

Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler

Yasemin S. KUKUL¹ Ayben D. ÜNAL ÇALIŞKAN² Süer ANAÇ³

Öz: Arıtılmış atık suların tarımsal veya diğer amaçlarla kullanımı, alternatif su kaynağı yaratması yanında, yeraltı ve yerüstü su kaynaklarında kirliliğin önlenmesi ve gübre gereksinmesinin azaltılması gibi avantajlar sağlamaktadır. Ancak halk sağlığı ve çevre üzerine olumsuz etkilerin en aza indirilmesi için atık suların kullanımı ile ortaya çıkacak patojen ve kimyasallardan kaynaklanan risklerin iyi değerlendirilmesi gereklidir. Bu çalışmada, atık suların sulamada kullanılması sonucunda ortaya çıkma riski olan hastalık etmenleri, neden olduğu hastalıklar ve belirli gruplar için sağlık riskleri ele alınmış; sağlık risklerini yönetme stratejileri ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Atık su, tarımsal sulama, sağlık riski, yönetim stratejisi.

Wastewater Reuse in Agriculture and Health Risks

Abstract: Reuse of wastewaters for agricultural and other purposes, brings advantages such as alleviation of pollution in ground and surface water resources and reduction of commercial fertilizer requirements. Furthermore, treated wastewater could also be considered as an alternative source to good quality water. However, the risks due to pathogens and chemicals result from wastewater use should be well evaluated to minimize negative effects on public health and environment. In this study, pathogenic and chemical risk factors resulting from wastewaters use in irrigation have been evaluated. Diseases originating from pathogens, their health risks for certain risk groups and management strategies of wastewater reuse have also been assessed.

Key words: Wastewater, agricultural irrigation, health risk, management strategy

¹Yard.Doç.Dr., E.Ü. Ziraat Fak., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova-İzmir. senem.kukul@ege.edu.tr

² Arş.Gör., E.Ü. Ziraat Fak., Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bornova-İzmir.

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

Giriş

Temiz su kaynakları özellikle kurak ve yarı kurak iklime sahip ülkelerde, giderek artan nüfusun içme ve kullanma suyu gereksinimlerini karşılamak için yetersiz kalmaktadır. Nüfus ile doğru orantılı artan yiyecek gereksinimi ise, beraberinde tarımsal alanlarda genişleme ve üretimde artış sağlama zorunluluğunu getirmektedir. Günümüzde yetersiz olan temiz su kaynaklarına alternatif olarak tarımda sulama suyu ihtiyacını karşılamak için evsel atık suların kullanılması akılcı bir çözüm seçeneği oluşturmaktadır.

Kent nüfusuyla birlikte su kullanımının da artması, çok miktarda atık su oluşmasına neden olmaktadır. Çevresel sağlık ve su kirliliğinin önlenmesi, günümüzün en önemli sorunlarından birisidir. Bunun yanı sıra, kentsel atık suların güvenli ve yararlı bir şekilde uzaklaştırılma gerekliliği de kentsel toplumların önemle üzerinde durdukları diğer bir konudur. Atık suların uygun bir strateji ile kontrollü olarak tarımda kullanılması, bu suların uzaklaştırılması için iyi ve yararlı bir yöntem sunmaktadır. Ayrıca, atık suların kullanılması, iyi kaliteli suların sulama dışındaki kullanım amaçları için korunmasını da sağlamaktadır. Kentsel atık suların uygun stratejilerle yeniden kullanımı ile yerüstü su kaynaklarının kirlenmesi önlenmiş olur. Bu sayede sadece değerli temiz su kaynakları korunmakla kalmaz aynı zamanda, atık suların içerdiği bitki besin maddeleri bitki yetiştiriciliğinde avantaj sağlar. Atık suların azot ve fosfor içeriği tarımsal gübre gereksinimini azaltmakta veya tamamen ortadan kaldırmaktadır. Atık suların sulamada kullanılması ile bitki yetiştiriciliği için yararlı olan toprak mikroorganizmalarının metabolik aktiviteleri artmaktadır (Pescod, 1992; Toze, 2006).

Kentsel atık sular, suya oranla çok daha küçük konsantrasyonda suda asılı veya çözülmüş halde organik ve inorganik maddeler içerirler. Atık sularda bulunan organik maddeler arasında; karbonhidratlar, lignin, yağlar, sabun, sentetik deterjanlar, proteinler ve bunların ayrışmasından oluşan ürünler ile çeşitli doğal ve sentetik organik kimyasallar yer almaktadır. Kanalizasyon sistemleriyle toplanan kentsel atık sular içerisinde, gerek evsel gerekse de endüstriyel kaynaklı çeşitli inorganik maddeler de bulunmaktadır. Özellikle endüstriyel atık suların kanalizasyon sistemine verilmesi durumunda arsenik, kadmiyum, krom, bakır, kurşun, cıva, çinko gibi toksik etkiye sahip inorganik maddeler içerebilirler. Toksik kimyasalların konsantrasyonu insan sağlığını etkilemeyecek düzeyde olsa bile, bitkiler üzerinde toksik etkide bulunabilirler. İnsan sağlığı

yönünden bakıldığında atık suların tarımsal sulamada kullanımında dikkat edilmesi gereken en önemli kirleticiler patojen mikroorganizmalardır (Pescod, 1992).

Tarımda atık suların kullanılması genellikle tarımsal ve ekonomik açıdan değerlendirilmektedir. Ancak, halk sağlığı ve çevre üzerine olumsuz etkilerini en aza indirmek veya ortadan kaldırmak için atık suların kullanılmasında dikkatli olunmalı ve koruyucu önlemler uygulanmalıdır. Bu çalışmada, arıtılmış atık suların sulamada kullanım stratejileri ve insan sağlığı yönünden riskleri değerlendirilmiştir.

