

EGE ÜNİVERSİTESİ BİLİMSEL ARAŞTIRMA
PROJE KESİN RAPORU
EGE UNIVERSITY SCIENTIFIC
RESEARCH PROJECT REPORT

PROJE NO: 2002-ZRF-044

**ANA KANALLAR DÜZEYİNDE MENEMEN OVASI
SULAMA PERFORMANSININ UZAKTAN ALGILAMA
TEKNİĞİ (NOAA-AVHRR UYDU GÖRÜNTÜLERİ)
KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

PROJE YÖNETİCİSİ

Doç. Dr. H. Baki ÜNAL

ARAŞTIRMACI

Prof. Dr. Şerafettin AŞIK

Prof. Dr. Musa AVCI

Prof. Dr. Ünal ALTINBAŞ

Prof. Dr. Yusuf KURUCU

Araş. Gör. Bekir S. KARATAŞ

Dr. Erhan AKKUZU

Zir. Yük. Müh. M. Tolga ESETLİLİ

Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Faculty of Agriculture

Department of Farm Structures and Irrigation

Bornova-İZMİR

2006

ÖNSÖZ

Dünyada tarım yapılan alanların altıda biri sulanırken, bu alanlardan dünya gıda ihtiyacının üçte biri karşılanmaktadır. Son 25 yılda gıda üretimindeki artışın yarısından fazlası sulu tarımdan meydana gelmiştir. Sulama, hiç şüphesiz gelecekte de dünyada artan nüfusun gıda ihtiyacının güvenle karşılanmasında kritik rol oynamaya devam edecektir.

Bir alanı sulamaya açmanın yanı sıra, verilen sulama suyunun yeterli ve güvenilir miktarda, eşit ve etkin bir biçimde dağıtımı da son derece önemlidir. Bu nedenle, son yıllarda sulama projelerinde su dağıtım performansının belirlenmesi ve sonuçlarının geleceğe yönelik daha iyi yönetim politikalarının oluşturulmasında kullanımı, gittikçe önem kazanmaktadır.

Bilgi toplumuna geçiş süresinin yaşandığı bir dönemde yeterli ve güvenilir veriler elde edilmeden ekonomik ve bilimsel gelişimin ve bu gelişimleri yönlendirecek olan politikaların sağlıklı bir şekilde belirlenmesi mümkün değildir. Gelişme sürecindeki hedeflerine ulaşmak için ülkemizde de her alanda yeniden yapılanma gereklidir. Bunun gerçekleştirilmesinin ön koşulu ise, çalışılan alanla ilgili sağlıklı verilerin elde edilmesidir. Bunun için bir çok alanda kullanılan uzaktan algılama (UA) tekniğinin kullanılması kaçınılmazdır. UA tekniği, özellikle büyük alanlar hakkında etkin, objektif ve geleneksel yöntemlere göre çok daha düşük maliyetle veri elde etme olanağı sağlamaktadır. Ayrıca bu teknikte veriler, arazi çalışmalarına göre daha kısa sürede, sistematik biçimde ve daha doğru olarak elde edilebilmektedir.

Gerek doğrudan ölçme yöntemleri ile gerekse de iklim verilerinden yararlanarak bitki su tüketiminin (evapotranspirasyon) ölçümü ve bu bağlamda su kullanımına ilişkin performans göstergelerinin belirlenmesi özellikle proje veya havza bazında zordur. Geleneksel yöntemlerle arazi verileri elde etmeye yönelik çalışmalar, bitki su tüketiminin alansal dağılımını yansıtmaması bakımından yetersiz kalmaktadır.

Bu çalışmada; Menemen Ovası sulamasına hizmet veren sulama sisteminin sulama performansının UA tekniğiyle belirlenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmaya finansal destek sağlayan Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkürlerimizi sunarız.

Ekim 2006, İzmir

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL DİZİNİ	I
ÇİZELGE DİZİNİ	II
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	7
3. MATERYAL ve YÖNTEM	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Araştırma Alanının Konumu	23
3.1.2. Toprak Özellikleri	23
3.1.3. İklim Özellikleri	25
3.1.4. Su Kaynağı ve Yönetimi	25
3.1.5. Bitki Deseni	28
3.2. Yöntem	29
3.2.1. Performans Göstergelerin Hesaplanması	29
3.2.2. Evapotranspirasyon Parametrelerinin UA Tekniği ile Belirlenmesi ..	32

4. BULGULAR	35
4.1. Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Evapotranspirasyon Haritaları	35
4.2. Sulama Performansı Göstergelerine Ait Parametreler	35
4.3. Sulama Performansı Göstergeleri	35
5. TARTIŞMA, SONUÇ ve ÖNERİLER	42
5.1. Menemen Ovası Sulama Performansı Göstergeleri	42
5.2. Menemen Ovası Sulama Performansı	45
6. KAYNAKLAR	47

ŞEKİL DİZİNİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.	Menemen Sulama Sisteminin genel görünümü	27
Şekil 2.	12 Mayıs 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	36
Şekil 3.	29 Mayıs 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	36
Şekil 4.	15 Haziran 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	37
Şekil 5.	3 Temmuz 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	37
Şekil 6.	12 Temmuz 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	38
Şekil 7.	28 Temmuz 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	38
Şekil 8.	14 Ağustos 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	39
Şekil 9.	25 Ağustos 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	39
Şekil 10.	2 Eylül 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	40
Şekil 11.	20 Eylül 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET _a ve ET _p haritaları	40

ÇİZELGE DİZİNİ

<u>Çizelge No</u>	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 1. Menemen Ovasına ait çok yıllık iklim verilerinin aylara göre ortalama değerleri	25
Çizelge 2. Menemen Ovası sulamasında yer alan birliklerin yönetim ve şebeke yapılarına ait bilgiler	26
Çizelge 3. Menemen sulaması üniteleri	28
Çizelge 4. Menemen Ovası ürün dağılımı	28
Çizelge 5. 2004 yılı sulama sezonu için Menemen Ovası sulama performansı göstergelerine ait parametrelerin hesaplanan değerleri	41
Çizelge 6. 2004 yılı sulama sezonu için Menemen Ovası sulama performansı göstergelerinin hesaplanan değerleri	41

ÖZET

Bu araştırmada, Aşağı Gediz Havzası içerisinde yer alan Menemen Ovasına hizmet veren sulama sisteminin sulama performansının, uzaktan algılama tekniği kullanarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, 2004 yılı sulama sezonu (Mayıs-Eylül ayları) için sistemin sulama performansı, rölatif su temini (RWS), proje tüketim randımanı (e_p), su tüketim oranı (DF), bitki su açığı (CWD) ve rölatif evapotranspirasyon (RET) olmak üzere beş performans göstergesine göre belirlenmiştir. Bu göstergelerin belirlenmesinde kullanılan potansiyel ve gerçek evapotranspirasyon parametreleri, internet sitesinden ücretsiz olarak elde edilen NOAA-16/AVHRR uydu görüntülerinden SEBAL yöntemi yardımıyla hesaplanmıştır.

Araştırmada, RWS, e_p , DF, CWD ve RET göstergelerin aylık minimum ve maksimum değerleri ile sezon ortalamaları, sırasıyla; 0.15-2.01 ve 1.00; 0.50-1.73 ve 1.06, 0.38-4.13 ve 1.51; 14.0-75.2 mm/ay ve 34.6 mm/ay; 0.58-0.91 ve 1.51 olarak bulunmuştur. Sistemin sulama performansının, bu göstergelerin sezon ortalama değerlerine göre iyi olduğu, ancak sulamanın yoğun olmadığı aylar (Mayıs ve Eylül) ile yoğun olduğu aylardaki (Temmuz ve Ağustos) değerlerine göre ise iyi olmadığı belirlenmiştir. Bu aylardaki performans göstergeleri, sisteme ihtiyaçtan daha fazla ya daha da az sulama suyu verildiğini ortaya koymuştur.

Anahtar kelimeler: Sulama performansı, uzaktan algılama, NOAA, SEBAL, Menemen.

Determination of Irrigation Performance of the Menemen Plain at Level of Main Canal Using Remote Sensing Technique (NOAA-AVHRR Images)

ABSTRACT

In this research, it was aimed to determine performance of Menemen irrigation system in Lower Gediz Basin using remote sensing technique. For this, the performance of the irrigation system for irrigation season of 2004 year (May to September) was determined according to five indicators which were relative water supply (RWS), overall consumed ratio (e_p), depletion fraction (DF), crop water deficit (CWD) and relative evapotranspiration (RET). Potential and actual evapotranspiration used in calculation of these indicators was estimated according to SEBAL method by using NOAA-16/AVHRR images can be downloaded free of charge from internet (<http://www.saa.noaa.gov>)

In the research, monthly maximum and minimum, and seasonal averages of RWS, e_p , DF, CWD and RET were calculated, respectively; 0.15, 2.01 and 1.00; 0.50, 1.73 and 1.06; 0.38, 4.13 and 1.51; 14.0, 75.2 mm/month and 34.6 mm/month; 0.58, 0.91 and 1.51. The performance of the system according to seasonal average of this indicators was good, but that was poor according to monthly value when irrigation is not dense (May and September) and when irrigation is rather dense (July and August). Performance indicators for these months show that irrigation water was supplied either more or less than needed.

Key words: Irrigation performance, remote sensing, NOAA, SEBAL, Menemen.

1. GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu, doğal kaynakların optimum bir biçimde değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır. Yaşamın her anında ve her alanında suya olan gereksinim, su kaynaklarından en üst düzeyde yararlanmayı sağlayacak biçimde, suyun farklı kullanım alanları arasında etkin bir dağıtımını öngörmektedir.

78 milyon hektar yüzölçümüne sahip ülkemizin Doğu Karadeniz kıyı kesimi dışında kalan bölgelerin tamamı sulamanın tarımsal üretimi kısıtladığı kurak ve yarı kurak iklim sınıfında yer almaktadır. Türkiye'nin toplam tarım alanı 28 milyon hektar olup, bunun 26 milyon hektarı sulanabilir arazidir (DSİ, 2005).

Türkiye kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer almasına rağmen küçümsenmeyecek bir su potansiyeline sahiptir. Yağış ortalaması 642.6 mm olup, yer üstü su potansiyeli 95 milyar m³, yer altı su potansiyeli 9.3 milyar m³, fiilen kullanılan su miktarı ise 39.3 milyar m³'tür. Toplam su potansiyelinin % 38'inin kullanıldığı ülkemizde 8.5 milyon ha olan ekonomik olarak sulanabilir tarım arazisinin 4.5 milyon ha'lık kısmı sulamaya açılabilmiştir (DSİ, 2001). Ancak tarım alanlarının sulamaya açılması yeterli olmayıp kısıtlı olan toprak ve su kaynakları kullanımının geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için de önce sulu tarıma ilişkin mevcut durumun veya bir başka anlatımla sulu tarım sisteminin performansının nasıl olduğunun bilinmesi gerekir.

Çoğu Asya ülkelerinin gelecekteki gıda güvenliğini belirlemede büyük bir rol oynayacak olan sulu tarımın, ayrıca artan dünya nüfusunun ihtiyaç duyduğu ek gıda gereksinimini karşılamaya da önemli katkıları olacaktır. Bu yüzden, yüksek verimli sulama sistemlerinin performansını korumaya devam ederken, düşük verimli sulama sistemlerinin performansını artırmak da oldukça önemli hale gelmiştir (Sakthivadivel et al., 1999).

Sulama projelerine sağlanan su miktarının yeterli ve güvenilir miktarda, eşit ve etkin bir biçimde dağıtımı gerekir. Bu koşullar oluşturulmazsa, bitki verimi ve dolayısıyla net kar düşmekte, gereksinim duyulandan fazla su uygulanması durumunda ise drenaj ve tuzluluk problemleri ortaya çıkmaktadır (Molden and Gates, 1990).

Bu nedenle, son yıllarda sulama projelerinde su dağıtım performansının belirlenmesi ve sonuçlarının geleceğe yönelik daha iyi yönetim politikalarının oluşturulmasında kullanımı gittikçe önem kazanmaktadır (Jurriens, 1993).

Hızla kıt bir kaynak haline gelen suyun daha verimli, eşit ve sürdürülebilir bir şekilde nasıl kullanılacağına karar vermek oldukça önemlidir. Arazi ve su kaynaklarının verimliliğini belirleyerek, kaynak kullanımında sürekliliğin sağlanması, düşük ve yüksek verimliliğin nedenlerinin belirlenmesi, artan sulama performans çalışmalarının odak noktası olmaktadır.

Performans değerlendirmesi değişik amaçlar için yapılır. Bu amaçlar; sulama sistemlerinin mevcut durumunun belirlenmesi ve daha iyi işletilmesi, stratejik amaçlara karşı sağlanan gelişimin değerlendirilmesi, sisteme yapılan müdahalelerin etkisinin belirlenmesi, sistemin kısıtlarının belirlenmesi, sistemin yıllara göre kendi içerisinde ve bir sistemin diğerleriyle karşılaştırılması şeklinde sıralanabilir. Aslında altyapı planlaması, yönetim, iklim koşulları, girdi fiyatları, sosyo-ekonomik durum gibi sulu tarımın performansını etkileyen bir çok değişken nedeniyle, sistemlerinin performansının karşılaştırılması oldukça güçtür. Buna rağmen, kullanılan toprak ve suya karşılık elde edilen bitkisel üretim değeri, suyun yeterliliği ve sistemin finansal durumu gibi göstergeler yardımıyla, sulu tarım performansı hakkında kaba da olsa bilgi edinmek mümkündür (Molden et al., 1998).

Sulama performans göstergeleri birkaç anlaşılabilir sayı aracılığıyla karmaşık sulama projelerinin hidrolojik durumunu ortaya koymak için yaklaşık otuz yıl önce geliştirilmiştir. O zamandan beri performans göstergelerinin gerçek sulama uygulamalarını tanımlamada nasıl uygulanabileceğini göstermek için bir çok çalışma yapılmıştır (Bastiaanssen et al., 2001).

Sulama sistemi performansını belirlemek için bir çok araştırmacı çeşitli performans göstergeleri önermiştir. Bu göstergelerden bir kısmı su dağıtım sisteminin performansını belirleyen ve temel amacı su dağıtımını iyileştirerek yönetime yardım etmek olan, yeterlilik, etkinlik, güvenilirlik ve eşitlik gibi içsel göstergelerdir. Diğer bir kısmı ise, amacı uzun dönemli ve stratejik kararlar alan yönetici ve politikacılara yardım etmek olan su, toprak ve finans temel girdilerine karşı sulu tarımdan elde edilen gelire ilgili olan dışsal göstergeler de geliştirilmiştir (Molden et al., 1998).

Bunların yanında; tarımsal, ekonomik, sosyal, çevresel ve su temin performans göstergeleri de geliştirilmiştir (Rao, 1993; Bos et al., 1994). Bu performans göstergelerinin hiç biri bitki su tüketimi ile ilgili değildir. Bunun nedeni sulamanın yapıldığı bölgeler için gerçek evapotranspirasyon (ET_a) ve potansiyel evapotranspirasyon

(ET_p)'nun geleneksel yöntemlerle bölgesel bazda belirlenememesidir. Arazide ölçülen ET 'nin büyük bir alanı temsil ettiği varsayılmaz. ET 'nin noktasal ölçümleri, toprak nemi, toprak tipi, bitki gelişim aşaması ve bir çok hidrolojik işlemin özel bir kombinasyonunun yansıtır. Sulama şebekelerinde ET_a 'yı ölçmenin bir yolu da uzaktan algılama (UA)'nın kullanımınıdır (Roerink et al., 1997).

ET_a ; birim alan, birim zaman, mevcut hidrometeorolojik koşullar altında bir arazi yüzeyinden meydana gelen buharlaşma miktarıdır. ET_p ise; birim alan, birim zaman, mevcut lokal durumda optimum su temini koşulu altında bir arazi yüzeyinden meydana gelen buharlaşma miktarıdır (Roerink et al., 1997).

Uzaktan algılama tekniği, büyük alanlar hakkında geleneksel yöntemlere göre çok daha hızlı, düşük maliyetle ve objektif bilgi sağlayabilmektedir. Bu teknikle sistematik şekilde toplanan bilgiler, bazı arazi çalışmalarıyla elde edilenlere göre çok daha doğru olabilmektedir. Ayrıca, bu teknik farklı zaman ve alanlar arasında karşılaştırmaya izin vermektedir. Uzaktan algılama ölçümleri tekrarlanabileceğinden, özellikle su yönetim uygulamalarını izlemeye ve müdahalelerin etkilerini değerlendirmeye olanak sağlamaktadır (Bastiaanssen and Bos, 1999).

Ülkemizde UA tekniği ürün verimi ve arazi kullanım durumlarının belirlenmesi gibi çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Evsahibioğlu ve Kodal, 1992; Kurucu ve ark., 2000).

Yeryüzünde meydana gelen değişimlerin sıklığı ve kaynaklarının farklılığı sürekli artan bilgi üretimini zorunlu hale getirmiştir. Değişimlerin belirlenmesi ve onlar hakkında bilgi üretilmesi büyük ölçüde gözlenmek istenen nesnenin ne olduğuna ve onun küresel, bölgesel ya da lokal detaylarına bağlıdır. Nesnelerin gerçek koşullarını ya da durumlarını ortaya koymak ise ancak yeryüzünün yoğun ve amaçlı bir şekilde gözlenmesi ve bu gözlemlerin ölçülmüş veriler şeklinde kaydedilmesi ile mümkündür. Geçmişte yeryüzüne ilişkin veriler arazi gözlemleri ile elde edilir, sonuçlar harita ve yazı olarak sunulurdu. Fakat günümüzde bilgisayar ve UA tekniklerinin gelişmesi ile verilerin elde edilmesi, işlenmesi ve değerlendirilmesi de değişmiş ve gelişmiştir (Aksoy ve ark., 2001).

Uydu verilerine dayalı UA tekniği; yeryüzündeki görüntülerin yaydıkları elektromanyetik enerjinin özel algılayıcı düzenekler kullanılarak algılanmaları ve uydu sinyalleriyle yer istasyonlarına gönderilip buralarda radyometrik ve geometrik

düzeltilmeleri yapıldıktan sonra manyetik band (CD)'lar üzerinde sayısal olarak kayıt edilmesi ve bunların bilgisayar ortamında nitel ve nicel olarak işlenmesi, yorumlanması ve görüntülenmesi esasına dayanır (Kurucu ve ark., 2000). Burada temel ilke, uzay boşluğunun belirli yörüngelerine yerleştirilmiş uydularla doğal ve yapay yeryüzü öğelerinin doğrudan gözlem yapmadan tanınmaları ve alansal dağılım sınırlarının çizimi becerisidir.

Ayrıca araştırma alanına ilişkin yüksek kapasiteli bilgilerin elde edilmesi, saklanması, yeniden yüklenmesi, işlenmesi, görüntülenmesi, analizi ve sonuçlarının değerlendirilmesi için ise coğrafik bilgi sistemi (CBS) kullanılmaktadır. Sistemin esası, verilerin analiz edilmesine ve grafik olarak aktarılmasına imkan vermektir (Grib, 1984). CBS, coğrafi konuma dayalı gözlemlerle elde edilen, grafik veya grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması, veri analizleriyle yeni üretimler yapılması işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bir bilgi sistemidir (Altınbaş ve ark., 2004).

