

Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği

Züleyha BİNGÜL¹, Aysun ALTIKAT²

ÖZET: Bu çalışmada, evsel nitelikli atıksu arıtma tesisi çıkış sularının alıcı ortama deşarj edilmesi yerine tarımsal amaç için yeniden kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada materyal olarak bir işletme çalışanlarının evsel amaçlı kullanımları sonucu oluşan atıksuları için projelendirilen ve ardışık kesikli reaktör prensibi ile çalışan biyolojik paket arıtma tesisi çıkış suları kullanılmıştır. Biyolojik arıtma işleminden geçirilen evsel nitelikli atıksuyun tarımsal sulamaya uygunluğu Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği kapsamında değerlendirilmiştir. Arıtma tesisinden çıkan atıksuların analiz sonuçlarına göre Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ), Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Askıda Katı Madde (AKM) parametrelerinde sırasıyla %98, %97 ve %95 giderim verimleri elde edilmiş olup, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 21 kapsamında değerlendirildiğinde alıcı ortam deşarj standartlarının altına düştüğü belirlenmiştir. Arıtma tesisi çıkış suları analiz sonuçları Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği Ek7 kapsamında değerlendirildiğinde de bulanıklık, elektriksel iletkenlik ve sodyum parametrelerinin standartları sağlamadığı ve bu nedenle bu suların tarımsal sulamada kullanımının uygun olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtılmış atıksu, tarımsal sulama, yeniden kullanım

Usability for Agricultural Irrigation of Domestic Wastewater Treatment Plant Effluents

ABSTRACT: In this study, the effluent of domestic wastewater treatment plant was investigated to reusability for agricultural irrigation, instead of discharging to the receiving environment. In the study, biological wastewater treatment plant effluent, which was designed for the wastewater resulting from the use of the facility employees for domestic purposes and operated with a sequencing batch reactor principle, was used as material. The suitability of domestic wastewater treated through biological treatment for agricultural irrigation was evaluated within the scopes of Water Pollution Control Regulation and The Technical Procedure Communiqué of Wastewater Treatment Plants. According to the analysis results of the treatment plant wastewater, removal efficiencies for BOD (Biochemical Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand) and suspended solid (SS) were 98%, 97% and 95% respectively and when evaluated these values within the scope of Water Pollution Control Regulation Table 21: Discharge Standards for Domestic Wastewaters to a Receiving Environment, it has been determined that they were below the discharge standards. When the analysis results for turbidity, electroconductivity and sodium parameters were evaluated within the scope of The Technical Procedure Communiqué of Wastewater Treatment Plants, Appendix 7, it was seemed that these values did not comply with the standards and the use of the effluent for agricultural irrigation was not possible.

Keywords: Agricultural irrigation, reuse, treated wastewater.

¹ Züleyha BİNGÜL (0000-0003-2472-9077), İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İğdır, Türkiye

² Aysun ALTIKAT(0000-0001-9774-2905), İğdır Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İğdır, Türkiye
Sorumlu yazar/Corresponding Author: Züleyha BİNGÜL, zuleyha.bingul@igdir.edu.tr

GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ve bu nüfusun ihtiyacını karşılamak için endüstriyel ve tarımsal faaliyetlerdeki artış beraberinde su kaynaklarına olan talebi de artırmıştır. Su tüketimindeki artış eğilimine rağmen kullanılabilir su kaynaklarının kısıtlı ve azalıyor olması, kaynakların daha dikkatli yönetilmesini ve su tüketimini azaltıcı tedbirler alınmasını zorunlu hale getirmiştir (Agrafioti and Diamadopoulos, 2012).

Tükenmez bir kaynak olarak kabul edilen suyun kalite ve miktarında meydana gelen azalma kaynak temininde sorunlarla karşılaşılan birçok alanda temiz su kaynaklarının kullanılmasının yerine alternatif su kaynaklarının kullanımını gündeme getirmiştir. Bu alternatiflerden biri de arıtılmış atıksuların kullanımudur. Atıksuların arıtıldıktan sonra geri kazanımı ve yeniden kullanımı suyun hem ulusal hem de uluslararası ölçekte sürdürülebilirliği açısından önemli bir bileşeni haline gelmiş ve özellikle su kıtlığı yaşayan kurak ülkelerde geniş uygulama alanı bulmuştur (Pedrero et al., 2010; Demirer, 2011; Koyuncu ve İmer, 2016; Zaibel et al., 2016). Arıtılmış atıksular okul bahçelerinin, parkların, peyzaj alanlarının, spor alanlarının sulanmasında, süs bahçelerinde, sanayi sektöründe soğutma, yıkama, kazan beslemede, golf sahalarının sulanmasında, yol kenarlarının sulanmasında, çeşmeler, süs havuzları ve şelaleler gibi dekoratif su yapılarında, yangın söndürme gibi işlemlerde yoğun olarak kullanılmakta; böylece hem artan su ihtiyacı karşılanmakta hem de temiz su kaynaklarının tasarrufu sağlanmaktadır (Kitiş ve ark., 2009; Özbay ve Kavaklı, 2008).

