

Bekir S. KARATAŞ¹
Erhan AKKUZU²
Şerafettin AŞIK³
H. İbrahim YILMAZ⁴

¹ Dr., İl Özel İdaresi, Altyapı İşleri Daire Başkanlığı, Tarımsal Hizmetler Müdürlüğü, Bornova, İzmir.
bekir.karatas@ege.edu.tr

² Dr., E.Ü., Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova, İzmir

³ Prof. Dr., E.Ü., Ziraat Fak., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova, İzmir

⁴ Ar. Gör., E.Ü., Ziraat Fak., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova, İzmir

Aşağı Gediz Sulama Sisteminde Ana Kanal Hidrolik Parametrelerinin Zamansal Değişiminin Su Dağıtım Kapasitesi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi

Determination of effect on water delivery capacity of temporal variations of main canal hydraulics parameters in the lower Gediz Irrigation system

Alınış (Received): 13.03.2008 Kabul tarihi (Accepted): 10.08.2008

Anahtar Sözcükler:

Gediz sulama sistemi, aktif kanal kapasitesi, sulama sistem planlaması

Key Words:

Gediz irrigation system, active canal capacity, irrigation system planning

ÖZET

Bu araştırmada; Aşağı Gediz sulama sistemindeki Salihli sağ, Salihli sol, Ahmetli sağ, Ahmetli sol, Menemen sağ ve Menemen sol ana kanalların kapasiteleri üzerinde etkili olan hidrolik parametreler belirlenmiş ve gerçek kanal kapasiteleri elde edilmiştir. Ayrıca sistemde; projelene ile gerçekleşen kanal kapasitesi arasındaki farklar belirlenerek, bunun su dağıtımındaki etkisi ile manning pürüzlülük katsayısının (n_g) araştırmanın yürütüldüğü 2004-2005 yılı sulama sezonları arası ve sulama sezonları içerisindeki zamansal değişimi belirlenmiştir. Araştırma sonucunda; ana kanalların n_g değerleri (sırasıyla 0.022, 0.025, 0.025, 0.014, 0.031 ve 0.031) projelene farklı çıkmıştır. Aktif kanal kapasitesi değerleri ise hedeflenen değerden (sırasıyla %262, %96, %80, %88, %77 ve %78) farklı bulunmuştur. Sonuç olarak; kanallarda gerekli bakım yapılmadığı ve fiziki durumunun kötü olduğu belirlenmiştir.

ABSTRACT

In this research, it was determined all the hydraulics parameters which are effective on Salihli right, Salihli left, Ahmetli right, Ahmetli left, Menemen right and Menemen left main canals' capacity of irrigation systems in the Lower Gediz Basin and obtained actual capacity of them. Then determining differences between planned and actual canal capacity, it was investigated effect of the differences on water delivery. Also, temporal variations of manning roughness coefficient (n_g) both between irrigation seasons and in irrigation seasons for 2004-2005 years carried out the research were determined. In the result of research, it was determined that the values of n_g (0.022, 0.025, 0.025, 0.014, 0.031 and 0.031 respectively) of all the main canals were different from projected values. Besides, values of active canal capacity (262%, 96%, 80%, 88%, 77% ve 78% respectively) of all the main canals were different from targeted values. The results showed that physical structure of canals was poor and maintenance of them was insufficient.

GİRİŞ

Gediz Havzası'nda 1989 yılından beri kuraklık nedeniyle su kıtlığı yaşanmaktadır. Bu durum, bir çok su anlaşmazlıklarına neden olmaktadır (Murray-Rust ve ark., 2003). Nüfus ve sanayileşmenin hızla arttığı havzada, tarımsal sulamaya ayrılan su miktarının giderek azala-

cağı beklenmekte, bu nedenle, tarımsal sulamada suyun daha etkin nasıl kullanılabileceğinin araştırılması gerekmektedir. Bu kapsamda sulu tarıma ilişkin mevcut durum, etkin ve yeterli sulamayı etkileyebilecek kısıtlar belirlenmelidir. Sistemdeki kanal kapasitelerinin doğru olarak belirlenmesi, sistemin etkin yönetimi için ilk yapılması gereken çalışmalardandır. Kanal hidrolik parametreleri, uzun yıllar boyunca kanal yüzeylerindeki aşınma, sedimentasyon, şevlerde açılma, kanallarda oturma ve oyulma gibi faktörler nedeniyle değişebildiğinden kanal kapasiteleri projeleneenden farklılık göstermektedir. Bu nedenle, bir sulama sisteminin etkin işletimi ve yönetimi için, projelendirilmesinin aşamasındaki göre değil, mevcut durumdaki kanal kapasitesine göre planlama yapılmasının işletme sorunlarını azaltacağı düşünülmektedir.

Bu amaçla; Aşağı Gediz Havzası sulama sisteminin altı ana kanalın girişlerinde, 2004 ve 2005 yılı sulama sezonları kanal kapasitesini etkileyen hidrolik parametrelerinin gerçek değerleri belirlenmiştir. Hesaplanan gerçek debi (Q_g) değeri ile projelendirmede dikkate alınan değerlere göre hesaplanmış debi (Q_p) değeri oranlanarak bulunan aktif kanal kapasitesinde (ACC) ve ayrıca, manning pürüzlülük katsayısında (n_g) meydana gelen değişimler karşılaştırılmıştır. Böylece hem sulama sezonları arası, hem de sezon içindeki zamansal değişim tespit edilerek, elde edilen sonuçlar, etkin yönetim ve işletim açısından değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Akdeniz iklim kuşağı içerisinde yer alan Gediz Havzası, Türkiye'nin batısında Bakırçay ve Küçük Menderes Havzaları arasında yer almaktadır. Havzada yetiştirilen belli başlı tarım ürünleri bağ, pamuk, mısır, sebze ve meyvedir.

