapları, atmometreler	Bir alet geniş bir bölgeye hizmet edebilir.	Sık bakıma ve veri toplamaya ihtiyaç gösterir. Aletin iyi yerleştirilmesi gerekir. Her bitki için kalibrasyona ihtiyaç vardır.

IRRIGATE adlı paket program yardımıyla sulama planlarının nasıl oluşturulduğunu, kullanım alanlarını ve sağladığı yararları açıklamaya çalışmıştır. Yöntem genel olarak toprak suyundaki değişimleri izleyerek sulamaların ne zaman ve ne miktarda yapılacağına karar vermektedir. Araştırmacılar söz konusu paket programın, değişik sulama sistemlerinde dokuz değişik bitki ve sekiz genel toprak tipi için kullanılabilir nitelikte olduğunu belirtmektedir.

Tokgöz (1984), Konya - Çumra yöresinde 1958 - 1982 yılları arasında günlük iklim verilerinden yararlanarak, toprak su denge yöntemi yardımıyla bu döneme ilişkin toprak suyu miktarlarını belirleyerek buna bağlı olarak yapılan sulamaları elde etmiştir. Geçmiş dönemlerde elde edilen bu sulama sayılarının yardımıyla, istenilen olasılıkta, gelecekte aylık ve mevsimlik sulama suyu ihtiyaçları hesaplanarak sulama planlarının yapılabileceğini belirlemiştir.

Stegman (1986), mısır bitkisi için kısıtlı su kullanılması koşulunda maksimum ürün elde edebilmek amacıyla farklı sulama planları üzerinde çalışmıştır. Araştırmada, sulama, kök bölgesindeki kullanılabilir su seviyesi % 60 - 70 oranında azaldığında yapılmıştır. Sonuçta, mevsimlik ortalama sulama sayısında % 23 -

30'luk bir azalma ile maksimum ürünün % 95'inin alınabileceğini saptamıştır.

Phene vd. (1989), tartılı tip lizimetreler ile evapotranspirasyon ölçümlerinden yararlanılarak dört yıl devam eden çalışmalarının sonuçlarına göre aynı veya az farklı arazilerdeki koşullarda bile elde edilen sonuçlardan yararlanarak sulama planlamasının yapılabileceğini saptamışlardır.

Kodal (1996), Ankara - Beypazarı yöresinde yeterli ve kısıtlı su koşullarında işletmede yetiştirilen bitkiler için sulama programlarını ve optimum bitki desenini belirlemeye çalışmıştır. Yeterli su koşullarında elde edilen işletme sulama takviminde sulamaların zaman boyutunda düzensiz olarak dağıldığı görülmüştür. Bu sulama takviminin işletme açısından pratik ve ekonomik olmayabileceğini göz önüne alarak, ortak ve pratik bir sulama programı oluşturmaya çalışmıştır.

Balçın ve Güleç (1997), Tokat Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde, domates bitkisinin sulama planlamasını IRSIS ve CROPWAT paket programları yardımı ile elde etmişler ve sonuçları 1994 - 1996 yılları arasındaki tarla denemeleri ile karşılaştırmışlardır.

Sonuçta IRSIS ve CROPWAT paket programlarından elde edilen sulama sayılarının ve sulama suyu miktarlarının tarla denemeleri sonucunda elde edilen değerlere yakın olduğunu belirlemişlerdir.

Kodal vd. (1997), Urfa yöresinde yetiştirilen tarla bitkilerinden; ayçiçeği, buğday, mısır, pamuk, patates, soya, şekerpancarı ve yer fıstığı bitkilerine ilişkin bitki su tüketimlerini, sulama suyu ihtiyaçlarını, sulama zamanı planlamalarını ve su - verim ilişkilerini IRSIS paket programı yardımı ile elde ederek kullanıcılarına faydalı olacak tablolar halinde sunmuşlardır.

Bu çalışma, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Ayaş - Asartepe proje alanında şeker pancarı bitkisinin sulama planlaması amacıyla yapılmıştır. Araştırmada Ayaş ilçesi iklim verileri kullanılarak, yöredeki değişik toprak bünyeleri için, toprak su bütçesi esasına dayalı IRSIS paket programı kullanılarak, şeker pancarı bitkisi için değişik alternatifler göz önüne alınarak sulama planları hazırlanmış ve bunlar tartışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada kullanılan Ayaş Meteoroloji İstasyonuna ilişkin bazı iklim değişkenlerinin on günlük ve aylık uzun yıllar ortalaması değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Söz konusu iklim değişkenleri meteoroloji istasyonu kurulduğu tarihten başlamak üzere 26 yıllık ortalama değerleri göstermektedir. Bu değerler Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü arşivlerinden derlenmiştir.

