

İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi

Bekir S. KARATAŞ¹ Erhan AKKUZU² Şerafettin AŞIK³

Summary

Study of Usage Possibilities of İzmir Municipal Treated Wastewater in Irrigation

In this study, it has been discussed usage possibilities of İzmir municipal treated wastewater as irrigation water in Menemen Plain instead of discharging to the sea. With this goal, suitability to irrigation of İzmir municipal wastewater treated by biological treatment system has been investigated in terms of certain irrigation water quality parameters in accordance with Water Pollution Control Statute and literature related in this subject.

As a result, İzmir municipal treated wastewater exceeds tolerance limits for many crops the point of view of total salt, electrical conductivity, dissolved solids, sodium adsorption rate, exchangeable sodium percentage and chloride. So the treated wastewater with this quality can not be used in irrigation.

Keywords: irrigation, Menemen, pollution, wastewater.

Giriş

Artan nüfus, yüzey ve yer altı sularının kirlenmesi, su kaynaklarının düzensiz dağılımı ve periyodik kuraklıklar, insanları su sağlamak için yeni ve ileriye yönelik kaynaklar aramaya yöneltmiştir.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de meydana gelen kuraklıklar nedeniyle, özellikle tarımsal sulamada, iyi kaliteli suların kullanılması yerine alternatif su kaynaklarının devreye sokulması son derece önemlidir. Alternatif su kaynaklarının başında arıtılmış atık sular gelmektedir (Aşık ve ark., 1997).

Atık suların sulamada kullanımı asırlardır uygulanmaktadır. Fakat bu uygulama, su kaynaklarının kısıtlı kullanımının gerektiği günümüzde daha da önem kazanmıştır (Filibeli ve Yüksel, 1994).

¹ Ar. Gör., E.Ü., Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 35100 Bornova/İZMİR. e-mail:bekir.karatas@ege.edu.tr

² Dr., E.Ü., Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl., 35100 Bornova/İZMİR

³ Prof. Dr., E.Ü., Ziraat Fak., Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl., 35100 Bornova/İZMİR

Sulama suyu yetersizliği çekilen Menemen Ovasında İzmir kentsel arıtılmış atık sularının sulamada kullanımı konusunda yöre çiftçilerinin yoğun talep ve baskısı giderek artmaktadır (Avcı ve ark., 2003). Ancak bu suyun kullanımıyla, gerek içme-kullanma ve gerekse de sulamada kullanılan yer altı suyunun kalitesinde meydana gelebilecek değişimlerin bilinmesi ve sürekli izlenmesi insan ve hayvan sağlığı açısından oldukça önemlidir (Aşık ve ark., 2004).

Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi (ÇAAT), azot (N) ve fosfor (P) gideriminin de yapıldığı, evsel ve ön arıtması yapılmış endüstriyel atık suları arıtan biyolojik bir arıtma sistemidir. Buradan çıkan atık suların net sulama alanı 22865 ha (DSİ, 2004) olan Menemen Ovası sulamasında kullanımıyla sulama suyu kıtlığı giderilirken, aynı zamanda hem bitki gelişimi için uygulamamız gerekecek besin elementi miktarı azalacak hem de körfez kirliliği kontrol edilecektir. Çünkü tesisten çıkan arıtılmış atık suyun içerisinde bulunan N, P ve potasyum (K) gibi makro besin elementleri, körfezdeki deniz hayatı için zararlı olmasına rağmen bitkiler için besin niteliğindedir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

2002-2004 yıllarına ait ÇAAT çıkış suyu analiz sonuçları çalışmanın materyalini oluşturmuştur. Askıda katı madde (AKM), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), PO₄-P ve NH₄-N parametrelerine ilişkin analizler İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi (İZSU)'ne bağlı ÇAAT laboratuvarlarında, diğerleri ise İzmir Bölge Hıfzısıhha Enstitüsü laboratuvarlarında yapılmıştır. Her bir parametrenin yıllık ortalama değerleri kullanılmıştır. AKM, KOİ, BOİ, PO₄-P ve NH₄-N'nin yıllık ortalama değerleri, 24 saatlik kompozit örneklerin günlük analiz sonuçlarından; diğer parametrelerin yıllık ortalama değerleri ise 14.03.2002, 30.04.2002, 03.07.2002, 18.08.2002, 31.01.2003, 25.03.2003, 11.08.2003, 17.10.2003, 10.12.2003, 07.01.2004, 15.03.2004 ve 26.03.2004 tarihlerinde yapılan analiz sonuçlarından elde edilmiştir (Çizelge 6) (İZSU, 2002; İZSU, 2003; İZSU, 2004). Arıtma tesisinde debi ölçümlerinin yapılmaması nedeniyle ağırlıklı ortalamalar yerine aritmetik ortalamalar kullanılmıştır. Bununla beraber yıl içerisindeki debi salınımlarının fazla olmaması nedeniyle aritmetik ortalamaların da atık suyu temsil edebileceği kabul edilmiştir.