Araştırma, Aşağı Gediz Havzası sulama sistemindeki altı ana kanalda yapılmıştır. Bunlar; su dağıtımının, Adala regülatöründen yapıldığı, Salihli sağ ve Salihli sol ana kanal; Ahmetli regülatöründen yapıldığı, Ahmetli sağ ve Ahmetli sol ana kanal ile Emiralem regülatöründen yapıldığı, Menemen sağ ve Menemen sol ana kanallardır. Araştırmada yer alan bu kanallar, Şekil 1'de gösterilmiştir.

Sistemde, Salihli sağ ana kanal hariç tüm ana kanallar, beton kaplamalı olup, trapez kesitlidir. Salihli sağ ana kanal ise kaplamasız toprak kanal olup, çok düzgün olmayan bir kesite sahiptir. Buna rağmen, akımı düzenlemek ve böylece daha sağlıklı ölçümler yapabilmek için ölçümlerin yapıldığı noktada birkaç metre genişliğinde tüm kesit beton kaplanmıştır. Bu noktada kanal trapez kesitli olarak inşa edilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü ana kanallara ilişkin projelendirme kriterleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Yöntem

Bu çalışma için gerekli ölçümler; suyun dağıtım kanallarına verilmediği ana kanal başlarında yapılmıştır. Çalışmada; kanal taban eğimi, şev eğimi, taban genişliği, su yüksekliği ve noktasal hız değerleri ölçülmüş; ortalama hız, ıslak alan (A), ıslak çevre (P), hidrolik yarıçap (R), debi (Q) ve Manning pürüzlülük katsayısının gerçek değeri (n_g) ise hesaplanarak elde edilmiştir. Kanallara ait tüm uzunluk ve yükseklik ölçümleri; 2004 yılında, kanallarda henüz suyun bulunmadığı sulama sezonu öncesinde gerçekleştirilmiştir. Uzunluk ve yükseklik ölçümlerinde, şerit metre, mira ve nivolardan yararlanılmıştır. Kanal taban eğimleri ortadan nivelman yöntemiyle belirlenmiştir (Balci ve Avcı, 1998).

n_g , manning hız eşitliği yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Ayyıldız, 1989):

$$n_g = \frac{R^{2/3} * S^{1/2}}{V}$$

Eşitlikte; n_g , gerçek manning pürüzlülük katsayısı; R, hidrolik yarıçap, m; S, kanal taban eğimi, mm^{-1} ; V, ortalama su hızını, ms^{-1} , göstermektedir.

Araştırma kapsamındaki kanalların fiziki durumlarını değerlendirmek için, elde edilen n_g değerleri, Çizelge 2'deki beton kaplamalı kanallar için verilen n değerleriyle karşılaştırılmıştır (Kraatz, 1977). Manning pürüzlülük katsayısının projelendirme (n_p) değeri ise, Türkiye'deki sulama projelerinde beton kanallar için kabul edilen 0.016 olarak alınmıştır (Acatay, 1996). Ayrıca, kaplamasız toprak kanal olan Salihli sağ ana kanalın değerlendirilmesinde ise ülkemizdeki toprak kanallar için kriter kabul edilen 0.028 değeri dikkate alınmıştır (Ayyıldız, 1989).



Şekil 1. Aşağı gediz sulama sistemi ana kanalları.

Çizelge 1. Ana kanalların projelendirme kriterleri (DSİ, 1995)

Ana kanal	Taban genişliği (m)	Şev eğimi (mm ⁻¹)	Kanal taban eğimi (mm ⁻¹)	Kaplama yüksekliği (m)	Su yüksekliği (m)	Q _{max} (m ³ /sn)	Sulama alanı (ha)
Salihli sağ	11.0	- *	0.00040	-*	0.90	30.00	9 101
Salihli sol	4.0	1/1.5	0.00035	2.41	2.01	19.20	13 696
Ahmetli sağ	9.0	1/1.5	0.00020	2.22	1.92	25.60	27 219
Ahmetli sol	6.0	1/1.5	0.00020	2.64	2.24	24.00	23 013
Menemen sağ	4.0	1/1.5	0.00015	1.75	1.52	7.35	6 365
Menemen sol	6.0	1/1.5	0.00030	2.52	1.82	20.00	16 500

*: Toprak kanal

Ijir ve Burton (1998), kanalların bakım durumunu değerlendirmek için taşıma kapasitesi oranı göstergesini önermiştir. Taşıma kapasitesi oranı, seçilen kanalın gerçek kapasitesinin projelendirilen kapasitesine oranıdır. Bu gösterge için akımın, projelendirilen su yüksekliğinde ölçülmesi gerekmektedir. Ancak, uygulamada bu seviyeleri gözlemlemek her zaman mümkün olmamaktadır. Bu yüzden, taşıma kapasitesi oranı yerine herhangi bir su yüksekliği için de hesaplanabilen aktif kanal kapasitesi (ACC) göstergesi kullanılmış ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Akkuzu ve ark., 2008):

$$ACC = \frac{Q_g}{Q_p} * 100$$

Eşitlikte; ACC, aktif kanal kapasitesi, %; Q_g, gerçek kanal debisi, m³s⁻¹; Q_p, projelendirilen kanal debisini, m³s⁻¹, göstermektedir.