Bilgi toplumuna geçiş sürecinin yaşandığı bir dönemde yeterli ve güvenilir veriler elde edilmeden ekonomik ve bilimsel gelişimin ve bu gelişimleri yönlendirecek olan politikaların sağlıklı bir şekilde belirlenmesi mümkün değildir. Gelişme sürecindeki hedeflere ulaşmada başarılı olabilmek için ülkemizde hemen hemen her alanda yeniden yapılanma gereklidir (Kurucu ve ark., 2000). Bunun tarım sektöründe de gerçekleştirilmesi için hızlı, ekonomik, objektif ve sağlıklı veri elde edilme olanağı veren CBS ve UA tekniklerinin bu alanda da kullanılması kaçınılmazdır.

Uzaktan algılama ile elde edilen verilerinin katkısıyla günümüzde, çiftlik seviyesinden proje seviyesine kadar değişen ölçekteki alanlarda bitki gelişim koşullarının incelenmesi (Bastiaanssen et al., 2001) ve bitki su tüketiminin belirlenmesi olasıdır.

Bitki su tüketimi uygulamada ya doğrudan ölçülmekte ya da iklim verilerinden yararlanarak tahmin edilmektedir. Doğrudan ölçme yöntemleri sağlıklı sonuç vermesine karşın hem oldukça pahalı, hem de zaman alıcıdır. Bu nedenle, bitki su tüketimi yaygın olarak iklim verilerine dayalı tahmin eşitlikleri kullanılarak belirlenmektedir (Güngör ve ark., 1996).

Gerek doğrudan ölçme yöntemleri ile gerekse de iklim verilerinden yararlanarak ET'nin ölçümü, özellikle proje veya havza bazında zordur. Ayrıntıların eksikliği

nedeniyle geleneksel yöntemlerle ET'nin alansal dağılımı konusunda elde edilen bilgiler sınırlıdır. Geleneksel yaklaşımlarla; verilerin aşamalı elde edilme zorunluluğu, bireysel ve subjektif fikirlere dayalı olması nedeniyle, bir sulama sisteminin tamamının objektif analizini başarmak zordur. Uzaktan algılama tekniği ise, büyük alanlar hakkında geleneksel yöntemlere göre çok daha hızlı, düşük maliyetle ve objektif bilgi sağlayabilmektedir. Yeryüzü bilgileriyle de desteklenen UA tekniği, sulanan büyük alanların performansının değerlendirilmesinde oldukça etkili bir araçtır (Bastiaanssen et al., 1999a).

UA ile ET'nin belirlenmesi için değişik modeller kullanılmaktadır. Ampirik esaslı olan bu modellerden biri, anlık yüzey sıcaklığı ile günlük ET veya hissedilebilir ısı akısı arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Bu model basit olmasına rağmen daha çok homojen yüzeyler için kullanılabilir (Ambast et al., 2002).

ET'nin UA tekniğiyle elde edilmesinde en yeni modellerden birisi, bitki örtüsünün heterojen olduğu alanlar için ayrıntılı meteorolojik ölçüm, bitki cinsi ile ilgili bilgi elde etme ve küçük alanlarda uygulama zorunluluğuna son vermek için geliştirilen Arazi için Yüzey Enerji Dengesi Algoritması (SEBAL, Surface Energy Balance Algorithm for Land)'dır. Model çözümü için gerekli olan hemisferik yüzey albedosu, yüzey sıcaklığı ve vejetasyon indeksi verileri UA tekniğiyle saptanmaktadır (Bastiaanssen et al., 1998). Bu uygulamayla ET_a , 1 ha'lık alan için % 10-20, 1000 ha'lık bir alan için % 5 ve 1 milyon ha'lık bir arazi için ise ihmal edilebilir düzeyde bir hata ile belirlenebilmektedir (Bastiaanssen et al., 2000).

SEBAL yöntemi, Çin (Wang et al., 1995), Mısır (Bastiaanssen et al., 1996), İspanya (Pelgrum and Bastiaanssen, 1996), Arjantin (Roerink et al., 1997), Hindistan (Bastiaanssen et al. 1999c), Türkiye (Bastiaanssen, 2000; Gieske and Meijninger, 2003), Brezilya (Bastiaanssen et al., 2001) ve Sri Lanka (Bastiaanssen and Chandrapala, 2003)'da büyük sulama sistemlerinde geliştirilip test edilmiştir.

Uzaktan algılamaya dayalı SEBAL yöntemi, kültür bitkileri, çayır, orman, doğal vejetasyon, toprak yüzeyi, çöl, açık su yüzeyleri ve yüzey örtüsü homojen olmayan alanlar için uygulanabilir. Ayrıca bu yöntemle toprak-su-vejetasyon sistemi yüzeyinden buharlaşan su miktarı, diğer karmaşık hidrolojik işlemlere gerek duyulmaksızın doğrudan elde edilebilir (Bastiaanssen, 2000).

SEBAL yönteminin diğer avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Bastiaanssen et al., 1998):

- En az düzeyde veri gereksinimi,
- Değişik iklimler için uygulanabilmesi,
- Arazi kullanım sınıflamasına gereksinim duymaması,
- Hidroloji ve PBL (Planetary Boundary Layer) modellerinde kullanılan verilere gereksinim duymaması,
- Yüksek çözünürlüklü görüntü kullanılması durumunda en önemli hidro-meteorolojik parametrelerin yarı-varyogramlarının ve olasılık yoğunluk fonksiyonlarının elde edilebilmesi,
- Farklı zamansal ve alansal çözünürlüklere sahip görünür, yakın infrared ve termal infrared özellikli radyometreler için uygulanabilmesi,
- Yüksek çözünürlüklü görüntülerden elde edilen sonuçların doğruluğunun arazi çalışmaları ile kanıtlanabilmesi,
- Modüler (esnek ve tercihe dayalı) bir yaklaşım olması.

Tüm bu avantajlarının yanı sıra SEBAL yönteminin dezavantajları ise şöyle sıralanabilir (Bastiaanssen et al., 1998):

- Bulutsuz koşulları gerektirmesi,
- Aynı görüntüde kuru alanlara ve su yüzeylerine gereksinim duyması,
- Yüzey pürüzlülüğünün iyi tanımlanamaması,
- Yalnızca düz araziler için uygun olması.

Bu çalışmada, Menemen Ovası sulamasına hizmet veren Menemen sulama sisteminin performansı; SEBAL yöntemi (Bastiaanssen et al., 1998) yardımıyla NOAA-AVHRR uydu görüntülerinden elde edilen ET_a ve ET_p parametreleri kullanılarak, beş performans göstergesine göre belirlenmiş ve her bir göstergeye göre değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Molden and Gates (1990), yeni veya rehabilite edilmiş su dağıtım sistemlerinin planlama ve değerlendirilmesinde kullanılacak bir yöntem geliştirmişlerdir. Dağıtım sistemi performansını yeterlilik, etkinlik, güvenilirlik ve eşitlik parametreleriyle belirlemişlerdir.

Bos and Nugteren (1990), sulama etkinliğinin en yaygın olarak kabul edilen kavram ve tanımlarını yayınlamışlar ve iletim randımanı, dağıtım randımanı, tarla su uygulama randımanı, tersiyer birim randımanı, sulama sistemi randımanı ve proje tüketim randımanı göstergelerini geliştirmişlerdir.

Rao (1993), yaptığı çalışmada sulama performans göstergeleriyle ilgili bazı literatürleri incelemiştir. Çalışmasında, yakın zamanlı rapor ve yayınlarda kullanılan veya tanımlanan en faydalı göstergeleri sentezlemiş ve özetlemiştir. Ayrıca bu çalışma ile özel amaçlar için oldukça faydalı olabilecek göstergeler üzerinde bir fikir birliği oluşturmaya yönelik kritik bir analiz yapmıştır.

Bos (1997), sulama performansı üzerine bir araştırma programında kullanılan yaklaşık 40 adet çok disiplinli performans göstergesini test etmek ve ölçmek için gerekli arazi verilerini ölçmüş ve toplamıştır. Bu çalışmada, su dağıtımı, su kullanım etkinliği, bakım, sulamanın sürdürülebilirliği, çevresel etkiler, sosyo-ekonomi ve yönetime ilişkin performans göstergelerini özetlemiştir. Bu göstergelerin, sulama ve drenaj sistemlerinin performans değerlendirmesinde kullanımında önerilecek yeterlilikte olduğunu ifade etmiştir.

Molden et al. (1998), su, arazi ve finans temel girdilerine karşı sulu tarımdan elde edilen üretimle ilgili olan bir dizi karşılaştırmalı performans göstergesi belirlemişlerdir. Sulama sistemleri arasında performansın karşılaştırılması amacıyla 9 gösterge sunmuşlardır. Bu göstergelerin genellikle varolan ve analiz edilmiş olan sınırlı bir miktarda veriye gereksinim duyduklarını ifade etmişlerdir. 18 sulama sisteminde bu göstergelerin uygulama sonuçlarını ve sistemler arasındaki performanstaki büyük farklılıkları göstermişlerdir. Göstergelerin hesaplanmasındaki belirsizliklere rağmen, göstergelerle ortaya çıkan büyük farklılıkların dikkate alınan yaklaşımı doğruladığını ifade etmişlerdir.

Mao Zhi (1989), bir sulu tarım sisteminin performansını 12 tekno-ekonomik göstergeden oluşan bir indeks sistemi ile tanımlamıştır. Çalışmasında Güney Çin'de 174000 ha'lık büyük ölçekli Zhanghe sulama sisteminin kötü performansının nedenlerini belirtmiştir. Bu sulama sisteminin performans analizi için bu göstergeler, sulama suyu kullanımı, sulama alanı ve sistemin mühendislik yönü ile ekonomik fayda göstergeleri şeklinde üç kategoride gruplandırmıştır.

Jahromi et al. (2000), İran'ın Doroodzan sulama sisteminde su dağıtım performansını değerlendirmek için dağıtım performans oranını kullanmışlardır. 1997-1998 yetiştirme sezonunun Mayıs ve Haziran ayları içindeki ardışık 5 sulama dönemi için sulama alanının başı, ortası ve sonunda yer alan üç kanal ve bunlara ait tersiyerlerin performansını değerlendirmişlerdir. Performans göstergelerinin, fiziksel sistemin ve yönetimin istenen suyun dağıtımına cevap verebileceğini ortaya koyduğunu ifade etmişlerdir. Tersiyer prizlerinde su dağıtımında güvenilirlik performansının eşitlik performansından daha iyi olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmadan elde edilen sonuçların, sistemin gerçek bitki su gereksinimine göre suyu dağıtamayacağını gösterdiğini belirtmişlerdir.

Vermillion and Garces-Restrepo (1996), Kolombiya'da 1976 yılında sulama birliğine devredilen Coello ve Saldana sulamalarında 1993 yılına ilişkin sulama sistem performansını belirlemiş ve karşılaştırmışlardır. Coello ve Saldana'da 1993 yılında su temin oranını, sırasıyla 1.4 ve 1.8 olarak belirlemişlerdir.

Vermillion and Garces-Restrepo (1998), Kolombiya'da 1990 yılında devredilen beş sulama birliğinde devirden önce 1989 yılı ve devir sonrası 1995 yılına ilişkin su temin oranı, su dağıtım kapasitesi, brüt üretim değeri, tahsilat oranı, mali yeterlilik oranı değerlerini belirlemiş ve karşılaştırmışlardır.

Vermillion et al. (2000), Endonezya'da 500 ha veya daha küçük sulama alanına sahip küçük ölçekli devredilen sulamalarda devir programının performansa etkilerini değerlendirmişlerdir. Devirden sonra, birim alan veya birim suya karşı elde edilen gelir olarak ölçülen tarımsal performansta önemli bir değişiklik bulunmamıştır.

Murray-Rust and Svendsen (2001), Gediz Havzasındaki sulama sistemlerinin sulama birliklerine devirden sonraki ilk dört yıl sulama performanslarının sürekli geliştiğini belirlemişlerdir. Yüzey suyu kullanılan ekili alanlar çok az gelişme

gösterirken, ürün ve su verimliliğinin önemli artışlar gösterdiğini tespit etmişlerdir. Bu durumun, kısmen pamuk ve üzüm için uygun pazar koşullarından kısmen de çiftçilerin su dağıtımındaki hizmet seviyesini artıran bir yönetim sisteminden kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir. Gediz Havzasındaki bireysel sistemlerinin oldukça farklı yönetildiğini, bunun da oluşan sistem performanslarını etkilemeksizin sulama birliklerinin uygulamalarında önemli farklılıklara fırsat verdiğini belirtmişlerdir. Çalışma alanındaki çiftçilerden sadece yer altı suyu kullanan veya Gediz nehrinden doğrudan pompajla su alanlar bilinmedikçe, yalnızca sulama birliklerinden alınan verilerle bir bütün olarak sulama birliklerinin performansının değerlendirilemeyeceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca yer altı suyu kuyuları ile ilgili bir düzenlemenin olmadığını, alandaki kuyu envanteri ve bunlardan ne kadar su çekildiğinin bilinmediğini belirtmişlerdir.

Akkuzu (2001), Gediz Havzası içerisinde yer alan Menemen Sağ Sahil ve Gökkaya Sulama Sistemlerinin 1995-1999 yılları arası performanslarını değerlendirmiş; sonuçta bitkisel üretim göstergelerinin, % 95.2'si bağ alanlarından oluşan Gökkaya Sulama Sisteminde, % 71.2'si pamuk alanlarından oluşan Menemen Sağ Sahil Sulama Sistemine göre bitki deseninden dolayı performansın daha yüksek gerçekleştiğini ve her iki sulama sisteminde de sulama suyu kaynağının yetersiz kaldığını, performansı arttırmak için iletim randımanının artırılması ve kısıtlı su uygulamalarının yaygınlaştırılması gerektiğini ifade etmiştir.

Akkuzu ve ark. (2003), Menemen Sol Sahil Sulama Sisteminin 1999 ve 2000 yılı sulama sezonları için su dağıtım performansını; sulama yoğunluk oranı, akış dağıtım oranı, su kullanım oranı, akış üniformluk oranı ve akış güvenilirlik oranı göstergelerine göre değerlendirmişlerdir. Sistemde su temininde yeterlilik durumunu gösteren sulama yoğunluk oranı, akış dağıtım oranı ve su kullanım oranı değerlerini her iki sulama sezonu için genel olarak 1'den küçük bulmuşlardır. Bu durumun, sistemde su kaynağının yetersiz olduğunu gösterdiğini belirtmişlerdir. Su temininde alansal değişkenliği gösteren akış üniformluk oranı ile zamansal değişkenliği gösteren akış güvenilirlik oranı değerlerinin 1'den küçük bulunmasının ise gerçekleşen su dağıtımının üniformluğunun ve güvenilirliğinin kötü olduğunu gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Unal et al. (2004), 1999 ve 2000 yılı için Menemen Sol Sahil Sulama Sisteminin su dağıtım performansını tersiyer kanal düzeyinde yeterlilik, etkinlik, güvenilirlik ve eşitlik göstergelerine göre değerlendirmişlerdir. Her iki sulama sezonunda da tersiyerlerin su dağıtım performansının, yeterlilik, güvenilirlik ve eşitlik göstergeleri yönünden etkinlik göstergesine göre daha kötü düzeyde olduğunu belirlemişlerdir. Bunun başlıca nedenlerinin; tersiyer kanalların girişinde yetersiz su ölçümü ve kontrolü, tersiyer kanal kapasitelerinin yetersizliği, rotasyon planına uyulmaması ve baraj işletim planı ile sulama suyu talebi arasındaki uyumsuzluğun olduğunu ifade etmişlerdir.

Akkuzu ve Karataş (2004), Menemen Sağ Sahil, Menemen Sol Sahil ve Kestel Sulama Birliklerinin 1999-2002 yıllarında genel sulama planlarının gerçekleşme düzeyini belirlemişlerdir. Sulama oranı ve bitki deseni yönünden yapılan değerlendirmede, planların gerçekleşme düzeyinin Menemen Sağ Sahil ve Sol Sahil Sulama Birliklerinde yüksek olduğunu ifade etmişlerdir. Su dağıtım yönünden yapılan değerlendirmede ise, su kaynağının yetersizliği nedeniyle, sistemlere genel olarak Temmuz ve Ağustos ayları dışında yeterli su verilemediği için sulama planların gerçekleşme düzeyinin düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Değirmenci ve ark. (1997), Bursa Mustafakemalpaşa sulama projesinde ana ve sekonder kanal düzeyinde su dağıtım performansını etkinlik, güvenilirlik ve yeterlilik göstergelerine göre belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda ana kanal düzeyinde ortalama su dağıtım yeterliliğini 0.85, etkinliği 1'den büyük ve güvenilirliği 0.10; sekonder düzeyinde yeterliliği 1 ve etkinliği 0.69 olarak bulmuşlardır.

Levine (1982), sulama sistemleri için açıklayıcı bir değişken olarak rölatif su temini (RWS) kavramının detaylı bir açıklamasını ve kullanımını göstermiştir. RWS'yi, su temininin su talebine oranı olarak tanımlamıştır.

Değirmenci (2004), Kahramanmaraş ilinde yer alan 4 sulama şebekesinin sulama sistem performansını 1996-2001 yılları için değerlendirmek amacıyla yaptığı çalışmada, Uluslararası Su Yönetimi Enstitüsü (IWMI) tarafından geliştirilen karşılaştırma göstergelerini ve sulama oranı göstergesini kullanmıştır. Çalışma sonucunda, su temin Oranı (STO) diye isimlendirdiği Rölatif Su Teminini (RWS) 0.17-3.89 olarak bulmuştur. Yapılan istatistiksel analizlere göre, Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından işletilen Göksun sulama şebekesi, diğer şebekelere göre daha düşük değerler

göstermiştir. Değerlendirilen şebekelerde, çiftçi katılımına ve sulama planlamasına önem verilmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Merdun and Degirmenci (2004), 2001 yılı için Türkiye'deki 239 sulama sistemini, IWMI'nin karşılaştırmalı dışsal performans göstergelerinden; brüt alandan elde edilen gelir, ekili alandan elde edilen gelir, sulama suyu teminine karşı elde edilen gelir, tüketilen suya karşı elde edilen gelir, sulama yoğunluğu ve RWS'ye göre değerlendirmişlerdir. Bu altı göstergenin tamamı ve her biri için sistem tipleri, iklim koşulları ve yönetim tipleri arasında istatistiksel olarak önemli farklar olup olmadığı araştırılmış ve yapılan varyans analizi (ANOVA) sonuçları, $p=0.05$ seviyesinde 6 göstergenin çoğu için bu faktörler arasında istatistiksel olarak önemli farklar olduğu göstermiştir. Ayrıca 6 göstergenin çoğu için sistem tipleri ve iklim koşulları arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu, fakat yönetim tipleri arasında önemli farklar bulunmadığı belirlenmiştir. Pompaj tipi sulama sistemlerinin ve yarı-nemli iklim koşullarının ortalama değeri, diğerlerinden yüksek çıkmıştır. Buna karşın, yönetim tipleri bakımından önemli bir fark bulunmamıştır. Tüm şebekelerde bitki deseni ve yoğunluğu, sulama altyapısı, verilerin güvenilirliği, çiftçi ve yöneticilerin eğitim seviyesi ve yönetim yapısındaki olası olumsuzluklardan dolayı, suyun etkin kullanılmadığı ifade edilmiştir.