Arıtılmış Atık Suların Kullanılmasından Kaynaklanan Potansiyel Riskler

Tarımsal sulama için suların yeniden kullanılması ile ilişkilendirilen birçok risk etmeni bulunmaktadır. Bazı risk etmenleri, kısa sürede etkili olurlar ve ortaya çıkan etkinin şiddeti insanların, hayvanların veya çevresel temas potansiyeline bağlı olarak değişir (mikrobiyal patojenler gibi). Diğer risk etmenleri ise daha uzun sürelerde ve arıtılmış suyun sürekli kullanılmasıyla artan (toprak tuzluluğu, toksik kimyasalların etkileri gibi) etkilere sahiptir (Toze, 2006). Atık suların içerdiği ve sağlık riski oluşturan patojenler ve kimyasallar ile bulaşma yolları Çizelge 1’de sunulmuştur.

Çizelge 1. Atık sulardaki patojenler ve kimyasallar ile bağlantılı risk kaynakları (Salgot, 2001a)

	Patojenler	Kimyasallar
Risk kaynakları – Risk oluşturanlar	Bakteriler Virüsler Helminthler (bağırsak solucanları) Protozoa (tek hücreliler)	Ağır metaller Nitratlar ve Nitritler Organik mikro kirleticiler
Risk oluşma nedeni	Bir defalık veya tekrarlanan “ tüketim ” veya temas	Tekrarlanan “ tüketim ”
Risk oluşma yolları (Risk kaynaklarına maruz kalma yolları)	Sebzelerin, midye gibi kabuklu deniz hayvanlarının yenmesiyle v.b. Suyun içilmesiyle. Aerosol nedeniyle. Doğrudan veya dolaylı yollardan suyla temas edilmesiyle. Vektörler aracılığıyla (su civarında yaşayan böcekler gibi).	Çeşitli yiyeceklerin yenmesiyle. Suyun içilmesiyle.
Risk kaynaklarına maruz kalınmışsa etkilerin ortaya çıkışı	Genellikle çabuk görülür.	Genellikle uzun süre sonra görülür.

Patojenler

Arıtılmamış atık suların sulama amacıyla kullanılması, su kaynaklı hastalık risklerinin artmasına neden olur. Patojenler ve insan sağlığı üzerine etkileri incelendiğinde, arıtılmış ve arıtılmamış atık sulara bağlı olarak ortaya çıkan enfeksiyonlar beş ana sınıf içinde gruplandırılabilir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Su ve/veya arıtılmış atık sularla ilişkili olarak görülen hastalıklar (Salgot, 2001a)

Sınıflar	Tanımlar/gözlemler/örnekler
Su yoluyla taşınan hastalıklar	Suyun sağlandığı sistemler aracılığıyla yayılabilen enfeksiyonlardır. Su patojenler için taşıyıcı görevi görür. Tifoid ateş, kolera, giardiyazis (ishal), dizanteri, bulaşıcı hepatit
Su ile yıkanarak giderilebilen hastalıklar	Kişisel temizlik için suyun yetersiz olmasından kaynaklanan hastalıklar. Vücudun dış yüzeylerini etkiler. Konjunktivit, trahom, cüzzam, tinea, askariyaz, yavs hastalığı, giardiyazis, kriptosporidiyozis
Su kaynaklı hastalıklar	Enfeksiyonlar sucul omurgasız konukçu, genellikle bir hayvan vasıtasıyla taşınır. Enfeksiyona neden olan organizmanın yaşam döngüsünün önemli bir bölümü bu sucul hayvanların içinde gerçekleşir. Şistozomiyazis, gine kurdu, filariyazis
Su ile bağlantılı böcek vektörlerden kaynaklanan hastalıklar	Yerüstü su kaynakları yakınında bulunan veya yaşayan böcekler vasıtasıyla yayılan enfeksiyonlardır. Tripanozomiyazis, sarıhumma, deng hastalığı, onkoserkiyazis (nehir körlüğü), sıtma
Kötü sağlık koruma önlemleri nedeniyle oluşan enfeksiyonlar	Genellikle uygun sağlık koruma uygulamalarının olmayışı nedeniyle toplum içinde yayılırlar. Kancahı kurt, yuvarlak solucan, askariyazis.

Atık sular içinde çok sayıda hastalık etmeni mikroorganizma (patojen) bulunmaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Atık sularla ilişkili olarak en yaygın görülen hastalık etmenleri ve neden oldukları hastalıklar (Salgot, 2001a)

	Ajan (Hastalık etmeni)	Neden olduğu hastalık
Bakteriler	<i>Salmonella typhimurium</i>	Salmonellozis
	<i>Salmonella typhosa</i>	Tifoid ateş (Tifo)
	<i>Salmonella paratyphi</i>	Paratifoid ateş
	<i>Shigella spp</i> (Sigella türleri)	Basilli dizanteri
	<i>Vibrio cholera</i> (Vibrio kolera)	Kolera
	<i>Mycobacterium Tuberculosis</i> (Mikobakteri Tüberkülozu)	Tüberküloz
	<i>Campilobacter jejuni</i>	İshal
	Patojenik <i>Escherichia coli</i>	İshal
	<i>Yersinia enterocolitica</i> (Enterokolit -bağırsak iltihabı)	İshal ve Septisemi (Sistemik enfeksiyon)
	<i>Legionella pneumophila</i>	Lejyoner Hastalığı-Lejyonelloz
<i>Leptospira icterohaemorrhagiae</i>	Leptospiroz	