ACC, kanalların projelendirilen kapasitesinin ne kadarının kullanılabildiğini ifade etmektedir. ACC<%100 olduğunda projelendirilen kanal kapasitesinin azalmış olduğunu; ACC>%100 olduğun-

da ise artmış olduğunu gösterir. Başka bir anlatımla, ACC değerinin %100'den uzaklaşması, kanalın projelendirilen hidrolik özelliklerinin değiştiğinin, kanalların inşasında hata yapıldığının ve/veya bakım-onarım ve iyileştirme çalışmalarının yeterli olmadığını bir ölçütüdür.

Çizelge 2. Manning pürüzlülük katsayısı (n) değerine göre beton kaplamalı kanalların pürüzlülük koşulları.

n	Kanal durumu
0.013	Çok iyi
0.014	İyi
0.015	Orta
0.018	Kötü

Gerçek kanal debisini (Q_g) belirlemek amacıyla, öncelikle SEBA Universal F1 tipi muline ile noktasal akım hızları ölçülmüştür. Bunun için, her bir kanal düşey kesitlere bölünmüştür. Bu kesitte, akım derinliğinin 50 cm'den yüksek olması koşulunda, iki nokta yöntemi uygulanmıştır. Buna göre, her bir düşey kesit için ortalama hız, su yüzeyinden itibaren su derinliğinin 0.20'si ve 0.80'inde ölçülen hızla-

rın aritmetik ortalaması yardımıyla hesaplanmıştır. Ancak, akım derinliğinin 0.50 m'den daha düşük olduğu akım koşullarında tek nokta yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemle göre, her bir düşey doğrultuda su yüzeyinden itibaren su derinliğinin yalnızca 0.60'ında ölçülen hız, o kesite ait ortalama hız değeri olarak dikkate alınmıştır. Daha sonra, bu kesitlerin ortalama hızı kesit alanlarıyla çarpılarak, süreklilik formülüne göre o kesite ait debi bulunmuştur (Apan, 1982; Bayazıt, 1999; Chaundhry, 1993; Kanber, 1999). Son olarak, tüm kesitlere ait debiler toplanarak, kanala ait debi (Q_g) hesaplanmıştır (Bayazıt, 1999). Projelenen kanal debisinin (Q_p) hesaplanabilmesinde gerekli su yüksekliği için, kanallarda hız ölçüm anındaki su yüksekliği değerleri dikkate alınmıştır. Kanal taban eğimi, taban genişliği, kanal pürüzlülüğü ve şev eğimi gibi diğer parametrelerin ise projelendirme değerleri göz önüne alınmıştır.

Kanaldan akan suyun ortalama hızı ise, aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanmıştır (Chaundhry, 1993):

$$V = \frac{\sum_{i=1}^n v_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Eşitlikte; V, kanal ortalama su hızı, ms^{-1} ; i, düşey kesit sayısı; A_i , düşey kesit alanı, m^2 ; v_i , her bir düşey kesitin ortalama hızını, ms^{-1} , göstermektedir.

A ve P değerinin hesaplanması için gerekli uzunluk ölçümleri, uzunluk ölçme aletleri ile belirlenmiştir. Toprak kanal olan Salihli sağ ana kanal hariç diğer tüm ana kanallar trapez kesitli olduğundan, A, yamuk geometrili kesite ait alan hesabı ile bulunmuştur. R değeri, her bir kanalın ölçüm noktasında ölçülen su yüksekliğine karşılık gelen A değerinin, aynı yükseklik için elde edilen P değerine oranlanmasıyla belirlenmiştir (Ayyıldız, 1989).

ARAŞTIRMA BULGULARI

Seçilen kanallar için projelenen ve ölçümlerle belirlenen kanal parametrelerinden taban genişliği, şev eğimi ve kanal taban eğimi değer-

Çizelge 3. Ana kanallar için ölçülen kanal parametrelerinin değerleri

Ana kanal	Taban genişliği (m)	Şev eğimi (mm^{-1})	Kanal taban eğimi (mm^{-1})
Salihli sağ	15.9	-	0.00220
Salihli sol	4.0	1/1.5-1/1.6 *	0.00072
Ahmetli sağ	9.1	1/1.7	0.00030
Ahmetli sol	6.0	1/1.6	0.00012
Menemen sağ	4.2	1/1.5	0.00030
Menemen sol	6.1	1/1.4	0.00065

*: Kanalın her iki şev eğimi farklılık göstermektedir.