Yöntem

İzmir kentsel atık su analiz sonuçları, sulama suyu kalite kriterlerine uygunluk yönünden 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (1991) (Çizelge 1, Çizelge 4 ve Çizelge 5), National Academy of Science (1972) (Çizelge 4), FAO (1985) (Çizelge 2), damla sulama sistemini tıkama potansiyeli açısından Pescod (1992)

(Çizelge 3) ve bor (B) için Scofield (1936) (Çizelge 5) tarafından verilen ölçütlere göre değerlendirilmiştir.

Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite kriterleri Çizelge 1’de; sulama suyu için gerekli sulama suyu kalite kriterleri ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kriterler (Resmi Gazete, 1991)

Sulama Suyu Kriteri	Birim	Sulama Suyu Sınıfı				
		I. sınıf (çok iyi)	II. sınıf (iyi)	III. sınıf (kullanılabilir)	IV. sınıf (ihtiyatla kullanılabilir)	V. sınıf (zararlı)
AKM	mg/l	20	30	45	60	>100
BOİ	mg/l	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
NO ₃ /NH ₄	mg/l	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
pH		6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	<6 veya >9
Toplam Tuz	mg/l	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Elektriksel İletkenlik	µmhos/cm	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
SAR		<10	10-18	18-26	>26	-
Sulama Suyu Sınıfı		C ₁ S ₁	C ₁ S ₂ C ₂ S ₂ C ₂ S ₁	C ₁ S ₃ C ₂ S ₃ C ₃ S ₃ C ₃ S ₂ C ₃ S ₁	C ₁ S ₄ C ₂ S ₄ C ₃ S ₄ C ₄ S ₄ C ₄ S ₃ C ₄ S ₂ C ₄ S ₁	-
Kalıcı Sodyum Karbonat (RSC)	me/l	> 1.25	1.25-2.5	> 2.5		
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (DSY)		< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Klorür (Cl)	mg/l	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sülfat (SO ₄)	mg/l	0-192	192-336	336-575	575-960	> 960
Bor	mg/l	0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	

Çizelge 2. Sulama suyu kalitesi kriterleri (FAO, 1985)

Olası Sulama Sorunu	Birim	Kullanımı Kısıtlama Derecesi		
		Yok	Az-Orta	Yüksek
<i>Tuzluluk</i>				
-Çözünmüş Katı Madde (ÇKM)	mg/l	<450	450-2000	>2000
-Elektriksel İletkenlik (EC)	µmhos/cm	<700	700-3000	>3000
<i>İnfiltrasyon</i>				
-SAR=0-3 ve EC		>0.7	0.7-0.2	<0.2
3-6		>1.2	1.2-0.3	<0.3
6-12		>1.9	1.9-0.5	<0.5
12-20		>2.9	2.9-1.3	<1.3
20-40		>5.0	5.0-2.9	<2.9
<i>Özel İyon Toksisitesi</i>				
-Sodyum(Na)				
Yüzey Sulama	SAR	<3	3-9	>9
Yağmurlama Sulama	me/l	<3	>3	
-Klor (Cl)				
Yüzey Sulama	me/l	<4	4-10	>10
Yağmurlama Sulama		<3	>3	
-Bor	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3
<i>Çok Yönlü Etkiler</i>				
-Azot (NO ₃ -N).	mg/l	<5	5-30	>30
-pH			Normal aralık 6.5-8.4	

Damla sulama sisteminde tıkanmayı önleyecek su kalite kriterleri Çizelge 3’te; bazı iz elementlerin sulama suyu bakımından

sınır değerleri, pH'sı 6-8.5 olan iyi büniteli, nötr-alkali arası topraklar üzerinde 20 yıl ve sürekli olarak kullanılacak su için Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Su kalitesinin damla sulama sistemini tıkama potansiyeli (Pescod, 1992).

Olası Sorun	Birim	Kullanımı kısıtlama derecesi		
		Yok	Az-Orta	Yüksek
AKM	mg/l	<50	50-100	>100
pH		>7	7-8	<8
ÇKM	mg/l	<500	500-2000	>2000
Demir	mg/l	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Manganez	mg/l	<0.1	0.1-1.5	>1.5

Çizelge 4. Sulama suyundaki iz elementlerin izin verilen maksimum sınırları (mg/l) (National Academy of Science, 1972; Resmi Gazete, 1991).