Proje alanında, şu anda sulama yapılan 1000 ha'lık arazide kırk değişik noktadan 0 - 30, 30 - 60, 60 - 90 cm, derinliklerden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmış ve her bir toprak örneğinde; tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), bünye değerleri ve hacim ağırlıkları Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su laboratuvarlarında yapılan analizler sonucunda elde edilmiştir. Toprakların infiltrasyon hızı değerleri her bir toprak bünyesine bağımlı olarak Raes vd. (1988)'den alınmıştır. Sonuçta genel bir değerlendirme yapılarak tüm proje alanında dört farklı toprak bünyesi elde edilmiştir. Bunların ortalama olarak tarla kapasitesi, solma noktası ve infiltrasyon hızları ile her bir toprak bünyesinin kapladığı alan ve yüzde değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Araştırma alanında şeker pancarı bitkisinin ekim tarihi 15 Nisan, hasat tarihi 30 Eylül olarak ele alınmıştır. Bu süre, tarla bitkileri ve sebzelerin bitki katsayılarının ve etkili kök derinimlerinin belirlenmesi açısından dört döneme ayrılır. Birinci dönem başlangıç dönemidir. Çimlenme ve büyümenin olduğu dönemdir. Bitkinin toprak yüzeyini örtme derecesi % 10'un altındadır. İkinci dönem bitkinin büyümeye başladığı dönemdir. Bitkinin toprak yüzeyini örtme derecesi % 10' olduğunda başlar ve en yüksek değere ulaştığında sona erer. Üçüncü dönem; büyüme mevsiminin ortalarına rastlayan dönemdir. İkinci dönemin sonunda başlar ve olgunlaşmanın başlangıcına kadar devam eder. Dördüncü dönem, büyüme mevsiminin sonuna rastlayan dönemdir. Olgunlaşma başlangıcından olgunlaşma sonuna veya hasata kadar devam eder. Çizelge 4'de şeker pancarı bitkisi için proje alanında bu dönemlere ilişkin bitki katsayıları ve etkili kök

derinlikleri verilmiştir (Doorenbos ve Pruitt, 1977, Güngör ve Yıldırım, 1987, Raes vd., 1988).

Çizelge 4'de ikinci gelişme dönemine ilişkin bitki büyüme katsayısı ile elde edilen kök derinliği çalışmada kullanılan paket program yardımıyla bilgisayar tarafından doğrusal enterpolasyon ile belirlenmekte ve bunların değişimleri grafiksel olarak elde edilmektedir.

Şeker pancarı bitkisine ilişkin verim faktörleri aşağıdaki eşitlik ile elde edilmiştir.

$$(1 - Ya / Ym) = Ky (1 - Eta / Etm)$$

Eşitlikte;

Ya = Gerçek verimi (kg/ha),

Ym= Maksimum verimi (kg/ha),

ETA = Gerçek bitki su tüketimini (mm/gün)

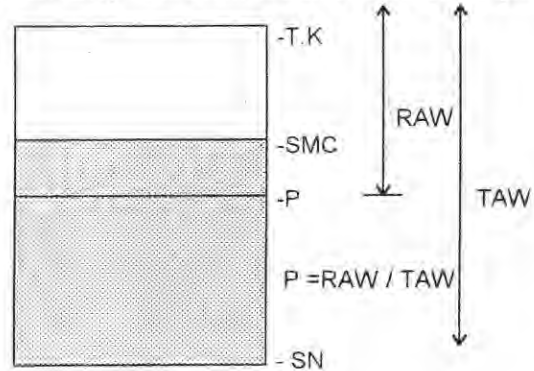
ETm= Maksimum bitki su tüketimini (mm/gün),

Ky = Verim faktörünü göstermektedir.

Bitki verim faktörü değeri (Ky), nisbi verim azalmasının (1-Ya/Ym), nisbi bitki su tüketimi azalmasına (1-ETA / Etm) oranlaması ile elde edilmektedir.

Toprağın birim derinliğinde tarla kapasitesi ile solma noktası arasında tutulan su miktarına kullanılabilir su tutma kapasitesi adı verilmektedir (Sa = mm/m). Bitki kök derinliği D (m) ile gösterildiğinde, bitki kök derinliğindeki toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi ; TAW = D.Sa (mm) olacaktır. Bitki kök derinliğindeki su miktarı (SMC, mm) toprağın tarla kapasitesi değerinde veya buna yakın ise bitkinin o andaki gerçek su tüketim hızı (ETA , mm/gün), bitkinin maksimum su tüketim miktarına (ETm , mm/gün) eşit olacaktır. Bu durumda bitkiden elde edilecek verim (Ya) miktarında maksimum verime (Ym) eşit olacaktır. Bu durum kök bölgesindeki toprakta bulunan bu miktarın toprağın tarla kapasitesi ile solma noktası arasında belirli bir orana (P) düşmesine kadar devam eder (Şekil 1). Topraktaki su miktarı şekil 1'de görülen kritik su düzeyini (P) altına düşüğünde bitkinin gerçek su tüketim hızı, maksimum su tüketim hızından düşük olacaktır (ETA < ETm). Böylelikle verim miktarında da bir azalma gözlenecektir (Ya<Ym). Şekilde P ile gösterilen bu oran, kritik su düzeyindeki su miktarının (RAW) toplam kullanılabilir su miktarına (TAW) bölünmesi ile elde edilir