Yapılan bir çalışmada; Türkiye'deki 119 sulama şebekesinde aylık RWS değerlerinin, Haziran için 0.29-1.67, Temmuz için 0.44-1.49 ve Ağustos için 0.40-1.71 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada, DSİ tarafından işletilen sulama şebekelerinin Haziran ayında % 38'inde, Temmuz ayında % 43'ünde ve Ağustos ayında % 62'sinde sulanan alana toplam sulama suyu ihtiyacından daha fazla su saptırıldığı tespit edilmiştir (Beyribey ve ark., 1997).

Çakmak (2001), performansının karşılaştırılmasında kullanılan ve IWMI tarafından geliştirilen performans göstergelerine göre, Konya Sulama Birlikleri tarafından işletilen 7 sulama şebekesinin 1995-1999 yıllarına için değerlendirmiştir. Bu göstergelerden RWS değerini 0.30-7.83 arasında bulmuştur.

Çakmak (2002a), sulama sistemleri arasında performansın karşılaştırmalı analizini sağlayan karşılaştırma göstergelerini Kızılırmak havzası sulama birliklerine devredilmiş olan Ağcaşar, Fehimli, Kızılırmak, Kovalı, Sarmısaklı, Sarız, Suşehri ve Uzunlu olmak

üzere 8 sulama şebekesine uygulamış ve sistem performansını değerlendirmiştir. Çalışmada; araştırma alanındaki sulama şebekelerinin 1999-2000 yıllarına ilişkin proje alanı için karşılaştırma göstergelerinden RWS değerini; 1.58-4.81 olarak belirlenmiştir.

Çakmak (2002b), sulama sistemleri arasında performansın karşılaştırmalı analizini sağlayan karşılaştırma göstergelerini Ceylanpınar İkicircip Sulama Birliğinde uygulamış ve sistem performansını değerlendirmiştir. Araştırma alanındaki sulama şebekelerinin 1995-2000 yıllarına ilişkin proje alanı için karşılaştırma göstergelerinden RWS değerini 2.05-3.81 olarak belirlemiştir.

Çakmak ve Beyribey (2003), sulama sistemleri arasında performansın karşılaştırmalı analizini sağlayan karşılaştırma göstergelerini Sakarya Havzası sulama şebekelerine uygulamış ve sistem performansını değerlendirmişlerdir. Araştırma alanındaki sulama şebekelerinin 1999-2000 yıllarına ilişkin proje alanı için karşılaştırma göstergelerinden su temini oranını yada diğer bir ifadeyle RWS değerini 1.3-8.4 olarak belirlemişlerdir.

Çakmak et al. (2004), Türkiye'nin doğusunda, DSİ 10. Bölgede yer alan ve sulama birliklerine devredilen toplam 27000 ha'lık beş sulama sistemi olan; Batman-Silvan, Devegeçidi, Derik-Kumluca, Nusaybin-Çağdaş ve Çınar-Göksu'ya ait performansı 10 ayrı göstergeye göre 1996–2000 yıllarını kapsayan beş yıllık süre için belirlemişlerdir. Bu göstergelerden RWS'nin 0.99'dan (Nusaybin-Çağdaş sulama sisteminde 1998 yılı için) 4.51'e (Derik-Kumluca sulama sisteminde 1999 yılı için) kadar değiştiğini belirlemişlerdir.

Uçan ve Yüksel (2000), Kahramanmaraş sulama projesinde su dağıtım performansını belirlemek amacıyla ölçüm yapılan kanallarda RWS değerini, A1 ana kanal ve kapalı alana su veren A11 ana kanalında 1'den küçük bulmuşlar ve bu kanalların hizmet alanları için su dağıtımının yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durumun, şebekeye verilen suyun azalmasından ve bitki deseninin planlanan bitki desenine uymamasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. A1-Y3 sekonder kanalında ise RWS değerini 1'den büyük bulmuşlar ve bu kanal hizmet alanı için su dağıtımının yeterli olduğunu ifade etmişlerdir. 1996 yılı Temmuz ayında dört haftalık periyotlar için ortalama RWS değerlerini A1 ana kanalında 0.87, A11 ana kanalında 0.54 ve A1-Y3 sekonderinde ise 1.11 olarak bulmuşlardır.

Saleh and Mondal (2001), Bangladeş'in güney-doğusundaki Bakkhali ve Idgaon barajı projelerinin performanslarını hidrolik, tarımsal ve sosyo-ekonomik göstergelere göre değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmanın sonucunda, RWS göstergesinin Bakkhali projesinde yeterli olduğunu, fakat Idgaon projesinde yeterli olmadığını göstermişlerdir. Her iki projede de su dağıtım performansını düşük olarak bulmuşlardır ve bunu nedenini hedeflenen değerin fizibilite raporlarında aşırı tutulması olarak açıklamışlardır. Idgaon projesindeki su kullanımının, Bakkhali projesine göre % 28 daha düşük çıktığını ve bunun da Idgaon projesinde daha iyi yönetim ve kısıtlı su uygulamasından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Çalışmada, sulanan alandaki tarımsal performans çok kötü, ancak sosyo-ekonomik göstergelere göre ise her iki proje de mali açıdan uygulanabilir olarak bulunmuştur.

Stone and Horton (1974), yüzey sıcaklığının termal tarayıcılarla uzaktan algılanması ile yüzeyden meydana gelen buharlaşmanın tespiti için yaptıkları bir çalışmada; ET'nin bitki örtüsü sıcaklığından yararlanarak belirlenme olanağını irdelemiş ve tarla düzeyinde test etmişlerdir. Bu amaçla beş ayrı yaklaşımı değerlendirmişlerdir. Bu yaklaşımlardan üçü, yaygın bir biçimde bilinen van Bavel, Penman ve enerji bütçesi-Bowen oranı; diğer ikisi, ET belirlemede yüzey sıcaklığını kullanan Bartholic-Namken-Wiegang (B-N-W) ve Brown-Rosenberg (B-R) yöntemleridir. Çalışma sonuçlarına göre, ET hesaplamasında Penman ve enerji bütçesi-Bowen oranına göre, B-N-W yöntemi % 17 daha düşük ve B-R metodu % 22 daha yüksek bulunmuştur.

Uçar ve Başayığit (2001), suyun optimum kullanımını belirlemede faydalanılan arazi kullanımı, bitki çeşidi ve yoğunluğu, bitki su ihtiyacı, ürün tahmini, sulama şebekesi performansı ve yönetimine ait bilgilerin uzaktan algılama teknikleri ile elde edilebileceğini ifade etmişlerdir. Bu amaçla günümüzde SPOT, LANDSAT, IRS, NOAA ve ERS-ATRS uydularından alınan sayısal verilerin bilgisayar ortamında işlenerek sulama şebekeleri veya havza çalışmalarında kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca bu tekniklerin sulu tarımda kullanımının, arazi çalışmaları için harcanan süreyi azaltmakla birlikte hem su kaynaklarının yönetiminde hem de sulu tarımda ortaya çıkan problemlerin çözümünde büyük yararlar sağlayacağını bildirmişlerdir.

Karatas et al. (2003), uzaktan algılamanın tarımsal amaçlı olarak; rezervuar depolaması, stratejik planlama, su hakları ve etki değerlendirme konularında, ayrıca sulama sistemi performansı, yağış, yüzey akışı, toprak nemi, toprak yaşlılık ve tuzluluğu, evapotranspirasyon, bitki katsayısı, ürün miktarı, bitki koşulları, sulanan alan, bitki cinsi ve biomasın belirlenmesinde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Sakthivadivel et al. (1999), Hindistan'daki Bhakra sulama sisteminin tarımsal performansını ve sürdürülebilirliğini analiz etmede CBS ve UA tekniklerinden yararlanmışlardır. Bhakra sulama sisteminin, Warabandi yöntemine göre su dağıtılan ve buğday üretiminin ağırlıklı olduğu bir sistem olmasına karşın, yer altı suyu kullanımı nedeniyle tarımsal üretiminin oldukça yüksek olduğunu belirtmişlerdir. 1995-1996 kurak periyoda ilişkin uydu verilerinden elde edilen toplam ekili alan, buğday ekili alan ve buğday verimi gibi veriler ile toprak tipi, yer altı suyunun derinliği ve uzun dönemli değişimi, yer altı suyu kalitesi, kanal debileri, yağış ve evapotranspirasyon verilerini, IDRISI bilgisayar programı yardımıyla CBS ortamında birleştirmişlerdir. Tarımsal üretim ve yer altı suyu rejimini belirlemeye çalışan araştırmacılar, mevcut durumda bölgesel düzeydeki sorunların çözümünü ve olası gelişme planlarını araştırmışlardır. Ayrıca sulama sisteminin sürdürülebilirliği için tehdit oluşturan tuzluluk ve yer altı su düzeyindeki yükselmenin izlenmesinde CBS ve UA tekniklerinden yararlanılabileceğini belirtmişlerdir.

Bastiaanssen and Bos (1999), sulama performansı çalışmalarında UA verilerinin kullanıldığı bir çok başarılı çalışma olduğunu belirtmişlerdir. UA ile; sulanan alan, bitki çeşidi, verim, bitki su gereksinimi, bitki su tüketimi, taşkın ve tuzluluk verilerinin geleneksel yöntemlere göre daha az bir maliyetle, doğru ve başarılı bir şekilde elde edilebileceğini ayrıca, sulama sisteminin yeterlilik, verimlilik, eşitlik, güvenilirlik ve sürdürülebilirliğinin belirlenebileceğini ifade etmişlerdir. Özellikle bitki su tüketimine dayalı bazı göstergelerin, yerinde ölçülmeye gerek olmaksızın bu teknik yardımıyla hesaplanabileceğini bildirmişlerdir.

Bastiaanssen et al. (1996), toprak, bitki ve mikrometeorolojik koşullar altında büyük sulama sistemlerinde su yönetim başarısını belirlemenin oldukça güç olduğunu, bir sulama sisteminin gerçek fonksiyonunu belirlemede performans göstergesi olarak evaporasyonu kullanmanın daha faydalı olacağını ifade etmişlerdir. Büyük sulama

sistemlerinde alansal değişimin evaporasyonun geleneksel yöntemlerle ölçümünü imkansızlaştırması nedeniyle, Mısır'ın Doğu Nil Deltasına ilişkin evaporasyonu Landsat görüntülerini kullanarak uzaktan algılama ile belirlemişlerdir. Gerçek evaporasyonu, sulama suyu dağıtım eşitliğini gösteren bitki su kullanım üniformluğunu açıklamada kullanmışlar ve 53 farklı sulama alanı için gerçek evaporasyon varyasyon katsayısını % 10 olarak bulmuşlardır. Oransal evaporasyonun ise, bitkilerin yeterli sulanıp sulanmadığını belirlemede kullanmışlar ve 53 sulama alanınının 48'i için % 75'ten büyük değerler elde etmişlerdir.

Droogers and Bastiaanssen (2002), uzaktan algılama ve hidrolojik model kullanarak Gediz Havzasındaki Menemen Sol Sahil Sulama Sisteminin su kullanımı ve verimliliğini desteklemek amacıyla su dengesini hesaplamışlardır. Bunu için iki Landsat görüntüsünü SEBAL algoritmasında kullanarak sulanan alanlar için gerçek evapotranspirasyonu hesaplamışlardır. Aynı alan için su dengesini hesaplamada SWAP hidrolojik modeli, toprak özellikleri, dikim tarihleri ve sulama uygulamalarındaki bazı dağılımlar varsayılarak kullanmışlardır. SEBAL ve SWAP'den elde edilen evapotranspirasyon arasında bir karşılaştırma yapmışlar ve ortaya çıkan farkları ise, dikim tarihleri ve sulama uygulamalarındaki dağılıma uyarlayarak en aza indirmişlerdir. UA tekniği ve hidrolojik modellerin güçlü yanlarını birleştiren ve arazi verilerine olan gereksinimi azaltan bu yöntemin cazip olduğunu ifade etmişlerdir.

Evsahibioğlu ve Kodal (1992) yaptıkları bir çalışmada, Çankırı ve Ankara illerine ait buğday verimini uzaktan algılama tekniğiyle belirlemişlerdir. Verim tahmininin karşılaştırılmasında Devlet İstatistik Enstitüsü (DİE) verilerini baz almışlardır. Bu karşılaştırma sonucunda uydu görüntülerinin havanın bulutlu olduğu bir anda elde edilmesine rağmen buğday verimlerini, Çankırı ve Ankara illeri için sırasıyla yaklaşık % 80 ve % 93 doğrulukta bulmuşlardır.

Evsahibioğlu (1994), uzaktan algılama tekniği ile Trakya bölgesindeki Tekirdağ, Marmara Ereğlisi ve Ulaş yörelerinde bitki deseni ve bu desen içerisinde dağılım gösteren buğday ekili alanlarını belirlemiş ve sonuçta agroekolojik yaklaşımlarla buğday üretiminin sağlıklı olarak tahmin edilebileceğini göstermiştir.

Pestemalci et al. (1995), Landsat TM verilerininin 3-4-5 bant kombinasyonlarını kullanarak, Adana ilinin buğday ve arpa verimini % 15 hatayla saptamışlardır.

Altınbaş ve ark. (1997), Büyük Menderes Deltası Tuzlu ve Alkali Topraklarının oluşum dinamiği yanında, Landsat 5 TM uydu görüntüleri ile Tuzlu-Alkali topraklarının sınırlarını belirleyip derecelendirilmesini ve haritalanmasını gerçekleştirmişlerdir.

Kurucu ve ark. (2000), Landsat 5 ve Landsat 7 ETM uydu görüntülerinde 4-5-3 bant kombinasyonlarını kullanarak tüm Ege Bölgesi için pamuk bitkisi sınıflandırması yapmışlar ayrıca Ege bölgesi pamuk ekili alanlarını ve 2000 yılı için Ege bölgesi pamuk rekoltesini belirlemişlerdir.

Bolca ve ark. (2003), yaptıkları araştırmada Batı Anadolu Bölgesinde yer alan 2002 yılı pamuk ekili alanları ile pamuk ürün rekoltesini uzaktan algılama tekniği kullanarak saptamışlardır.

Menenti et al. (1989), Arjantin'deki Rio Tunuyan sulama sisteminin performansını, uydu verileri, coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve hidrolojik modellerden yararlanarak belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada eşitlik, yeterlilik ve etkinlik göstergeleri kullanılmış olup, uzaktan algılamanın fiilen sulanan alanın belirlenmesinde, bitki sulama suyu gereksinimine ilişkin haritaların çıkarılmasında ve su dağıtımının belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca Rio Tunuyan sulama sisteminin sonlarında yer alan sekonderlerin, baştakilere oranla daha az su aldığını belirlemişlerdir.

Yapılan bazı UA çalışmalarında % 95 güvenilirlik seviyesinde; Tennakoon et al. (1992) bitki örtüsünü, Rao and Mohankumar (1994) sulanan alanları, Thiruvengadachari and Sakthivadivel (1997) çeltik verimini, Bastiaanssen et al. (1999a) buğday verimini ortalama % 10; Bastiaanssen et al. (1998) gerçek evapotranspirasyonu ortalama % 16 ve evaporatif fraksiyonu ortalama % 13 ve Garatuza-Payan et al. (1998) potansiyel evapotranspirasyonu % 7 hata ile belirlemişlerdir.

Roerink et al. (1997), evapotranspirasyon (ET) göstergeleri olarak adlandırılan rölatif ET, su randımanı ve uniformluk şeklindeki bir dizi performans göstergesini ileri sürmüşlerdir. Bunun için gerekli temel girdi parametrelerinden gerçek ET ve potansiyel ET'yi, UA ile elde edilen yüzey enerji dengesi parametreleriyle ilişkilendirmişlerdir. Araştırmacılar, Arjantin'in Mendoza ilindeki Rio Tunuyan sulama sisteminde sekonder, tersiyer ve piksel düzeyinde gerçek bitki su tüketim homojenliğinin varyasyon katsayılarını sırasıyla % 8.6, % 6.1 ve % 14 olarak belirlemişlerdir.

Bastiaanssen et al. (1999b), Hindistan'daki Sirsa sulama sisteminin bölgesel ölçekli performansını, coğrafi bilgi sistemi (CBS), UA ve hidrolojik modelleme yöntemlerinden yararlanarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar, UA ile proje alanında buğday veriminin üniform olmasına karşın sulama suyu dağıtımının üniform olmadığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, proje alanına giren suyun % 82'sinin evapotranspirasyonda kullanıldığını, su verimliliğinin 0.88 kg buğday/m³ olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, her yıl tuz birikiminin 1.8 t/ha ve su düzeyinin 98 mm yükselmesinin projenin sürdürülebilirliği açısından sorun oluşturduğunu belirtmişlerdir. Bunun yanında yaptıkları çalışmanın; gelişmiş bilgi teknolojilerinin, sulanan büyük alanların detaylı incelenmesini kolaylaştırarak, sulama performansının değerlendirilmesinde de kullanılabileceğini gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bu araştırmacılar, 1977-1990 yıllarını kapsayan dönem için ortalama olarak rölatif su temini (RWS) değerini 0.34 bulmuşlardır.

Yapılan bir çalışmada; Hindistan-Gujarat'taki 212694 ha'lık Mahi sağ sahil kanalının performansı UA ile belirlenmiştir. 38 dağıtıcı kanal için hesaplanan RWS değerinin 0.58-3.54 arasında değiştiğini, bu kanalların otuzunda bu değer 1'den büyük olduğunu ve bunun da genellikle çiftçinin aşırı su kullanımına eğilimli olduğunu gösterdiği ifade edilmiştir (Ray et al., 2002).

Ambast et al. (1999), UA kullanarak Hindistan'ın Batı Yamuna kanalı bölgesinde, su temini, tarımsal ve çevresel performansı değerlendirmek için çok detaylı bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, özellikle rotasyonla sulamanın yapıldığı sistemlerde performansın sağlıklı değerlendirilebilmesi için farklı tarihlerde alınmış çok sayıda uydu görüntülerinin kullanılması gerektiğini belirlemişlerdir.

Droogers et al. (2001), İran'da Zayandeh Rud havzasındaki dört sulama sisteminin performansını, yalnızca resmi olarak kayıtlı su çekimleri ve kullanımlarından çok, bir bütün olarak sistemleri değerlendirmişlerdir. NOAA uydu görüntülerini, evapotranspirasyon, biomas ve toprak nem içeriğini elde etmek için arazi yüzeyi enerji dengesi algoritmasını (SEBAL) kullanarak analiz etmişlerdir. Su dengesindeki eksik parametre yer altı suyu çekimlerini ve nehirden ölçüsüz yapılan su alımlarını belirlemek için kullanmışlardır. Nekouabad-Sol sulama sistemi için yer altı suyu çekimi çok düşükken; Abshar-Sol sulama sistemi için yer altı suyu çekiminin yüzey suyu kullanımından fazla olduğunu; Abshar-Sağ sulama sistemi için büyük bir su miktarının

doğrudan nehrin dışından pompalandığını belirtmişlerdir. Sistemlerin değerlendirilmesini, buharlaşan her birim (m^3) suya karşı elde edilen biomas (kg) olarak belirlenen su verimliliği ile ifade etmişlerdir. Verimliliğin birleşik sistemlerden çok yüzey suyu kullanan sistemlerde (Nekouabad-Sol ve Abshar-Sağ sulama sistemleri) daha yüksek (0.72 kg/ m^3) olduğunu ve bunun da yer altı suyu ve yüzey suyu arasında su kalitesindeki farklılığı gösterdiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak; geleneksel değerlendirmelere karşı araştırmalarında kullandıkları yöntemin avantajlarını; (i) çoğu verilerin kolaylıkla elde edilebilmesi, (ii) tüm su kullanıcılarını kapsamaması, (iii) yer altı suyu çekim miktarlarının belirlenebilmesi ve (iv) söz konusu yaklaşımla gerçek zamanlı bir değerlendirmenin yapılabilmesi şeklinde özetlemişlerdir.