Çizelge 3'ün devamı

	Ajan (Hastalık etmeni)	Neden olduğu hastalık
Virüsler	Poliovirus-çocuk felci virüsü	Çocuk Felci
	Hepatit A virüsü	Bulaşıcı Hepatit
	Hepatit E virüsü	Hepatit
	Rotavirüs	İshal/Gastroenterit
	Adenovirüs	Solunum Hastalığı
	Norwalk ajanı	Gastroenterit
	Reovirüs	Gastroenterit
	Astrovirüs	İshal, kusma
	Calicivirüs (Kalisivirüs)	İshal, kusma
	Coxsackie A	İshal, kusma
	Coxsackie B	Miyokart (kalp kası) iltihabı, Döküntü, Menenjit, Ateş, Solunum Hastalıkları, Herpanjina
	Echovirus (Ekovirüs)	Menenjit, Ensefalit (Beyin iltihabı), Solunum Hastalıkları, Döküntü, İshal, Ateş
Protozoa (Tek hücreliler)	<i>Entamoeba histolytica</i>	Amipli Dizanteri
	<i>Giardia lamblia</i>	İshal
	<i>Cryptosporidium parvum</i>	İshal
	<i>Balantidium coli</i>	İshal, dizanteri
	<i>Cyclospora cayatanensis</i>	Bağırsak hastalıkları
	<i>Toxoplasma gondii</i>	Toksoplazmozis (Ağır enfeksiyon)
	<i>Phyllum microspora</i>	Mikrosporidiyozis (Bağırsak ve Sinir hastalıkları)
Helminthler -Bağırsak solucanları (Parazitik Solucanlar)	<i>Schistosoma haematobium</i> (Kan Şeriti) (T)	Şistozomiyazis (Parazitik Enfeksiyon)
	<i>Schistosoma mansoni</i> (N)	
	<i>Ascaris lumbricoides</i> (Yuvarlak solucan) (N)	Askariyaz (İnce bağırsak infestasyonu)
	<i>Ancylostoma duodenale</i> (On iki parmak bağırsağı kancalı kurdu) (N)	Anemi (Kansızlık), Bağırsak hastalıkları
	<i>Necator americanus</i> (İncebağırsak kancalı kurdu) (N)	Anemi (Kansızlık), Bağırsak hastalıkları
	<i>Clonorchis spp.</i> (Karaciğer kurdu-Çin Kelebeği) (T)	Klonorkiyaz (Paraziter bulaşıcı hastalık)
	<i>Taenia spp.</i> (Tenya) (C)	Tenyazis (Tenya infestasyonu)
	<i>Enterobius vermicularis</i> (Kılkurdu)(N)	Enterobiyazis (Bağırsakta kılkurdu infestasyonu)
	<i>Hymenolepis nana</i> (Yassı Kurt, Şerit) (C)	Himenolepiyazis (Yassı kurt infestasyonu)
	<i>Trichuris trichura</i> (Yuvarlak solucan) (N)	Yuvarlak solucan infestasyonu
	<i>Strongyloides stercoralis</i> (Yuvarlak solucan) (N)	İshal, Karın Ağrısı, Bulantı
	<i>Toxocara canis</i> (N)	Ateş, Karın Ağrısı
<i>Toxocara cati</i> (N)	Ateş, Karın Ağrısı	

N: Nematodlar, T: Trematodlar (Parazitik Tenya), C: Sestodlar (Şerit, Yassı Kurt, Bağırsak Kurdu)

Bununla birlikte, atık sularla yapılan sulamalar nedeniyle toprağa ve bitkilere bulaşan patojenlerin yaşam süreleri kısıtlıdır (Çizelge 4). Patojenlerin tarım topraklarında hayatta kalmaları çeşitli doğal koşullara göre değişmektedir (Çizelge 5). Doğal koşullara en dayanıklı olanlar ve aylarca uygun konukçu buluncaya dek hayatta kalanlar, helminth (bağırsak solucanları-kurtlarının larvaları) grubunda yer alan patojenlerdir. Patojenler genellikle düşük sıcaklıklarda ve yağışlı iklimlerde daha uzun süre hayatta kalırlar. Kurak ve yarı kurak iklimlerde, gerek toprak koşulları gerekse de iklim koşulları

patojenlerin ölmesine veya etkisiz hale gelmelerine yardımcı olmaktadır.

Çizelge 4. 20-30°C’de bitki yüzeyinde ve toprakta bazı dışkı kökenli patojenlerin hayatta kalış süreleri (Westcot, 1997).

Patojen	Hayatta kalış süresi	
	Toprakta	Bitki yüzeyinde
Virüsler Enterovirüsler ^a	<100 gün, genellikle <20 gün	<60 gün, genellikle <15 gün
Bakteriler Fekal koliform Salmonella spp. Vibro kolera	<70 gün, genellikle <20 gün <70 gün, genellikle <20 gün <20 gün, genellikle <10 gün	<30 gün, genellikle <15 gün <30 gün, genellikle <15 gün <5 gün, genellikle <2 gün
Protozoa Entamoeba histolytica kistleri	<20 gün, genellikle <10 gün	<10 gün, genellikle <2 gün
Helmitler Ascaris lumbricoides yumurtaları Kancalı kurt larvaları Taenia saginata yumurtaları Trichuris trichiura yumurtaları	Aylarca <90 gün, genellikle <30 gün Aylarca Aylarca	<60 gün, genellikle <30 gün <30 gün genellikle <10 gün <60 gün genellikle <30 gün <60 gün genellikle <30 gün

^aPolio-, echo- ve coxsackievirüsleri kapsar

Çizelge 5. Enterik bakterilerin toprak ortamında hayatta kalmalarını etkileyen etmenler (Westcot, 1997)

Toprak etmeni	Bakterilerin hayatta kalma süresi üzerine etkisi
Toprak mikroflorasından canlı çeşitlerinden kaynaklanan antagonizm	Steril topraklarda hayatta kalma süresi artar.
Toprak nem içeriği	Nemli topraklarda ve çok yağışlı dönemlerde hayatta kalma süresi daha uzar.
Su tutma kapasitesi	Hayatta kalma süresi kumlu topraklarda su tutma kapasitesi yüksek topraklardakinden daha kısadır.
Organik madde	Yeterli organik madde olduğunda hayatta kalma süresi ve üreme olasılığı artar.
pH	Asit topraklarda (pH 3-5) alkali topraklardakinden (pH>8) daha kısadır.
Güneş ışığı	Toprak yüzeyindeki hayatta kalma süresi daha kısadır.
Sıcaklık	Hayatta kalma süresi düşük sıcaklıklarda daha uzundur; kışın yaz aylarındakinden daha uzundur.