Çizelge 4. Ana kanallar için hesaplanan n_g değerleri

Tarih	Salihli sağ	Salihli sol	Ahmetli sağ	Ahmetli sol	Menemen sağ	Menemen sol
17/06/2004	-	-	0.025	0.016	0.026	0.024
30/06/2004	0.024	0.026	0.025	0.015	0.029	0.029
09/07/2004	0.023	0.026	0.023	0.015	0.033	0.032
19/07/2004	0.024	0.027	0.025	0.015	0.040	0.040
29/07/2004	0.024	0.028	0.026	0.013	0.035	0.033
10/08/2004	0.023	0.029	0.025	0.014	0.040	0.034
17/08/2004	-	0.027	0.025	0.015	0.035	0.041
27/08/2004	0.023	0.029	0.029	0.015	0.033	0.039
07/09/2004	-	-	-	-	0.032	0.032
30/09/2004	-	-	-	-	0.032	0.038
23/06/2005	0.016	0.018	0.024	0.015	0.024	0.023
30/06/2005	-	-	-	-	0.027	0.025
14/07/2005	0.018	0.018	0.023	0.013	0.028	0.026
26/07/2005	-	-	-	-	-	0.029
04/08/2005	0.019	0.018	0.024	0.013	0.027	0.027
16/08/2005	-	-	-	-	0.026	0.028
25/08/2005	-	0.029	0.030	0.014	0.026	0.026
2004 yılı ort.	0.023	0.027	0.025	0.015	0.034	0.034
2005 yılı ort.	0.018	0.021	0.025	0.014	0.026	0.026
Genel ortalama	0.022	0.025	0.025	0.014	0.031	0.031

Çizelge 5. Ana kanallar için hesaplanan ACC değerleri (%)

Tarih	Salihli sağ	Salihli sol	Ahmetli sağ	Ahmetli sol	Menemen sağ	Menemen sol
17/06/2004	-	-	82	79	88	96
30/06/2004	234	88	80	85	81	80
09/07/2004	246	89	87	82	71	73
19/07/2004	228	87	81	85	58	59
29/07/2004	230	84	78	99	66	70
10/08/2004	243	80	80	93	59	70
17/08/2004	-	87	82	83	67	57
27/08/2004	242	79	71	85	70	60
07/09/2004	-	-	-	-	72	74
30/09/2004	-	-	-	-	72	63
23/06/2005	337	127	83	86	96	102
30/06/2005	-	-	-	-	87	94
14/07/2005	311	130	89	97	82	91
26/07/2005	-	-	-	-	-	82
04/08/2005	289	129	84	96	86	88
16/08/2005	-	-	-	-	90	83
25/08/2005	-	80	68	91	90	90
2004 yılı ort.	237	85	80	86	70	70
2005 yılı ort.	312	116	81	92	88	90
Genel ortalama	262	96	80	88	77	78

Çizelge 6. Ana kanallar düzeyinde uygulanan su kesinti programı

Ana kanal	1. Kesinti		2. Kesinti		3. Kesinti		4. Kesinti	
	Tarih	Süre (saat)	Tarih	Süre (saat)	Tarih	Süre (saat)	Tarih	Süre (saat)
Salihli sağ	04/7/2004	109	20/7/2004	87	03/8/2004	109	17/8/2004	132
	28/6/2005	61	15/7/2005	77	25/7/2005	94	-	-
Salihli sol	08/8/2004	96	-	-	-	-	-	-
Ahmetli sağ	20/7/2004	53	-	-	-	-	-	-
	22/7/2005	6	-	-	-	-	-	-
Ahmetli sol	05/8/2004	18	-	-	-	-	-	-
	29/7/2005	48	-	-	-	-	-	-
Menemen sağ	09/6/2004	120	15/8/2004	37	-	-	-	-
	24/7/2005	48	-	-	-	-	-	-
Menemen sol	02/6/2004	198	-	-	-	-	-	-

leri Çizelge 3'te verilmiştir. Tüm bu kanallar için, farklı tarihlerde yapılan ölçümlerden elde edilen değerlere göre hesaplanan n_g ve ACC değerleri sırasıyla Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilmiştir. Her iki Çizelgede de görüleceği üzere, bazı tarihlerde, özellikle su kesintisi ve sulama sezonu sonu olması nedeniyle ölçüm yapılamamıştır.

Ana kanallar düzeyinde uygulanan su kesinti programları ise Çizelge 6'da verilmiştir. Her iki yılda da, ölçümlerin yapıldığı ve aynı zamanda yoğun sulama sezonu olan dönemin dışındaki kesintiler dikkate alınmamıştır. Ana

kanal düzeyinde sulama sezonu içerisinde yapılan su kesintileri genellikle kanallarda oluşan yosunlaşmayı gidermek amacıyla yapılmaktadır. Bazen sulamaya ara verme, bakım-onarım, boğulma vakası gibi nedenlerle de su kesintisi uygulanabilmektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Araştırmanın gerçekleştirildiği tüm ana kanalların 2005 yılı n_g ve ACC ortalamaları, 2004 yılına göre daha iyi çıkmıştır. Yalnızca Ahmetli sağ ana kanalda n_g , her iki yılda da aynı bulunmuştur (Çizelge 4 ve Çizelge 5).

Araştırmanın ikinci yılında kanal parametrelerinin daha iyi çıkmasında, kanallarda daha iyi bir bakım ve temizlik yapılmasının etkili olduğu söylenebilir. Böylece, 2005 yılında, bir önceki yıla göre daha iyi bir bakım ve/veya daha az otlama ve yosunlaşmayla kanal pürüzlülüğü azalırken, kanal kapasiteleri artmıştır.

