



Araştırma makalesi

Atıksuların Su Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi ve Tarımsal Sulama Suyu Olarak Kullanımı: Ankara Örneği ^a

Hatice BAYRAKTAR ^{1*}, Belda ERKMEN ¹

¹ Aksaray Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü, 68100, Merkez, Aksaray, Türkiye

* Sorumlu yazar (Corresponding author): hatice13@gmail.com

Makale alınış (Received): 23.06.2023 / Kabul (Accepted): 12.09.2023 /Yayınlanma (Published): 31.12.2023

ÖZ

Nüfusun dünya genelinde hızlı bir ivmeyle artış göstermesi su kıtlığını da beraberinde getirmektedir. İklim değişikliği, küresel ısınmanın oluşturduğu zararlar, yerkürenin ısınmasına, mevsimlerin değişmesine ve su kaynaklarının tükenmeye başlamasına neden olmaktadır. Temiz su kaynaklarına ulaşımın zorluğu, atıksu arıtma tesislerinden deşarj edilen suların kullanımını gündeme taşımıştır. Arıtılarak deşarj edilen atıksuların tarımsal sulamada kullanımının yaygınlaştırılması su kıtlığına aynı zamanda da arıtılan atıksuların büyük oranda bertaraf edilmesine olanak sağlayarak çözüm önerileri sunmaktadır. Bu çalışmada; evsel, endüstriyel, hem evsel hem de endüstriyel alanları temsil etmek amacıyla Ankara atıksu arıtma hattı üzerinde üç atıksu taşıyıcı kolektör bacasından, Tatlar Atıksu Arıtma Tesis giriş ve arıtma çıkışından olmak üzere toplam 5 numune noktasından atıksu örnekleri alınmıştır. Yağışlı ve kurak dönemi temsil etmek amacıyla Nisan 2022 ve Ağustos 2022 tarihlerinde atıksu numuneleri alınmıştır. Atıksu numuneleri Ankara Su Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) Genel Müdürlüğü laboratuvarlarında numunelerin fiziko kimyasal ve mikrobiyolojik su kalite parametreleri analiz edilmiştir. Analiz edilen suların tarımsal alanların sulanması için uygunluğu Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Atıksu Arıtma Tesisi Teknik Usuller Tebliği, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği ve Sulama Sularının Kalitesi ve Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Hakkında Yönetmelikler çerçevesinde değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre; sulama sistemlerinde tıkanıklığa neden olan askıda katı madde konsantrasyonu önemli bir parametre olup, sınır değer aralığındadır. Bitkilerin gelişim süreçlerini etkileyen

^a **Atıf bilgisi / Citation info:** Bayraktar H, Erkmen B (2023). Atıksuların Su Kalite Parametrelerinin Değerlendirilmesi ve Tarımsal Sulama Suyu Olarak Kullanımı: Ankara Örneği. Ahi Ziraat Der/J Ahi Agri 3(2): 164-177

elektriksel iletkenlik değerinin sınır değerleri aştığı tuzluluğa toleranslı bitkiler için kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Azot, fosfor konsantrasyonları analiz sonuçlarında sınır değerlerdedir. Gübre niteliği taşıyan besin tuzları bitki büyümesinde yardımcı olmaktadır. Sonuç olarak, bitki türleri, toprağın tipi dikkate alındığında tarımsal alanlarda sulama suyu olarak kullanılabileninin uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atıksu, tarımsal sulama, su kalitesi, BOİ, KOİ

© Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi

Research article

Evaluation of Water Quality Parameters of Wastewater and Its Use as Agricultural Irrigation Water: Ankara Case