(P= RAW/TAW). Bitki veriminde bir azalma istenmiyor



Şekil 1. Bitki Kök Bölgesindeki Toprak Su İçeriğinde Oluşan Değişim

Çizelge 2. Ankara - Ayaş İlçesinde Bazı İklim Değerlerinin On Günlük ve Aylık Uzun Yıllar Ortalama Değerleri

Dönem	Ortalama Sıcaklık (°C)	Max.Bağıl Nem (%)	Min.Bağıl Nem (%)	Güneşlenme Süresi (h.dak)	2 m. Yükseklikte Ölçülen Rüzgar Hızı (m/s)	Yağış Miktarı (mm)
1-10 Ocak	1.5	88	31	2.4	1.6	19.4
11-20 Ocak	0.6	90	45	3.0	1.7	16.0
21-31 Ocak	1.3	91	47	1.2	1.7	15.7
Ocak	1.1	90	41	2.2	1.7	51.1
1-10 Şubat	1.2	86	39	3.4	2.0	13.8
11-20 Şubat	2.7	87	34	3.9	2.2	13.7
21-28 Şubat	2.9	87	38	7.0	2.2	10.9
Şubat	2.3	87	37	4.8	2.1	38.4
1-10 Mart	4.2	88	27	4.9	2.9	12.7
11-20 Mart	5.3	89	24	5.2	2.1	12.6
21-31 Mart	8.5	85	21	6.1	2.1	14.0
Mart	6.0	87	24	5.4	2.4	39.3
1-10 Nisan	10.0	84	16	6.4	1.8	11.6
11-20 Nisan	8.0	87	18	5.9	1.6	20.0
21-30 Nisan	11.0	81	20	7.4	1.5	17.1
Nisan	9.6	84	18	6.6	1.6	48.7
1-10 Mayıs	13.4	80	18	7.7	2.1	16.2
11-20 Mayıs	14.8	85	21	7.8	2.2	20.0
21-31 Mayıs	16.6	78	19	9.2	2.2	16.3
Mayıs	14.9	81	19	8.2	2.2	52.5
1-10 Haziran	17.9	72	17	10.0	3.0	19.0
11-20 Haziran	19.1	65	17	10.8	3.0	10.0
21-30 Haziran	20.2	74	16	11.1	3.0	8.3
Haziran	19.1	70	17	10.6	3.0	37.3
1-10 Temmuz	20.8	68	14	11.4	3.8	7.5
11-20 Temmuz	22.4	57	14	12.0	3.6	5.7
21-31 Temmuz	22.8	95	14	11.9	3.9	4.1
Temmuz	22.0	73	14	11.8	3.8	17.3
1-10 Ağustos	22.7	68	12	11.5	4.6	1.3
11-20 Ağustos	22.4	60	12	12.0	4.7	4.1
21-31 Ağustos	21.3	69	12	11.2	4.6	7.0
Ağustos	22.1	66	12	11.6	4.6	12.4
1-10 Eylül	20.3	74	14	9.5	3.2	5.9
11-20 Eylül	18.1	70	12	10.1	3.3	1.6
21-30 Eylül	16.7	76	13	8.6	3.5	9.2
Eylül	18.4	73	13	9.4	3.3	16.7
1-10 Ekim	14.0	78	17	7.8	2.8	4.7
11-20 Ekim	12.2	84	30	10.0	2.5	12.1
21-31 Ekim	10.0	85	19	6.3	2.5	13.8
Ekim	12.1	82	22	8.0	2.6	30.6
1-10 Kasım	7.9	80	34	5.2	2.4	8.0
11-20 Kasım	7.1	85	29	4.7	2.3	13.3
21-30 Kasım	5.2	88	33	4.6	2.3	14.0
Kasım	6.7	84	32	4.8	2.3	35.3
1-10 Aralık	3.9	87	36	3.0	1.6	14.7
11-20 Aralık	2.2	86	42	2.3	1.4	25.0
21-31 Aralık	1.2	88	47	2.1	1.6	21.9
Aralık	2.4	87	42	2.5	1.5	61.6
Yıllık	11.4	90	12	7.2	2.6	441.2

Çizelge 3. Proje Alanında Yer Alan Farklı Bünyeli Topraklara İlişkin Bazı Özellikler

Toprak Bünyesi	Ortalama Tarla Kapasitesi (%)	Ortalama Solma Noktası (%)	Ortalama İnfiltrasyon Hızı (mm/gün)	Alan	
				Hektar	%
Killi Tınlı	52	32	192	650	65.0
Killi Tınlı	50	32	12	75	7.5
Tınlı	46	28	312	225	22.5
Kumlu Tınlı	31	18	600	50	5.0
TOPLAM				1000	100.0