NOAA görüntüsü kullanarak sulama performansının izlenmesi amacıyla Brezilya'nın Nilo Coelho sulama sisteminin 31 pompaj sulama biriminde Ağustos 1998–Temmuz 1999 dönemi için yapılan bir çalışmada RWS değeri en düşük 0.4 ve en yüksek 3.1; Şubat-Temmuz dönemi için ortalama 1.4; Ekim-Ocak dönemi için ortalama 1 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar ışığında, Şubat-Temmuz döneminde su fazlalığı olduğu ve bu fazlalığın saklanarak yılın diğer dönemlerinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Bastiaanssen et al., 2001)

Ray et al. (2002), Hindistan-Gujarat'taki 212694 ha'lık Mahi sağ sahil kanalının performansını UA ile belirlemişlerdir. Bunu için UA ile de belirlenebilen üç performans göstergesi olarak RWS, eşitlik ve su verimliliğini hesaplamışlardır. 38 dağıtıcı kanal için hesaplanan RWS performans göstergesi değerinin 0.58-3.54 arasında değiştiğini, bu kanalların otuzunda bu değer 1'den büyük olduğunu ve bunun da genellikle çiftçinin aşırı su kullanımına eğilimli olduğunu gösterdiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca ana kanalın başında yer alan dağıtıcı kanallardan yüksek miktarlarda su alındığını, aşağı kısımda ise çok az miktarda su alındığını belirlemişlerdir. Bunu, kanallardaki suyun kanal sonuna yeterince ulaşmadığının bir göstergesi olarak değerlendirmişlerdir. Su verimliliğinin, suyun yüksek miktarlarda alındığı bölgelerde, daha az alınan bölgelerden daha düşük olduğunu ve bunu da; aşırı sulamanın verilen su miktarıyla orantılı olarak verimi artırmadığının bir göstergesi olarak değerlendirmişlerdir. Aynı araştırmada; eşitliği değerlendirmek için Adas ve Chikhodra dağıtıcı kanalları baştan sona doğru yaklaşık eşit üç bölgeye ayrılarak bitki ekili alanlar ile bitki canlılığının bir göstergesi olan NDVI değerlerine bakmışlardır. Sonuç olarak, Adas kanalı için bitki ekili alanların bu üç bölge

için baştan sona doğru sırasıyla % 58, % 53 ve % 41, Chikhodra kanalı için sırasıyla % 57, % 44 ve % 41 şeklinde azaldığını; aynı şekilde NDVI değerlerinin Adas kanalı için sırasıyla 0.346, 0.339 ve 0.310, Chikhodra kanalı için sırasıyla 0.364, 0.330 ve 0.318 şeklinde azaldığını belirlemişlerdir.

NOAA görüntüsü kullanarak sulama performansının izlenmesi amacıyla Brezilya'nın Nilo Coelho sulama sisteminin 31 pompaj sulama biriminde Ağustos 1998–Temmuz 1999 dönemi için yapılan bir çalışmada RWS değeri en düşük 0.4 ve en yüksek 3.1; Şubat-Temmuz dönemi için ortalama 1.4; Ekim-Ocak dönemi için ortalama 1 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar ışığında, Şubat-Temmuz döneminde su fazlalığı olduğu ve bu fazlalığın saklanarak yılın diğer dönemlerinde kullanılabileceği belirtilmiştir (Bastiaanssen et al., 2001)

Bastiaanssen et al. (2003), Pakistan'ın Indus havzasında yaptıkları bir çalışmada, NOAA görüntülerini kullanarak UA ile elde ettikleri verileri CBS'de değerlendirmiş ve su verimliliğini, şekerpancarı, buğday, çeltik ve pamuk için belirlemişlerdir. Şekerpancarı, buğday, çeltik ve pamuk bitkileri için gerçek bitki su tüketimleri sırasıyla 965, 357, 414 ve 579 mm olarak bulunmuş, buna karşılık elde edilen ortalama ürün miktarı ise bu bitkiler için sırasıyla 47 929, 2 276, 1 756 ve 1 293 kg/ha olarak gerçekleşmiştir. Bastiaanssen and Ali (2003) ise, tüm bu verileri kullanılarak su verimliliğini; şekerpancarı, buğday, çeltik ve pamuk için sırasıyla 4.97, 0.64, 0.42 ve 0.22 kg/m³ olarak bulmuşlardır.

Bastiaansen and Bos (1999), UA ile sulanan alan, bitki çeşidi, verim, bitki su gereksinimi, bitki su tüketimi, taşkın ve tuzluluk verilerinin geleneksel yöntemlere göre daha az bir maliyetle doğru ve başarılı bir şekilde elde edilebileceğini ve sulama sisteminin yeterlilik, verimlilik, eşitlik, güvenilirlik ve sürdürülebilirliğinin belirlenebileceğini ifade etmişlerdir. Özellikle bitki su tüketimine dayalı bazı göstergeler, yerinde ölçülmeye gerek olmaksızın bu teknik yardımıyla hesaplanabildiğini belirtmişlerdir.

Bastiaansen et al. (1996), toprak, bitki ve mikrometeorolojik koşullar altında büyük sulama sistemlerinde su yönetim başarısını belirlemenin oldukça güç olduğunu, bir sulama sisteminin gerçek fonksiyonunu belirlemede performans göstergesi olarak evaporasyonu kullanmanın daha faydalı olacağını ifade etmişlerdir. Büyük sulama sistemlerinde mekansal değişimin evaporasyonun geleneksel yöntemlerle ölçümünü

imkansızlaştırması nedeniyle, Mısır'da Doğu Nil Deltasına ait evaporasyonu yüksek çözünürlüklü Landsat haritalarıyla uzaktan algılama ile belirlemişlerdir. Gerçek evaporasyon, sulama suyu dağıtım eşitliğini gösteren bitki su kullanım üniformluğunu açıklamada kullanılmış ve 53 farklı sulama alanı için gerçek evaporasyon varyasyon katsayısı % 10 olarak bulunmuştur. Oransal evaporasyon, bitkilerin yeterli sulanıp sulanmadığını belirlemede kullanılmış ve 53 sulama alanının 48'i için % 75' den büyük değerler elde edilmiştir.

Bastiaansen et al. (1999b), Hindistandaki Sirsa Sulama Sisteminin performansını CBS, UA ve hidrolojik modelleme yönteminden yararlanarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar UA ile proje alanında buğday veriminin üniform olmasına karşın sulama suyu dağıtımının üniform olmadığını belirlemişler, bu üniform olmayan dağılımın, Warabandi işletim kurallarına göre suyun arazi büyüklüğüne göre dağıtılması gerektiğinin ama bunun gerçekleşmediğinin göstergesi olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, proje alanına giren suyun % 82'sinin evapotranspirasyonda kullanıldığını, su kullanım randımanının 0.88 kg buğday/m³ olduğunu belirlemişler, tuz birikimi (1.8 t/ha/yıl) ve su düzeyinin her yıl biraz daha yükselmesinin projenin sürdürülebilirliği açısından sorun oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Günümüzde UA sayesinde arazi yüzeyi bilgileri 0.61 – 4 500 m'lik alan aralığında (alansal çözünürlük) ve 0.5-35 günlük bir zaman aralığında (zamansal çözünürlük) elde edilebilmektedir (Nik İnşaat, 2005).

Uydu görüntüleri büyük bir alanı kapsayabilmekte ve verilerin elde edilmesi çok daha düşük maliyetli olmaktadır. UA verilerine ulaşma ve bu verileri yorumlama algoritmalarındaki gelişmeler, büyük sulama sistemlerinin (>10000 ha) incelenmesinde UA'yı bir yöntem haline getirmiştir. Buna rağmen sürdürülebilirlik açısından, verilerin dağıtımı ve uyduların çevrim süresi problemleri tam olarak aşılamamıştır. Ayrıca satın alınacak uydu görüntülerinin fiyatı gelişmekte olan pek çok ülke için yüksektir (Bastiaansen and Bos, 1999).

Vidal and Baqri (1995), yüksek çözünürlükteki uydu görüntülerinin siparişten itibaren 15 günden daha erken dağıtılmayacağını ve aynı uydunun aynı alana ait bir sonraki görüntüsünün elde edilmesi için 15-30 güne gereksinim olduğunu belirtmişlerdir.

IIMI (1995) tarafından yapılmış bir çalışmada, UA yöntemiyle ürün değerlendirme maliyetinin 1 milyon ha'dan daha büyük araziler için minimum 0.02 US\$/ha, 10 bin ha'dan küçük araziler için ise maksimum 0.30 US\$/ha'a yakın; aynı koşullarda yaşlılık ve tuzluluk sorununun izlenmesinin maliyetinin ise büyük araziler için 0.01 US\$/ha'dan az, küçük araziler için 0.10 US\$/ha olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, bu maliyetin işletim ve bakım maliyetinin çok küçük bir kısmı olduğu ifade edilmiştir.

Thiruvengadachari and Sakthivadivel (1997), yaklaşık 100000 ha'lık Hindistan'daki Bhadra sulama sisteminde, bir sulama sezonu için çeltik verimi, sulanan alan ve bitki desenini belirlemek için uzaktan algılama uygulamasının maliyetinin 0.10 US\$/ha olduğunu, 250000 ha'dan daha büyük alanlar için ise 0.03 US\$/ha'a kadar düşebileceğini ifade etmişlerdir.

Sakthivadivel et al. (1999), Hindistan'daki Bhakra sulama sisteminin tarımsal performansını belirlemek için araştırmalarında kullandıkları UA tekniğinin maliyetinin 0.03 US\$/ha olduğunu ifade etmişlerdir.

Bastiaanssen (1998), Filipinler, Maldiv Adaları, Fas, Endonezya, Pakistan ve Hindistan'daki çalışmalardan elde ettiği finansal bilgilere göre UA ile arazi kullanım haritalama maliyetinin ortalama olarak yetiştirme sezonu için yaklaşık 0.16 US\$/ha olduğunu ve bunun sulama kanallarının yapım ve bakım maliyeti yanında çok küçük bir miktar olduğunu ifade etmiştir.

Bastiaanssen et al. (2001), Brezilyanın 15000 ha'lık Nilo Coelho sulama sisteminde sulama performansının izlenmesi amacıyla, CBS ve 12 adet NOAA görüntüsü kullanarak yürütülen çalışmanın maliyetinin 1 US\$/ha olduğunu bildirmişlerdir. Bu değer 23.85 US\$/ha'lık işletim ve bakım masraflarının yaklaşık % 4'ünü oluşturduğunu ve böylesi büyük ölçekteki sistemler için bu tekniklerin uygulanabilir olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, aynı emek ve işçiliği gerektiren daha büyük alanlar için birim maliyetin daha da düşük olacağını belirtmişlerdir.

Shih (1988), Florida'da Econ Nehri havzasında bitki desenini belirlemek için yaptığı çalışmada; Landsat uydu görüntülerini kullanmanın, geleneksel yöntemlere göre zaman ve maliyet açısından daha avantajlı olduğunu belirtmiştir. Aynı bilgilerin elde edilmesi için UA yönteminde sadece 3 günlük bir zamana ve 4 US\$/km²'lik bir

maliyete gereksinim varken, geleneksel yöntemde bir çok insan, gün ve 44 US\$/km²'lik bir maliyete gereksinim olduğunu ifade etmiştir.

Silva (1995), UA yöntemiyle ürün değerlendirme maliyetinin 1 milyon ha'dan daha büyük araziler için minimum 0.02 \$/ha, 10 000 ha'dan küçük araziler için ise maksimum 0.30 \$/ha'a yakın; aynı koşullarda yaşlılık ve tuzluluk sorununun izlenmesinin maliyetinin ise minimum 0.01 \$/ha'dan az, maksimum 0.10 \$/ha olduğunu belirtmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanının Konumu

Araştırma alanını oluşturan Menemen Ovası, Gediz Havzası içerisinde yer almaktadır. 38°04'-39°13' kuzey enlemleri ile 26°42'-29°45' doğu boylamları arasında yer alan havza, sularını Gediz Nehri ve kolları ile Ege Denizi'ne boşaltır (Girgin ve ark., 1999). Menemen Ovası ise 38°26'-38°40' kuzey enlemleri ile 26°40'-27°07' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Topraksu, 1971).

Kuzeyden Bakırçay, güneyden Küçük ve Büyük Menderes Havzalarınınca sınırlanan Gediz vadisinin alüviyal tabanı, Emiralem boğazı ile ikiye bölünmüştür. Boğazla deniz arasında kalan aşağı kısım Menemen Ovası'dır. Gediz nehrinin doldurduğu delta ve ova tarıma elverişli olup, deniz seviyesindeki yerlerde tuzlu bataklıklar bulunmaktadır (DSİ, 1992).

Çalışma alanı içinde yer alan Menemen ilçesi ise İzmir iline bağlı olup, İzmir'e 35 km mesafededir. Doğusu Manisa ili, batısı Foça ilçesi ve Ege denizi, kuzeyi Aliağa ilçesi, güneyi ise Çiğli ilçesiyle çevrilmiştir. Deniz seviyesinden yüksekliği 20 m'dir (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1993).

3.1.2. Toprak Özellikleri

Ova topraklarının bünyesi; tın, kumlu-tın ve milli-tındır (Topraksu, 1971). Büyük bir kısmı orta ve orta-ağır bünyeli olan ova toprakları, eski Gediz yatağı kenarında genel olarak hafif, batıya doğru gidildikçe ağır karakter kazanmaktadır (DSİ, 1973).

Bu topraklar Gediz Nehri'nin ve yan derelerinin IV. zaman içinde yığıldığı alüvyon materyali üzerinde oluşmuştur. Gediz alüvyonu bol miktarda kireç içermekte olup, mil oranı yüksektir.

Ova toprakları 33 545 ha alanı kaplamakta olup yüksek arazilerle birlikte toplam alanı 41 805.9 hektardır (Topraksu, 1971). Bu miktarın sulama şebekesi içinde kalan kısmı brüt olarak sol sahilde 16 293 ha, sağ sahilde ise 5 200 ha olmak üzere toplam

21 493 ha'dır. Maltepe Sulaması ile Bağarası, Türkelli ve Emiralem pompaj sulamaları da dahil edildiğinde brüt sulama alanı 28 483 ha olmaktadır (DSİ, 1996a).

Ovanın % 44.1'i tuzlu ve alkali özellikteki topraklarla kaplıdır. Ovanın tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmayan bölgeleri çok verimli arazilerdir. Bu arazilerde, yüzey sularının yetersiz olduğu koşullarda, yer altı suları tarımsal üretim için yoğun olarak kullanılmaktadır.

Menemen Ovası 5 toprak birliği ve ayrılmamış yüksek araziler grubundan meydana gelmiştir (Topraksu, 1971):

1-Süzbeyli-Seyrekköy-Gürle birliği: Gediz alçak alüviyal tabanı üzerinde, tın bünyeli, bozuk drenajlı topraklardır.

2-Gediz-Çiftlik-Eskiyatak birliği: Gediz ırmak sırtlarında iyi-yetersiz drenajlı, kum ve tın bünyeli tuzsuz topraklardır.

3-Dombay-Asarlık-Koyundere birliği: Çakıllı, tınlı; yan dere alüviyumu üzerinde derin, iyi drenajlı topraklardır.

4-Hatundere-Arapdere birliği: Püskürüklerden yıkanmış yan dere alüviyumu üzerinde, çakıllı, killi tın-kil bünyeli, kireçsiz-hafif kireçli topraklardır.

5-Kozluca-Ulucak birliği: Düze yakın hafif eğimli eski alüviyum üzerinde, tın bünyeli derin topraklardır.

Yüksek araziler, püskürük ve tortul kayalar üzerinde, genellikle sarp eğimli, kil bünyeli çok sığ topraklardır.

Ovanın alçak kısımlarında yer alan Tuzcullu, Gürle, Seyrek ve Süzbeyli toprakları tuzlu, yetersiz ve bozuk drenajlı olup bu yörelerde taban suyu yağışlı mevsimlerde 50 cm'ye, bazı alanlarda yüzeye kadar çıkmaktadır (Topraksu, 1971). Bu sorunların giderilmesi için drenaj çalışmaları yapılmıştır. Drenaj çalışmaları sol sahilde 1992, sağ sahilde ise 1994 yılında tamamlanmış olup, üç tahliye pompa istasyonu hizmete girmiştir (Ertem, 1994). Menemen Ovasının bazı yerlerinde yapılan bilinçsiz ve kontrolsüz sulamalar, kanal şebekesinden ve rezervuarlardan meydana gelen sızımlar

yüksek taban suyuna neden olmaktadır. Tuzlu toprakların ıslahı için yapılan yıkama işlemi sırasında fazla suların iyi bir şekilde tahliye olmaması da taban suyunun yükselmesine neden olabilmektedir.

3.1.3. İklim Özellikleri

Akdeniz iklimine sahip Menemen Ovası, iklim yönünden üniform olup genel olarak Ege Bölgesi'nin belli başlı özelliklerini taşır. Ovada kurak-az nemli mezotermal iklim hüküm sürmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer (Topraksu, 1971). Ortalama yıllık sıcaklık yaklaşık 17 °C ve ortalama yıllık yağış miktarı yaklaşık 540 mm'dir. Menemen Ovasına ait çok yıllık (41 yıllık) bazı iklim verilerinin aylara göre ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede yağış ve sıcaklık değerleri 1954-2000 yıllarına ait (47 yıllık) aylara göre ortalama değerlerdir.

3.1.4. Su Kaynağı ve Yönetimi

Havzanın ve Menemen Ovası'nın başlıca su kaynağı 300 km uzunluğunda ve 17000 km²'lik yağış havzasına sahip olan Gediz Nehri'dir. 1997 DSİ İstatistik Yıllığına göre havzanın yer üstü su potansiyeli 2.0 km³/yıl (63.4 m³/s)'dir (Baran ve ark., 1999).