Salihli sağ ana kanal için, her iki yılda da bazı dönemlerde kesinti olmasına rağmen, kesintiler yosunla mücadele amacıyla uygulanmıştır. Bu kanaldan suyu temin eden Salihli Sağ Sahil Sulama Birliği (SB), çiftçilerden her sulama için ücret almaktadır. Bu uygulama gereği; çiftçilerin sulama suyu ihtiyacı karşılandığında, bir sonraki sulama ihtiyacına kadar kanala su verilmesi kesilmektedir. Her ne kadar bu kesintilerin amacı yosunla mücadele olmasa da, uygulanan uzun süreli her kesinti yosun oluşumunu engelleyebileceğinden, n_g değerinin yine de düşmesi beklenbilir. Oysa n_g değerlerinde dikkate değer bir düşmenin olmadığı Çizelge 4'ten de anlaşılmaktadır. Yine de çoğu kesintiden sonra, özellikle 2004 yılında, n_g değerleri düşmüştür. Ancak 2005 yılı için aynı şeyi söylemek mümkün değildir. Bu yılda her ölçüm arasında su kesintisi olmasına rağmen pürüzlülük değeri sürekli artmıştır. Bunun bir nedeni; ölçümler arası sürenin, dolayısıyla kesinti sonrası tekrar ölçüm aralığının, 2004 yılındakilere göre daha fazla olması; böylece kanalda meydana gelen kesinti sonrası pürüzlülük değerlerindeki düşmenin izlenememesidir. Bir diğer nedeni ise; 2005 yılı n_g değerinin (başlangıç değeri, 0.016; sezonluk ortalama değeri ise 0.018), 2004 yılına (başlangıç değeri 0.024; sezonluk ortalama değeri ise 0.023) göre çok düşük bir değerden başlamış olması; böylece sezon içerisindeki yosun dışındaki bir diğer pürüzlülük artırıcı faktör olan ve su kesintisiyle iyileşmeyen sediment birikiminin sürekli artmış olması olarak açıklanabilir. Sulama sezonu içindeki her bir ölçümde ve sezon ortalaması açısından ACC'nin yüksek çıkmasının nedeni; özellikle kanal hidrolik parametrelerinden taban genişliği ile taban eğiminin projelenenden (sırasıyla 11.0 m ve 0.0004 mm^{-1}) çok daha yüksek (sırasıyla 15.9 m ve 0.0022 mm^{-1}) olmasıdır (Çizelge 3 ve Çizelge 5). Bu iki parametrenin bu kadar değişmesinde; kanalda akan su hızı (1.3 ms^{-1}), kanalın toprak olması ve yıllardır su

akımlarıyla oluşan aşınma ve oyulmaların etkili olduğu söylenebilir.

Salihli sol ana kanal için, 2004 yılında 8 Ağustos'taki yosunla mücadele amacıyla uygulanan kesintinin kanal pürüzlülüğüne olan olumlu etkisi, n_g değerlerinden anlaşılmaktadır (Çizelge 4). Çünkü; sezon başından itibaren sürekli artarak, kesinti öncesi 0.029'a yükselen n_g değerinin, kesinti sonrasında 0.027'ye düştüğü belirlenmiştir. Böylece kesintinin, pürüzlülüğü azaltırken, ACC'yi de %80'den %87'ye çıkaran, olumlu bir etkisi gözlenmiştir. Su kesintilerinin, yosunla mücadeleyle ve dolayısıyla kanal pürüzlülüğüyle olan ilişkisi, 2005 yılı için de gözlenmiştir. Bu yılda kesinti olmaması nedeniyle sezon başlarında 0.018 olan n_g değeri, bir süre bu değerde kalmasına rağmen, sezon sonlarındaki ölçümde 0.029'a yükselmiştir. İki yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda elde edilen ortalama ACC değeri, projelene kapasiteye oldukça yakın (%96) çıkmıştır. Pürüzlülük değerinin projelene (0.016) göre daha yüksek gerçekleşmesi (0.025) böylece ACC'de daha fazla bir düşmenin beklenmesine rağmen, kanal taban eğim değerlerinin projelene değerden (0.00035 mm^{-1}) çok daha yüksek çıkmasıyla (0.00072 mm^{-1}); ACC, hedef değere (%100) yakın çıkmıştır (Çizelge 1, Çizelge 3 ve Çizelge 5).

Ahmetli sağ ana kanal için, yosunla mücadele amacıyla sadece 2004 yılında 20 Temmuz'da başlayan 53 saatlik bir kesinti uygulanmıştır. 2005 yılında ise 22 Temmuz'da kanalda yaşanan bir boğulma vakası nedeniyle, yaklaşık 6 saatlik çok kısa süreli bir kesinti uygulanmıştır. n_g değerlerinden de görüleceği üzere; 2004 yılındaki bu kesintinin kanal pürüzlülüğünü azaltıcı etkisi söz konusu olmamış, tersine çok az da olsa bir artış (0.025'ten 0.026'ya) gerçekleşmiştir. Tüm sezon için baktığımızda ise sezon başında n_g değerinin 0.025 ile başlayıp, sezon ortalarında çok az değişikliklerle, sezon sonlarına doğru 0.029'a çıkması, sezon boyunca pürüzlülüğün artması beklentisine uygun çıkmıştır. Kısa süreli bir kesintinin uygulandığı 2005 yılında ise, kanal çeperlerinde gelişen yosunun güneşte kurumaması için bu sürenin yeterli olmaması nedeniyle, olumlu bir gelişme görülmemiştir. Bu yüzden 2005 yılı, kesinti olmamış gibi değerlendirilmiştir. n_g değerlerinin de sezon boyunca hemen hemen sürekli artması da

bunu göstermektedir. İki yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda elde edilen ortalama ACC değeri, projelenenin oldukça altında (%80) çıkmıştır. Pürüzlülük değerinin projeleneninden (0.016) çok daha yüksek çıkmasıyla (0.025), ACC'de daha fazla bir azalma beklenmesine rağmen, kanal taban eğim değerlerinin projelenen değerden (0.0002 mm^{-1}) daha yüksek çıkmasıyla (0.0003 mm^{-1}), bu olumsuzluk azalmıştır (Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5). Sonuç olarak, kanaldaki pürüzlülük değerinin artmasının getireceği olumsuzluk, akım hızının artışıyla sağlanan taban eğimindeki artışla azalmıştır.