Çizelge 4. Proje Alanında Şeker Pancarı Bitkisi için Gelişme Dönemleri Uzunlukları ve Bu Dönemlere İlişkin Bitki Katsayıları ve Etkili Kök Derinlik Değerleri

Gelişme Dönemi	Gelişme Dönemi Uzunluğu (gün)	Bitki Katsayısı (kc)	Etkili Kök Derinliği (m)
1	25	0.35	0.30
2	40	-	-
3	55	1.10	0.90
4	45	0.60	0.90

ise kök bölgesindeki su miktarının yetiştirme mevsimi boyunca kullanılabilir su tutma kapasitesinin belirli bir oranının altına (P) düşmemesi arzu edilir. Yöresel olarak, yetiştirilen bitki çeşidine ve bitki yetiştirme dönemine bağlı olarak farklılık gösteren P değerinin deneysel olarak belirlenmesi gerekir. Ülkemiz için "P" değerine ilişkin yeterli bilgi bulunmadığından çalışmada bu değer genel olarak kabul edilen 0.5 değeri olarak alınmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

Yöntem

Sulama planlamalarında kullanılan su bütçesi yaklaşımı özellikle bilgisayar teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak son yıllarda gittikçe artan bir önem kazanmıştır. Bu çalışmada toprak, bitki ve iklim koşulları yanında sulama yöntemi ve sulama sisteminin özellikleri de göz önüne alan IRSIS paket programı kullanılmıştır.

IRSIS paket programı; yardımcı işletim kütüğü ve planlama işletim kütüğü olmak üzere iki bölüme ayrılmaktadır. Yardımcı işletim kütüğü; referans bitki su tüketimi kütüğü, yağış kütüğü, bitki kütüğü, arazi kütüğü bölümlerinden oluşmaktadır. Planlama işletim kütüğünde ise yardımcı işletim kütüğünden yararlanılarak elde edilen ön planlama ve gerçek planlama bölümleri mevcuttur.

Referans bitki su tüketimi kütüğünde ilk aşama referans bitki su tüketiminin (ET_o) hesaplanacağı dönemler belirlenir (aylık, on günlük, günlük). Daha sonra ET_o'ün hangi yöntemle hesaplanacağını belirlemek gerekir. IRSIS paket programında ET_o: Blaney Criddle (FAO uyarlaması), Hargraves, Pan Evaporasyon, Makking (Radyasyon, FAO uygulaması) ve Penman (FAO uyarlaması) yöntemlerinden birisiyle hesaplanabilmekte veya arzu edilir ise başka bir yöntemle hesaplanan ET_o değerleri de kullanılabilir. ET_o tahmin yöntemlerinin her birinin kendine göre bazı avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Ancak Penman yöntemi, ET_o tahmininde daha fazla iklim değeri kullanması nedeniyle daha güvenilir sonuçlar vermektedir (Doorenbos ve Pruiitt 1977, Hisarlı 1988, Kodal 1988, Akgün 1989). Bu nedenle araştırmada ET_o değerleri Penman (FAO uyarlaması) yöntemi ile on günlük dönemler için hesaplanmıştır.

Yağış kütüğünde; ilk aşamada yağış değerlerinin hangi dönemler içinde değerlendirileceği belirlenir (aylık, on günlük, günlük). Bu dönemler içerisindeki yağış değerleri bilgisayara girilerek güvenilir yağış değerleri elde edilir. Güvenilir yağış; belirli bir olasılık düzeyinde meydana gelmesi beklenen yağış miktarıdır. IRSIS paket programında güvenilir yağış değerleri iki yöntemle hesaplanabilir. Birinci yöntemde, güvenilir yağış değeri gerçek yağış değerleri kullanılarak gerçek yağışın belirli bir yüzdesi olarak kabul edilir (Addarawatte 1986, Renier 1986, Raes vd.1988). İkinci yöntemde ise güvenilir yağış miktarları istatistiksel analizler yardımı ile elde edilir. Sulama çalışmalarında güvenilir yağış değerleri kurak koşul % 80 olasılıkta, normal koşul % 50 olasılıkta ve nemli koşul %20 olasılıkta meydana gelebilecek yağış miktarlarını gösteren değerler olarak kabul edilir (Haan 1977, Oosterbaan 1986, Raes vd.1988). Çalışmada, yapılan araştırmalar ve literatür taraması sonunda, sulama planlamasında on günlük yağışların % 80 olasılıkta meydana gelebilecek (kurak koşul) güvenilir yağış değerlerinin kullanılması uygun görülmüştür.

Bitki kütüğünde bitki ile ilgili verilerin girilmesi gerekir. Bunlar bitki gelişme dönemleri ve uzunlukları, kritik su düzeyleri, etkili kök derinlikleri v.b. değerlerdir.