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de su kaynakları tüketiminin başlıca sorumlusu tarımsal faaliyetlerdir. Yapılan araştırmalara göre dünya su kaynaklarının yaklaşık %70'i sulamada kullanılmaktadır. Bu nedenle su kaynaklarının dikkatli kullanımının gerektiği günümüzde azalan su kaynaklarını desteklemek amacıyla arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada yeniden kullanımı önem kazanmıştır (Perez et al., 2015; Aşık and Özsoy, 2016).

Atık suların yeniden kullanılabilmesi için gerekli arıtma işlemleri atık suyun özelliklerine ve arıtıldıktan sonra hangi amaçla yeniden kullanılacağına bağlı olarak değişmektedir (Erdoğan ve ark., 2009).

Atıksuyun sulama amaçlı kullanımında işin sağlık boyutu çok büyük bir öneme sahiptir. Hijyen eksikliği kaynaklı hastalıklar birçok gelişmekte olan ülkede yüksek ölüm oranlarının nedeni olmaya devam etmektedir. Bu nedenle atıksuların tarımsal kullanımı sırasında hijyene ve sağlık açısından gerekli tüm koşullara dikkat etmek önemli bir konu olarak kendini göstermektedir (Sarıkaya ve ark., 2011).

Gerekli tedbirler ve teknik önlemler alınmadan, standartlar çerçevesinde arıtılmamış atıksuyun sulamada kullanılmasının arıtılmamış atıksu ile uzun süre temas eden ve bu su ile sulanan sebzeleri tüketen kişilerin sağlığında ciddi bir risk yaratması, yeraltı suyunda kirliliğe yol açması, toprakta kimyasal kirleticilerin birikimine neden olması ve dolayısıyla toprağın tamponlama kapasitesi ile pH'sını değiştirebilmesi, ağır metal birikimine neden olması, hastalıkların yerleşeceği bir ortam yaratması, sulama sistemlerine zarar verebilmesi, atık suyu taşıyan kanallarda ötrofikasyona neden olması gibi olası riskleri vardır (Kendirli ve ark., 2003; Kayıkcıoğlu, 2012).

Atıksuların arıtılarak sulamada kullanılması çevre bakımından güvenilir bir geri dönüşüm prosesi olup, bu sayede mevcut yeraltı ve yüzey su kaynaklarına olan bağımlılık azalır ve bu su kütlelerinin ekolojik yaşamı koruma altına alınmış olur (Koyuncu ve İmer, 2016). Gerekli arıtım işlemleri yapıldığı ve teknik usuller uygulandığı sürece, arıtılmış atıksuların sulamada kullanımının kurak geçen mevsimlerde alternatif su kaynağı oluşturma, yüzey su kaynaklarının kirlilik yükünü azaltma, yeraltı suyuna karışmadan önce atık suya ek bir arıtma sağlama, arıtılmış atıksu toprağın organik madde ihtiyacını karşıladığından yapay gübre ihtiyacını azaltma, kentsel atık suların çevreye zarar vermeyecek bir şekilde ve ekonomik olarak uzaklaştırılmasını mümkün kılma, boşa gidecek bir kaynağın geri dönüştürülmüş olmasıyla suların tüketim eğilimindeki baskıyı azaltma gibi bir takım faydaları vardır (Yurtseven ve ark., 2010; Belhaj et al., 2016).

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) Madde 28'de (2004) arıtılmış atıksuların kriterleri sağlanması halinde sulama suyu olarak kullanılması teşvik edilmektedir. Arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak uygunluğu ilk önce SKKY'nde belirtilen Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin Uygulanmasına

Dair Teknik Usuller Tebliği (SKKYTUT, 1991) çerçevesinde değerlendirilmiştir. Daha sonra değişen ve gelişen şartlar çerçevesinde mevcut tebliğde düzenlemeler yapılarak 20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı Resmi Gazete’de Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (AATTUT) yayımlanmış ve bu tebliğin yayımlanması ile SKKYTUT yürürlükten kaldırılarak artırılmış atıksuların sulama suyu olarak geri kullanımı değerlendirilirken AATTUT kullanılmaya başlanmıştır.