ABSTRACT

The rapid increase in the population throughout the world brings water scarcity problem. Due to the difficulty in obtaining clean water resources, the utilization of discharged water thorough wastewater treatment plants has come to light. It provides a solution by reducing water shortages significantly and the disposal of treated wastewater by expanding the use of treated and discharged wastewater in agricultural irrigation. To represent domestic only, industrial only and, both domestic and industrial areas, wastewater samples were taken from a total of 5 sample points. Wastewater samples were collected in April and August of 2022 to simulate the rainy and dry seasons, respectively. Physicochemical and microbiological water quality characteristics of wastewater are investigated at the Ankara Water Sewage Administration (ASKI) laboratories. The suitability of the analyzed wastewater for agricultural irrigation has been assessed in accordance with the Water Pollution Control Regulation, the Declaration of Wastewater Treatment Plant Technical Procedures, the Urban Wastewater Treatment Regulation, and the Regulations on Irrigation Water Quality and Reuse of Used Water. According to the data obtained; suspended solids concentration, which causes congestion in irrigation systems, is an important parameter and is in the limit value range. It has been discovered that the electrical conductivity value surpasses the limit values, influencing plant development processes. However, it can be utilized for salt-tolerant plants. Nitrogen and phosphorus concentrations promote plant growth and set the path for their usage as fertilizers in agriculture. As a result, considering the plant species and soil type, it has been found that it can be used as irrigation water in agricultural areas.

Keywords: Water quality, agricultural irrigation, wastewater, BOI, COI

© Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture

Giriş

Yeryüzündeki su, sürekli döngü içerisinde olmasına rağmen tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de her geçen gün nüfusun artması, bilinçsiz su tüketimi, tarım ve sanayinin gelişmesi, iklim şartlarında meydana gelen değişim su döngüsünün tamamlanmadan tüketilmesine neden olmaktadır.

Dünya Ekonomik Formu tarafından yayımlanan 2023 Yılı Küresel Riskler Raporu'na göre dünya ekonomisinin en çok etkilenmesi beklenen riskin iklim ve çevre odaklı olacağından bahsedilmektedir (Birpınar vd. 2023). Gelecek nesillere sürdürülebilir çevre bırakabilmek için hızla tüketilen doğal kaynakların verimli kullanılması önem arz etmektedir. Su ihtiyacının giderek artması ihtiyaca karşılık evsel ve endüstriyel atıksuların artırılarak tekrar kullanılmasını ortaya çıkarmıştır.

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yayımlanmış olduğu rehber dokümanda yer alan verilere göre dünya nüfusunun yaklaşık %20'si su kıtlığı yaşamakta yakın gelecekte bu oranın daha da artacağından bahsedilmektedir. Yıl bazında kullanılabilir kişi başına düşen su miktarı 1000 ile 1700 m³ arasında olması halinde o ülke "su stresli" bir ülke olarak kabul edilmektedir (Pintilie vd. 2016). Ülkemizde geri kazanılan suların peyzaj, bahçe, rekreasyon amaçlı, tarım alanlarında kullanılması 20 Mart 2010 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği'ne göre değerlendirilmektedir. Atıksuların kullanılabilmesi atıksuyun hangi arıtma teknikleri ile arıtıldığına ve hangi amaçla kullanılacağına göre değişim göstermektedir (Erdoğan vd. 2009).

Sulama amaçlı kullanılacak atıksuların insan sağlığı açısından da büyük önemi bulunmaktadır (Bingül vd. 2009). Atıksu arıtma yöntemleri tesislerin kurulacağı yerlere, arıtılacak atıksuyun cinsine, karakterizasyonuna bağlı olarak tespit edilmektedir. Ayrıca tarım alanlarında kullanılacak arıtılmış sular alanda bulunan farklı bitki türleri için önemlidir. Arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanılmaya uygunluğu iyi araştırılmalıdır (Duman 2017). Bu nedenle tuzluluk, iletkenlik, pH, askıda katı madde (AKM), toplam çözünmüş maddeler gibi kriterlerin değerlendirilmesi önemlidir. En önemli indikatörler ise patojen mikroorganizma konsantrasyonlarını içermektedir. Evsel atıksular iklim farklılıkları, insan popülasyonunun farklı kültürel alışkanlıkları, askıda katı maddeler atıksu özelliklerini etkilemektedir. Bu durum atıksuyun özelliklerini kentten kente, yerleşim alanlarına bağlı olarak değişkenlik göstermesine neden olmaktadır (Çay 2013). Tarımın gelişmesi toprak ve su kaynaklarının etkin ve etkili kullanımını ortaya çıkarmaktadır.