Arazi kütüğünde, arazi ile ilgili; tarla kapasitesi, solma noktası ve toprağın infiltrasyon hızları bilgisayara işlenir. Toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi paket program tarafından verilen özelliklere göre hesaplanır. Su dengesin kurulmasında gerekli olan yüzey akış miktarının belirlenmesi, paket program tarafından iki değişik yöntem kullanılarak elde edilir. Bunlardan birincisi SCS yöntemidir (Ritchie, 1972). İkincisinde ise yüzey akış miktarı yağışın belirli bir oranı şeklinde elde edilir (Raes ve Aelst 1985). Proje alanındaki sulama planlaması esnasında yüzey akış miktarının hesaplanmasında SCS yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada proje alanı için belirlenen dört toprak bünyesi için çözümler ayrı ayrı alınmıştır.

Planlama işletim kütüğünde ise, yardımcı işletim kütüğü yardımıyla ön planlamalar ve gerçek planlamalar yapılabilmektedir.

IRSIS paket programı tarafından hesaplamalarda kullanılan toprak su dengesini aşağıda verilmiştir (Raes vd. 1988).

$$SCM_i = SMC_{i-1} + ETa - (I - I_{dp}) - (P_t - P_{dp} - P_{ro})$$

Eşitlikte;

SCM_i =Herhangi bir günde bitki kök bölgesindeki su miktarı (mm),

SMC_{i-1} =Bir gün öncesi bitki kök bölgesindeki su miktarı (mm),

ETa =Herhangi bir gündeki gerçek bitki su tüketimi (mm),

I =Sulama ile uygulanan su miktarı (mm),

I_{dp} =Sulama suyunun, derine sızması nedeniyle kök bölgesi dışına çıkan miktarı (mm),

P_t =Toplam yağış miktarı (mm),

P_{dp} =Yağışın derine sızma nedeniyle kök bölgesi dışına çıkan bölümü (mm)

P_{ro} =Yağışın yüzey akışı nedeniyle uzaklaşan bölümü (mm)'nü göstermektedir.

Yukarıda verilen eşitlik yardımıyla bitki gelişme dönemi içerisindeki toprak su dengesinde meydana gelen değişim sonuçlarına göre her bir sulamada verilecek su miktarı ve bunun her zaman verileceği ile gelişme dönemi içerisindeki toplam sulama sayısı ve toprak su dengesine ilişkin diğer özellikler rahatlıkla elde edilebilir.