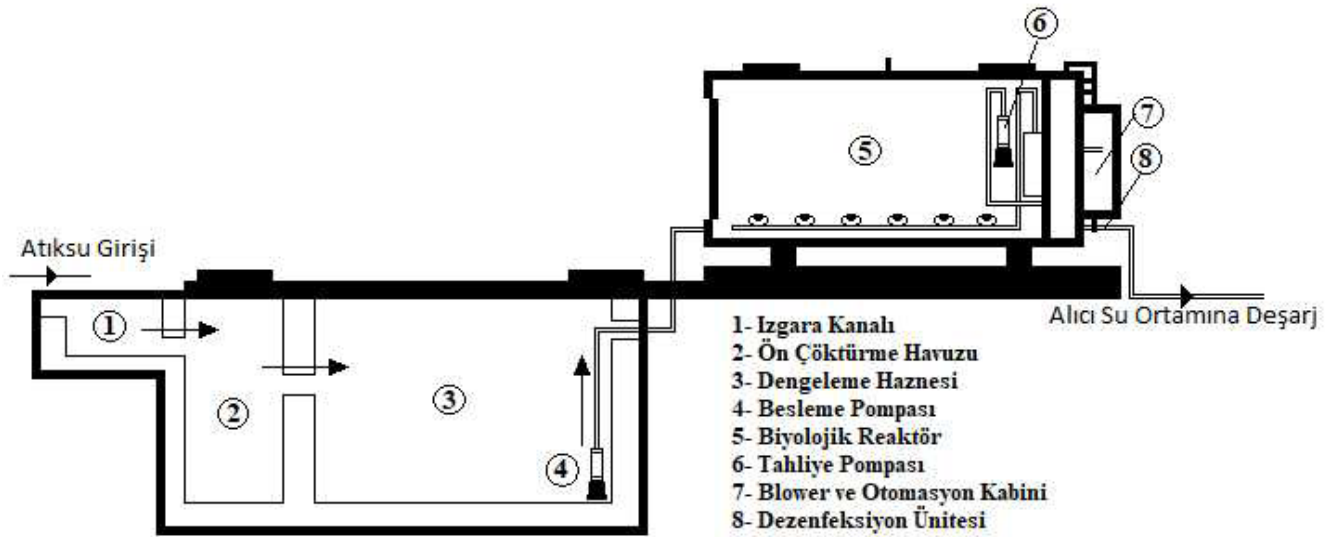
Evsel atıksular; evler, siteler, konutlar, motel ve oteller gibi yerleşim birimlerinde kullanım sonucu oluşan kirli sulardır. Nüfusun artmasıyla birlikte su kullanımının da artması, çok miktarda atıksu oluşmasına neden olmaktadır. Bu sulara rastlanan kirleticilerin büyük bir bölümünü deterjanlar, organik maddeler ve yağlar oluşturmaktadır olup, geri kazanımı ve yeniden kullanımında patojen mikroorganizmalar ve mikro kirleticilerin su ortamından tamamen uzaklaştırılması

gerekir (Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2016; Koyuncu ve İmer, 2016). Bu çalışmada; evsel nitelikli arıtma tesisi çıkış sularının tarımsal sulamaya uygunluğu SKKY (2004) ve AATTUT (2010) kapsamında değerlendirilmiştir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak bir işletme çalışanlarının evsel amaçlı kullanımları sonucu oluşan atıksuları için projelendirilen 70 m³ gün⁻¹ kapasiteli atıksu arıtma tesisi çıkış sularının analiz sonuçları kullanılmıştır. İşletmede 272 kişi çalışmakta olup, atıksu arıtma tesisi proje nüfusu 350 kişidir. İşletmede; arıtma tesisi olarak evsel nitelikli atıksuların arıtımında yaygın olarak kullanılan ve ardışık kesikli reaktör prensibi ile çalışan biyolojik paket arıtma sistemi seçilmiştir.