Doğrudan insan teması daha az olduğundan, tarımsal sulama için kullanılacak atık suların arıtma gereksinimi, park ve golf alanlarının sulanması gibi diğer kentsel alanlarda kullanımları için gereksinim duyulandan daha az olabilir. Bu nedenle, tarımsal sulama için su kaynağı arandığında, atık suların kullanılması uygun bir seçenek

oluşturmaktadır. Ancak, atık sular arıtılmadan kullanıldığında veya arıtılmış sular gerekli sağlık standartlarını sağlamadığında veya diğer koruyucu önlemler uygulamadığında atık su kaynaklı bazı patojenler enfeksiyona neden olmaktadır. Tarımsal ürün yetiştiriciliğinde atık suların arıtılmadan kullanılmasıyla bağlantılı olarak ortaya çıkmış salgın hastalıkların incelenmesiyle, tüketiciler için sağlık riski oluşturan patojenler helmithler, bakteriler ve virüsler sınıfında saptanmıştır (Çizelge 6). Türkiye’de Hevsel-Diyarbakır’da yürütülen benzer bir çalışmada, pişirilmeden yenen sebzeler ve tahıl sulaması için arıtılmamış atık suları kullanan çiftliklerin çalışanlarında Hepatit E enfeksiyonu riski araştırılmıştır. İşçilerin %34.8’inde anti-HEV pozitif bulunduğu, kontrol grubunda ise bu oranın %4.4 olduğu saptanmıştır (Ceylan et al., 2003).

Çizelge 6. Sulamada atık suların kullanılmasından kaynaklanan salgın hastalıkların incelenmesi sonucunda özetlenen sağlık riskleri (Carr et al., 2004a ve b)

Etkilenen Grup	Sağlık tehlikeleri		
	Nematod enfeksiyonu	Bakteriler/Virüsler	Protozoa
Tüketiciler	Arıtılmamış atık sular nedeniyle çocuklar ve yetişkinler için ciddi Ascaris enfeksiyonu riski; yumurtaların hayatta kalmasına uygun koşullar olmadığı durumda, <1 nematod yumurta/L olacak şekilde arıtılan atık sular ile aşırı risk yoktur.	Arıtılmamış atık sular nedeniyle Kolera, tifo ve basilli dizanteri salgınları, Helicobacter pylori için pozitif sonuçlar bildirilmiştir; Fekal koliform $10^4/100\text{ml}$ değerini aşan arıtılmış sular kullanıldığında ishal vakaları artmıştır.	Atık sularla yüzeyleri ıslanarak sulanan sebzelerde parazit protozoa kanıtları bulunmuştur; ancak hastalık yayılmasına ilişkin doğrudan kanıt yoktur.
Çiftçiler ve aileleri	Arıtılmamış atık sularla temas nedeniyle çocuklar ve yetişkinler için, özellikle çocuklar için <1 nematod yumurta/L’ye kadar arıtılan atık sular ciddi Ascaris enfeksiyonu riski oluşturur; çalışanlarda kanca kurdu enfeksiyonu riski artar.	Fekal koliform $10^4/100\text{ml}$ değerini aşan atık sularla temas eden çocuklarda ishal riski artar; arıtılmamış atık sularla temas eden çocuklarda Salmonella enfeksiyonu riski yükselir; kısmen arıtılmış atık sulara maruz kalan yetişkinlerin kan değerlerinde Norovirüs etkileri artar.	Arıtılmış ve arıtılmamış atık sulara bağlı Giardiyazis riski önemsizdir. Arıtılmamış atık sularla temas nedeniyle amipli dizanteri riski artış göstermektedir.
Yakın çevrede yaşayan halk	Yağmurlama sulama için Ascaris taşınımı çalışılmamış ancak, yoğun temas olması halinde karık veya salma sulama için risk yukarıda verilen gibi, yüksektir.	Enfeksiyon görülme sıklığının artması, toplam koliform 10^6 $^8/100\text{ml}$ olan kötü kaliteli sularla yağmurlama sulama yapılması ve aerosol etkisi ile bağlantılıdır. Fekal koliform $10^{4-5}/100\text{ml}$ olan kısmen arıtılmış suların yağmurlama sulama ile kullanılması ise enfeksiyon artışı ile ilişkili değildir.	Atık sularla yapılan yağmurlama sulama süresince protozoa iletimine-taşınmasına dair veri bulunmamaktadır.

Küresel iklim değişiminin yakın gelecekteki etkileri, su kaynakları üzerinde var olan rekabetin daha da artacağını göstermektedir. Hem sulama, hem de doğada ekolojik sistemler için yaşamsal önem taşıyan su miktarı giderek azalmaktadır. Sulama amacıyla kullanılacak temiz su kaynaklarına talebin azaltılmasında, atık suların arıtılarak yeniden kullanılması olası çözümlerden biridir. Atık suların yeniden kullanılmasından kaynaklanan sağlık risklerini bertaraf etmek için ise, su kalitesine ilişkin standartların geliştirilmesi ve atık suların bu standartları sağlayacak düzeyde arıtılması gereklidir (Blumenthal et al., 2000a). Arıtılmış atık sular sulama amacıyla birçok ülkede kullanılmaktadır. Bu ülkelerden; Meksika, ABD, İspanya, İsrail, İtalya, Fransa, Tunus, Yunanistan kullanım amaçlarına göre arıtılmış atık suların sağlaması gereken kalite ölçütlerini veren, uygun arıtma yöntemlerini belirten ve sulama amacıyla bu suların nasıl kullanılması gerektiğini açıklayan rehberler geliştirmiştir (Blumenthal et al, 2000a; Salgot et al., 2001b; US EPA, 2004; Kukul et al., 2005). Türkiye’de tarımsal amaçlı kullanılacak arıtılmış atık sular için kalite ölçütleri ve teknik sınırlamalar Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (Resmi Gazete, 1991) ile tanımlanmıştır (Çizelge 7 ve 8).

Çizelge 7. Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite ölçütleri

Kalite ölçütleri	Sulama suyu sınıfı				
	I. Sınıf (çok iyi)	II. Sınıf (iyi)	III. Sınıf (kullanılabilir)	IV. Sınıf (ihtiyatla kullanılmalı)	V. sınıf (zararlı) uygun değil
$EC_{25} \times 10^6$	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (% Na)	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR)	< 10	10-18	18-26	> 26	
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC)	meq/l > 1.25 mg/l < 66	1.25-2.5 66-133	> 2.5 > 133		
Klorür (Cl ⁻)	meq/l mg/l 0-4 0-142	4-7 142-249	7-12 249-426	12-20 426-710	> 20 > 710
Sülfat (SO ₄ ⁻)	meq/l mg/l 0-4 0-192	4-7 192-336	7-12 336-575	12-20 575-960	> 20 > 960
Toplam tuz konsantrasyonu	mg/l 0-175	175-525	525-1400	1400-2100	> 2100
Bor konsantrasyonu	mg/l 0-0.5	0.5-1.12	1.12-2.0	> 2.0	-
NO ₃ ⁻ veya NH ₄ ⁺	mg/l 0-5	5-10	10-30	30-50	> 50
Fekal Koliform Sayısı	1/100 ml 0-2	2-20	20-100	100-1000	> 1000
BOI ₅	mg/l 0-25	25-50	50-100	100-200	> 200
Askıda katı madde	mg/l 20	30	45	60	> 100
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-9	< 6 veya > 9
Sıcaklık	30	30	35	40	> 40