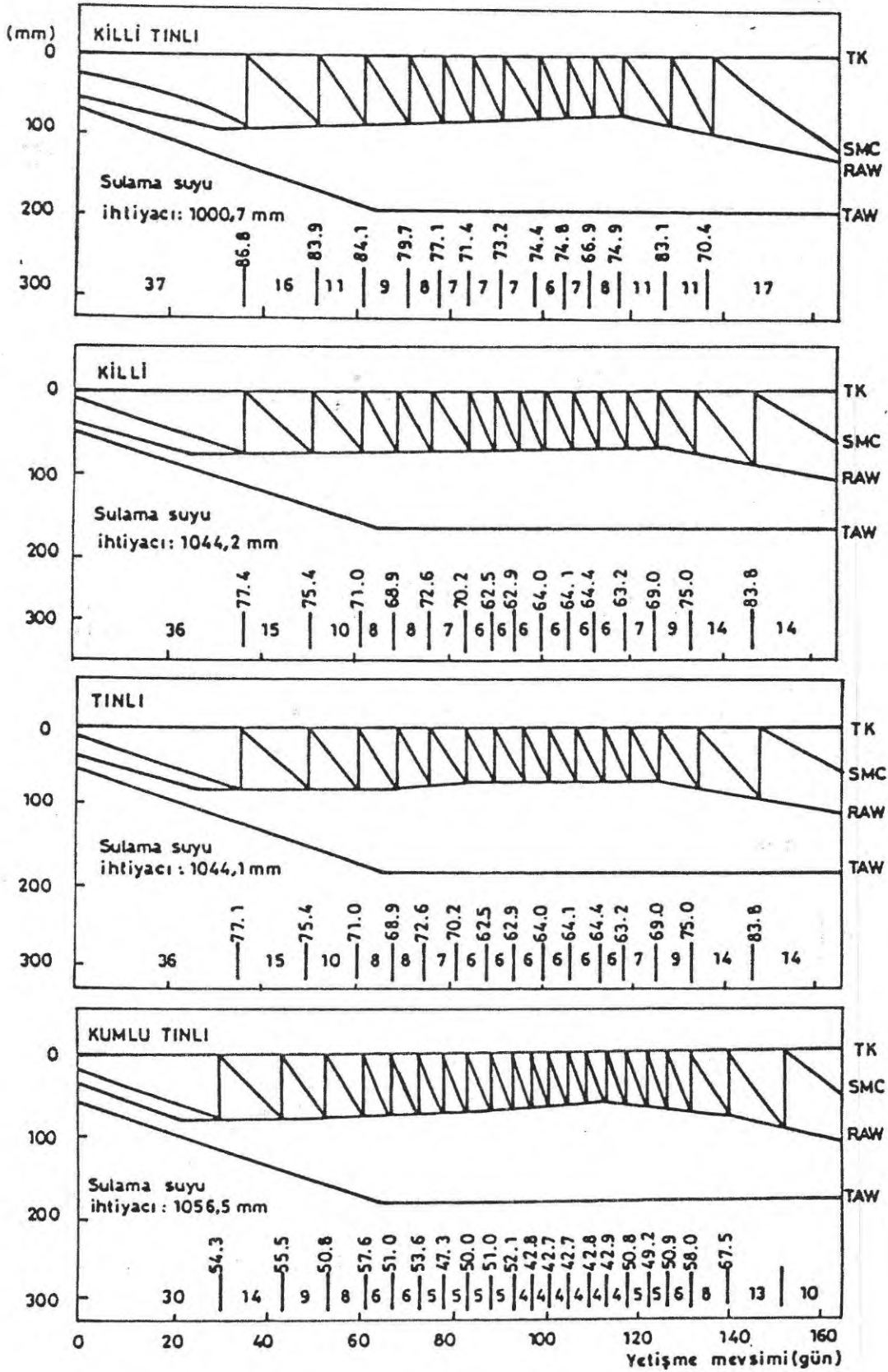
Bulgular ve Tartışma

Şeker pancarı bitkisi için sulama planları iki değişik şekilde yapılmıştır. İlk sulama planlamasında kullanılabilir su miktarının yüzdesine göre zamanlama kriteri kullanılmıştır. Burada sulamalar bitki kök bölgesinde bulunan kullanılabilir suyun daha önceden belirlenen bir yüzdesinin tüketilmesi ile yapılır ve kök bölgesindeki su tekrar tarla kapasitesi değerine getirilir. Bu sulama planlamasına "İdeal Sulama Planlaması" adı verilmiştir.

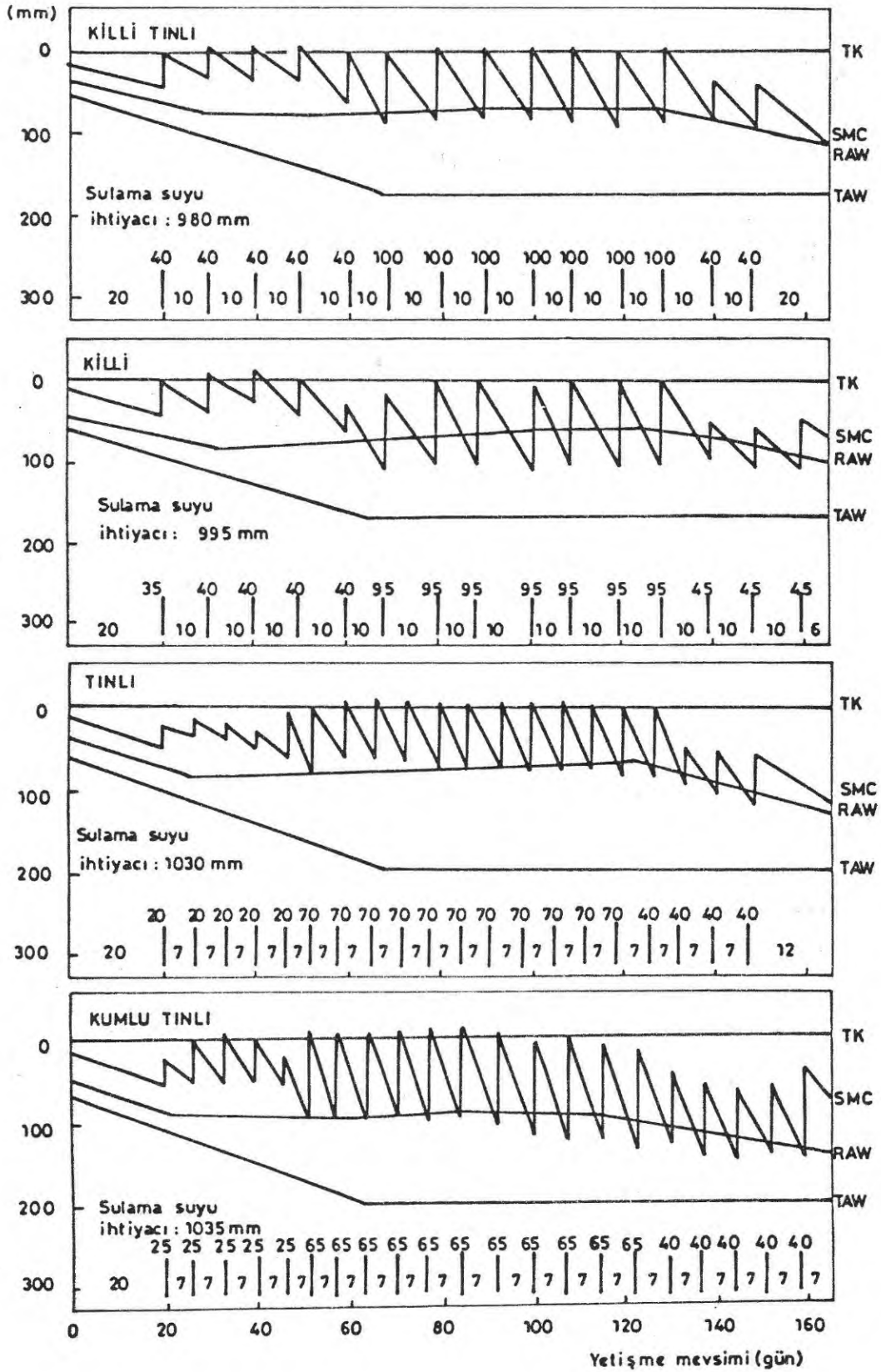
İkinci sulama planlaması ise su kaybını ve verimdeki azalmayı minimum düzeyde tutacak şekilde sabit aralık zamanlama kriteri ile sabit derinlik kriteri kullanılarak yapılmıştır. Bu sulama planlamasında uygulanacak su miktarı ve sulama aralıkları bitki çeşidi ve toprak özelliklerine bağlı olarak uygulayıcı tarafından daha önce belirlenmekte ve sulamalar buna göre yapılmaktadır. Bu sulama planlamasına ise "Pratik Sulama Planlaması" adı verilmiştir.