Şekil 1. Paket arıtma ünitesi akım şeması

Şematik olarak Şekil 1’de gösterilen arıtma tesisi ön arıtım, biyolojik arıtım ve çamur uzaklaştırma ünitelerinden oluşmaktadır. Atıksu, arıtma tesisinin ilk ünitesi olan ızgaradan geçtikten sonra dengeleme havuzunda toplanmaktadır. Büyük boyuttaki katı maddeler girişteki ızgara tarafından tutulmaktadır. Dengeleme havuzunda da atıksuyun debi ve konsantrasyon yönünden dengelenerek homojen ve düzenli bir şekilde arıtma tesisine transferi

sağlanmaktadır. İlk çöktürme havuzunda inorganik ve çökebilir maddeler giderildikten sonra havalandırma havuzunda atıksudaki kirleticiler biyolojik arıtımla giderilmektedir. Oluşan biyolojik yumaklar son çöktürme havuzunda çöktürüldükten sonra artırılmış atıksu pompalar vasıtasıyla alıcı ortama deşarj edilmektedir. Çalışmada kullanılan atıksuyun arıtma tesisine girişteki karakteristik özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan atıksu içerisinde bulunan kalite parametreleri

Parametreler	Alt Değer	Üst Değer
pH	7.7	7.9
BOİ ₅ (mg L ⁻¹)	570	620
KOİ (mg L ⁻¹)	1177	1300
AKM (mg L ⁻¹)	890	990

Yöntem

Arıtma tesisinden iki saatlik kompozit numune almak mümkün olmadığından, arıtılmış atıksu numuneleri arıtma tesisi çıkışından deşarjın devam ettiği süre içerisinde alınmıştır.

Alınan numunelere SKKY Madde 29'da yer alan hüküm gereğince işlem uygulanmış ve iki saatlik kompozit numune değerleri ile kıyaslama yapılmıştır. Sıcaklık, pH, oksijen ve iletkenlik parametrelerinin analizleri arazide ve hemen yapılmıştır. Kimyasal Oksijen İhtiyacı, Biyolojik Oksijen İhtiyacı, Askıda Katı Madde ve klor analizleri standart metotlarda (AWWA, 1985) belirtilen yöntemlere göre, mikrobiyolojik analizler ise TS EN ISO'da belirtilen metotlara göre yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 11. Maddesine (Değişik:26/4/2006-5491/8 md.) göre işletme ve tesisler atıklarını alıcı ortama vermeden önce yönetmeliklerdeki standartlara uygun olarak arıtmak ve gerekli izinleri almakla yükümlüdürler. SKKY'nin (2004) 26. Maddesine göre de tüzel ve gerçek kişilerin atıksularını alıcı ortama vermeleri için yönetmelikte yer alan deşarj standartlarını sağlamaları gerekmektedir. Bahse konu hüküm gereğince evsel nitelikli atıksuların alıcı su ortamlarına deşarjlarında uyulması gereken standart değerler ile atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun alıcı ortama deşarj edilebilirliğini değerlendirmek için alınan numunelerde yapılan analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları ve deşarj standartları

Parametre	Birim	Numune	Deşarj Standartı (2 saatlik) (SKKY, 2004)
Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ)	mg L ⁻¹	9.47	50
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)	mg L ⁻¹	33.23	180
Askıda Katı Madde	mg L ⁻¹	12.10	70
pH		7.49	6-9

Arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak geri kullanım kriterleri de AATTUT (2010) Tablo E7.1'de verilmiştir. Tebliğin 22. Maddesinin 1. Bendine göre evsel nitelikli atıksular analiz sonucuna göre Tablo E7.1'de yer alan Sınıf A veya Sınıf B'deki bitki türlerinde ve alanlarda sulama suyu olarak kullanılabilir (AATTUT, 2010). Tablo E7.2'de sulama suyu için sağlanması gereken kimyasal kalite kriterleri verilmiştir. Evsel nitelikli atıksuların dışındaki arıtılmış

atıksuların sulamada geri kullanılması için bu kriterleri sağlaması gerekmektedir. Arıtma tesisi çıkış suyu analiz sonuçları tarımsal sulamaya uygunluk açısından bu tebliğ kapsamında değerlendirilmiştir.

pH

pH sulardaki aktif H⁺ iyonu konsantrasyonunu göstermektedir. Bu nedenle toprakların kimyasal özelliklerini etkileyebilir. Asit topraklar pH'sı 4.8'den

düşük olan sularla belirli bir süre sulandığında, çözünür demir, mangan ya da alüminyum derişimleri bitkiler için zehirli düzeylere ulaşabilir. Aynı şekilde, tuz içeriği yüksek olan asit veya nötr sular da toprakların pH'sını düşürdüğünden bu elementleri zehirli duruma geçirebilirler (Karataş ve ark., 2005). Ayrıca sulama suyunun, pH'sının yüksek olması ile birlikte yüksek sıcaklık ve sertliğe maruz kalan boru hatlarında emitorlerin tıkanmasına ve akış hızının düşmesine neden olduğu daha önceki araştırmalarla teyit edilmiştir (Cirelli et al., 2012).