Ahmetli sol ana kanal için yosunla mücadele amacıyla 2004 yılında 5 Ağustos'ta 18 saatlik; 2005 yılında ise 29 Temmuz'da başlayan 48 saatlik bir kesinti uygulanmıştır. n_g değerlerinden de görüleceği üzere; 2004 yılındaki kısa süreli bu kesintinin kanal pürüzlülüğünü azaltıcı bir etkisi olmamıştır. Aksine az da olsa bir artış (0.013'ten 0.014'e) gözlenmiştir. Tüm sezon için baktığımızda ise sezon başlarında n_g değerinin 0.016 ile başlayıp, çok az değişikliklerle sezon sonlarına doğru 0.015'e düşmesi; sulama sezonu boyunca kanal çeperlerinde gelişen yosunun, pürüzlülüğü artırması beklentisine uygun çıkmamıştır. Araştırmanın ikinci yılında ise, kesinti öncesi ve sonrasında hesaplanan n_g değerleri (0.013) aynı çıkmıştır. Bu yıl, sulama sezonu boyunca n_g değerinin 0.015 ile başlayıp, çok az değişikliklerle sezon sonlarına doğru 0.014'e düşmesi, sezon boyunca pürüzlülüğün artması beklentisine uygun çıkmamıştır. İki yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda elde edilen ortalama ACC değeri, projelenen kapasitenin altında (%88) çıkmıştır. Ortalama n_g değerinin projelene (0.016) göre daha düşük gerçekleşmesiyle (0.014) ACC'de bir artma beklenmesine rağmen, kanal taban eğim değerlerinin projeleneninden (0.00020 mm^{-1}) daha düşük çıkmasıyla (0.00012 mm^{-1}) azalan akım hızı nedeniyle, bu beklenti gerçekleşmemiştir (Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5).

Menemen sağ ana kanal için yosunla mücadele amacıyla 2004 yılında, 9 Haziran'da başlayan 120 saat ve 15 Ağustos'ta başlayan 37 saat; 2005 yılında ise, 24 Temmuz'da başlayan 48 saat kesinti uygulanmıştır. n_g değerlerinden de görüleceği üzere; 2004 yılında kesinti öncesi 0.040 olan değer, kesinti

sonrasındaki ölçümde 0.035'e; 2005 yılında ise kesinti öncesi 0.028 olan değer, kesinti sonrasındaki ölçümde 0.027'ye düştüğü belirlenmiştir. Böylece yosunla mücadele amacıyla yapılan su kesintilerinin, pürüzlülüğü azaltırken, aynı dönemler için 2004 yılında ACC'yi %59 dan %67'ye, 2005 yılında %82'den %86'ya çıkararak, olumlu bir etkisi gözlenmiştir. İki yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda elde edilen ortalama ACC değeri, projelenen kapasitenin oldukça altında (%77) çıkmıştır. Şev eğimlerinin projelenedeki gibi olduğu; kanal taban genişliğinin büyük çıktığı; kanal taban eğim değerlerinin projelenenin (0.00015 mm^{-1}) iki katı olduğu (0.00030 mm^{-1}) belirlenmiştir. Kanal taban eğimi ve genişliğinin artışıyla beklenen ACC'deki yükselme, kanal pürüzlülüğündeki aşırı artışla ortadan kalkmış ve kanal kapasitesi oldukça (%77) düşmüştür (Çizelge 1, Çizelge 3, Çizelge 4 ve Çizelge 5).

Menemen sol ana kanal için, yosun gelişimini engellemek amacıyla olmasa da 2004 yılında, 2 Haziran'da başlayan 198 saatlik bir kesinti uygulanmıştır. Bu kesinti, ölçüm yapılan dönemin içerisinde olmadığından değerlendirilmedi dikkate alınmamıştır. Araştırmanın ikinci yılında ise herhangi bir kesinti uygulanmamıştır. n_g değerleri, 2004 yılında sezon başlarında 0.024'ten, sezon ortalarında bazı iniş-çıkışlar göstererek, sezon sonlarında 0.038'e kadar çıkmıştır. Daha sonraki yılda da benzer şekilde sezon başlarında 0.023 olan değer, sezon ortalarında bazı iniş-çıkışlarla, sezon sonlarında 0.026'ya çıkmıştır (Çizelge 4). Her iki yıl için de yosunla mücadele amacıyla su kesintisi uygulanmamasının pürüzlülüğü artırıcı etkisi açıkça görülmektedir. İki yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda elde edilen ortalama ACC değeri projelenen kapasitenin oldukça altında (%78) çıkmıştır. Çizelge 3 incelendiğinde; şev eğimlerinin proje değerine yakın ve kanal taban genişliğinin proje değerinden büyük çıktığı; kanal taban eğim değerlerinin ise proje değerinden oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Kanal taban eğimi ve genişliğinin artmasıyla ACC'deki artış beklentisi, kanal pürüzlülüğündeki artışla ortadan kalkmış ve kanal kapasitesi iki yılın ortalaması olarak %22 düşmüştür (Çizelge 5). Bu sonuçlar; kanal hidrolik parametrelerinin kanal kapasitesini etkilediğini açıkça göstermektedir.