Çizelge 8. Atık suların tarımda kullanılması ile ilgili esaslar ve teknik sınırlamalar

Tarım Türü	Teknik Sınırlamalar
Meyvecilik ve Bağcılık	-Yağmurlama metodu ile sulama yasaktır. -Yere düşen meyveler yenmemelidir. -Fekal koliform sayısı 1000/100 ml
Elyafli Bitki ve Tohum Üretimi	-Salma veya yağmurlama sulama yapılabilir. -Yağmurlama sulamada biyolojik olarak arıtılmış ve klorlanmış atıksular kullanılabilir. -Fekal koliform sayısı 1000/100 ml
Yem Bitkileri, Yağ Bitkileri, Çiğ Yenmeyen Bitkiler ve Çiçekçilik	-Salma sulama yapılabilir; atık su fiziksel arıtma işleminden geçmelidir.

Sağlık Riskini Yönetme Stratejileri

Risk yönetimi; belirli bir sistem için riski anlamayı, değerlendirmeyi, öncelik belirlemeyi ve sonrasında da risk azaltma stratejilerini uygulamayı kapsar. Risk yönetimi etkinlikleri özellikle, kişinin bir kirleticiye nasıl maruz kalabileceğinin tahmin edilmesi ile belirlenir (Deere et al., 2001).

Risk yönetimi için kullanılan yöntemlerden birisi “çok aşamalı engel” yaklaşımıdır. Patojenlerin çevreden (atık su, bitkiler, toprak, vb.) insanlara doğru olan akışını keserek halk sağlığı korumayı hedefler. Sağlığı korumaya yönelik alınabilecek stratejiler-önlemler, diğer bir deyişle patojenlere karşı oluşturulan engeller beş ana sınıf altında toplanmaktadır.

1) Arıtma: Tarımda kullanılacak evsel atık suların arıtılmasında temel amaç, dışkı kaynaklı patojenlerin uzaklaştırılması veya pasifleştirilmesidir.

2) Ürün sınırlaması: Standartları sağlamayan arıtılmış sular kullanılarak yetiştirilecek ürünlere kısıtlama getirilir. Böylece tüketici sağlığı korunabilir. Örneğin pamuk gibi yenmeyen veya patates gibi pişirilerek yenen bitkiler yetiştirilir. Bu yolla tüketiciler korunmuş olur. Ancak, aynı korunma çiftlik çalışanları ve yaşayanları için geçerli değildir. Her iki grup için koruma sağlama; atık suyun arıtılması, suyun kontrollü uygulanması ve atık suyla temasın engellenmesi ile sağlanabilir.

3) Sulama yöntemleri: Suyu tarlaya uygulama yöntemi çiftçilerin, tüketicilerin ve yakın çevrede yaşayan halkın sağlığı üzerine olumsuz etkileri azaltabilir veya arttırabilir. Örneğin, yağmurlama sulama ile sulama yapıldığında, yetiştirilen bitkilerin ve yakın çevrede yaşayanların aerosol etkisi nedeni ile atık sulara teması fazladır. Yağmurlama sulama kullanıldığında, çevredeki evler ve yollardan 50-

100m uzaklıkta tampon bölge oluşturulmalıdır. Atık su uygulamalarına bağlı sağlık risklerini azaltmak için, damla ve çok düşük basınçlı fiskiye (bubblers), sistemleri uygulanabilir.

4) İnsanların patojenlere maruz kalmalarının kontrolü: Atık suların tarımsal kullanımı ile potansiyel risk altında olan kişiler dört grupta toplanmaktadır. Bunlar; çiftlik çalışanları, ürünleri toplayan işçiler, tüketiciler (bitkisel ürünler, et ve süt gibi yiyecekleri tüketenler) ve tarım arazisi yakınlarında yaşayanlardır. Bu gruplar içinde en çok çiftlik çalışanları, daha sonra da tüketiciler risk altındadır. Çiftlik çalışanları için alınabilecek önlemler, bubbler ve damla sulama gibi suyla teması azaltan sulama yöntemlerinin kullanılması, çizme ve eldiven gibi koruyucu kıyafet giyilmesi olabilir. Ayrıca kişisel temizlikleri için çiftliklere yeterli temiz su sağlanarak atık suyla temasları azaltılmalıdır. Çiftlik çalışanlarını, işçileri, tüketici ve satıcıları hedefleyen kişisel ve evle ilgili hijyeni artırma konusunda sağlık eğitimi kampanyaları yapılabilir. Ellerin sabunla yıkanması vurgulanabilir. Tüketiciler ise sebze ve eti pişirerek, sütü kaynatarak, kişisel ve evleriyle ilgili temizlik önlemlerine dikkat ederek patojenlere bağlı enfeksiyon riskinden korunabilirler.

5) İlaç tedavisi ve aşılama: Bu tip sağlık koruma önlemleri çiftlik çalışanları ve yaşayanlarını hedefler. Ancak yeterli koruma sağlaması beklenmemelidir. Atık suların kullanıldığı devlete veya ticari şirketlere ait çiftliklerde çalışan, yaşayan kişilere su kalitesi iyileştirilinceye ve diğer koruyucu önlemler getirilinceye kadar süre kazandırmak için uygulanabilir. Helmith enfeksiyonları ve ishale neden olan hastalıklar için bağıışıklık geliştirmek mümkün değildir. Bununla birlikte, atık suyla yoğun teması olan kişilere hepatit A ve tifo'ya karşı aşı yapılabilir. İshal hastalıklarının tedavisi için sağlık hizmetleri verilebilir, düzenli ilaç sağlanabilir. İlaçlar ile çocuklarda nematod hastalıkları, hem çocuklarda hem de yetişkinlerde kansızlık kontrol edilebilir.