İz Element		Tüm topraklarda sürekli kullanım koşullarında	İyi tekstürlü nötr-alkali topraklarda 20 yıldan daha az sulama yapıldığında (pH=6-8.5)
Alüminyum (Al)		5	20
Arsenik (As)		0.1	2
Berilyum (Be)		0.1	0.5
Bor ^(b)	Hassas bitkiler	0.75	2
	Yarı dayanıklı	1	
	Dayanıklı	2	
Kadmiyum (Cd)		0.01	0.05
Krom (Cr)		0.1	1
Kobalt (Co)		0.05	5
Bakır (Cu)		0.2	5
Flor (F)		1	15
Demir (Fe)		5	20
Kurşun (Pb)		5	10
Lityum (Li)	Turunçgiller	0.075	0.075
	Diğer bitkiler	2.50	2.5
Manganez (Mn)		0.20	10
Molibden (Mo)		0.01	0.05 ^(a)
Nikel (Ni)		0.20	2
Selenyum (Se)		0.02	0.02
Vanadyum (V)		0.1	1
Çinko (Zn)		2	10

a: Yalnız asitli topraklarda izin verilen konsantrasyondur.

b: B için Scofield (1936) tarafından önerilen izin verilebilir konsantrasyonlar Çizelge 5'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 5. Bitkilerin Bora dayanıklılıklarına göre sulama suyunun sınıflandırılması (Ayyıldız, 1990; Resmi Gazete, 1991).

Sulama Suyu Sınıfı	Sulama Suyundaki B Konsantrasyonu (mg/l)		
	Duyarlı Bitkiler	Orta Derecede Dayanıklı Bitkiler	Dayanıklı Bitkiler
I	<0.33	<0.67	<1.0
II	0.33-0.67	0.67-1.33	1.00-2.00
III	0.67-1.00	1.33-2.00	2.00-3.00
IV	1.00-1.25	2.00-2.50	3.00-3.75
V	>1.25	>2.50	>3.75

Araştırma Bulguları

ÇAAT'nin tam kapasite çalışmaya başladığı yıl (2002)'dan 2004 yılına kadar geçen 3 yıllık süre içerisinde değişik tarihlerde yapılan çıkış suyu analiz sonuçlarının yıllık ortalamaları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Atık su arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (İZSU, 2002, 2003, 2004)

Parametreler	Birim	Yıllık Ortalamalar			3 yıllık ortalama
		2002	2003	2004	
AKM	mg/l	31.8	31.0	23.4	28.7
KOİ	mg/l	53.0	67.7	60.4	60.4
BOİ	mg/l	24.8	15.5	19.4	19.9
PO ₄ -P	mg/l	1.9	3.9	5.23	3.7
NH ₄ -N	mg/l	6.4	2.0	2.2	3.5
NO ₃ -N	mg/l	9.6	16.9	22.1	16.2
pH		7.3	7.6	7.8	7.6
Toplam Tuz	mg/l	4068	3391	3040	3500
ÇKM	mg/l	5199	3981	3469	4216
EC	µmhos/cm	8123	6220	5420	6588
SAR		36	15	13	21
Sulama Su. Sın.		C4S4	C4S2	C4S2	C4S3
RSC	me/l	0.79	0.70	0.69	0.73
DSY	%	79	70	69	73
Cl	mg/l	2358	1785	1384	1842
SO ₄	mg/l	409	328	318	352
B	mg/l	0.023	0.252	0.478	0.251
Al	mg/l	0.000	0.022	0.079	0.034
As	mg/l	0.020	0.010	0.012	0.014
Be	mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000
Cd	mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000
Cr	mg/l	0.001	0.000	0.000	0.000
Co	mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000
Cu	mg/l	0.006	0.001	0.000	0.002
F	mg/l	0.317	0.458	0.260	0.345
Fe	mg/l	0.570	0.390	0.690	0.550
Pb	mg/l	0.000	0.001	0.001	0.001
Li	mg/l	0.007	0.026	0.029	0.021
Mn	mg/l	0.169	0.050	0.014	0.078
Mo	mg/l	0.000	0.000	0.000	0.000
Ni	mg/l	0.006	0.001	0.002	0.003
Se	mg/l	0.005	0.000	0.000	0.002
V	mg/l	0.001	0.000	0.000	0.000
Zn	mg/l	0.000	0.042	0.087	0.043

Sonuçlar ve Tartışma

AKM, yağmurlama sulamada yağmurlama başlık memelerinin ve damla sulamada damlaticıların tıkanması açısından önemlidir (Ayyıldız, 1990). ÇAAT'tan çıkan sudaki AKM değerleri Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre 2002 ve 2003 yılları için III. sınıf; 2004 yılı ve 3 yıllık ortalama olarak ise II. sınıf bir sulama suyu olarak kabul edilmektedir. Aboukhaled (1992) ve Pescod (1992)'a göre ise damla sulama sisteminde bir tıkanma problemine neden olmaksızın kullanılabilir. Hatta 240 mg/l AKM konsantrasyonuna sahip bir atık su, yoncanın yağmurlama sulamasında başarılı bir şekilde kullanılabilirdiğinden (Ayyıldız, 1990) yağmurlama sulama açısından da herhangi bir sorun oluşturmayacaktır.

BOİ veya KOİ değerleri yüksek olan sular, topraktaki oksijeni azaltıp indirgenme koşulları yaratabilirler (Munsuz ve Ünver, 1995). Çizelge 6'da BOİ değerlerine bakıldığında çıkış suyu, gerek yıllık, gerekse de 3 yıllık ortalama bazda Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre I. sınıf sulama suyu olduğu görülmektedir.