Çizelge 1. Menemen Ovasına ait çok yıllık iklim verilerinin aylara göre ortalama değerleri (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1995)

Aylar	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)	Oransal nem (%)	Güneşli saatler (sa/gün)	Max. güneşli saatler (sa/gün)	Rüzgar hızı (m/sn) ve yönü
Ocak	7.8	91.8	46.1	64.4	4.0	9.7	4.0 E
Şubat	8.7	71.9	52.8	62.0	5.1	11.1	3.9 E
Mart	10.8	65.3	80.7	61.5	6.1	11.5	3.3 E
Nisan	15.0	42.4	114.3	58.1	7.5	12.9	2.8 E
Mayıs	19.9	26.6	169.4	55.1	9.6	12.8	2.6 E
Haziran	24.6	6.1	224.5	49.0	11.0	14.0	2.6 NW
Temmuz	26.9	2.9	268.0	46.9	11.8	13.9	2.9 E
Ağustos	26.1	3.5	235.5	48.2	11.6	13.7	2.7 E
Eylül	22.1	9.4	166.6	53.7	9.6	12.2	2.4 E
Ekim	17.2	32.0	103.6	59.9	7.5	11.6	2.4 E
Kasım	13.0	77.3	57.4	63.5	5.6	10.0	2.7 E
Aralık	9.7	114.0	46.3	66.3	3.9	9.1	3.7 E
Toplam		543.2	1565.2				
Ortalama	16.9			57.4	7.8	11.9	3.0 E

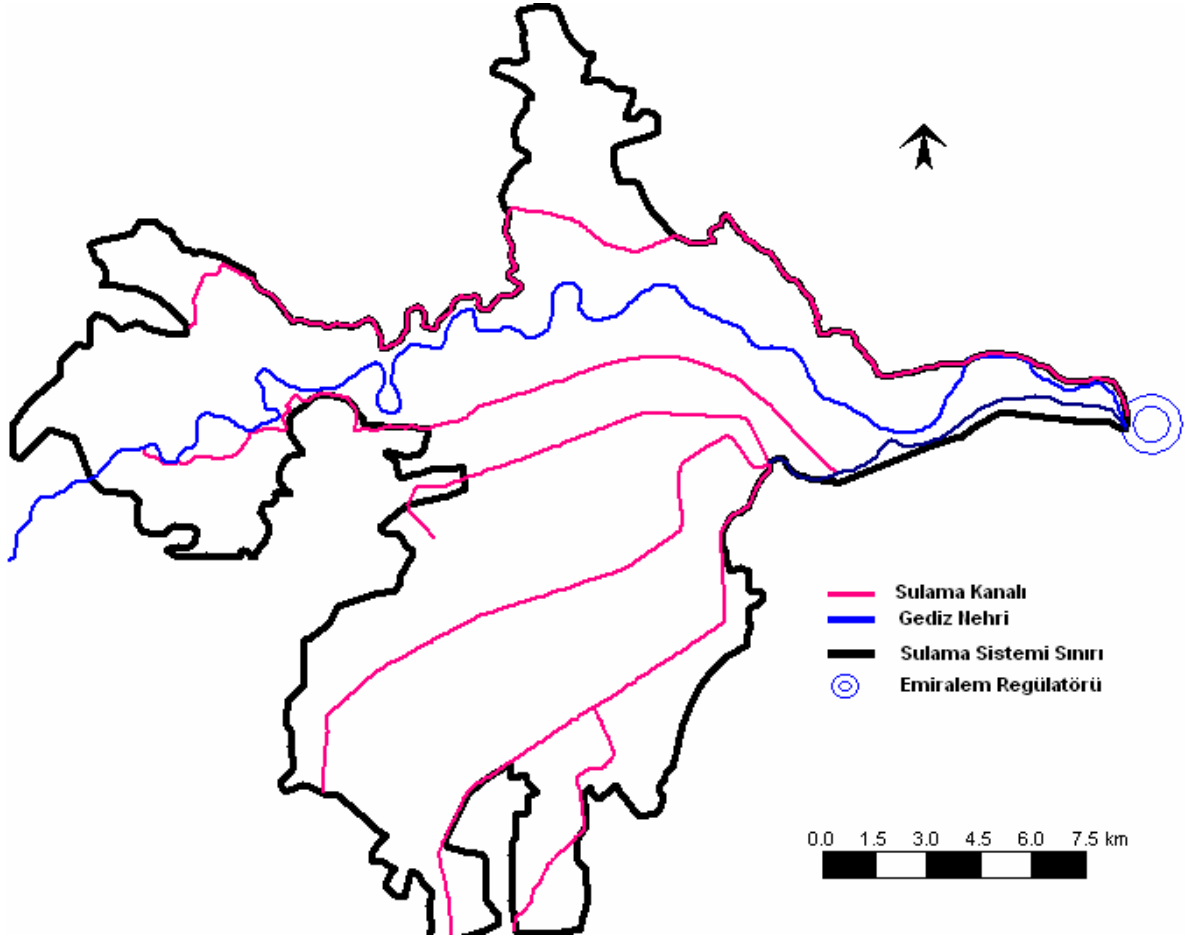
Gediz Nehri doğudan batıya doğru akarak, İzmir'in hemen kuzeyinden Ege Denizi'ne dökülür (Kite et al., 1999). Nehir sistemi iki ana rezervuar ve sulama uygulamaları için kullanılan üç regülatör tarafından kontrol edilmektedir. Yazın sulamada kullanılmak üzere kış yağışları, Demirköprü Barajı ve Marmara Gölü'nde depolanmakta, bu rezervuarlardan bırakılan suyun dağıtımı ise Adala, Ahmetli ve Emiralem regülatörleriyle yapılmaktadır.

Menemen Ovası sulaması için sulama suyunu kaynaktan şebekeye ileten su alma yapısı Emiralem Regülatörüdür. Ovada su dağıtımı, açık kanal şebekesiyle yapılmaktadır. Şebekeyi oluşturan su iletim kanalları, beton kaplama trapez kesitli kanal (klasik kanal) ve kanalet tipindedir. Menemen Ovası sulamasında, su yönetimi 31 adet sulayıcı grubu ve Sağ Sahil ve Sol Sahil olmak üzere iki sulama birliği tarafından sağlanmaktadır (Ünal ve ark., 1999).

Menemen Ovasına sulama hizmeti veren 1974'te kurulan Menemen Sağ Sahil ve 1944'te kurulan Menemen Sol Sahil sulama sistemleri, 1995 yılı itibariyle DSİ tarafından Menemen Sağ Sahil ve Menemen Sol Sahil Sulama Birliklerine devredilmiştir. Menemen Ovası sulamasında yeralan bu birliklere ait bazı yönetim ve şebeke yapılarına ait bilgiler Çizelge 2'de verilmiştir. Menemen Sulama Sistemi Şekil 1'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Menemen Ovası sulamasında yeralan birliklerin yönetim ve şebeke yapılarına ait bilgiler (DSİ, 2000)

Birliklere ait Bilgiler		Sulama Birlikleri	
		Menemen Sol Sahil	Menemen Sağ Sahil
Yönetim	Kuruluş tarihi	30.03.1995	30.03.1995
	Birlik meclis üye sayısı	45	47
	Birlik mükellef sayısı	7 942	3 481
Şebeke	Ana kanal uzunluğu (m)	38 742	38 969
	Sekonder kanal uzunluğu (m)	93 700	57 344
	Tersiyer uzunluğu (m)	290 892	256 707
	Drenaj kanalı uzunluğu (m)	270 196	46 979



Şekil 1. Menemen Sulama Sisteminin genel görünümü

Menemen Ovasında sulamaya açılan net alan 21231 ha olmasına rağmen çeşitli nedenlerle bunun ancak 16920.5 ha'ı sulanabilmektedir. Bu rakamlara göre, sulama oranının yaklaşık % 80 olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır (DSİ, 2001). Menemen Sağ Sahil net sulama alanı; 1978 yılında Bağarası, 1982 yılında da Türkelli Pompaj sulamalarının açılmasıyla 6365 hektara yükselmiştir (Ayvaz, 1999).

Menemen Sulama Sistemi, İzmir ili dahilinde Menemen, Çiğli, Foça ve Aliğa ilçe sınırları içindeki brüt 28 483 ha, net 22 865 ha'lık alana hizmet vermektedir. Bu sulama sistemini oluşturan ünitelere ilişkin bazı bilgiler Çizelge 3'de verilmiştir (DSİ, 1996b).

3.1.5. Bitki Deseni

Yöredeki belli başlı bitkiler pamuk ve bağ başta olmak üzere narenciye, tahıl ve sebzedir (Droogers et al., 2000). Pamuk en çok yetiştirilen bitki olup, 1988'den önce bunu çeltik izlerken bu yıldan sonra kuraklık nedeni ile bu bitkinin ekimi yasaklanmıştır. 1989-1995 yılları arasını kapsayan 7 yıllık ortalama Menemen Ovası bitki deseni Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Menemen sulaması üniteleri (DSİ, 1996b).

Sulama üniteleri	İşletmeye açıldığı yıl	Sulama alanı		Maksimum kapasite (lt/sn)
		Brüt (ha)	Net (ha)	
Bağarası Pompaj Sulaması	1978	350	290	338
Türkelli Pompaj Sulaması	1982	1 800	1 475	1 995
Menemen Sağ Sahil Sulaması	1974	5 200	4 600	7 350
Maltepe Sulaması	1988	4 400	3 300	5 435
Emiralem Pompaj Sulaması	1989	440	370	450
Menemen Sol Sahil Sulaması	1944	16 293	12 830	20 000
Toplam		28 483	22 865	

Çizelge 4. Menemen Ovası ürün dağılımı (DSİ, 1996c)

Bitki çeşidi	Ekim alanı (ha)	Ekim oranı (%)
Pamuk	10 234.4	67.80
Hububat	1 087.3	7.20
Bağ	1 575.4	10.40
Mısır	408.9	2.70
Meyve	485.6	3.20
Sebze	415.6	2.70
Bostan	335.9	2.20
Fidan	256.2	1.70
Yem bitkileri	84.7	0.60
Narenciye	78.9	0.50
Ayçiçeği	28.0	0.23
Susam	56.2	0.40
Zeytin	23.4	0.20
Baklagiller	5.5	0.04
Tütün	4.4	0.03
Çilek	15.6	0.10
Toplam	15096.0	100.00

3.2. Yöntem

Bu çalışmada, ana kanallar düzeyinde Menemen Ovası sulamasının performansı, Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu (ICID) tarafından önerilen performans göstergelerinden (Bos, 1997) uzaktan algılama ile elde edilebilen rölatif su temini (RWS) (Levine, 1982), proje tüketim randımanı (e_p) (Bos and Nugteren, 1974), su tüketim oranı (DF), bitki su açığı (CWD) (Bastiaanssen et al., 2001) ve ayrıca Roerink et al. (1997) tarafından ET göstergesi olarak adlandırılan rölatif ET (RET) olmak üzere beş ayrı performans göstergesine göre belirlenmiştir.

3.2.1. Performans Göstergelerinin Hesaplanması

i) Rölatif su temini (RWS)

Sulama suyu dağıtımının yeterliliğinin bir göstergesi olarak kullanılan RWS göstergesi (Weller, 1991), genel olarak temin edilen suyun talep edilene oranı olup, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Levine, 1982):

$$RWS = \frac{V_c + P_g}{ET_p}$$

Eşitlikte;

RWS : Rölatif su temini

V_c : Kaynaktan saptırılan su miktarı (mm),

P_g : Toplam yağış miktarı (mm),

ET_p : Potansiyel ET (mm)'yi göstermektedir.

Eşitlikteki ET_p , UA ile; P_g , Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2004) kayıtlarından; V_c ise DSİ (2004) kayıtlarından elde edilmiştir.

RWS göstergesi için hedef değer 1.0; izin verilebilir aralık ise 0.8-1.3 olarak dikkate alınmıştır (Bos and Nugteren, 1990). Bastiaanssen et al. (2001)'a göre, uygun sulama yönetimi koşullarında RWS göstergesi 1'e yaklaşmalıdır. Toplam sulama suyu

ihtiyacına göre hesaplanan RWS'nin 1'e eşit olması; ihtiyacı karşılayacak düzeyde su saptırıldığını, 1'den küçük olması; ihtiyaçtan daha az su saptırıldığını ve 1'den büyük olması da ihtiyaçtan fazla su verildiğini ifade etmektedir (Çakmak, 2002a).

ii) Proje su tüketim randımanı (e_p)

Su stresi olmadığı varsayılarak, sulanan alanlarda bitkiler tarafından tüketilmesi gereken suyun, temin edilen sulama suyuna oranını ifade eden e_p göstergesi, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Bos and Nugteren, 1974):

$$e_p = \frac{ET_p - P_e}{V_c}$$

Eşitlikte;

e_p : Proje su tüketim randımanı

ET_p : Potansiyel evapotranspirasyon (mm),

P_e : Etkili yağış miktarı (mm),

V_c : Kaynaktan saptırılan su miktarı (mm)'ni ifade etmektedir.

Eşitlikteki ET_p ; UA tekniğiyle, V_c ; DSİ (2004) kayıtlarından elde edilmiştir. P_e ise, U.S. Bureau of Reclamation Yöntemi kullanılarak aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Smith, 1992).

$$P_g \leq 250 \text{ mm ise } P_e = (P_g * (125 - 0.2 * P_g)) / 125$$

$$P_g > 250 \text{ mm ise } P_e = 125 + 0.1 * P_g$$

Eşitliklerde;

P_g : Toplam yağış miktarı (mm),

P_e : Etkili yağış (mm)'ı göstermektedir.

e_p göstergesi için hedef değer 0.9; izin verilebilir aralık ise 0.6-1.0 olarak dikkate alınmıştır (Bos and Nugteren, 1990). Bastiaanssen et al. (2001), uygun sulama yönetimi koşullarında e_p 'nin 1'e yakın olması gerektiği ifade edilmiştir.

iii) Su Tüketim Oranı (DF)

Su tüketim oranı (DF), tüketilen suyun mevcut suya oranını ifade eden bir performans göstergesi olup, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Molden, 1997):

$$DF = \frac{ET_a}{V_c + P_g}$$

Eşitlikte;

DF : Su tüketim oranı,

ET_a : Gerçek evapotranspirasyon (mm),

V_c : Kaynaktan saptırılan su miktarı (mm),

P_g : Toplam yağış miktarı (mm)'ni ifade eder.

Eşitlikteki ET_a, UA ile; P_g, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2004); V_c ise DSİ (2004) kayıtlarından elde edilmiştir.

DF göstergesinin izin verilebilir değeri, 0.6-1.1 aralığı olarak dikkate alınmıştır (Bastiaanssen et al., 2001).

iv) Bitki Su Açığı (CWD)

Maksimum verimi elde etmek için bitkilerin ihtiyaç duydukları su miktarı olan ET_p değerinden, bu ihtiyacın ne kadarının karşılandığının bir göstergesi olan ET_a'nın çıkartılmasıyla bulunan CWD göstergesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Bastiaanssen et al., 2001) .

$$CWD = ET_p - ET_a$$

Eşitlikte;

CWD: Bitki su açığı (mm),

ET_p : Potansiyel evapotranspirasyon (mm),

ET_a : Gerçek evapotranspirasyon (mm)'u göstermektedir.

İzin verilebilir CWD değeri 30 mm/ay olarak dikkate alınmıştır (Bastiaanssen et al., 2001).

v) Rölatif Evapotranspirasyon (RET)

Rölatif Evapotranspirasyon (RET) göstergesi, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Roerink et al., 1997):

$$RET = \frac{ET_a}{ET_p}$$

Eşitlikte;

RET : Rölatif evapotranspirasyon,

ET_a : Gerçek evapotranspirasyon (mm),

ET_p : Potansiyel evapotranspirasyon (mm)'u göstermektedir.

Eşitlikteki ET_a ve ET_p UA tekniği ile elde edilmiştir.

RET ≥ 0.75 değeri, zamanla sabit olmamakla birlikte gelişme aşaması için sulu tarım alanlarında “çok iyi” olarak değerlendirilmektedir (Roerink et al., 1997).

3.2.2. Evapotranspirasyon Parametrelerinin UA Tekniği ile Belirlenmesi

Bu performans göstergelerin hesaplanması için gerekli olan gerçek evapotranspirasyon (ET_a) ve potansiyel evapotranspirasyon (ET_p) parametreleri, NOAA-16/AVHRR (National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer) uydu görüntüleri kullanılarak elde edilmiştir. Bu uydu görüntülerinden ve SEBAL algoritmasından (Bastiaanssen et al., 1998) yararlanılarak aylık ET_a değerleri belirlenmiştir. ET_p ise yine NOAA-AVHRR görüntülerinden elde edilen 24 saatlik net radyasyon değerleri kullanılarak hesaplanmıştır (Bastiaanssen, 2000).

Çalışmada, Menemen Ovasını içeren NOAA-16/AVHRR uydusuna ait toplam 10 adet görüntü kullanılmıştır. İşlenmemiş haldeki bu uydu görüntüleri, havanın bulutsuz olduğu 12 ve 29 Mayıs, 15 Haziran, 3, 12 ve 28 Temmuz, 14 ve 25 Ağustos ile 2 ve 20 Eylül 2004 tarihlerinde ve yerel saate göre 16:00 sularında olmak üzere, internetten (<http://www.saa.noaa.gov>) elde edilmiştir.

Günlük ET_p ve ET_a haritaları, NOAA-16/AVHRR uydusundan alınan görüntünün bilgisayar ortamında işlenmesiyle elde edilmiştir. Bu görüntü, güneş ve uydunun azimut

ve zenit açısı haritalarının elde edildiği; ayrıca rektifikasyon, atmosferik kalibrasyon ve düzeltme işlemlerinin yapıldığı bir ön işlem (pre-processing) geçirilmiştir. Daha sonra bu görüntü ve açısı haritaları, AHAS bilgisayar yazılımı yardımıyla SEBAL algoritmasına (Bastiaanssen et al., 1998; Bastiaanssen, 2000) uygun olarak ET_p ve ET_a 'ya ilişkin sonuç haritalarının elde edilmesinde kullanılmıştır.

Uzaktan algılama tekniğiyle ET_a 'nın belirlenmesinde, temel yaklaşımı aşağıda kısaca özetlenen SEBAL yöntemi kullanılmış ve günlük ET_a , aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Bastiaanssen et al., 1999a):

$$ET_a = E_f * Rn_{day}$$

Eşitlikte;

ET_a : Günlük gerçek evapotranspirasyon (mm/gün),

E_f : Anlık evaporatif bölüm (-),

Rn_{day} : Günlük ortalama net radyasyon (mm/gün; W/m^2 'den dönüştürülür)'u göstermektedir.

Yukarıdaki eşitlikte bulunan günlük ortalama net radyasyon (Rn_{day}), anlık net radyasyon (Rn)'dan elde edilmektedir. Rn ise aşağıdaki enerji dengesi eşitliğiyle hesaplanmıştır:

$$Rn = LE + G + H$$

Eşitlikte;

Rn : Anlık net radyasyon (W/m^2)

LE : Anlık latent ısı akısı (W/m^2)

G : Anlık toprak ısı akısı (W/m^2)

H : Anlık hissedilir ısı akısı (W/m^2)'nı göstermektedir.

Eşitlikteki Rn , G ve H , uydu görüntülerinden elde edilen hemisferik yüzey albedosu, yüzey sıcaklığı ve vejetasyon indeksi değerlerinden yararlanılarak bulunmuştur. Eşitlikteki LE parametresi, anlık evaporatif bölümün hesaplanmasında kullanılmıştır:

$$E_f = LE / (Rn - G) = LE / (LE + H)$$

E_f ; ET_a 'nın, atmosfer nem koşullarının toprak nem koşulları ile dengede olduğunda meydana gelen ET 'ye oranını ifade eder. Uydunun geçiş anındaki anlık ve

günlük E_f arasındaki fark ihmal edilebilecek düzeyde olduğu (Shuttleworth et al., 1989), için E_f zamansal olarak sabit kabul edilmiştir.

Bir uydu görüntüsünden, bir sonraki görüntünün alınacağı tarihe kadar olan periyot için ET_a miktarını hesaplamak amacıyla, önce günlük referans ET (ET_r), Penman Monteith (Allen et al., 1998) yöntemiyle hesaplanmıştır. Sonra, araştırma alanına ait piksellerin ortalama ET_a değeri, ET_r 'ye bölünmüş ($R=ET_a/ET_r$) ve bu oranın görüntünün alındığı dönem için sabit olduğu varsayılmıştır (Bastiaanssen et al., 1999a). Daha sonra bu oran, görüntünün ait olduğu dönemin toplam ET_r değeriyle çarpılarak, o döneme ilişkin toplam ET_a elde edilmiştir.