Aşağı Gediz Havzası'nda gerçekleştirilen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında genel bir değerlendirme yapıldığında; tüm ana kanalların, n_g (Ahmetli sol ana kanal hariç) ve ACC değerlerinin (Salihli sağ ve nispeten Salihli sol ana kanal hariç) projelene göre kötü çıktığı, diğer bir deyişle; kanalların fiziki durumunun kötü olduğu ve yeterli bakımın yapılmadığı söylenebilir. Kaplamasız toprak kanal olan Salihli sağ ana kanal hariç, tamamen beton kaplamalı kanallardan Ahmetli sol ana kanal, pürüzlülük açısından 2004 yılı için "iyi-orta" arasında; 2005 yılı için "iyi"; bunun dışındaki tüm kanallar, pürüzlülük açısından her iki yılda da "kötü" durumdadır. Salihli sağ ana kanalın pürüzlülük değerleri, 2004 ve 2005 yılları için sırasıyla, 0.023 ve 0.018 olarak bulunmuştur. Her iki yılın değeri de ülkemizdeki kaplamasız toprak kanallar için bir kriter kabul edilen 0.028 değerinden "iyi" çıkmıştır (Ayyıldız, 1989).

Menemen sulama sistemindeki ana kanallarda pürüzlülük değerleri, diğer sistemlere göre çok daha yüksek çıkmıştır. Bunda; sistemde yosun sorununun diğerlerine göre daha belirgin yaşanmasının etkili olduğu söylenebilir. Yukarı kesimde yer alan Ahmetli regülatöründen suyu temin eden sulama birliklerinin sulamadan dönen ya da sulamada kullanılmayan suları, daha aşağıdaki Emiralem Regülatörüne ve oradan da Menemen sulama şebekesine verilmektedir. Muhtemelen azot ve fosforlu gübrelerin kullanıldığı arazilerden geçerek gelen bu sular, ötrofikasyonu artırmaktadır (Tanji, 1997). Bunun sonucunda çok fazla miktarda alg ve makrofit büyümesi su kalitesinin düşmesine neden olmaktadır (Kundak Ertosun, 2007). Yoğun yosun içeren bu sular kanal pürüzlülüğünü artırarak, yük kaybına neden olmakta ve su hızını düşürmektedir (Chow, 1973).

Akkuzu ve ark. (2008), Menemen sulama sisteminde beton kaplamalı trapez kanalların bakım durumunu inceledikleri çalışmada; n değerini, ana kanallar için 0.023, sekonder kanallar için 0.018 ve tersiyer kanallar için 0.023 olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada ise, Menemen ana kanalları için bulunan n değerleri (0.031) çok daha yüksek çıkmıştır. Bu değerlerin farklı çıkmasında, her iki çalışmanın farklı yıllarda ve dönemlerde yapılmış olması etkili olabilir.

Mevcut pürüzlülüğün projede öngörülenden (0.016) yüksek olması kanalların kapasitesinde de azalmaya neden olmaktadır. Çalışmada, Menemen sağ ana kanal için bu azalma oranı ortalama olarak %23 (ACC=%77) değeriyle en yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Salihli sağ ana kanal için ise ACC değeri %262'lik oranıyla en yüksek ve hedef değer (%100) çok üstünde çıkmıştır. ACC'nin böylesine yüksek çıkmasında, kanalın projelene taban eğimi ve genişliğindeki değişimlerin etkili olduğu söylenebilir. Pürüzlülükteki artışta ve dolayısıyla ACC'deki düşüşte kanal kaplamalarında kullanılan betonun özelliğini kaybetmesi, kaplamalardaki bozulmalar, otlama ve yosunlanma ile sedimentasyon gibi faktörlerin etkili olduğu düşünülmektedir. Pürüzlülük değerlerinin projeleneenden yüksek çıkması durumunda, ACC düşeceğinden su ihtiyacının yüksek olduğu dönemlerde yeterli sulama yapılamayacaktır. Özellikle de ana kanal sonlarındaki çiftçiler, kanal kapasitesinin düşmesinden olumsuz etkilenmektedir. Dolayısıyla bu durum, işletim yönünden yeterlilik ve esnekliğin sağlanmasında, sorunlara yol açabilecektir.

Sulama birlikleri yöneticileriyle yapılan görüşmelerden elde edilen bilgilere göre; otlama ve yosunlanmadan dolayı su hızının azalması, sulama süresini de artırmaktadır. Yosunlanmayı engellemek için sulama birlikleri, belli dönemlerde sulama suyuna bakırsülfat uygulamaktadırlar. Yosun miktarının aşırı arttığı dönemlerde ise kanallardaki su akışı kesilerek birkaç gün kanal yüzeyindeki yosunlar kurumaya bırakılmaktadır. Bu da sulamaların aksamasına neden olmaktadır.