Bedbabis ve arkadaşlarının (2015) yaptıkları çalışmada; arıtılmış atıksu ile sulama yapıldığında toprak pH'sında kısa ve ani artışlara neden olduğu, uygun dozlar kullanıldığında olumsuz bir etkisinin olmadığı, eğer arıtılmış atıksu yüksek oranda bikarbonat içeriyorsa sulama yoluyla topraklara uygulanmasının toprak pH'sını artırabildiği gözlemlenmiştir.

KOSKİ (Konya Su ve Kanalizasyon İdaresi) Atıksu Arıtma Tesisinde kurulan 2 m³ sa⁻¹ kapasiteli pilot tesiste; çalışılan sistemlerin arıtım verimleri, günlük ve saatlik alınan numunelerde incelenmiştir. Pilot ölçekli tesis çalışmaları süresince pH parametresi 7.35-7.75 aralığında ölçülmüştür (Kurtkulak, 2014).

Biyolojik yöntemle arıtılmış kentsel atık suların sulama suyu olarak yeniden kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla farklı tipte nanofiltrasyon membranları kullanılmış, NF 90 membranı ile elde edilen süzüntü suyunun, incelenen parametrelerden potasyum hariç, sulama suyu standartlarına uygun olduğu görülmüştür. CK ve NF 270 membranlarıyla elde edilen süzüntü suyunun ise iletkenlik, sodyum, potasyum ve klorür parametreleri açısından sulama suyu standartlarını sağlamadığı belirlenmiştir (Bunani ve ark., 2012).

AATTUT Tablo E7.1'de hem Sınıf A, hem de Sınıf B için, arıtılmış atıksuların pH'sının 6-9 aralığında olması gerektiği belirtilmiştir. Çalışmada materyal olarak kullanılan atıksu arıtma tesisi çıkışında elde edilen pH değerleri 7-8 arasında olup, mevzuatta belirtilen pH aralığındadır ve sulama açısından herhangi bir sorun oluşturmayacağı görülmektedir.

Fekal Koliform

AATTUT'de mikrobiyolojik açıdan arıtılmış atıksuyun sulamada kullanılması için iki sınıf oluşturulmuştur. İnsanların temas edebileceği bahçe, park gibi alanlarda çim ve bitkilerin çok iyi kalitede

sulama suyu ile sulanması gerekmektedir. Bu durumda, sulama suyunda fekal koliform bulunmamalıdır ve suyun mikrobiyolojik açıdan kalitesi çok iyi kontrol edilmelidir. AATTUT (2010) Tablo E.7.1 Sınıf A'ya göre fekal koliform 0/100 mL, Sınıf B'ye göre ise fekal koliform <200 adet/100 mL olmalıdır. Çalışmada materyal olarak kullanılan arıtılmış atıksuda fekal koliformun %100 verimle giderildiği belirlenmiştir.

Bulanıklık

Bulanıklık suyun ışığı geçirgenliğinin bir ölçüsüdür. Sularda bulanıklığa askıda katı maddeler, planktonlar ve sudaki diğer çözünmüş organik ve inorganik maddeler neden olurlar. Bulanıklık suda canlı faaliyetlerinin olması ve kirlilik ile ilişkilendirildiğinden içme ve kullanma sularının berrak olması istenir. AATTUT (2010) Tablo E7.1'de bulanıklığın < 2 NTU olması gerektiği ifade edilmektedir. Çalışmada atıksu arıtma tesisinin bulanıklık değeri 7 NTU olup sınır değeri aştığından sulama suyu olarak kullanımı uygun değildir.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)