Her gün için bu şekilde elde edilen değerler, aylık olarak toplanmış ve aylık toplam ET_a ve ET_p değerleri elde edilmiştir.

Uydu görüntüsü kullanılarak yapılan günlük ET_p hesaplamaları için ise Priestley and Taylor (1972) tarafından önerilen ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilen basitleştirilmiş Penman-Monteith yaklaşımı kullanılmıştır:

$$ET_p = 1.26 * \Delta * (Rn_{day} - G_{day}) / (\Delta + \gamma)$$

Eşitlikte;

ET_p : Potansiyel evapotranspirasyon (mm/gün)

1.26 : Priestley-Taylor katsayısı,

Δ : Doymuş buhar basıncı eğrisi ($kPa/^\circ C$),

Rn_{day} : Günlük ortalama net radyasyon (W/m^2)

G_{day} : Günlük toplam toprak ısı akısı (W/m^2)

γ : Psikrometrik sabit ($kPa/^\circ C$)'i göstermektedir.

4. BULGULAR

4.1. Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Evapotranspirasyon Haritaları

Bu çalışmada kullanılan sulama performansı göstergelerinin hesaplanmasında gerekli olan evapotranspirasyonla ilgili parametrelerin belirlenmesi için, 12 ve 29 Mayıs, 15 Haziran, 3, 12 ve 28 Temmuz, 14 ve 25 Ağustos ile 2 ve 20 Eylül 2004 tarihlerinde olmak üzere, çalışma alanına ait 10 adet işlenmemiş NOAA-AVHRR uydusu görüntüsü, Yöntem Bölümü'nde açıklandığı gibi önce bir dizi ön işlemlerden geçirilmiş ve daha sonra, AHAS bilgisayar yazılımı yardımıyla SEBAL algoritmasına uygun olarak ET_p ve ET_a 'ya ilişkin sonuç haritaları elde edilmiştir.

Menemen Ovası sulama alanı için elde edilen 10 ayrı ET_a ve ET_p sonuç haritaları, tarih sırasına göre Şekil 2-11'de gösterilmiştir.

4.2. Sulama Performansı Göstergelerine Ait Parametreler

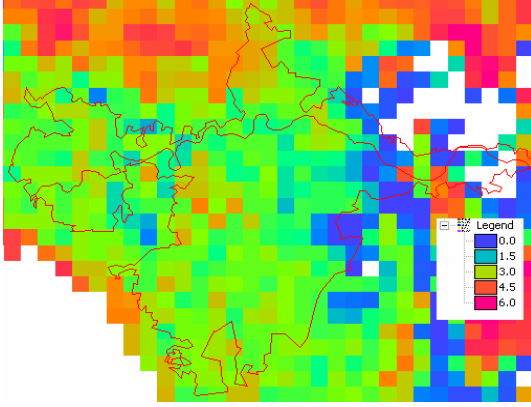
Bu çalışmada kullanılan sulama performansı göstergelerinin belirlenmesi için, 2004 yılı sulama sezonu için Yöntem Bölümü'nde açıklandığı şekilde aylık olarak hesaplanan ET_a , ET_p , V_c , P_g ve P_e parametre değerleri Çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelge 5'den de görüldüğü gibi, bu parametrelerden ET_a ; 76.0-146.2 mm/ay, ET_p ; 119.1-179.0 mm/ay, V_c ; 0.0-269.7 mm/ay, P_g ; 0.0-18.4 mm/gün ve P_e ise; 0.0-17.9 mm olarak hesaplanmıştır.

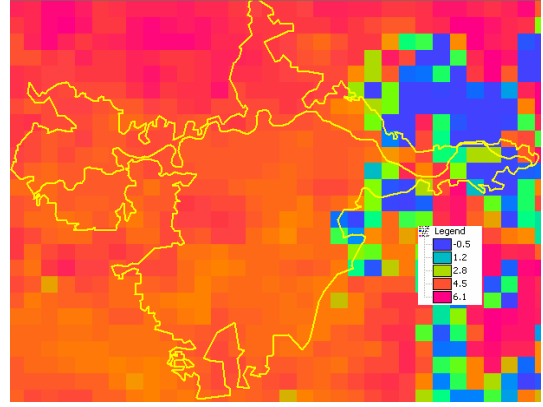
4.3. Sulama Performansı Göstergeleri

Menemen Ovası sulama performansının ana kanallar düzeyinde belirlenmesinde kullanılan rölatif su temini (RWS), proje tüketim randımanı (e_p), su tüketim oranı (DF), bitki su açığı (CWD) ve rölatif ET (RET) performans göstergelerine ait hesaplanan değerler Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6 incelendiğinde, RWS, e_p , DF, CWD ve RET gösterge değerlerinin aylık değerlerinin değim aralıkları ve sezon ortalamalarının, sırasıyla 0.15-2.01 ve 1.00; 0.50-1.73 ve 1.06, 0.38-4.13 ve 1.51; 14.0-75.2 mm/ay ve 34.6 mm/ay; 0.58-0. ve 1.51 olduğu görülmektedir. Ayrıca bu performans göstergelerinin aylık değerlerindeki değişimlerin karşılaştırılması amacıyla her bir gösterge için hesaplanan CV değerlerinin ise, sırasıyla %75, %55, %102, %74 ve %19 olarak gerçekleştiği anlaşılmaktadır.

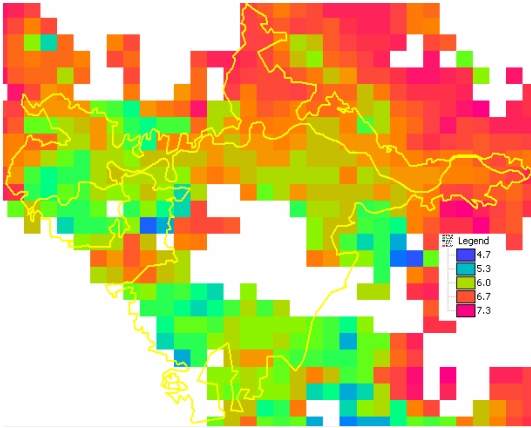


a) ET_a

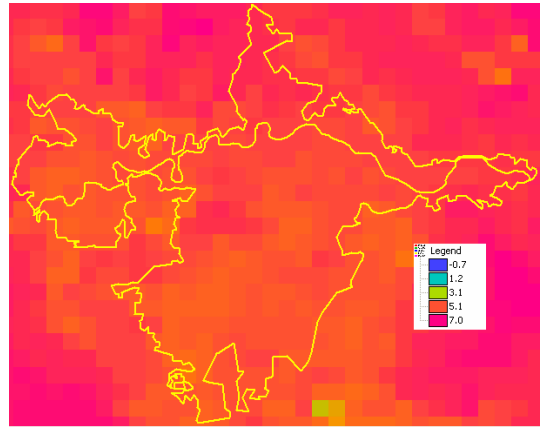


b) ET_p

Şekil 2. 12 Mayıs 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

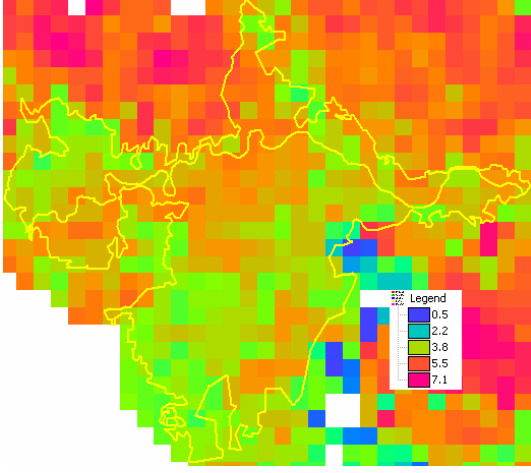


a) ET_a

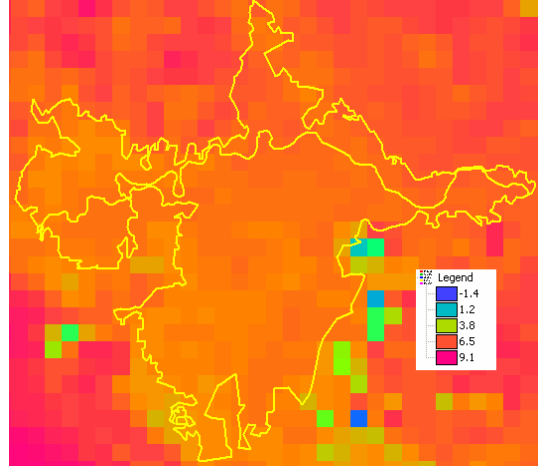


b) ET_p

Şekil 3. 29 Mayıs 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

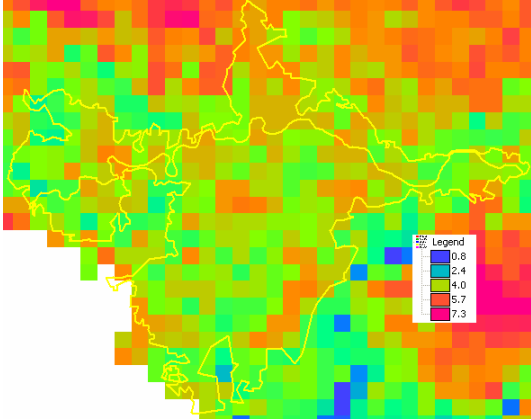


a) ET_a

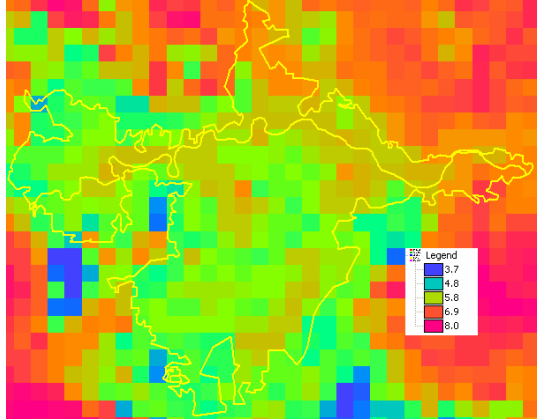


b) ET_p

Şekil 4. 15 Haziran 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

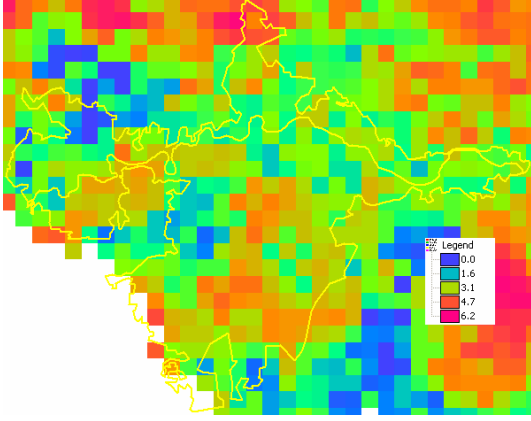


a) ET_a

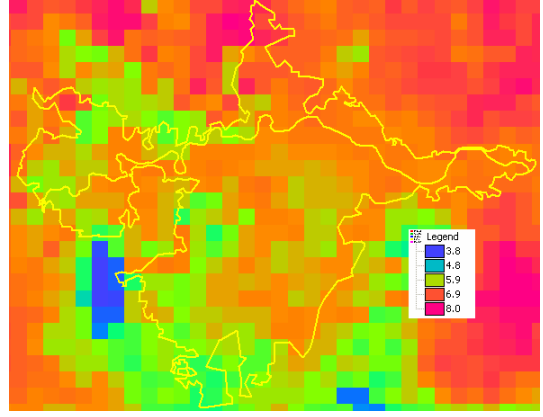


b) ET_p

Şekil 5. 3 Temmuz 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

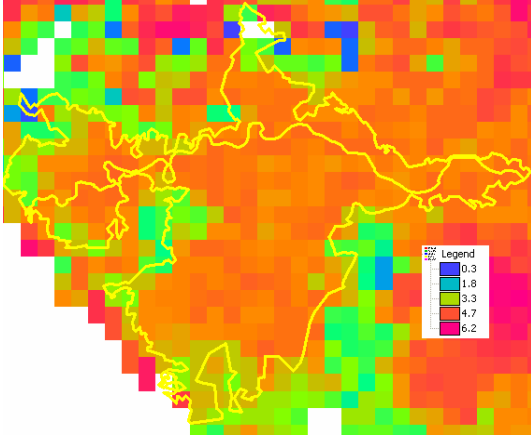


a) ET_a

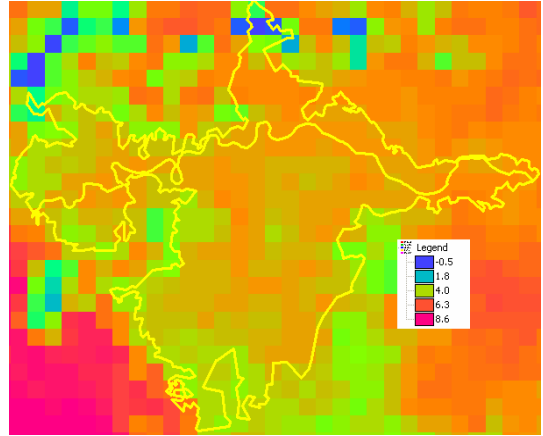


b) ET_p

Şekil 6. 12 Temmuz 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

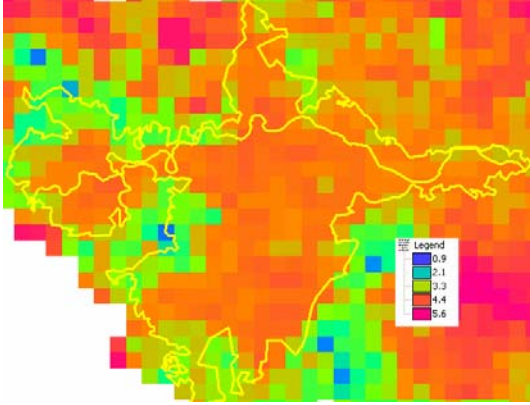


a) ET_a

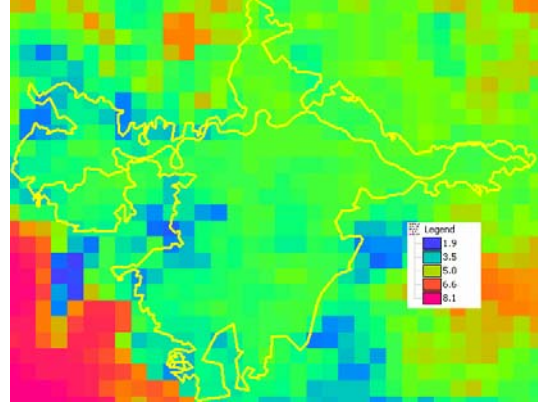


b) ET_p

Şekil 7. 28 Temmuz 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

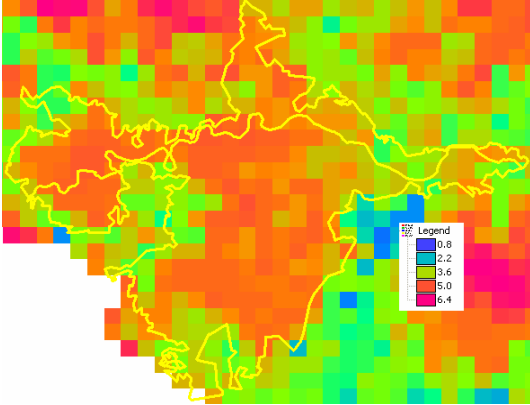


a) ET_a

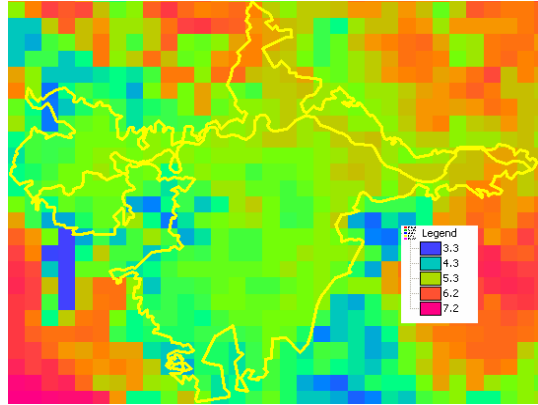


b) ET_p

Şekil 8. 14 Ağustos 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

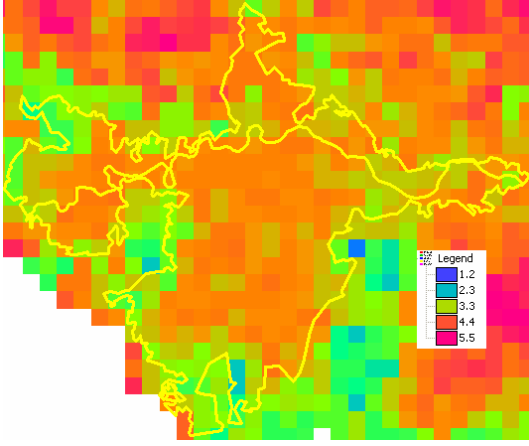


a) ET_a

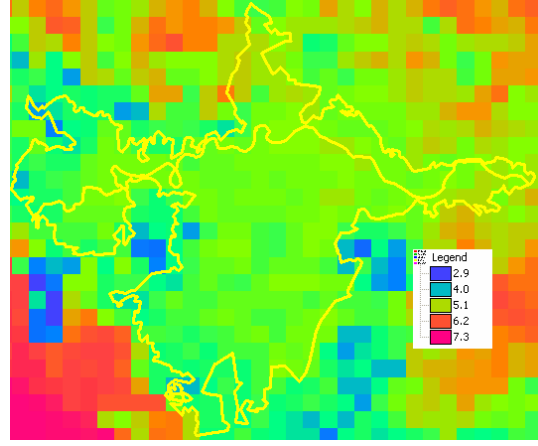


b) ET_p

Şekil 9. 25 Ağustos 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

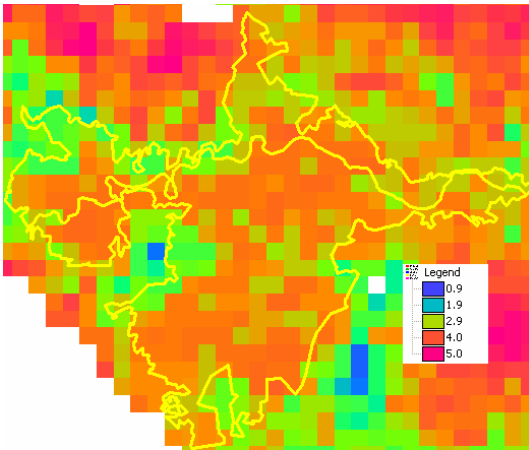


a) ET_a

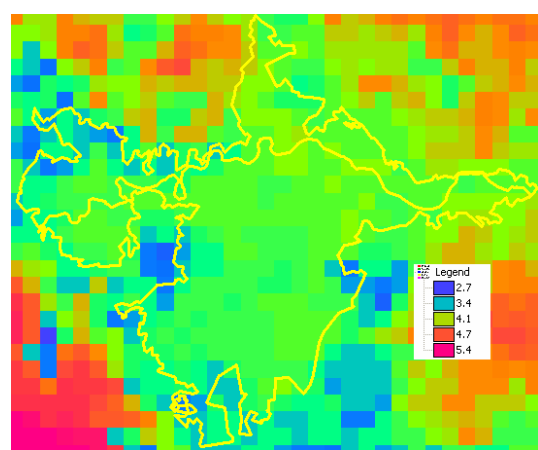


b) ET_p

Şekil 10. 2 Eylül 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları



a) ET_a



b) ET_p

Şekil 11. 20 Eylül 2004 tarihli Menemen Sulama Sistemine ilişkin ET_a ve ET_p haritaları

Çizelge 5. 2004 yılı sulama sezonu için Menemen Ovası sulama performansı göstergelerine ait parametrelerin hesaplanan değerleri

Aylar	Sulama performansı göstergelerine ait parametreler				
	ET _a (mm/ay)	ET _p (mm/ay)	V _c (mm/ay)	P _g (mm/ay)	P _e (mm/ay)
Mayıs	76.0	119.9	0.0	18.4	17.9
Haziran	146.2	160.2	110.7	11.4	11.2
Temmuz	103.8	179.0	269.7	0.2	0.2
Ağustos	113.7	130.6	262.8	0.0	0.0
Eylül	95.9	119.1	68.7	0.0	0.0

Çizelge 6. 2004 yılı sulama sezonu için Menemen Ovası sulama performansı göstergelerinin hesaplanan değerleri

Aylar	Sulama performansı göstergeleri				
	RWS	e _p	DF	CWD (mm/ay)	RET
Mayıs	0.15	– ^a	4.13	43.9	0.63
Haziran	0.76	1.35	1.20	14.0	0.91
Temmuz	1.51	0.66	0.38	75.2	0.58
Ağustos	2.01	0.50	0.43	16.9	0.87
Eylül	0.58	1.73	1.40	23.2	0.81
CV (%)	75	55 ^b	102	74	19
Sezon Ortalaması	1.00	1.06 ^b	1.51	34.6	0.76

a: Mayıs ayında sisteme kaynaktan su saptırılmadığı yani V_c=0 olduğu için e_p göstergesi hesaplanamamıştır.

b: Mayıs ayı dışındaki dört ay dikkate alınarak hesaplanmıştır.