Sulama sisteminde bitki deseninin önemli bir kısmını pamuğun oluşturması, sulamaların bu bitkinin su ihtiyacının en yüksek olduğu temmuz-ağustos aylarında yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Özellikle bu aylarda pürüzlülük artışından dolayı kanal kapasitesindeki azalma su temininde yeterlilik sorununu artırmaktadır. Nitekim, Unal ve ark. (2004), aynı sulama sisteminde gerçekleştirdikleri çalışmada, çiftçilerin önemli bir kısmı kanallara saptırılan suyun yetersiz kaldığını ve kanallarda kırık, çatlak, çökme, siltasyon, yosunlanma ve otlama gibi sorunlar olduğunu ifade etmiştir. Kıymaz ve ark. (2006), Gediz Havzası'nda yaptıkları çalışmada da; sistemde

bozulmuş altyapı, sızma, otlanma ve sedimentasyon sorunlarının varlığını belirlemişlerdir.

Kanal pürüzlülüğündeki artış, yosunlanma, otlanma ve siltasyonu artırmaktadır. Bu durum da, çift yönlü bir etkiyle, kanal pürüzlülüğünü artırmaktadır. Bu kısır döngünün kırılması için kanallarda yeterli bakım-onarım ve iyileştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Mevcut bütçe harcamaları ile bu sorunların giderilmesi ise oldukça güçtür. Sulama birliklerinin, bakım-onarıma ayırdıkları para bütçelerinin küçük bir kısmıdır. Örneğin, Menemen Sol Sahil SB, 1998-2002 yılları arasında bakım-onarım çalışmaları için bütçelerinin yalnızca %2.5-13.7'sini ayırmışlardır (Aşık ve ark., 2004). Kıymaz ve ark. (2006) da sulama sistemlerinin rehabilite edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca çoğu SB'nin bakımları zamanında yapabilmek için yeterli mekanizasyona sahip olmadığını,

SB yöneticilerinin finansal sıkıntılardan dolayı bakım çalışmaları için fon ayıramadığını, kullanıcılardan toplanan sulama suyu ücretlerinin sistemin bakımı ve sürekliliğinin sağlanması için yeterli olmadığını ve çiftçi katılımının yetersiz olduğunu ifade etmişlerdir.

Sulama sistemlerinin sürdürülebilirliği açısından bakım, onarım ve iyileştirme çalışmaları için ayrılan fonu artırma yolları ile yöreye uygun ve daha ekonomik kaplama türlerinin araştırılması zorunludur. Ayrıca çiftçinin, kanalların bakım-onarım ve iyileştirme çalışmalarına daha aktif katılımlarının sağlanması gerekmektedir. Bununla birlikte kanallarda yapılan tahribat ve verilen zararlar konusunda çiftçinin duyarlılığını artırıcı eğitim çalışmaları artırılmalı, bunların engellenmesi ve telafisi konusunda caydırıcı ve adli yaptırımlar uygulanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Acatay, S.T. 1996. Sulama Mühendisliği. Dokuz Eylül Üni. Vakfı. İzmir, 598 s.
- Akkuzu, E., H.B.Unal, B.S.Karataş, M. Avci and Ş. Aşık. 2008. Evaluation of Irrigation Canal Maintenance according to roughness and active canal capacity values. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE*. 134 (1):60-66.
- Aşık, Ş., H.B. Unal, M. Avci, and E. Akkuzu. 2004. Gate operation at tertiary canal level in the Menemen Plain left main canal irrigation network, *Acta Technologica Agriculturae, The Scientific Journal for Agricultural Engineering*, 7(3):72-80.
- Apan, M. 1982, Hidroloji. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Kültürteknik Bölümü Ders Notu, Erzurum, 217 s.
- Ayyıldız, M. 1989. Hidrolik, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları:1106, Ankara, 303 s.
- Balcı, A. ve M. Avci. 1998, Ölçme Bilgisi-I, E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:532, 180s.
- Bayazit, M. 1999. Hidroloji, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Matbaası:1605, İstanbul, 242 s.
- Chaundhry, M. H. 1993. Open Channel Flow, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Chow, V.T. 1973. Open-Channel Hydraulics, McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, Singapore, 680 p.
- DSİ, 1995. Sulama Birliklerine Devir Protokolü Kayıtları, II. Bölge Müdürlüğü, İzmir
- Ijir, T.A. and M.A. Burton. 1998. Performance assessment of the Wurno Irrigation Scheme, Nigeria. *ICID Journal*, Vol. 47, No. 1: 31-46.
- Kanber, R. 1999. Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitapları: 52, Adana; 530s.
- Kıymaz, S., B. Ozekici, and A. Hamdy. 2006. Problems and solutions for water user associations in the Gediz Basin, in *Int. Symp. on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture*, Adana, Turkey.
- Kraatz, D.B. 1977. Irrigation Canal Lining, Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome, 199 p.
- Kundak Ertosun, B. 2007. Üçpınar (Uşak) Göletinin Trofik Statüsünün Tespiti Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 76s.
- Murray-Rust H., N. Alpaslan, N. Harmancioglu, and M. Svendsen. 2003. Growth of water conflicts in the Gediz Basin, Turkey. Consensus to resolve irrigation and water use conflicts in the Euromediterranean Region. ICID 20th European Regional Conference, Montpellier, France. http://afeid.montpellier.cemagref.fr/Mpl2003/htm/session_1_conference.htm Erişim: Haziran, 2008.
- Tanji, K.K., Irrigation with marginal quality waters: Issues, *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123(3):165-169.
- Unal H.B., S. Asik, M. Avci, S. Yasar, and E. Akkuzu. 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*, 65:155-171.