Bir çok toprak 5-10 mg/l civarında 'normal' P (çoğunlukla PO₄ olarak) konsantrasyonlarına sahip olan kanalizasyon atık suyu ile başarılı bir şekilde sulanmaktadır (Bouwer and Idelovitch, 1987). Çizelge 6'daki PO₄-P değerine bakıldığında; gerek her bir yıl için gerekse de 3 yıllık ortalama bazda hiç bir soruna neden olmaksızın atık suyun sulama suyu olarak kullanılabilirdiği görülmektedir. Topraklar genellikle P için yüksek bir adsorplayıcı kapasiteye sahiptir. Kumlu topraklarda aşırı P uygulamaları, fosforun yıkanmasına ve yer altı suyunun P ile kirlenmesine neden olabilir. Eğer atık sudaki fosfor konsantrasyonları 1-5 mg/l ise atık su ile sağlanan P miktarı, çoğu bitki ve toprak için normal su uygulamasında gübre olarak ilave edilen ile aynı olur (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre ÇAAT'tan çıkan suyun, NH₄ formundaki N açısından 2002 yılı için II. sınıf, gerek 2003 ve 2004 yılları için gerekse de 3 yıllık ortalama bazda I. sınıf; NO₃ formundaki N açısından ise 2002 yılı için II. sınıf, gerek 2003 ve 2004 yılları için gerekse de üç yıllık ortalama bazda III. sınıf bir sulama suyu olduğu görülmektedir. Ayrıca FAO (1985)'ya göre (Çizelge 2) NO₃ formundaki N açısından tüm yıllar için kullanımı 'az-orta' derecede kısıtlama potansiyeli bulunmaktadır. Atık suyun sulamada kullanılması durumunda, atık sudaki N ve P yaz aylarında giderilmeyeceğinden Menemen Ovasında yetiştirilen bitkilerin ihtiyaç duyacağı N'li gübrenin tamamı, P'li gübrenin ise büyük bir kısmı bu su ile karşılanabilecektir. Ancak, bu maddeler, gereğinden fazla olmaları durumunda, yüzey sularında ötröfikasyona ve içme için kullanılan yer altı ve yer üstü sularında P ve özellikle NO₃ formundaki N kirlenmesine neden olabilirler (Tanji, 1997).

Suların aktif H⁺ iyonu konsantrasyonunu gösteren pH toprakların kimyasal özelliklerini etkileyebilir. Asit topraklar belirli bir

süre pH'sı 4.8'den düşük olan sularla sulandığında, çözünür demir, alüminyum veya mangan derişimleri bitkiler için zehirli düzeylere ulaşabilir. Benzer biçimde, tuz içeriği yüksek olan nötr veya asit sular da asit toprakların pH'sını düşürerek, bu elementleri zehirli duruma geçirebilirler (Munsuz ve Ünver, 1995). Genellikle sulama sularının pH değeri 6.5-8.0 arasında olması yani nötr bulunması arzu edilir (Ayyıldız, 1990). İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun pH değerlerine baktığımızda hem Teknik Usuller Tebliği (1991) hem de FAO (1985)'ya göre sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmayacağı görülmektedir. Buna rağmen Pescod (1992)'a göre tüm yıllar için damla sulama sistemini 'az-orta' derecede tıkama potansiyeline sahiptir (Çizelge 3).

Tuza dayanıklılığı az olan bitkiler, EC değeri 250-750 μ mhos/cm olan sulama sularından bile zarar görebilirler. Genel olarak EC değeri 750-2250 μ mhos/cm arasında olan sulama suları geniş çapta kullanılmakta, uygun bir drenaj ve işletme koşulları altında yeterli bir ürün elde edilmekte, ancak yeterli yıkamanın yapılamadığı elverişsiz drenaj koşullarında tuzluluk sorunları ortaya çıkmaktadır. EC değeri 2250 μ mhos/cm'den fazla olan suların sulamada kullanılması oldukça az olup, daha ziyade tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesine uygundur. Tuzluluğun bir diğer göstergesi olan ÇKM'lerin 5000 mg/l'lik konsantrasyonlarına ancak en dayanıklı bitkiler dayanabilir. Arpanın bazı türleri 20000 mg/l'lik tuz konsantrasyonuna sahip sularla sulanmasına rağmen kabul edilebilir seviyede ürün vermiştir. Bitki gelişimi açısından tuz konsantrasyonu 700 mg/l'den az ise tüm şartlarda uygun; 700-2100 mg/l değerleri arasında toprak, bitki ve iklime bağlı olarak uygun; 2100 mg/l'den yüksek değerlerde ise çoğu koşulda uygun olmadığı kabul edilmektedir (Ayyıldız, 1990).