5. Tartışma, Sonuç ve Öneriler

5.1. Menemen Ovası Sulama Performansı Göstergeleri

Menemen Ovası sulaması için belirlenen beş performans göstergesi, aşağıda ayrı başlıklar altında değerlendirilmiştir.

i) Rölatif Su Temini (RWS)

2004 yılı sulama sezonu için RWS göstergesinin ortalama değerinin (RWS=1.00); uygun sulama yönetimi için önerilen hedef değerde (RWS=1.00) olduğu ve Haziran ayında ise izin verilen sınırlara (RWS=0.80-1.30) yakın olduğu, ancak Temmuz ayındaki değer (RWS=1,51) diğer aylardaki değerlere göre çok yüksek çıktığı, Mayıs ve Eylül aylarındaki değerlerin (RWS = 0.15-0.58) ise çok düşük olduğu belirlenmiştir. Bu durum, RWS göstergesinin aylar arasında stabil olmadığını yani rölatif su temininde bir kararsızlığın söz konusu olduğu görülmektedir. Nitekim aylık değerlerdeki bu değişkenlik diğer bir deyişle heterojenite CV değerinin yüksek (CV=%75) çıkmasından da anlaşılmaktadır (Çizelge 6).

Bu çalışmada, bulunan RWS göstergesinin ortalama değeri (R=1.00), Akkuzu, (2001) tarafından Menemen Sağ Sahil sulama sisteminin 1995-1999 yıllarını kapsayan beş yıllık dönem için bulunduğu ortalama değerine (R=1.52) göre Menemen Ovası sulamasının genelinde sulama performansının daha iyi olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, Merdun and Degirmenci (2004)'nin 2001 yılında Menemen sulama sistemi geneli için belirlediği değer ile (R=1.08) aynı olduğu ve aynı yılda Türkiye'deki 239 sulama sistemi için belirledikleri ortalama değer (R=2.66) ise bu çalışmada bulunan değere göre çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen RWS değerleri (RWS=0.11-2.01 arasında), ülkemiz dışında yapılmış bazı çalışmalarda elde edilen değerler (RWS=1.01-2.24) ile karşılaştırıldığında, Menemen Ovası sulama sisteminde en düşük değerlerin hedef değer altına düşerken, diğer ülkelerin sulama sistemlerinde ise hiç düşmediği anlaşılmaktadır. (Rowshon et al. 2003).

Beyribey ve ark. (1997) yaptıkları çalışmada, Türkiye'deki 119 sulama sisteminde Haziran, Temmuz ve Ağustos ayların için belirledikleri RWS değerleri (sırasıyla 0.29-1.67; 0.44-1.49 ve 0.40-1.71) ile bu çalışmada aynı aylarda belirlenen değerler (sırasıyla

0.76, 1.51 ve 2.01) karşılaştırıldığında, Menemen sulama sisteminde Ağustos ayı değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Aynı araştırmacıların diğer sulama sistemleri için belirttikleri gibi bu durum, Menemen sulama sistemine diğer iki ayda da olduğu gibi, özellikle Ağustos ayında toplam sulama suyu ihtiyacından daha fazla su saptırıldığını göstermektedir.

Çakmak (2002a)'ın ve Bastiaanssen et al. (2001)'nin işaret ettikleri gibi, toplam sulama suyu ihtiyacına göre hesaplanan RWS'nin 1'e yaklaşması (RWS=0.8-1.3 aralığında olması); sezon genelinde ve nisbeten Haziran ayında sisteme ihtiyacı karşılayacak düzeyde su saptırıldığını, 1'den küçük olması; Mayıs ve Eylül aylarında sisteme ihtiyaçtan daha az su saptırıldığını ve 1'den büyük olması da; Temmuz ve Ağustos aylarında sisteme ihtiyaçtan fazla su verildiğini ortaya koymaktadır.

ii) Proje Su Tüketim Randımanı (e_p)

2004 yılı sulama sezonu için Menemen Ovası sulamasında, Mayıs ayı içinde sulama sistemine Baraj suyu verilmediği için bu aya ait e_p performans göstergesi değeri hesaplanamamıştır. Sistem için e_p göstergesinin sezonluk ortalama değeri ($e_p=1.06$)'nin hedef değerinin ($e_p= 0.9$) üzerinde olduğu, ancak izin verilebilir sınırlar ($e_p=0.6-1.0$) içinde bulunduğu anlaşılmaktadır. Bu gösterge değerlerinin, özellikle Ağustos ayında ($e_p=0.50$) çok düşük, Haziran ($e_p= 1.35$) ve Eylül ($e_p =1.73$) aylarında ise oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Bos and Nugteren, 1990; Bastiaanssen et al., 2001). Bu durum, e_p göstergesinin aylar arasında homojen olmadığını yani talep edilen su miktarıyla temin edilenin uyumlu olmadığını göstermektedir. Bu, CV değerinin yüksek (CV=%55) çıkmasından da anlaşılmaktadır (Çizelge 6).

Çalışmada Menemen sulama sistemi için bulunan e_p göstergesi ortalama değeri, Brezilya'nın Nilo Coelho sulama sisteminin 31 pompaj sulama biriminde UA tekniğinden yararlanılarak (NOAA görüntüsü kullanarak) yapılan bir çalışmada belirlenen e_p göstergesi ortalama değeri ($e_p=0.78$) (Bastiaanssen et al., 2001) ile karşılaştırıldığında, yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Bastiaanssen et al. (2001)'in da belirttikleri gibi, bu çalışmada da e_p ile RWS göstergeleri arasında ters orantılı bir ilişki olduğu görülmekte, her iki gösterge değerinin 1'den uzaklaşması Menemen sulama sisteminde uygun bir sulama yönetiminin sağlanmadığını ortaya koymaktadır.

iii) Su Tüketim Oranı (DF)

2004 yılı sulama sezonu için DF göstergesinin ortalama değerinin (DF=1.51); önerilen izin verilebilir değerlerin (DF=0.6-1.00) çok üzerinde olduğu, aylık DF değerlerinin ise Haziran, Eylül ve Mayıs aylarında (sırasıyla 1.20, 1.40 ve 4.13) oldukça yüksek, Temmuz ve Ağustos aylarında (sırasıyla 0.38, 0.43) ise oldukça düşük çıktığı görülmüştür (Bastiaanssen et al., 2001). Bu sonuçlar, DF göstergesinin diğer performans göstergelerine göre en yüksek değişkenliğe (CV=%102) sahip olduğunu göstermektedir. Bu; Temmuz ve Ağustos aylarında gereksinim duyulandan daha fazla suyun verilmesi, diğer aylarda ise mevcut yüzey su kaynaklarından daha fazlasının tüketilmesiyle diğer bir deyişle yüzey su kaynaklarından başka kaynakların da kullanılmış olabildiği açıklanabilir (Çizelge 6).

Bastiaanssen et al. (2001) tarafından Brezilyanın Nilo Coelho sulama sisteminde UA tekniği kullanılarak sulama performansının izlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada bulunan ortalama DF değeri (DF=0.60), bu çalışmada Menemen sulama sistemi için hesaplanan ortalama değerden düşüktür. Aynı araştırmacıların da belirttikleri gibi, DF göstergesinin düşük çıktığı Temmuz ve Ağustos aylarında; gerek yağış gerekse de sulama ile temin edilen tüm suyun tüketilemediğini göstermektedir.

iv) Bitki Su Açığı (CWD)

Bu çalışmada, CWD göstergesinin 2004 yılı sulama sezonu genelinde aylık ortalama değeri (CWD=34.6 mm/ay), izin verilebilir değere (CWD=30 mm/ay) yakın çıkmıştır. Ancak, bu göstergenin Mayıs (CWD=43.9 mm/ay) ve Temmuz (CWD=75.2 mm/ay) aylarındaki değerleri izin verilebilir değerlerin çok üzerinde bulunmuştur (Bastiaanssen et al., 2001). Bu durum, CWD göstergesinin aylar arasında homojen olmadığını, özellikle Mayıs ve Temmuz aylarındaki yüksek değerlerin homojeniteyi önemli derecede bozduğunu ve dolayısıyla CV değerinin yüksek (CV=%74) çıkmasına neden olduğunu göstermektedir (Çizelge 6).

Brezilyanın Nilo Coelho sulama sisteminde UA tekniği kullanılarak sulama performansının izlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, CWD göstergesinin Aralık ve Ocak aylarındaki değeri (CWD=50 mm/ay) Temmuz ayındaki değerinden yüksek (CWD= 28 mm/ay) bulunmuştur (Bastiaanssen et al., 2001). Ancak, sözkonusu aylara ait bu gösterge değerleri ile Menemen sulama sistemi için hesaplanan gösterge değerleri

karşılaştırıldığında, aylık değerler arasında ters bir durum olduğu anlaşılmaktadır. Çünkü, CWD'nin Temmuz ayı değeri, diğer aylara göre düşük çıkması gerekirken yüksek çıkmıştır (Çizelge 6). Menemen sulama sistemi için hesaplanan Temmuz ayına ait ET_p ve ET_a değerleri incelenecek olursa, bitkilerin ihtiyaç duydukları su miktarını gösteren ET_p değerinin (179.0 mm/ay) ile bu ihtiyacın ne kadarının karşılandığının bir göstergesi olan ET_a değerinden (103.8 mm/ay) çok fazla olduğu, yani sisteme saptırılan suyun ihtiyaç duyulan suyu karşılayamadığı anlaşılmaktadır (Çizelge 5). Bu duruma yol açan nedenlerden arasında, Unal et al (2004)'ünün da belirttikleri gibi, sulama suyu kaynağının yetersiz olması başta olmak üzere, sekonder kanallarının uzun olması nedeniyle uygulanan rotasyonda sekonder sonundaki tersiyerlerin yeterli miktarda su alamaması, bazı tersiyer sulama kanallarının ise kapasitesinin yetersiz olmasının yeraldığı söylenebilir. Diğer bir ifadeyle, Menemen sulama sisteminde yönetsel ve yapısal sorunların, sulama performansını olumsuz yönde etkilediği anlaşılmaktadır.

vi) Rölatif Evapotranspirasyon (RET)

2004 yılı sulama sezonu için RET göstergesinin ortalama değeri ($RET=0.76$) ile Mayıs ($RET=0.63$) ve Temmuz ayı ($RET=0.58$) dışındaki diğer aylardaki değerlerin ($RET=0.81-0.91$), gelişmekte olan sulu tarım alanları için önerilen değerlerde ($RET \geq 0.75$) olduğu anlaşılmaktadır (Roerink et al., 1997). Ayrıca, RET değerlerinin aylar arasındaki değişkenliğinin oldukça düşük olduğu diğer bir ifadeyle rölatif su temininde aylar arasında bir uniformitenin olduğu görülmektedir. Nitekim CV değerinin düşük çıkması da ($CV= \%19$) bunu göstermektedir (Çizelge 6)

Bastiaanssen et al. (2001)'nin Brezilyanın Nilo Coelho sulama sistemi için UA tekniği kullanarak buldukları ortalama RET değeri ($RET=0.77$) ile Menemen sulama sistemi için bulunan ortalama değer ile karşılaştırıldığında (Çizelge 6), birbirine çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum, araştırmacıların da işaret ettikleri gibi, sulama sisteminde bitki su ihtiyacının önemli bir kısmının karşılandığını göstermektedir.

5.2. Menemen Ovası Sulama Performansı

Menemen Ovası sulamasına hizmet veren sulama sisteminin 2004 yılı sulama sezonu için ana kanallar düzeyinde UA tekniği kullanılarak hesaplanan parametrelere göre belirlenen beş performans göstergesi (RWS, ep, DF, CWD ve RET), bu sistemin

sulama sezonu genelinde ülkemiz kimi sulama sistemleriyle aynı sulama performansına sahip olduğunu, ancak diğer ülkelerin karşılaştırılan kimi sulama sistemlerine göre sulama performansının düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, Menemen sulama sisteminin 2004 yılı sulama performansının, diğer yıllara göre (özellikle 1995-1999 aralığında) biraz daha iyi durumda olduğu anlaşılmıştır. Ancak, sistemin sulama performansı sezon içerisinde aylık performans göstergesi değerlerine göre değerlendirildiğinde ise, sulama performansının sulamanın yoğun olmadığı aylar (Mayıs ve Eylül) ile çok yoğun olduğu aylarda (Temmuz ve Ağustos) heterojen bir yapıda ve iyi olmadığı belirlenmiştir. Performans göstergeleri, sistemin sulama performansının kötü olduğu aylarda; sisteme ihtiyaçtan daha fazla ya da daha da az sulama suyu verildiğini ortaya koymuştur. Bu durumun ortaya çıkışında, sistemin yönetsel ve yapısal sorunlarının önemli bir payı olduğu düşünülmektedir.

Performans parametrelerinin hesaplanmasında, sistemin su kaynağı olarak Baraj ve/veya Marmara gölünden Gediz nehri yatağına kontrollü olarak bırakılan ve Emiralem Regülatörü tarafından sisteme kontrollü olarak saptırılan sulama suyu dikkate alınmıştır. Ancak, sistemde bu su kaynağının dışında, özellikle baraj kapaklarının kapalı olduğu Mayıs ve Eylül aylarında Nehir yatağında bulunan su kontrolsüz biçimde sisteme verilmekte (sisteme saptırılan suyun miktarı sulama birlikleri tarafından kontrol edilmemekte) (Unal et al, 2004), ayrıca yer altı suyundan ne zaman ve ne kadar miktarda yararlanıldığına ilişkin herhangi bir kayıt bulunmamaktadır. Performans göstergeleri değerlerinin izin verilen sınırlar dışında çıkmasında, bu tip veri eksikliklerinin önemli rolünün olabileceği düşünülmektedir. Tüm bu sorunlar giderildiğinde, bir alanda düşük ya da yüksek performansın nedenleri daha sağlıklı belirlenebilir ve yüksek performans koşullarını düşük performanslı alanlar için de sağlayarak daha etkin bir sulama yapmak ve yüksek verim elde etmek mümkün olabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma; UA tekniği yardımıyla Menemen Ovası Sulaması gibi büyük alanlara sahip bir sulama sisteminin sulama performansının objektif, hızlı ve ekonomik olarak değerlendirilebileceğini göstermiştir.

6. Kaynaklar

- Akkuzu, E. ve Karataş, B.S.**, 2004, İzmir ili dahilindeki sulama birliklerinin genel sulama planlarına göre işletim performansı, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 41 (1):107-116.
- Akkuzu, E.**, 2001, Aşağı Gediz Havzasındaki Bazı Sulama Sistemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, 138s.
- Akkuzu, E., Aşık, Ş., Ünal, H.B., Karataş, B.S. ve Avcı, M.**, 2003, Menemen sol sahil sulama sistemi su dağıtımında yeterliliğin ve değişkenliğin belirlenmesi, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 40 (3):97-104.
- Aksoy, E., Özsoy, G., Dirim, M.S. ve Tümsavaş, Z.**, 2001, Arazi örtü/arazi kullanım haritalamada uzaktan algılama ve cbs tekniklerindeki son gelişmeler: u.ü. kampüs alanı örneği, GAP II. Tarım Kongresi, 24-26 Ekim, Şanlıurfa (2):1045-1052
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M.**, 1998. Crop Evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper 56, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 300 p.
- Altınbaş, Ü., Çengel, M., Uysal, H., Okur, B., Okur, N., Kurucu, Y. ve Delibacak, S.**, 2004, Toprak Bilimi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:557, 355s.
- Altınbaş, Ü., Kurucu, Y., Delibacak, S., Çokuysal, B., Bolca, M., ve Türk, T.**, 1997, Aşağı Söke Ovası tuzlu ve alkali topraklarının oluşum dinamiği ve bunların uydu görüntüleri ile belirlenmesi, Söke Tarım ve Çevre' 97 Sempozyumu, Söke-Aydın.
- Ambast, S.K , Keshari, A.K. and Gosain, A.K.**, 2002, Satellite Remote Sensing to Support Management of Irrigation Systems: Concepts and Approaches, Irrigation and Drainage, 51: 25–39.
- Ambast, S.K., Singh, O.P., Tyagi, N.K., Menenti, M., Roerink, G.J. and Bastiaanssen, W.G.M.**, 1999, Appraisal of irrigation system performance through SRS and GIS, In Operational Remote Sensing for Sustainable Development, Nieuwenhuis GJA, Vaughan RA, Moolenaar M (eds). Balkema Publications: Rotterdam, The Netherlands; 457–462.
- Ayvaz, İ.**, 1999, DSİ Sulama Tesislerinde, İşletme ve Bakım Hizmetlerinin Faydalananların Kurdukları Örgütlere Devrinde Menemen Örneği, İzmir Su Kongresi, 4-5 Haziran 1999, İzmir, 297-303.
- Bandara, K.M.P.S.**, 2002, Monitoring Irrigation Performance in Sri Lanka with High-Frequency Satellite Measurement During the Dry Season, Agricultural Water Management, 1775 (2002):1-12.