BOİ, sularda mikroorganizmalarca ayrıştırılabilen organik maddelerin miktarını belirlemede kullanılan bir parametre olup, bu maddelerin ayrıştırılabilmesi için gerekli oksijen miktarını ifade eder. Su kaynaklarının kirlilik dereceleri ile atıksuların kirlilik potansiyellerinin belirlenmesinde, arıtma tesisi tasarım ve işletmesinde, alıcı ortama deşarj uygunluğunun kontrol edilmesinde önemli bir parametredir. SKKY (2004) deşarj standartlarına göre, evsel nitelikli atıksu arıtma tesisi çıkış sularının BOİ değeri 50 mg L⁻¹, AATTUT (2010) sulama suyu kriterlerine göre de <20 mg L⁻¹ olmalıdır. Çizelge 2'ye bakıldığında arıtma tesisi çıkış suyunun BOİ değerinin 20 mg L⁻¹'den düşük olduğu ve %98 verimle giderildiği görülmektedir. Bu verilere göre atıksu hem alıcı ortam deşarj standartlarını hem de tarımsal sulama suyu olarak kullanılabilme kriterini sağlamaktadır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ)

KOİ su ve atıksularda kirliliğin derecesini gösteren en önemli parametrelerden birisidir ve atıksudaki organik maddelerin kimyasal stabilizasyonları için gerekli oksijen miktarını ifade eder. SKKY'ne (2004) göre KOİ parametresi için alıcı ortam standartı 180 mg L⁻¹ olup, Çizelge 2'ye göre atıksu arıtma tesisi çıkış

sularının KOİ değeri ortalama olarak 33.23 mg L⁻¹'dir. KOİ parametresi açısından kullanılabilirliği mümkündür.

Askıda Katı Madde (AKM)

Su numunesindeki çökebilen ve çökemeyen katı maddelerin toplamını ifade eden toplam AKM, genellikle koloidal organik madde parçaları, sediment maddeleri, çamur veya kil mineralleri ve planktonlardan ibarettir. Yüksek derişimde askıda katı madde arıtma tesisi çıkış suyu kalitesini ve alıcı ortamı olumsuz etkiler. Alıcı ortamda çökme ve dip çamuruna neden olmaktadır. AKM, sulama sistemini tıkadığı için de önemlidir.

Biyolojik paket arıtma tesisine giren atıksuyun AKM değeri ortalama olarak 940 mg L⁻¹ iken, tesisten çıkışta ortalama olarak 12 mg L⁻¹'dir. Arıtma tesisinde AKM %99 verimle giderilmiş olup, SKKY Tablo 21 ve AATTUT Tablo E.7.1'deki değerlerle karşılaştırıldığında hem alıcı ortam deşarj standartlarını hem de sulama suyu olarak kullanılabilme kriterlerini sağladığı görülmektedir. Hamoda ve arkadaşlarının (2004) yaptıkları çalışmada, AKM %95 verimle giderilmiş ve sulama suyu standardını sağlamıştır.

Elektriksel İletkenlik

Elektriksel iletkenlik suda toplam çözünmüş maddenin yani tuzluluğun bir göstergesidir. Aşırı tuzluluk bitki büyümesi, gelişimi ve verimliliği için sınırlayıcı bir faktördür. Toprak geçirgenliğini ve hidrolik iletkenliği de azaltır (Becerra-Castro et al., 2015). AATTUT'nde (2010) sulama suyu olarak kullanılacak arıtılmış atıksular iletkenlik açısından 3 sınıfa ayrılmaktadır. Elektriksel iletkenlik değeri <700 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olan sular I. sınıf su, 700-3000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olan sular II. sınıf su, >3000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olan sularda III. sınıf su yani kullanımında zarar derecesi tehlikeli olan su olarak değerlendirilmektedir. Arıtma tesisi çıkış suyu iletkenlik değeri 3200 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olup, tebliğdeki değeri sağlamadığından sulama suyu olarak uygun değildir.

Özgül İyon Toksisitesi

Sodyum ve klorür, yüksek konsantrasyonlarda bitkiler için toksisiteye sebep olan iyonlar içerisinde yer almaktadır. Sodyum, kök ve gövdenin alt kısmında birikerek uzun sürede ve yüksek konsantrasyonlarda etkisini gösterir. Sodyum konsantrasyonunun yüksek olması toprak yapısını bozduğu için bitkinin gelişimini de etkiler. Klor toprak tarafından adsorbe edilmediğinde