Çoğunlukla bu önlemlerin kombinasyonlarının kullanılması istenebilmektedir. Örneğin, ürün sınırlaması tüketicileri korumak için yeterli olabilir. Ancak, tarım işçilerini korumak için ek önlemlerle destekleme gerekli olacaktır. Bazen kısmen arıtma işleminden geçmiş atık sular kullanılması, diğer önlemler alınmış (ürün sınırlama ve damla sulama yöntemi gibi) ise yeterli sağlık koruma sağlanabilmektedir. Herhangi bir strateji-önlem kombinasyonunun uygulanabilirliği ve etkinliği birçok etmene bağlıdır. Bunlar, kaynakların varlığı (iş gücü, para kaynağı, arazi), mevcut sosyal ve tarımsal uygulamalar, atık suyla

sulanan ürünlere pazardaki talep, var olan dışkı kökenli hastalıkların seyri olarak sıralanabilir. Örneğin, atık suların arıtılması için yeterli parasal kaynak ve/veya arazi yoksa diğer üç tip sağlık koruma önlemlerini uygulamak gerekecektir (Carr et al., 2004a; Blumenthal et al., 2000b; Mara and Cairncross, 1989).

Risk yönetebilmek amacıyla önerilen diğer yöntemlerden biri de gıda endüstrisinde sağlık risklerini engellemek için geliştirilmiş ve etkili olarak kullanılan “Tehlike analizi ve kritik kontrol noktaları-HACCP” yönteminin, atık suların kullanımına uyarlanmasıdır (Bryan, 1992; Westrell et al., 2004). Diğer bir yöntem ise “İyi yeniden kullanım uygulamaları”dır (York, 2000 and York et al., 2000). Tüm yöntemlerin ortak amacı riski tanımlamak, değerlendirmek, öncelik belirleyerek risk azaltma stratejilerini saptayıp uygulamak ve böylece riski ortadan kaldırmak veya etkisizleştirmektir. Kent kanalizasyon sistemleriyle toplanan evsel atıklarda ana risk kaynağı patojenlerdir. Dolayısıyla tüm risk yönetimi yöntemlerinde riski önlemek için uygulanacak birincil strateji daima atık suların arıtılması olmalıdır. Arıtılmış atık suların kullanılmasından kaynaklanan risklerin yönetimi için iki yol uygulanabilir. Birincisi arıtılmış sular için standartlar koymak ve bu standartları sağlayacak düzeyde suların arıtılması; ikincisi ise yeniden kullanılan atık sularla insanların olası temaslarının azaltılmasıdır (Salgot et al., 2003).

Kimyasallar

Atık suların içinde kimyasal maddelerin bulunması da hastalıklara neden olabilmektedir. Kimyasallar, gıda zincirine girerek sağlık riski oluştururlar. İçeriğinde bu kimyasalları bulunduran gıdaların yenmesi, insan sağlığını olumsuz yönde etkilerler (Çizelge 9).

Genellikle atık sulardaki kimyasalların kaynağını endüstriyel atık sular oluşturur. Birçok ülkede endüstriyel atıkların doğaya bırakılması yasalarla sınırlandırılmıştır. Ülkemizde de Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (Resmi Gazete, 2004) ile atık suların arıtılması ve doğaya verilebilmesi için birçok sınırlama tanımlanmıştır. Buna göre, endüstriyel atık suların içerdiği kimyasallar, kabul edilebilir düzeylere kadar seyreltikten veya uygun bir yöntemle arıtıldıktan sonra doğaya ve kent kanalizasyon sistemine boşaltılmasına izin verilmektedir.

Kimyasallarla ilgili asıl sorun, toksik kimyasalları içeren gıdaların ve/veya suyun uzun süre tüketilmeleridir. Bu kimyasalların öncelikle bitki ve hayvanların bünyesinde depolanması ile dolaylı

olarak insan sağlığı için tehdit oluşturabileceği daima göz önünde bulundurulmalıdır.

Çizelge 9. Atık sularda veya arıtılmış atık sularda bulunan ve toksisiteye neden olabilen kimyasallar (Salgot, 2001a)

Grup	Kimyasal	Etkileri
İnorganik	Ağır metaller	Metalin özelliğine ve canlılarda birikimine bağlı olarak: kanser, sinir sistemine etkiler
	Bor	Bitkilerde toksisite
	Serbest klor kalıntısı	Sucul yaşamda toksisite
	Nitratlar	Methemoglobinemi (Mavi bebek sendromu), kanser
Organik	Organik halojenler	Kanser
	Pestisitler (zirai mücadele ilaçları)	Kanser, teratojenik etki ¹ , sinir sistemine etkiler
	Polinükleer aromatik hidrokarbonlar	Kanser

¹Gebe kadınlar tarafından alındıklarında plasentadan fetal dolaşıma geçerek fütusta kalıcı bozukluklara neden olması.

Bununla birlikte, tarımsal ürünlerin sulanması amacıyla kullanılan suların içerdiği ağır metal ve toksik elementlerin çok düşük miktarları bile öncelikle bitkiler için zararlıdır ve bitki yetiştiriciliğini kısıtlamaktadır (Çizelge 10). Ayrıca, ağır metallerin bitki bünyesine alınabilirliği asidik toprak koşullarında (pH<5.5) artış göstermektedir. Oysa tarımsal yetiştiricilik için sulamanın gerekli olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, toprakların pH değerı 6.5 ile 8 arasında olup, genellikle hafif alkali topraklardır. Bu koşullarda, toksik kimyasalların bitkilerce alınımı güçleşir.

Kimyasal içerikleri yönünden, tarımsal alanlarda atık suların sulama için kullanılmasında dikkat edilmesi gereken temel sorun, toksik kimyasalların toprakta birikmesi ve yıkanarak yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarına karışmalarıdır. Kimyasallar atık sularda her zaman bulunmaktadır. Ancak, sulamada kullanılan atık sularda bulunan toksik kimyasallar nedeniyle herhangi bir sağlık sorununun ortaya çıktığını gösteren net bir hastalık kanıtı bulunmamaktadır.