- Baran, T., Durnabaş, İ., Öziş, Ü. ve Gül, A.,** 1999, Ege Bölgesinin Yerüstü Su Potansiyeli, İzmir Su Kongresi, 4-5 Haziran 1999, İzmir, s.57- 73
- Bastiaanssen, W. G. M. and Ali, S.,** 2003. A new crop yield forecasting model based on satellite measurements applied across the Indus Basin, Pakistan. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 94:321–340.
- Bastiaanssen, W. G. M., Ahmad, M. D. and Z. Tahir,** 2003: Upscaling water productivity in irrigated agriculture using remote-sensing and GIS technologies. - In Kijne, J. W., Barker, R. and D. Molden (Eds.), 2003: *Water productivity in agriculture: Limits and opportunities for improvement.*- CABI, Wallingford, UK, pp. 289-300.
- Bastiaanssen, W.G.M., Thiruvengadachari, S., Sakthivadivel, R. and Molden, D.J.,** 1999a, Satellite Remote Sensing for Estimating Productivities of Land and Water. *Int. Journal of Water Resources Development*, Vol.15(1/2):181-196.
- Bastiaanssen, W.G.M., Molden, D.J., Thiruvengadachari, S., Smit, A.A.M.F.R., Mutuwatte, L. and Jayasinghe, G.,** 1999b, Remote Sensing and Hydrological Models for Performance Assessment in Sirsa Irrigation Circle, India, *International Water Management Institute Research Reports* 27, Colombo, Sri Lanka: 29p
- Bastiaanssen, W. G. M.; Sakthivadivel, R. and Van Dellen, A,** 1999c. Spatially delineating actual and relative evapotranspiration from remote sensing to assist spatial modeling of non-point source pollutants. In *Assessment of non-point source pollution in the vadose zone.* USA: American Geophysical Union. pp.179-196. (Geophysical monograph 108)
- Bastiaanssen, W.G.M. and Bos, M.G.,** 1999, Irrigation performance indicators based on remotely sensed data: a review of literature. *Irrigation and Drainage Systems* 13: 291–311.
- Bastiaanssen, W.G.M. and Chandrapala, L.,** 2003. Waterbalance variability across Sri Lanka for assessing agricultural and environmental water use, *Agricultural Water Management*, 58: 171-192.
- Bastiaanssen, W.G.M.,** 1998, Remote sensing in water resources management: The state of the art. Colombo, Sri Lanka: IWMI. 118p.
- Bastiaanssen, W.G.M.,** 2000. SEBAL-Based Sensible and Latent Heat Fluxes in Irrigated Gediz Basin, Turkey. *J.of Hydrology* 229: 87-100.
- Bastiaanssen, W.G.M., Brito, R.A.L., Bos, M.G., Souza, R.A., Cavalcanti, E.B. and Bakker, M.M.,** 2001, Low Cost Satellite Data for Monthly Irrigation

Performance Monitoring: Benchmarks from Nilo Coelho, Brazil. *Irrigation and Drainage Systems*, 15: 53-79.

Bastiaanssen, W.G.M., Menenti, M., Feddes, R.A. and Holtslag, A.A.M., 1998. A Remote Sensing Surface Energy Balance Algorithm for Land (SEBAL), part 1: formulation, *Journal of Hydrology*, 198-213

Bastiaanssen, W.G.M., Wal, T.V.D. and Visser, T.N.M., 1996, Diagnosis of Regional Evaporation by Remote Sensing to Support Irrigation Performance Assessment, *Irrigation and Drainage Systems* 10:1-23

Bastiaanssen, W.G.M; Molden, D.J. and Makin, I.W., 2000, Remote Sensing for Irrigated Agriculture: Examples from Research and Possible Applications, *Agricultural Water Management* 46:137-155.

Beyribey, M., Sönmez, F.K., Çakmak, B. ve Oğuz, M., 1997. Devlet Sulama Şebekelerinde Aylık Su Temini Oranının Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 3(2):33-37, Ankara

Bolca, M., Kurucu, Y. ve Altınbaş, Ü., 2003. Batı Anadolu Bölgesi 2002 Yılı Pamuk Ekili Alanlarının ve Ürün Rekoltesinin Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, (2):89-96.

Bos, M. G.,Murray-Rust, D. H., Merrey, D., Johnson, H. G. and Snellen,W. B.: 1994, Methodologies for assessing performance of irrigation and drainage management, *Irr. Drainage Syst.* 7, 231–261.

Bos, M.G. and Nugteren, J. 1974. On irrigation efficiencies, , International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI) ILRI Publication 19, Wageningen. The Netherlands: 138 p. Revised 1990

Bos, M.G. and Nugteren, J., 1990. On irrigation efficiencies, International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI) ILRI Publication 19, Wageningen. The Netherlands: 138 p. Revised 1990

Bos, M.G., 1997, Performance Indicators for Irrigation and Drainage, *Irrigation and Drainage Systems* 11:119-137.

Çakmak, B, Beyribey, M., Yıldırım, Y.E. and Kodal, S., 2004, Benchmarking Performance of Irrigation Schemes: A Case Study from Turkey, *Irrig. and Drain.* 53: 155-163.

Çakmak, B. ve Beyribey, M., 2003, Sakarya Havzası Sulamalarında Sistem Performansının Değerlendirilmesi. *A.Ü.Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, Ankara, Cilt: 9(1):116-124.

- Çakmak, B.**, 2001, Konya Sulama Birliklerinde Sulama Performansının Değerlendirilmesi. A.Ü.Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, Ankara, 7(3):111-117.
- Çakmak, B.**, 2002a, Kızılırmak Havzası Sulama Birliklerinde Sulama Sistem Performansının Değerlendirilmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 5(2):130-141.
- Çakmak, B.**, 2002b, Ceylanpınar İkicırcıp Sulama Birliğinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi. HR.Ü.Z.F. Dergisi 2002, 7(1-2):1-9
- Değirmenci, H.**, 2004, Kahramanmaraş Bölgesinde Bazı Sulama Şebekelerinin Karşılaştırma Göstergeleri İle Değerlendirilmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1):104-110.
- Değirmenci, H., Yazgan, S., Demir, A.O. ve İstanbulluoğlu, E.**, 1997, Bursa Mustafakemalpaşa Sulamasında Su Dağıtım Performansının Belirlenmesi. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Bursa, 185-193
- Droogers, D.D., Kite, G. and Murray-Rust, H.**, 2000, Use of Simulation Models to Evaluate Irrigation Performance Including Water Productivity, Risk and System Analyses, Irrigation Science 19:139-14.
- Droogers, P. and Bastiaanssen, W.G.M.**, 2002, Irrigation Performance using Hydrological and Remote Sensing Modeling, J. of Irrigation and Drainage Engineering, 128(1):11-18.
- Droogers, P., Bastiaanssen, W.G.M., Gieske, A., Toomanian, N. and Akbari, M.**, 2001, Assessment of irrigation performance using NOAA satellite imagery, IAERI-IWMI Research Reports 7.
- DSİ**, 1973, Gediz Projesi Menemen Sol Sahil Ovası Detaylı Arazi Tasnifi ve Drenaj Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- DSİ**, 1992, Aşağı Gediz Projesi Kelebek (Gökkaya) Baraj Sulama Alanı Planlama Revize Arazi Sınıflandırma ve Planlama Drenaj Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü , II. Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- DSİ**, 1996a, Sulama Birlikleri Bülteni, DSİ Genel Müdürlüğü, II. Bölge Müdürlüğü, İzmir, 57s.
- DSİ**, 1996b, Menemen İşletme ve Bakım Başmühendisliği Sol Sahil Tesis Tanıtma Föyü, DSİ 21. Şube Müdürlüğü, Menemen-İzmir, 71s.

- DSİ**, 1996c, Sulama Kurutma projelerinde Bitki Sayım Verileri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara **DSİ**, 2000, Sulama Birlikleri Bülteni, DSİ II. Bölge Müdürlüğü, İzmir, 62s.
- DSİ**, 2000, Sulama Birlikleri Bülteni, DSİ Genel Müdürlüğü , II. Bölge Müdürlüğü, İzmir, 62s.
- DSİ**, 2001, DSİ Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara (<http://www.dsi.gov.tr/arkul.htm>, erişim tarihi: Şubat 2005)
- DSİ**, 2004, Planlı Su Dağıtım Uygulama Raporları, DSİ II. Bölge Müdürlüğü Kayıtları, İzmir.
- DSİ**, 2005, Türkiye'de Arazi Kullanımı, <http://www.dsi.gov.tr/arkul.htm>, erişim tarihi: Şubat 2005
- Ertem, Z.H.**, 1994, Menemen Sulaması Taban Suyu Kontrol Raporu, DSİ II. Bölge Md. 21. Şube Md. Menemen İşl. ve Bkm. Müh., İzmir.
- Evsahibioglu, A. N.**, 1994. Uzaktan Algılama Teknikleri ile Trakya Bölgesinde Buğday Ekim Alanı ve Üretim Tahminleri. II. Uzaktan Algılama ve Türkiye'deki Uygulamaları Semineri, 16-22 Mayıs, Bursa , s.176-193.
- Evsahibioglu, A.N. ve Kodal, S.**, 1992, Uzaktan Algılama Tekniklerinden Yararlanılarak Ankara ve Çankırı İllerinde Buğday Üretim Tahminleri, IV. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 22-26 Haziran 1992, Erzurum.
- Garatuza-Payan, J., Shuttleworth, W.J., Encinas, D., Mcneil, D.D., Stewart, J.B., Bruin, H.A.R. and Watts, C.**, 1998, Measurement and Modelling Evaporation for Irrigated Crops in Northwest Mexico, Hydr. Processes, 12:1397-1418.
- Gieske, A.S.M. and Meijninger, W.**, 2003. High density NOAA time series of evapotranspiration ET in the Gediz basin, Turkey. In: Proceedings of the ICID workshop on remote sensing applications in irrigated agriculture, 15-19 September 2003 Montpellier, France. p. 15.
- Girgin, A., Geçgel, G. ve Gül, S.**, 1999, Gediz Havzasındaki Sulamaların Su Yönetimi Açısından Başarı Durumları, Su Kongresi, İzmir, Bildiriler Kitabı: 317-334.
- Grib, M.F.**, 1984, The Combining of Geographic and Other Information Systems to Create a New Type of Information Systems. Technical Papers of the 44th Annual Meeting of the American Congress Surveying and Mapping, ASP/ACSM Convention, Washington D.C.

Güngör, Y. Erözel, A.Z., ve Yıldırım, O., 1996, Sulama, Ankara Üniv. Ziraat Fak Yayınları No: 1443, Ankara, 295s.

IIMI (International Irrigation Management Institute), 1995, Satellite remote sensing for improving irrigation system performance, Colombo, Sri Lanka, 26p.

Jahromi, S.S., Depeweg, H. and Feyen, J., 2000, Water delivery performance in the Doroodzan Irrigation Scheme, Iran, Irrigation and Drainage Systems, 14: 207-222.

Jurriens, M., 1993, Monitoring of Irrigation Systems Operation Advances in Planning, Design and Management of Irrigation Systems as related to Sustainable Land Use, Proceeding of an International Conference, Leuven/Belgium, 14-17 September 1992, 515-523.

Karataş, B.S., Aşık, Ş., Ünal, H.B. and Avcı M., 2003, Using Remote Sensing on Management of Irrigation Systems, International Congress on Information Technology in Agriculture, Food and Environment, 7-10 October, İzmir, 518-524.

Kite, G., Droogers, P., Çetiner, S. ve Korkmaz, H., 1999. Havza Su Kaynakları Yönetimi, Su Kongresi, İzmir, Bildiriler Kitabı:11-17.

Kurucu, Y., Altınbaş, Ü. ve Bolca, M., 2000, Ege Bölgesi Pamuk Ekim Alanlarının ve Ürün Rekoltesinin Uzaktan Algılama Tekniği Kullanılarak Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. İzmir Ticaret Borsası Yayınları, İzmir, 55s.

Levine, G., 1982, Relative water supply: An explanatory variable for irrigation systems, Cornell University. Ithaca, New York, USA., Technical report No.6.

Mao Zhi, 1989, Identification of causes of poor performance of a typical large-sized irrigation scheme in south China, Asian Regional Symposium on the Modernization and Rehabilitation of Irrigation and Drainage Schemes, Published by Hydraulics Research, Wallingford, England, Asian Development Bank and National Irrigation Administration of the Philippines.

Menenti, M., Visser, T.N.M., Moabito, J.A. and Drovandi, A., 1989, Appraisal of Irrigation Performance with Satellite Data and Georeferenced Information, Proceeding of The International conference Held at The University of Southampton, 12-15 September 1989, p.785-801.

Merdun, H. and Degirmenci, H., 2004, Topology of Performance Indicators of All Irrigation Schemes in Turkey, Pakistan Journal of Biological Sciences, 7(2): 163-173.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2004. Salihli Meteoroloji İstasyonu İklim kayıtları.

- Molden, D.J.**, 1997, Accounting for Water Use and Productivity, SWIM paper 1, **International Water Management Institute (IWMI), Colombo, Sri Lanka:16p.**
- Molden, D.J. and Gates, T.K.**, 1990, Performance Measures for Evaluation of Irrigation Water Delivery, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 166(6):804-823.
- Molden, D.J., Sakthivadivel, R., Perry, C.J., Fraiture, C. and Kloezen, W.H.**, 1998, Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems, Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, Research Report 20.
- Murray-Rust, D.H. and Svendsen, M.**, 2001, Performance of locally managed irrigation in Turkey: Gediz case study. *Irrigation and Drainage Systems*, Netherlands, 15: 373–388.
- Nik İnşaat**, 2005. <http://www.nik.com.tr/new/yazilimlar/uydular/uydular.htm>. Erişim tarihi:25 Mayıs 2005.
- Pelgrum, H. and Bastiaanssen, W.G.M.**, 1996. An intercomparison of techniques to determine the area-averaged latent heat flux from individual in-situ observations: A remote sensing approach using the European Field Experiment in a Desertification-Threatened Area data, *Water Resources Research*, vol. 32(9): 2775-2786
- Pestemalci, V., Dinc, U., Yegingil, I., Kandirmaz, M., Cullu, M.A., Ozturk, N. and Aksoy, E.**, 1995, Acreage Estimation of Wheat and Barley Fields in The Province of Adana, Turkey, *Int. J. Remote Sensing*, 16 (6):1075-1085.
- Priestley, C.H.B. and Taylor, R.J.**, 1972. "On the assessment of surface heat flux and evaporation using large scale parameters." *Mon. Wea. Rev.*, 100, 81-92.
- Rao, N.P.P. and Mohankumar, A.**, 1994, Cropland Inventory in the Command Area of Krishnarajasagar Project, Using Satellite Data, *Int. Journal of Remote Sensing*, 15(6):1295-1305.
- Rao, P.S.**, 1993, Review of Selected Literature on Indicators of Irrigation Performance, IIMI, Colombo, 75p.
- Ray, S.S., Dadhwal, V.K. and Navalgund, R.R.**, 2002, Performance evaluation of an irrigation command area using remote sensing: a case study of Mahi command, Gujarat, India. *Agricultural Water Management*, 56:81–91.
- Roerink, G.J., Bastiaanssen, W.G.M.,Chambouleyron, J. and Menenti, M.**, 1997, Relating Crop water Consumption to Irrigation Water Supply by Remote Sensing, *Water Resources Management*, 11(6):445-465.

- Rowshon, M.K., Kwok, C.Y., and Lee, T.S.**, 2003, GIS-based scheduling and monitoring irrigation delivery for rice irrigation systems-Part II. Monitoring, *Agricultural Water Management*, 62(2):117-126.
- Sakthivadivel, R., Thiruvengadachari, S., Upali Amerasinghe, Bastiaanssen, W.G.M. and Molden, D.J.**, 1999, Performance Evaluation of the Bhakra Irrigation System, India, Using Remote Sensing and GIS Techniques, IWMI Research Report 28, Colombo, Sri Lanka, 22 p.
- Saleh, A.F.M and Mondal, M. S**, 2001, Performance evaluation of rubber dam projects of Bangladesh in irrigation development *Irrigation and Drainage* 50: 237–248.
- Shih, S.F.**, 1988, Satellite Data and Geographic Information System for Land Use Classification, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 114(3):505-519.
- Shuttleworth, W.J., Gurney, R.J., Hsu, A.Y. and Ormsby, J.P.**, 1989. FIFE: the variation in energy partitioning at surface flux sites, remote sensing and large scale global processes. Proceedings of the Baltimore Symposium IAHS publication no. 186, IAHS Press, Oxfordshire, p. 67–74.
- Silva , R. D.**, 1995, Satellite Remote Sensing for Improving Irrigation System Performance, A Report Based on Technical Analyses of The Bhadra Project, IIMI, Colombo, Sri Lanka, 26 p.
- Smith, M.**, 1992, Cropwat A Computer Program for Irrigation Planning and Management, FAO Irrigation and Drainage Paper 46 Rome 126 p.
- Stone, L.R. and Horton, M.L.**, 1974. Estimating Evapotranspiration using canopy temperatures: Field evaluation, *Agronomy J.*, 66:450-454.
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı**, 1993, Menemen Tarım İlçe Müdürlüğü Kayıtları, Menemen.
- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı**, 1995, İklim Verileri. Menemen Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Tennakoon, S.B., Murty, V.V.N., Eiumnoh, A.**, 1992, Estimation of Cropped Area and Grain Yield of Rice, Using Remote Sensing Data, *Int. Journal of Remote Sensing*, 13(3):427-439.
- Thiruvengadachari, S. and Sakthivadivel, R.**, 1997, Satellite Remote Sensing for Assessment of Irrigation System Performance: A Case Study in India, Research Report 9, International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka: 23p.
- Topraksu**, 1971. Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü, Topraksu Genel Müdürlüğü Toprak Etütleri ve Haritalama Dairesi, Ankara, Yayın no: 236, 65s.

Uçan, K. ve Yüksel, A.N., 2000, Kahramanmaraş Sulamasında Sulama Suyu Etkinliğinin Belirlenmesi. Fen ve Mühendislik Dergisi 2000, 3(1):120-130.

Uçar, Y. ve Başayığıt, L., 2001, Sulu Tarımda Uzaktan Algılama Tekniklerini Kullanma Olanakları. Tarımda Bilişim Teknolojileri 4. Sempozyumu Bildirileri, s.224-231.

Unal H.B. , Asik, S., Avcı, M., Yasar, S. and Akkuzu, E., 2004. Performance of water delivery system at tertiary canal level: a case study of the Menemen Left Bank Irrigation System, Gediz Basin, Turkey. Agricultural Water Management, 65 (2004):155-171.

Ünal, H.B., Şahin, A. ve Ayvaz, İ., 1999, İzmir-Menemen Ovası Sulama Tesislerinin Yapısal Yeterliliği Üzerine Bir İnceleme, VII. Kültürteknik Kongresi, 11-14 Kasım, Kapadokya:46-54.

Vermillion, D.L. and Garces-Restrepo, C., 1996, Results of Management Turnover in Two Irrigation Districts in Colombia. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka Research report 4.

Vermillion, D.L. and Garces-Restrepo, C., 1998, Impacts of Colombia's Current Irrigation Management Transfer Program. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, Research report 25.

Vermillion, D.L., Samad, M., Pusposutardjo, S., Arif, S.S. and Rochdyanto, S., 2000, An Assessment of the Small-Scale Irrigation Management Turnover Program in Indonesia. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka, Research Report 38.

Wang, J., Ma, Y., Menenti, M., Bastiaanssen, W. G. M. and Mitsuta, Y., 1995. The scaling-up of processes in the heterogeneous landscape of HEIFE with the aid of satellite remote sensing. J. Meteor. Soc. Japan, 73, 1235–1244.

Weller, J.A., 1991, An evaluation of the Porac River Irrigation System. Irrigation and Drainage Systems, 5:1-17.