Çizelge 6'ya göre İzmir kentsel arıtılmış atık suyu, hem EC hem de toplam tuz açısından tüm yıllar için Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre V. sınıf (zararlı) ve ayrıca ÇKM açısından da FAO (1985)'ya göre 'yüksek' derecede kullanımı kısıtlayan bir su olduğundan sulama suyu olarak kullanılamaz. Ancak Çizelge 8'de de görüleceği üzere tuza dayanıklı bitkilerden olan çim, buğday, pamuk, yonca (Arceivala, 1984) ve tuza dayanıklılık sınırı 16000 μ mhos/cm'ye kadar olabilen arpa (Ayyıldız, 1990) için geçirgen topraklarda özel yönetim teknikleri uygulanarak (Çizelge 7) sulama suyu olarak kullanılabilir. Örneğin özellikle elle dikim yapılan ve karık sulama yöntemi uygulanan küçük alanlarda kök boğazı hastalıklarına dayanıklı bitkiler tercih edilerek, bunlar karık sırtları yerine sırtların kenarları üzerine dikilmeli ve kök bölgesinin yıkanması için gerekli yıkama suyu uygulanmalıdır. Bunun yanında, tüm bu bitkilerin filizlenme ve erken gelişim dönemlerinde mutlaka iyi kaliteli su kullanılmalıdır (Kara, 2005; Bouwer and Idelovitch, 1987). Pescod (1992)'a göre bu su, ÇKM açısından tüm yıllar için damla sulama sistemini tıkama potansiyeli 'yüksek' olduğundan, bu yöntemle kullanılamaz.

Bu atık su, tuza dayanıklılığı yüksek olan ve özellikle yörenin hakim bitki türü olan pamuk ile arpa, buğday ve yoncanın (Ayyıldız, 1990) sulanmasında yüzey sulama yöntemleri ile kullanılabilir. Özellikle tuz veren endüstrilerin atık suları ayrı toplanır ve denize boşaltılırsa, ayrıca atık su toplama ve iletim hatlarına deniz suyu girişi engellenebilirse tuzluluk yönünden su kalitesinin daha da iyileşeceğini söyleyebiliriz.

Çizelge 7. Sulama suyu tuzluluk rehberi (Munsuz ve Ünver, 1995)

Ürün tepkisi	ÇKM (mg/l)	EC (µmhos/cm)
Genellikle zararlı bir etkinin görülmediği su	<500	<750
Duyarlı bitkilere zarar verebilen su	500-1000	750-1500
Birçok bitkiye zarar verebilen ve özel uygulama gerektiren su	1000-2000	1500-3000
Tuza dayanıklı bitkilerde ve geçirgen topraklarda özel uygulamalarla kullanılabilir su	2000-5000	3000-7500

Çizelge 8. Bazı bitkiler için maksimum izin verilebilir EC değerleri (Arceivala, 1984).

Bitki	EC (µmhos/cm)
Çimler	18 000
Buğday, Pamuk	12 000-14 000
Yonca	8 000

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değeri 4-8 arasında olan sular, sodyuma duyarlı bitkilere zarar vermektedir (Munsuz ve Ünver, 1995). Na fazlalığı kil partiküllerinin agregatlaşması yerine disperse olmasına ve bazı durumlarda da şişmesine neden olur. Bu; düşük poroziteye, kötü geçirimsizliğe, ıslak olduğunda kötü havalanma ve kurak olduğunda derin çatlaklarla yayılan büyük keseklere sahip topraklara neden olmaktadır. Böyle topraklar hem kurak hem de nemli olduğunda tarım aletleriyle çalışmayı güçleştirir ve bunların pH'sı genellikle yüksek olur (Shuval et al., 1986).

Çizelge 6'daki SAR değerlerine baktığımızda; Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre 2002 yılı için IV. sınıf bir su olduğundan ancak 'ihtiyatla kullanılabilir'; 2003 ve 2004 yılları için II. sınıf 'iyi' kaliteli; üç yıllık ortalamada ise III. sınıf 'kullanılabilir' kalitede bir sulama suyu olduğu söylenebilir. FAO (1985)'ya göre hem SAR hem de EC'nin infiltrasyona olan ortaklaşa etkisi açısından değerlendirme yaptığımızda; tüm yıllar için sulama suyu olarak kullanımı kısıtlama sorunu 'yok'tur. Na parametresinin toksisitesi açısından SAR değerini irdeleyecek olursak hem yüzey sulama hem de yağmurlama sulama yöntemlerinde kullanımı 'yüksek' derecede kısıtlayacağı söylenebilir.

Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre SAR ve EC'nin ortaklaşa etkisi açısından sulama sınıfını değerlendirdiğimizde; EC değerlerine göre tüm yıllar için C4 sınıfında, SAR değerlerine göre 2002 yılı için S4, 2003 ve 2004 yılı için ise S2 sınıfında yer almaktadır.

U.S. Salinity Lab. Staff (1954)'a göre çok yüksek tuz içeren bu suların sulama suyu olarak kullanılmaması gerekir.

2002 yılı değerlerine göre C4S4 sulama suyu sınıfına giren çok yüksek tuzlu ve çok yüksek sodyumlu; 2003 ve 2004 yılları için ise C4S2 sulama suyu sınıfında yer alan çok yüksek tuzlu orta sodyumlu bu atık su, özellikle tuz içerikleri yönünden sulama suyu olarak kullanılmamalıdır.

Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Riverside Tuzluluk Laboratuvarınca yapılan sulama suyu ve toprak analizlerine göre RSC değeri 1.25 me/l'den az ise 'emniyetli', 1.25-2.5 me/l arasında 'marjinal' ve 2.5 me/l'den yüksek ise sulama açısından 'uygun olmadığı' belirlenmiştir. (Ayyıldız, 1990). Buna göre İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun RSC değeri tüm yıllar için 'emniyetli' olarak; Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre ise I. sınıf, yani 'çok iyi' kaliteli bir sulama suyu olduğu söylenebilir.

Çizelge 6 incelendiğinde; İzmir kentsel arıtılmış atık suyu DSY bakımından tüm yıllar için Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre IV. sınıf 'ihtiyatla kullanılabilir' bir su olduğu söylenebilir.

Yağmurlama sulamada Cl'un yapraktan alınımı önemli olup, buharlaştırıcı koşulların farklılığından dolayı ortaya çıkan olumsuz etki, gece ile gündüz arasındaki ve yavaş dönen yağmurlama başlıklarından kaynaklanan birbirini izleyen ıslanmalar arasındaki buharlaşma miktarına bağlı olarak değişir. Sulamalar geceleri ve suyu hızlı dağıtan başlıklarla yapılırsa bu olumsuz etki azalmaktadır. Normal sulamalarda çevre koşullarına, ürün ve sulama uygulamalarına bağlı olarak 710 mg/l'lik derişimlere izin verilirken, yağmurlama sulamada turuncgiller, taş çekirdekli ve bademlerde bu değer 106.5 mg/l'ye düşmektedir (Munsuz ve Ünver, 1995). Eğer Cl konsantrasyonu 140 mg/l'den az olursa sorun beklenmez, 140-350 mg/l aralığında sorunlar artar ve 350 mg/l'nin üstünde ise ciddi sorunlar söz konusudur. Bu konsantrasyonlar, suyun yalnızca kökler tarafından absorplandığı yüzey veya diğer sulama sistemlerinde uygulanır. Ancak suyun, yapraklarla doğrudan temas ettiği yağmurlama sulama gibi yöntemlerle uygulanması durumunda, Cl'un olumsuz etkilerinden uzak kalmak için konsantrasyonun 100 mg/l'nin altında olması gerekir (Bouwer and Idelovitch, 1987).

Çizelge 6'daki Cl değerlerine baktığımızda; Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre tüm yıllar için 'V. sınıf', yani sulama açısından 'zararlı' bir su olduğu görülmektedir. FAO (1985)'ya göre, bu suyun Cl toksisitesi açısından hem yüzey hem de yağmurlama sulamada kullanımının 'yüksek' derecede kısıtlanacağı açıktır. Cl konsantrasyonunun böylesine yüksek çıkmasının en önemli nedeni kanalizasyon şebekesine deniz suyu girişimi olabilir. Bu girişimin engellenmesi ya da en azından azaltılması durumunda bu suyun Cl açısından kullanılabilirliği tekrar değerlendirilmelidir.

SO₄ konsantrasyonu için Çizelge 6'ya baktığımızda; Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre 2002 ve üç yıllık ortalama değerlere

göre III. sınıf yani sulama açısından 'kullanılabilir'; diğer yıllar için ise II. sınıf 'iyi' kaliteli bir su olduğu söylenebilir.

Bu arada Çizelge 6 incelendiğinde; sudaki Na konsantrasyonuna bağlı olan EC, toplam tuz, ÇKM, DSY ve SAR'ın yanında, Cl ve SO₄ parametrelerine ilişkin değerlerin de her geçen yıl azalmakta olduğu görülmektedir. Bunda; denize çok yakın geçen kanalizasyon şebekesinin yenilenmesiyle deniz suyu girişinin engellenmesi ve buna bağlı olarak deniz suyu içeriğinde bulunan başlıca iyonlardan Na, Ca, Mg, K, Cl, SO₄, CO₃ ve HCO₃ (www.ldeo.columbia.edu, 2004) konsantrasyonlarının her geçen yıl artan bir şekilde azalmasının etkili olduğu söylenebilir. Özellikle son zamanlarda yapılan yeni bağlantı hatlarında yüksek yoğunluklu polietilen boruların kullanılması ve bunların bağlantı noktalarında daha sağlıklı kaynak yapılması, ayrıca denize yakın kanalizasyon şebekesinin yenilenmesi daha az deniz suyu girişini sağlamıştır. Bu yüzden tüm bu parametrelere ilişkin değerlendirme yapılırken son yıla ait değerlerin dikkate alınması daha gerçekçi bir yaklaşım olacaktır.

Genellikle bitkilerin B zararından etkilenmemesi için maksimum izin verilebilir B konsantrasyonu bazı çalışmalara göre 0.33 mg/l ve tüm topraklar üzerinde sürekli olarak kullanılacak su için EPA (Environmental Protection Agency) limitlerine göre 0.75 mg/l'dir. 0.5 mg/l'lik bir miktar hemen hemen tüm bitkiler için emniyetli bir kriter olarak kullanılabilir (Bouwer and Idelovitch, 1987).