Bu çalışmalar multidisipliner bilimin koordinasyonu eşliğinde sağlanmalıdır. Kullanılan atıksuyun kalitesi arıtıma bağlı olarak değişim gösterir ve maliyete etkisi de yadsınamaz ölçüdedir. (Çakmacı vd. 2016). Su kaynaklarının gün geçtikçe azalması, su ihtiyacının giderek artması alternatif arayışları beraberinde getirmiş, arıtılmış atıksuların kullanımının önemini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmanın amacı; ülkemizin başkenti Ankara'nın merkezi arıtma tesisi giriş ve çıkış noktaları ile tesise gelen yükün temsili tespiti için üç farklı noktadan alınan atıksuların fiziko kimyasal ve mikrobiyolojik değişkenlerine ait su kalitesinin belirlenmesi ve arıtma sularının farklı amaçlarla yeniden kullanılabilirliğinin ortaya konulmasıdır.

Materyal ve Yöntem

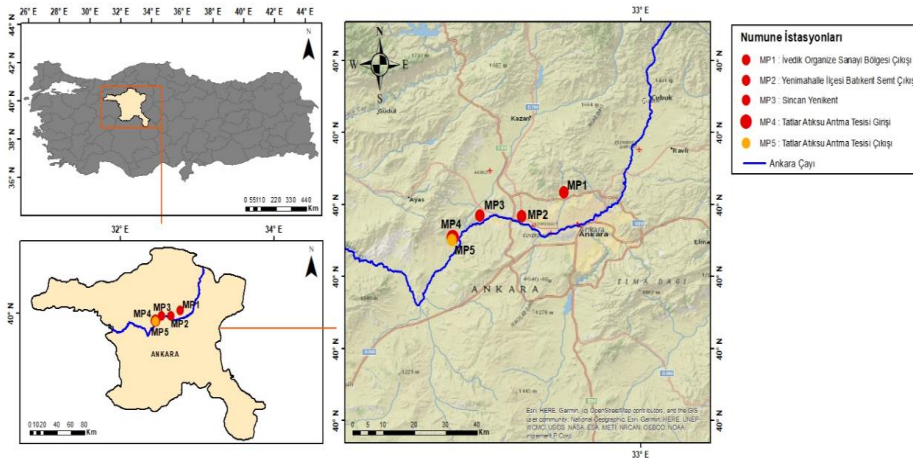
Çalışma Alanı

Türkiye'nin Başkenti Ankara İli 9 merkez, 16 çevre ilçeler olmak üzere toplam 25 ilçe, bu ilçelere bağlı 1425 mahalleden oluşmaktadır. Yüzölçümü 25.632 km² olan Ankara ilinin nüfusu TÜİK 2021-2022 yılları arası verilerinde 5.782.285 olarak açıklanmıştır. Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'nün (ASKİ) resmi sitesi ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan 2015-2023 dönemini kapsayan Atıksu Arıtımı Eylem Planı'nda yer alan bilgilere göre Ankara'nın il bazında 11 ilçesinde toplam 15 atıksu arıtma tesisi (Tablo 1) bulunmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinden çıkan atıksuların Kızılırmak ve Sakarya havzalarına deşarjı yapılmaktadır.

Tablo 1. Ankara ili arıtma tesisleri

İlçe	Belediye/Mahalle	AAT Adı	Arıtma Türü	Havza
Akyurt	Akyurt	ASKİ Karaköy AAT	İleri Arıtma	Sakarya
Ayaş	Ayaş	ASKİ Ayaş-Sinanlı AAT	İleri Arıtma	Sakarya
Çamlıdere	Çamlıdere	Çamlıdere AAT	Paket Arıtma	Sakarya
Çubuk	Çubuk	ASKİ Çubuk AAT	İleri Arıtma	Sakarya
Gölbaşı	Gölbaşı	Karagedik AAT	Paket Arıtma	Sakarya
Kazan	Kazan	ASKİ Kazan AAT	Fiziksel Biyolojik	Sakarya
Nallıhan	Nallıhan	Nallıhan AAT	Fiziksel Biyolojik	Sakarya
Nallıhan	Nallıhan	Çayırhan AAT	Fiziksel Biyolojik	Sakarya
Sincan	Sincan	ASKİ Tatlar AAT (MERKEZ)	Fiziksel Biyolojik	Sakarya
Yenimahalle	Yenimahalle	Turkuaz AAT	Fiziksel Biyolojik	Sakarya
Elmadağ	Elmadağ	ASKİ Elmadağ AAT	İleri Arıtma	Kızılırmak
Elmadağ	Elmadağ	Hasanoğlan AAT	İleri Arıtma	Kızılırmak
Elmadağ	Elmadağ	Lalahan AAT	İleri Arıtma	Kızılırmak
Evren	Evren	ASKİ Evren AAT	Fiziksel Biyolojik	Kızılırmak
Kalecik	Kazan	ASKİ Kalecik AAT	İleri Arıtma	Kızılırmak