Şeker pancarı bitkisinin proje alanındaki değişik toprak bünyeleri için yapılan ideal sulama planlama sonuçları Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'nin incelenmesinden de görüleceği gibi ideal sulama planlamasında toprak bünyesine bağlı olarak sulama suyu ihtiyaçları 1000.7 mm. ile 1056.5 mm. arasında değişim göstermiş ve büyük farklılık gözlenmemiştir. Ancak sulama sayıları ve sulama aralıklarında toprak bünyesine göre büyük farklılıklar vardır. Killi tınlı toprak bünyesinde 13 olan sulama sayısı killi ve tınlı toprak bünyesinde 15, kumlu tınlı toprak bünyesinde 21 olarak belirlenmiştir. Sulama aralıkları ise 4 - 37 gün arasında değişim göstermektedir. Bunun nedeni söz konusu toprak bünyelerinin infiltrasyon hızları ve kullanılabilir su tutma kapasitelerindeki değişimdir. Çizelgeden her sulamada verilmesi gereken su miktarı ve sulama suyu miktarı arasındaki farklılık rahatlıkla izlenebilir.

Şekil 3'de ideal sulama planlaması sonuçlarından yararlanarak hazırlanan pratik sulama planlarında sulama suyu miktarının proje alanındaki değişik toprak bünyeleri için 980 mm. ile 1035 mm. arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Şekil 3'ün incelenmesi ile görüleceği gibi sulama suyu miktarları arasında fazla bir farklılık oluşmadığı ve ideal sulama planlaması ile arasındaki değişimin büyük olmadığı gözlenmektedir. Ancak yine yukarıda belirtilen nedenlerden ötürü sulama sayıları ve aralıkları farklılık göstermektedir. Örneğin, killi - tınlı toprak bünyesi için sulamaya yetiştirme mevsimi başlangıcından 20 gün sonra başlanmış ve 10 gün aralıklarla 5 defa 40 mm. su uygulanmış daha sonra sulama aralıkları sabit tutularak, 7 defa 100 mm.'lik su verilmiş, hasata yakın su ihtiyacının azaldığı dönemde ise aynı sulama aralığında uygulanan su miktarı 40 mm.'ye indirilmiştir. Böylelikle toplam sulama sayısı 14, bitkiye verilen toplam su miktarı ise 980 mm. olarak elde edilmiştir. Buna karşılık kumlu-tınlı toprak bünyesi için sulamaya ekimden yine 20 gün sonra başlanmış, sulama aralıkları 7'şer gün olarak belirlenmiş, ilk 5 sulamada 25 mm., sonraki 11 sulamada 65 mm., son 5 sulamada ise 40 mm. sulama suyu verilmiştir. Toplam sulama suyu ihtiyacı 1035 mm., sulama sayısı 21 olarak elde edilmiştir. Bu tip sulama planlamasında yetiştirme mevsimindeki su açıklarının verimde herhangi bir azalmaya neden olmamasına özen gösterilmiştir.



Şekil 3. Şeker pancarı bitkisinde değişik toprak bünyeleri için elde edilen ideal sulama planları



Şekil 4. Şeker pancarı bitkisinde değişik toprak bünyeleri için elde edilen pratik sulama planları.

Sonuç

Yapılan bu çalışma sonunda, ikinci tipte hazırlanacak sulama planlarının yetiştiricilere büyük kolaylıklar sağladığı bir gerçektir. İdeal sulama planlaması adı verilen ilk sulama planlaması daha güvenilir ve su kaybına neden olmayan kesin sonuçlar vermesine karşılık, pratik sulama planlaması adı verilen ikinci sulama planlaması uygulayıcılara büyük rahatlık sağlamaktadır. Eğer verilecek su miktarı ve aralığı iyi bir şekilde ayarlanabilirse, ikinci sulama planlama şekli önerilmektedir.