B açısından Çizelge 6'ya bakıldığında; İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun tüm yıllar için Teknik Usuller Tebliği (1991)'ne göre I. sınıf; yani 'çok iyi' kaliteli olduğunu söyleyebiliriz. Bitkilerin B'ye dayanıklılık durumuna göre sulama suyu sınıfını değerlendirmek için Çizelge 5'e (Ayyıldız, 1990; Teknik Usuller Tebliği, 1991) bakıldığında bu atık suyun 2002, 2003 yılı ve üç yıllık ortalama B değerlerine göre bora duyarlı bitkiler için bile I. sınıf bir su olduğu söylenebilir. Yalnızca 2004 yılı değeri duyarlı bitkiler için II. sınıf diğer tüm bitkiler için ise I. sınıf bir sudur. FAO (1985)'ya göre tüm yıllar için bu atık suyun B açısından sulama suyu olarak kullanımı kısıtlama sorunu 'yok'tur. Teknik Usuller Tebliği (1991) ve National Academy of Science (1972)'a göre, her türlü toprak için sürekli kullanım koşullarında hassas bitkiler için bile sınır değerleri aşmadığı görülmektedir (Çizelge 4).

Çizelge 3'e bakıldığında; Pescod (1992)'a göre iz elementlerden Mn'nin damla sulama sistemini tıkama potansiyeli sadece 2002 yılı için 'az-orta' derecede, diğer yıllarda ise bu olasılık söz konusu olmamıştır. Fe ise tüm yıllar için 'az-orta' derecede damla sulama sistemini tıkama potansiyeline sahiptir. Çizelge 4'te görüleceği üzere; tüm yıllar dikkate alındığında her türlü toprak için sürekli kullanım koşullarında bile hiç bir iz elementin sınır değerleri aşmadığı görülmektedir. İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun iz elementler açısından herhangi bir sorun oluşturmayacağını söyleyebiliriz.

İzmir kentsel arıtılmış atık suyu, sulama suyu kalite parametreleri açısından genel olarak değerlendirildiğinde toplam tuz, EC, ÇKM, Cl, SAR ve DSY açısından bir çok bitkinin tolerans sınırını aşmaktadır. Söz konusu parametrelerin konsantrasyonlarının yüksek çıkmasının temel nedeni olan deniz suyunun sisteme girişinin önlenememesi durumunda, bu suların sulamada kullanımı mümkün gözükmemektedir.

Deniz suyunun sisteme girişinin önlenmesi ve sistemden çıkan arıtılmış atık suyun sulamada kullanılması durumunda aşağıdaki noktalara dikkat edilmelidir:

Arıtılmış atık su sulama suyu kalite parametreleri açısından periyodik olarak izlenmelidir. Bu uygulama, hem arıtma tesisinin denetlenmesini, hem de atık su kalitesinde oluşabilecek olumsuz değişimlerin saptanmasını sağlayacaktır.

Uzun vadede sulama, özellikle drenajı kötü topraklarda tuzluluğa ve ağır metal birikimine neden olabileceğinden, atık su sulaması yapılacak alanlarda periyodik toprak analizleri yapılarak, toprakta olası olumsuz değişimlerin gözlenmesi sağlanmalıdır.

Atık suların sulamaya yönlendirilmesiyle, Menemen Ovası yer altı suyunun başka amaçlar için kullanılması mümkün olacaktır. Ancak yer altı suyu kirliliğinin oluşmaması için gerekli önlemler alınmalıdır. Özellikle N, P ve ağır metaller açısından yer altı suyu periyodik olarak izlenmelidir. Ayrıca bu suların yer altı suyuna sızması için su uygulama randımanı yüksek sulama yöntemleriyle sulama yapılmalıdır.

Sağlıkla ilgili ortaya çıkabilecek sorunlar konusunda çok dikkatli olunmalıdır. Bu çalışmada, mikrobiyolojik kalite parametreleri açısından herhangi bir analiz yapılmadığından bu konuda bir değerlendirme yapılmamıştır. Ancak arıtılmış atık su, mikrobiyolojik yönden de izlenmeli ve olumsuz bir durumla karşılaşıldığında suyun kullanılması engellenmelidir. Halk sağlığının en iyi şekilde korunabilmesi için yalnızca bazı bitkilerin sulanmasına izin verilmelidir. Özellikle çiğ olarak yenen sebzelerin bu sularla sulanması önlenmelidir. Atık suyun ürünlere ve sulama işçilerine bulaşma riskini en aza indiren sulama yöntemleri tercih edilmelidir. Atık sudan etkilenebilecek sulama işçileri, tüketiciler ve yöre halkı atık su kullanımı ile oluşabilecek sağlık risklerine karşı eğitilmelidir. Örneğin, sulama işçilerinin, atık su sulaması esnasında, mutlaka koruyucu elbise giymeleri sağlanmalıdır.