Çalışmamızda Ankara Merkezi Atıksu Arıtım Tesisi Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi (AAT) tercih edilmiştir. Tatlar AAT'ye güney ve kuzey kuşaklama olmak üzere iki ana hat üzerinden atıksular ulaşmaktadır. Tesise ulaşan atıksular Ankara Çayı'na deşarj edilmektedir. Ankara ilini ikiye böldüğü düşünülen Ankara Çayı Nallıhan İlçesi, Beypazarı ve Ayaş ilçelerinden geçerek şehri ortadan ikiye böler ve Sincan İlçesi sınırlarında Çubuk Çayı ile birleşip akış devamlılığı sağlar. Bu çalışmada arıtma tesisine gelen noktalardan atıksu numuneleri alınarak su kalite kriterlerine ait parametrelerin tespiti yapılmıştır. Atıksu örnekleri Ankara Çayı'nın kuzeyinde kalan "Kuzey Kuşaklama Hattı" üzerinde evsel, endüstriyel, hem evsel hem de endüstriyel alanları temsil edebilen üç atıksu taşıyıcı kolektör bacasından, Tatlar Atıksu Arıtma Tesis giriş suyu ve arıtma çıkış suyu olmak üzere toplam 5 noktadan alınmıştır (Şekil 1).

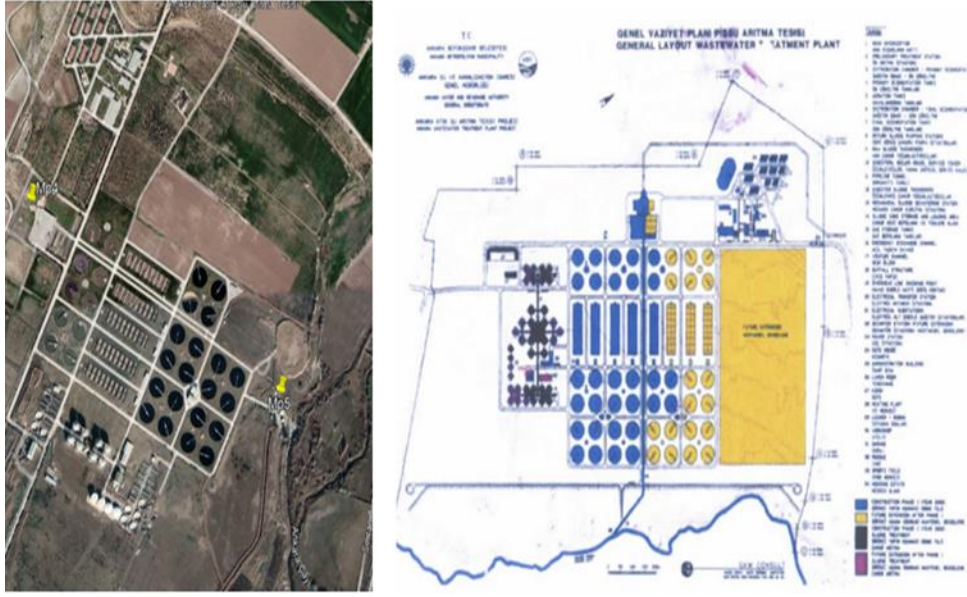


Şekil 1. Çalışma alanı ve örnekleme istasyonları.