bitki tarafından topraktan kolayca alınır. Klor iyonlarının sebep olduğu zarar çok hızlı ve şiddetlidir (Duman, 2017). AATTUT'de yüzeysel sulama için sodyum konsantrasyonu <3 mg L⁻¹ olan sular I. sınıf su, 3 ila 9 mg L⁻¹ arasında olan sular II. sınıf su, >9 mg L⁻¹ olan sularda III. sınıf su yani kullanımında zarar derecesi tehlikeli olan su olarak değerlendirilmektedir. Damla sulamada ise sodyum konsantrasyonu <70 mg L⁻¹ olan sular I. sınıf su, >70 mg L⁻¹ olan sular II. sınıf su olarak değerlendirilmektedir. Atıksu arıtma tesisi çıkış suyunun sodyum konsantrasyonu 98 mg L⁻¹'dir. Bu değer AATTUT (2010) kapsamında değerlendirildiğinde arıtma tesisi çıkış suyunun sulama suyu olarak kullanımının zarar derecesi tehlikeli olarak sınıflandırılabilir.

AATTUT'de yüzeysel sulama için klor konsantrasyonu <140 mg L⁻¹ olan sular I. sınıf su, 140-350 mg L⁻¹ olan sular II. sınıf su, >350 mg L⁻¹ olan sularda III. sınıf su yani kullanımında zarar derecesi tehlikeli olan su olarak değerlendirilmektedir. Damla sulamada ise klor konsantrasyonu <100 mg L⁻¹ olan sular I. sınıf su, >100 mg L⁻¹ olan sular II. sınıf su olarak değerlendirilmektedir. Arıtma tesisi çıkış suyunun klor konsantrasyonu da 112 mg L⁻¹ olup, AATTUT'nin sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilme kriterleri ile mukayese edildiğinde yüzey sulamada kullanılabileceği görülmektedir.

SONUÇ

Yüksek miktarlarda su ihtiyacı olan tarım sektöründe arıtılmış atıksuların kullanımıyla su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir bir şekilde korunması ve kullanılması sağlanmış olur. Arıtılmış atıksuların sulamada kullanılması durumunda suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler açısından sınır değerlere uygunluğu dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada tarımsal amaçlı kullanım için arıtılmış atıksu AATTUT kapsamında değerlendirilmiş olup, pH, BOİ, KOİ, AKM, klor ve fekal koliform açısından tarımsal sulamaya uygun olduğu ancak bulanıklık, iletkenlik ve sodyum parametreleri açısından ise sulamada kullanımının mümkün olmadığı belirlenmiştir. Çıkış suyuna ters osmoz, iyon değişimi gibi iletkenliği ve sodyum konsantrasyonunu düşürücü ilave bir arıtım uygulandığı takdirde evsel nitelikli arıtılmış atıksu, sulama suyu olarak kullanılabilir ve böylelikle hem alıcı ortam hem de su kaynakları korunmuş olacaktır.