Arıtılmış atık suyun sulamada kullanılmasıyla ekonomik bir girdi elde edilecektir. Ancak sulamanın belli bir program dahilinde yürütülmesi ve önceden kesin olarak bilinmeyen olası sonuçların gözlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, bu suların sulamada kullanımıyla ilgili bilimsel birikim fazla olmadığından, öncelikle pilot alanların daha sonra ise kademeli olarak geniş alanların sulanması daha doğru bir uygulama olacaktır.

Özet

Bu çalışmada, İzmir ilinde oluşan evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmesi yerine Menemen Ovasında sulama suyu olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Bu amaçla, biyolojik arıtma işleminden geçirilen İzmir evsel ve endüstriyel nitelikli atık suların, bazı sulama suyu kalite parametreleri yönünden sulamaya uygunluğu, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği ve ilgili literatür ışığında irdelenmiştir.

Sonuç olarak İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun, toplam tuz, EC, ÇKM, SAR, DSY ve Cl açısından bir çok bitkinin tolerans sınırını aştığı ve dolayısıyla mevcut durumuyla bu suların sulamada kullanımının mümkün olmadığı gözükmektedir.

Anahtar sözcükler: sulama, Menemen, kirlilik, atık su.

Kaynaklar

- Aboukhaleed, A. 1992. Wastewater for crop production the Near East. *Water Resources Development*, 8(3):204-214.
- Arceivala, S.J., 1984. Wastewater treatment and disposal lecture notes. IHE, Delft, The Netherlands.
- Aşık, Ş., M. Avcı ve A.Balçı. 1997. Atık suların sulamada kullanım stratejileri. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 5-8 Haziran 1997, 564-576, Bursa.
- Aşık, Ş., M. Avcı, B. Okur, B. Yağmur, S. Delibacak ve B.S. Karataş. 2004. Menemen Ovası yer altı suyu kalitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. EÜ Bilimsel Araştırma Proje Raporu (Proje No: 2001-ZRF-055)
- Avcı, M., Ş. Aşık, H.B. Ünal, E. Akkuzu, M. Kılıç, ve B.S. Karataş. 2003. Menemen Ovasında su dağıtım performansı ve su dağıtımına çiftçi tepkileri üzerine bir araştırma, EÜ Bilimsel Araştırma Proje Raporu (Proje No:2000-ZRF-035)
- Ayyıldız, M. 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri, A.Ü.Ziraat Fakültesi Baskı Ofset Ünitesi, Ankara, 277s.
- Bouwer, H. and E. Idelovitch. 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 113(4):516-535.
- DSİ, 2004. DSİ'ce inşa edilerek işletmeye açılan sulama ve kurutma tesisleri (2003-2004), <http://www.dsi.gov.tr/yayin.htm>. Erişim: Aralık 2004.
- FAO, 1985. Water Quality for Agriculture. *Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.1*.FAO, Rome.174p.
- Filibeli, A. ve N. Yüksel. 1994. Tarımsal sulama suyu ihtiyacı için atık su potansiyelinin değerlendirilmesi. Gökova Körfezi Çevre Sorunları ve Çevre Yönetimi Semp., 139-152. <http://www.ldeo.columbia.edu/edu/dees/ees/lithosphere/haystutorial3/hydro.htm>.Erişim: Aralık 2004.
- İZSU, 2002. Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (yayımlanmamış). İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, İzmir.
- İZSU, 2003. Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (yayımlanmamış). İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, İzmir.
- İZSU, 2004. Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu analiz sonuçları (yayımlanmamış). İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, İzmir.
- Kara, M., 2005. Sulama ve Sulama Tesisleri, Konya, 268 s.
- Munsuz, N. ve İ. Ünver. 1995. Su Kalitesi. A.Ü.Ziraat Fakültesi Halkla İlişkiler ve Yayın Ünitesi, Ankara, 335s.
- National Academy of Science and National Academy of Engineering, 1973, Water Quality Criteria 1972, Report of the committee on Water Quality Criteria, Ecological Resarch Series, EPA-R3-73-033.
- Pescod, M.B., 1992, Wastewater Treatment and Use in Agriculture, FAO İrrigation and Drainage Paper 47, UK. 125p.
- Resmi Gazete, 7 Ocak 1991, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, Sayı 20748, Ankara, 40s.
- Shuval, H., A. Adien, B. Fattal, E. Rawitz and P. Yekutiail. 1986. Wastewater Irrigation in Developing Countries. World Bank Technical Paper Num. 51, Washington, D.C. 322 p.
- Scofield, C.S. 1936. The salinity of irrigation waters. *Smithsn. Inst. Ann. Rpt.* 1935. 275-287.
- Tanji, K.K. 1997. Irrigation with marginal quality waters: Issues, *J. of Irrigation and Drainage Eng.*, 123(3):165-169.
- U.S. Salinity Lab. Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Salina and Alkali Soils. Government Printing Office, Washington.