Çizelge 10. Ağır metal ve toksik elementlerin sulama sularında bulunmasına izin verilen en yüksek miktarları

Elementler	¹ (mg/l)	Açıklamalar
Alüminyum (Al)	5.0	Asit topraklarda (pH<5.5) verim düşmesine neden olabilir. Ancak alkali topraklarda (pH>7.0) iyon çökelir ve toksik etkisi görülmez.
Arsenik (As)	0.1 (0.01)*	Bitkilere toksik etkide bulunan miktarları, 0.05mg/l (çeltik için) ile 12mg/l (sudan otu için) arasında değişmektedir.
Berilyum(Be)	0.1	Bitkilere toksik etkide bulunan miktarları, 0.5mg/l (çalı fasulyesi için) ile 5mg/l (lahana için) arasında değişmektedir.
Kadmiyum (Cd)	0.01 (0.005)	Bitki ve toprakta birikmeye eğilimi nedeniyle canlılara zararlı olabileceği için ihtiyatlı limitler önerilmektedir. 0.1mg/l kadar düşük konsantrasyonları fasulye, pancar ve şalgama toksik etki yapar.
Krom (Cr)	0.1 (0.05)	Genellikle bitki büyümesi için temel element sayılmaz. Bitkiler üzerine toksik etkisi konusunda bilgi eksikliği nedeniyle ihtiyatla miktarlar önerilmektedir.
Kobalt (Co)	0.05	Nötr ve alkali topraklarda aktif değildir. 0.1mg/l konsantrasyonu domatese toksik etki yapar.
Bakır (Cu)	0.2 (2.0)	Birçok bitki için 0.1-1.0mg/l konsantrasyonları toksik etki yapar.
Florür (F)	1.0 (1.5)	Nötr ve alkali topraklarda aktif değildir.
Demir (Fe)	5.0	İyi havalandırılan topraklarda bitkilere toksik etkisi yoktur. Ancak toprakların asitleşmesine ve fosfor ile molibdenin yararlılığının azalmasına neden olur. Yağmurlama sulama ile kullanıldığında bitkiler, ekipmanlar ve binalar üzerinde kalıntı bırakır.
Kurşun (Pb)	5.0 (0.01)	Çok yüksek konsantrasyonlar bitkide hücre büyümesini durdurabilir.
Lityum (Li) ¹	2.5	0.075mg/l'den düşük konsantrasyonlar bile narenciye için toksiktir. Birçok bitki 5mg/l'den yüksek konsantrasyona dayanıklıdır. Toprakta hareketliliği yüksektir.
Manganez (Mn)	0.2	Genellikle yalnızca asit topraklarda, çok düşük miktarlardan birkaç mg/l arasındaki miktarları çoğu bitki için toksik olabilir.
Molibden (Mo)	0.01	Su ve topraktaki olağan konsantrasyonu bitkilere toksik etki yapmaz. Yüksek molibden içeren topraklarda yetişen yem bitkileri çiftlik hayvanları için toksik etkiye sahiptir.
Nikel (Ni)	0.2 (0.02)	Bir çok bitki için 0.5-1.0mg/l konsantrasyonları toksik etki yapar; pH nötr veya alkali ise toksik etki azalır.
Selenyum (Se)	0.02 (0.01)	Çok düşük (0.025mg/l) konsantrasyonları bile bitkilere toksik etki yapar ve nispeten yüksek selenyum içeren topraklarda yetişen yem bitkileri çiftlik hayvanları için de toksiktir. Hayvanlar için temel elementtir ancak çok düşük konsantrasyonlardır.
Vanadyum (V)	0.1	Nispeten düşük konsantrasyonlarda bir çok bitkiye toksik etkilidir.
Çinko (Zn)	2.0	Geniş bir aralıkta değişen konsantrasyonlarda bir çok bitkiye toksik etkisi vardır; pH>6.0 olması ve ince bünyeli veya organik topraklar toksisiteyi azaltır.
Bor (B) ²	0.7 (1.0)	Kültür bitkileri için ortalama sınır değerdir. Bitkilerin bora dayanımlarına göre sulama sularında izin verilen sınır değerler değişmektedir.
Kalay (Sn)		
Titanyum (Ti)	-	Bitkiler bünyelerine almazlar; belirli bir dayanımları bilinmemektedir.
Tungsten (W)		

¹Suyun bir bölgede sürekli kullanıldığı koşullar için izin verilen en yüksek konsantrasyonlardır; yıllık toplam 1000mm sulama suyu uygulanmasına göre belirlenmiştir. Sulama suyu miktarı bu miktarı geçerse, en yüksek konsantrasyonlar aşağı çekilerek düzeltilmelidir. Daha az su uygulanması halinde düzeltmeye gerek yoktur (Pescod, 1992 ve Resmi Gazete, 1991). *Parantez içinde verilen değerler içme-kullanma suyu için kalite standartlarıdır (Resmi Gazete, 2005). ²(Ayers and Westcot, 1989; Resmi Gazete, 1991).

Sonuç

Atık suların uygun olarak toplanması ve arıtıldıktan sonra güvenli yöntemlerle tarımda kullanılması teşvik edilmelidir. Bu sayede su tasarrufu sağlanır ve su kaynakları kirletilmez, bitki verimi artar, yapay gübre gereksinimi azalır, atık sular doğaya zarar vermeden en yararlı şekilde uzaklaştırılmış olur. Atık suların arıtılmadan, plansız ve kontrolsüz bir şekilde kullanılması ise ne sağlık ne de tarım açısından önerilir. Tarımsal üretim için kullanılan arıtılmış atık su kalitesinin, hem bitkiler hem de tüketiciler üzerine etkileri konusunda endişeler ve bilinmeyenler bulunmaktadır. Su kalitesine ilişkin olarak atık suların içeriğindeki çözülmüş organik karbon ve sodyum konsantrasyonları, ağır metaller ile patojenler, ilaçlar ve endokrin sistemini bozan maddeler gibi kirleticiler üzerinde durulmaktadır (Toze, 2006).