Kaynaklar

- Addarawatte, G.R.M., 1986. **Statistical Analysis of Climatological Data For Irrigation Scheduling**. Master's Dissertation. Center For Irrigation Engineering, University of Leuven, Belgium, 72 s.
- Akgün, M., 1989. **Ankara Koşullarında Kısa Periyotlu Bitki Su Tüketimi Tahmin Yöntemlerinin Karşılaştırılması**. Ank.Üniv. Fen Bil.Enstitüsü Kültürteknik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Balçın, M., H., Güleç, 1997. **IRISIS ve CROPWAT Paket Programlarından Elde Edilen Sulama Programlarının Tarla Şartlarında Elde Edilen Sulama Programları ile Karşılaştırılması**. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, Kirazlı Yayla - Bursa.
- Doorenbos, J. ve W.D. Pruitt, 1977. **Crop Water Requirements**. FAO, Irrigation Drainage Paper 24, Rome.
- Doorenbos, J. ve A.H. Kassam, 1979. **Yield Response to Water**. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome.
- Güngör, Y. ve O.Yıldırım, 1987. **Tarla Sulama Sistemleri**. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları 1022, Ankara.
- Haan, C.T., 1977. **Statistical Methods in Hydrology**. Anes Iowa, 379 s.
- Hiler, E.A., T.A. Howell ve D.G. Bordovsky, 1971. **Stress Day Index**. A New Concept For Irrigation Timing. Optimization of Irrigation and Drainage Specialty Conference, Lincoln, Nebraska, 6-8 October 1971, New York, 10017, s. 579-590.
- Hisarlı, S., 1988. **Ankara Koşullarında Bitki Su Tüketim Yöntemlerinin Karşılaştırılması**. Ankara Üniv. Fen Bil.Enstitüsü Kültürteknik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Jensen, M.E., 1983. **Design and Operation of Farm Irrigation Systems**. ASAE. St. Joseph, Michigan, 49085.
- Kodal, S., T.Aküzüm, B.Çakmak, B.Kendirli, 1997. **Urfa Yöresinde Yetiştirilen Bazı Tarla Bitkilerinin Yeterli ve Kısıtlı Sulama Koşullarında Sulama Programları**. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5 - 8 Haziran 1977, Kirazlıyayla - Bursa.
- Kodal, S., 1988. **Ülkemizde Meyve Ağaçlarının Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılabilecek Yöntemler**. Ankara Üniv. Ziraat Fak.Yıllığı, Ankara.
- Kodal, S., 1996. **Ankara Beypazarı Ekolojisinde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Sulama Programlaması, İşletme Organizasyonu ve Optimum Su Dağıtımı**. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayın No: 1465, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, 807, Ankara, 695.
- Oosterbaan, R.D., 1986. **Frequency and Regression Analysis**. Twenty - Fifth International Course on Land, Wageningen, Netherlands, 64s.
- Phene, C.J., R.L. Cormick, K.R.Davis,J.D..Pierro ve D.W. Meek, 1989. **Lysimeter Feedback Irrigation Controller System For Evapotranspiration Measurements and Real Time Irrigation Scheduling**. ASAE 32 (2): 477-484.
- Raes, D. ve P.V.Aelst, 1985. **The Field Parameters of The BUDGET Model Internal Note**. Lab. of Soil and Water Engineering, University of Leuven, Belgium, 10s.
- Raes, D., H.Lemmens, P.V.Aelst, M.V.Bulcke ve M. Smith, 1988. **Irrigation Scheduling Information System**. Laboratory of Land Management, Faculty of Agricultural Sciences, U.K. Leuven, Koordinal Menciaerlaan 92, b-3030 Leuven, Belgium
- Renier, P., 1986. **Rainfall Probabilities From Monthly Average Rainfall Data and the % 20, % 50, % 80 Probability of Exceedance**. Internal Note, AGL. FAO, Rome, 10s.
- Ritchie, J.T., 1972. **Model For Predicting Evaporation From a Row Crop With Incomplete Cover**. Water Resources Research, 8 (5): 1204-1213.
- Stegman, E.C., 1986. **Efficient Irrigation Timing Methods For Corn Production**. ASAE, 29 (1) : 203-210
- Tokgöz, M.A., 1984. **Konya Çumra Alibeyhöyüğü Yeraltısuyu İşletmesinde Sulama Programlarının Saptanması Üzerinde Bir Araştırma**. Ankara Üniv.Ziraat Fak. Kültürteknik Bölümü, Doktora Tezi, Ankara.
- Tsceschke, P., J.R.Gilley, T.Thompson ve P. Fischbach, 1978. **Irrigation a Scheduling Model**. Agricultural Engineering, 59 (1): 45-46.