KAYNAKLAR

- Agrafioti E, Diamadopoulos E, 2012. A strategic plan for reuse of treated municipal wastewater for crop irrigation on the Island of Crete. *Agricultural Water Management*, 105: 57– 64.
- Aşık BB, Özsoy G, 2016. The use of treated waste water for agricultural irrigation and potential risks. *Works of the Faculty Agriculture and Food Sciences*, Vol. 61, No.66/1: 198-203.
- AATTUT, 2010. Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği, T.C. Resmi Gazete, 27527, 20.03.2010.
- AWWA, APHA, WPCF, 1985. Standart methods for water and wastewater examination. Sixteen edition, New York.
- Becerre-Castro C, Lopes AR, Vaz-Moreira I, Silva EF, Manaia CM, Nunes OC, 2015. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International*, 75: 117-135.
- Bedbabis S, Trigui D, Ahmed CB, Clodoveo ML, Camposeo S, Vivaldi AG, Rouina BB, 2015. Long-terms effects of irrigation with treated municipal wastewater on soil, yield and olive oil quality. *Agricultural Water Management*, 160: 14–21.
- Belhaj D, Jerbi B, Medhioub M, Zhou J, Kallel M, 2016. Impact of treated urban wastewater for reuse in agriculture on crop response and soil ecotoxicity. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 23: 15877-15887.
- Bunani S, Yörükoğlu E, Sert G, Yüksel Ü, Yüksel M, Kabay N, 2012. Biyolojik Yöntemle Arıtılan Kentsel Atıksuların Yeniden Kullanımı İçin Nanofiltrasyon (NF) Yönteminin Uygulanması. Onuncu Ulusal Kimya Mühendisliği Kongresi, Koç Üniversitesi, 3-6 Eylül 2012, İstanbul.
- Cirelli GL, Consoli S, Licciardello F, Aiello R, Giuffrida F, Leonardi C, 2012. Treated municipal wastewater reuse in vegetable production. *Agricultural Water Management*, 104: 163–170.
- Çevre Kanunu, 1983. T.C. Resmi Gazete, 18132, 09.08.1983.
- Demirer GN, 2011. Türkiye’de Atıksuların Yeniden Kullanımı. Alman Su Ortaklığı Günü. 17 Mart 2011, Ankara.
- Duman H, 2017. Arıtılmış Kentsel Atıksuların Sulamada Yeniden Kullanımı; Kayseri Atıksu Arıtma Tesisi Örneği. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Uzmanlık Tezi, 100 s.
- Erdoğan R, Mansuroğlu S, Atik M, Gülyavuz P, 2009. Turizm Kentlerinde Suyun Yeniden Kullanımı: Antalya Örneği. 1. Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran 2009, Konya.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 2016. Evsel Kaynaklı Arıtılmış Suların Tarımsal Sulamada Kullanımı. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Eğitim Yayın ve Yayınlar Dairesi Başkanlığı, 2016 Yılı 10. Kalkınma Planı Çalışmaları.
- Hamoda MF, Al-Ghusain I, Al-Mutairi NZ, 2004. Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse. *Desalination*, 164: 203-211.
- Karataş BS, Akkuzu E, Aşık Ş, 2005. İzmir Kentsel Arıtılmış Atık Sularının Sulamada Kullanım Olanaklarının İncelenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(3): 111-122.
- Kayikcioglu HH, 2012. Short-term effects of irrigation with treated domestic wastewater on microbiological activity of a Vertic xerofluent soil under Mediterranean conditions. *Journal of Environmental Management*, 102: 108-114.
- Kendirli B, Çakmak B, Kesmez GD, 2003. Sulamada Atıksu Kullanımı. 2.Ulusal Sulama Kongresi, 19 Ekim 2003, Aydın.
- Kitiş M, Yiğit N, Köseoğlu H, Bekaroğlu ŞŞ, 2009. Su ve Atıksu Arıtımında İleri Arıtma Teknolojileri- Arıtılmış Atıksuların Geri Kullanımı. Çevre ve Orman Bakanlığı Çevre Görevlisi Eğitim Ders Notları.
- Koyuncu İ, İmer DY, 2016. *Atıksu Geri Kazanımı. İTÜ MEM-TEK Bülteni*.
- Kurtkulak H, 2014. Kentsel Atıksuların Geri Kazanımı ve Yeşil Alanların Sulanmasında Yeniden Kullanımı: Konya Kenti Örneği. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 103s.
- Özbay İ, Kavaklı M, 2008. Türkiye’de ve Diğer Ülkelerde Arıtılmış Atıksuların Geri Kazanım Uygulamalarının İncelenmesi. Çevre Sorunları Sempozyumu, 14-17 Mayıs 2008, Kocaeli.
- Pedrero F, Kalavrouziotis I, Alarcon JJ, Koukoulakis P, Asano T, 2010. Use of treated municipal wastewater in irrigated agriculture-Review of some practices in Spain and Greece. *Agricultural Water Management*, 97: 1233-1241.
- Perez CF, Madera-Parra CA, Echeverri-Sanchez AF, Urrutia-Cobo N, 2015. Wastewater Reuse: impact the chemical and macronutritional attributes of an inceptisol irrigated with treated domestic wastewater. *Ingenieria y Competitividad*, Vol. 17: 19-28.
- Sarıkaya E, Demirer Göksel N, Göçmez S, Eşemen T, Klein D, Dockhorn T, 2011. Türkiye’de Arıtılmış Atıksu ve Besiyerlerin Tarımda Yeniden Kullanılması. 9. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 05-08 Ekim 2011, Samsun.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 25687, 31.12.2004.
- SKKYTUT, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin Uygulanmasına Dair Teknik Usuller Tebliği, T.C. Resmi Gazete, 20748, 07.01.1991.
- Yurtseven E, Çakmak B, Kesmez D, Polat E, 2010. Tarımsal Atık Suların Sulamada Yeniden Kullanılması. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 135-154, 11-15 Ocak 2010.
- Zaibel I, Zilberg D, Groisman L, Arnon S, 2016. Impact of treated wastewater reuse and floods on water quality and fish health within a water reservoir in an arid climate. *Science of the Total Environment*, 559: 268-281.