Kimyasal içerikleri bakımından, atık suların tarımsal amaçlı kullanımını kısıtlayan asıl önemli sorun yüksek tuz konsantrasyonu ve Na, Cl, SO₄ gibi iyonlardır. Çünkü kullanılmakta olan atık suları arıtma yöntemleri ile bu sorunlar giderilememektedir. Suların içerdiği anyon ve katyonları arıtmak için ters ozmos, membran filtrasyonu gibi arıtma yöntemleri gerekmektedir ki, bu da sulamada kullanılacak sular için çok pahalı olup ekonomik değildir. Patojen içeriklerinden kaynaklanan riskler ise uygun arıtma ve diğer risk yönetim stratejileri birlikte kullanılarak önlenmektedir. İlaçlar (analjezikler, kafein, kolesterol ilaçları, antidepresanlar, antibiyotikler) ve endokrin sistemini bozan maddeler (doğum kontrol ilaçları- estradiol bileşikleri, bitki östrojenleri, böcek ilaçları, bifenoller ve ağır metaller gibi endüstriyel kimyasallar) gibi kirleticiler, özellikle içme suyu olarak insanlar tarafından kullanılan yüzey ve yeraltı su kaynaklarına karışırlarsa insan sağlığı için tehdit oluştururlar. Arıtılmış atık suların, planlı ve kontrollü olarak sulamada kullanılması ile bu maddelerin temiz su kaynaklarına karışması da önlenmiş olur.

Kaynaklar

- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. 1989. Water Quality for Agriculture. Irrigation and Drainage Paper, No. 29, FAO, Rome. 174 p.
- Bryan, F.L. 1992. Hazard Analysis Critical Control Point Evaluations. World Health Organization, Geneva. 72 p.
- Blumenthal U.J., Peasey A., Ruiz-Palacios G. and Duncan Mara D. 2000a. Guidelines for Wastewater Reuse in Agriculture and Aquaculture: Recommended Revision Based on New Research Evidence. Water and Environmental Health at London and Loughborough (WELL) Study, Task No: 68 Part 1,

- Loughborough University, UK. <http://www.lboro.ac.uk/well/> ;
http://www.med-reunet.com/05ginfo/04_references.asp
- Blumenthal U.J., Duncan Mara D., Peasey, A., Ruiz-Palacios G. and Stott R. 2000b. Guidelines for the Microbiological Quality of Trated Wastewater Used in Agriculture: Recommendations for Revising WHO Guidelines. *Bulletin of the World Health Organization*, 78 (9): 1104-1116.
- Carr R.M., Blumenthal U.J. and Mara D.D. 2004a. Health Guidelines for the Use of Wastewater in Agriculture: Developing Realistic Guidelines. Pages 41-58, in *Wastewater Use in Irrigated Agriculture: Confronting the Livelihood and Environmental Realities*. Scott C., Faruqui N. and Raschid-Sally L. (Eds.). CABI Publishing.
- Carr R.M., Blumenthal U.J. and Duncan Mara D. 2004b. Guidelines for the Safe Use of Wastewater in Agriculture: Revisiting WHO Guidelines. *Water Science and Technology* Vol. 50 (2): 31-38.
- Ceylan, A., Ertem, M., Ilcin ve Ozekinci, T. 2003. A Special Risk Group for Hepatitis E Infection: Turkish Agricultural Workers Who Use Untreated Waste Water for Irrigation. *Epidemiol. Infect. J.*, 131: 753-756.
- Deere D., Stevens M., Davison A., Helm G. and Dufour A. 2001. Management Strategies. Pages 259–288, in *Water Quality: Guidelines, Standards and Health; Assessment of Risk and Risk Management for Water-related Infectious Disease*. Fewtrell L. and Bartram J. (Eds). International Water Association (IWA) on behalf of the World Health Organization, London, UK.
- Kukul, Y.S., Anac, S., Salgot, M. and Molina, J. 2005. Developing Standards and Guidelines for Reuse of Treated Wastewater with Risk Assessment in Agriculture of Turkey. MED-REUNET II Workshop on Mediterranean Experiences on Water Reuse. Barcelona, Spain, 12 – 13 May, 2005.
http://www.med-reunet.com/docs/AVKR7_technical.pdf
- Mara, D. and Cairncross, S. 1989. Guidelines for the Safe Use of Wastewater and Excreta in Agriculture and Aquaculture. World Health Organization, Geneva, Switzerland, 187 p.
- Pescod, M.B. 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. *Irrigation and Drainage Paper*, No. 47, FAO, Rome. 125 p.
- Resmi Gazete. 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi Gazete.
- Resmi Gazete. 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 14 Eylül 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
- Resmi Gazete. 2005. İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, 17.02.2005 tarih ve 25730 sayılı Resmi Gazete.
- Salgot M., Verés C. and Angelakis A.N. 2003. Risk Assessment in Wastewater Recycling and Reuse. *Water Science and Technology: Water Supply*, 3 (4):301-309.
- Salgot M. 2001a. Hygienic Aspects of DESAR: Water Circuits. Pages 469-484, in *Decentralized Sanitation and Reuse. Integrated Envir. Tech. Series*, IWA Publishing, London, UK.
- Salgot M. and Angelakis A.N. 2001b. Guidelines and Regulations on Wastewater Reuse. Pages 446-465, in *Decentralized Sanitation and Reuse. Integrated Envir. Tech. Series*, IWA Publishing, London, UK.
- Toze, S. 2006. Reuse of Effluent Water-Benefits and Risks. *J. of Agricultural Management*, 80:147-159.

- US EPA. 2004. Guidelines for Water Reuse US EPA and US Agency for International Development. EPA/625/R-04/108.
<http://www.epa.gov/nrmrl/pubs/625r04108/625r04108.pdf>
- Westcot, D.W. 1997. Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production, Water Reports, No. 10, FAO, Rome. 86 p.
- Westrell T., Schönning C., Stenström T.A. and Ashbolt N.J. 2004. QAMRA (quantitative microbial risk assessment) and HACCP (hazard analysis and critical control points) for Management of Pathogens in Wastewater and Swage Sludge Treatment and Reuse. *Water Science and Technology*, 50 (2): 23-30.
- York D.W. 2000. Code May Help Agencies Reuse Water Wisely. *Water Environment and Technology*, 12 (9): 8.
- York D.W. and Walker-Coleman L. 2000. Pathogen Standards for Reclaimed Water. *Water Environment and Technology* 12 (1): 58-61.