Şehir şebeke kanalizasyon sistemi üzerinde belirlenen kollektör noktalarından atıksular dalgıç pompa yardımıyla alınmıştır. Bu kollektörlerden ilki; Yenimahalle ilçe sınırlarında yer alan İvedik Organize Sanayi Bölgesi çıkışı 1 nolu istasyon (MP-1) olarak belirlenmiştir. Endüstriyel faaliyetin fazla olduğu bölgeden gelebilecek yükün temsili karşılaştırılmasına imkan sağlaması için tercih edilmiştir. İvedik OSB çıkışında yer alan 1 numaralı (MP-1) kollektör hattındaki bacanın boru çapı 1000 (Ø), derinliği 7,5 metre boyutlarında ve 10 lt/sn akış debisine sahiptir. İkinci örneklem istasyonumuz Yenimahalle Batıkent mevki 2 numaralı (MP-2) istasyon olarak belirlenmiştir.

Kollektör hattındaki baca 600 (Ø) boru çapında ve derinliği 6,5 metredir. 5 lt/sn akış debisine sahip istasyondan alınan evsel nitelikli atıksu örnekleri değerlendirilerek çalışmalar yapılmıştır. Hem evsel hem de endüstriyel atıksulardan oluşan alandan alınan numuneler 3 numaralı (MP-3) istasyon olarak belirlenmiştir. Kollektör hattındaki bacanın boru çapı 1800 (Ø), derinliği 12,5 metre boyutlarında ve 25 lt/sn akış debisine sahiptir.

MP-1, MP-2 ve MP-3 istasyonlarından alınan atıksu örneklerinden sonra Tatlar Atıksu Arıtma Tesis giriş noktası ve çıkış noktasından numuneler alınmıştır. Tesis giriş noktası 4. nokta (MP-4) olarak belirlenmiş olup, giriş bacası betonarme yapılı, kanal ölçüleri 3,45 m x 4,6 m boyutlarındadır. Son numune alım noktası arıtma tesisinin çıkış kolektöründen alınan MP-5 istasyonu olarak tamamlanmıştır. Arıtma tesisi 2.000.000 m² açık alan 90.000 m² kapalı alana sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2. Tatlar Atıksu Arıtma Tesisi genel vaziyet planı (ASKİ,2023).

Türkiye'nin en büyük atıksu arıtma tesisi Tatlar AAT 765.000 m³/gün kapasiteli “Klasik Aktif Çamur Prosesi” ile dizayn edilmiştir. Kanalizasyon kollektör sistemi vasıtasıyla 250 milyon m³/yıl atıksu arıtılıp Sakarya havzasına deşarj edilmektedir. Merkezi atıksu arıtma tesisi Tatlar AAT'ye il genelinde kanalizasyon sisteminde toplanan atıksuların tamamı cazibe ile ulaşmaktadır. Belirlenen istasyonlardan alınan atıksu numunelerinin fiziksel ve fiziko kimyasal analizleri Ankara Su Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) Genel Müdürlüğü laboratuvarları aracılığı ile yapılmıştır.

Laboratuvardan alınan atıksu numune kapları ile yağmurlu ve kurak dönemde alınan su numuneleri analiz için laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvara taşınan atıksu numunelerinin iletkenlik, nitrit, nitrat, pH, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, toplam azot ve fosfor konsantrasyonları ile askıda katı madde, fekal koliform konsantrasyonlarına ait kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerine bakılarak suyun evsafı hakkında bilgi edinilmesi sağlanmıştır, ASKİ laboratuvarlarında analizler Tablo 2'de verilen metotlar kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 2. Parametrelere ait analiz metotları

Parametre	Metot
Elektriksel İletkenlik	TS 9748 EN 27888
Nitrat (NO 3)	SM 4110 B
Nitrit (NO 2)	SM 4110 B
pH	TS EN ISO 10523
Kimyasal oksijen ihtiyacı	SM5220 B
Biyolojik oksijen ihtiyacı	SM5210 D
T.Azot	ISO 29441
T.Fosfor	TS EN ISO 15681-2
Askıda Katı Madde	TS EN 872
Fekal koliform	SM 9223 B

Bulgular ve Tartışma

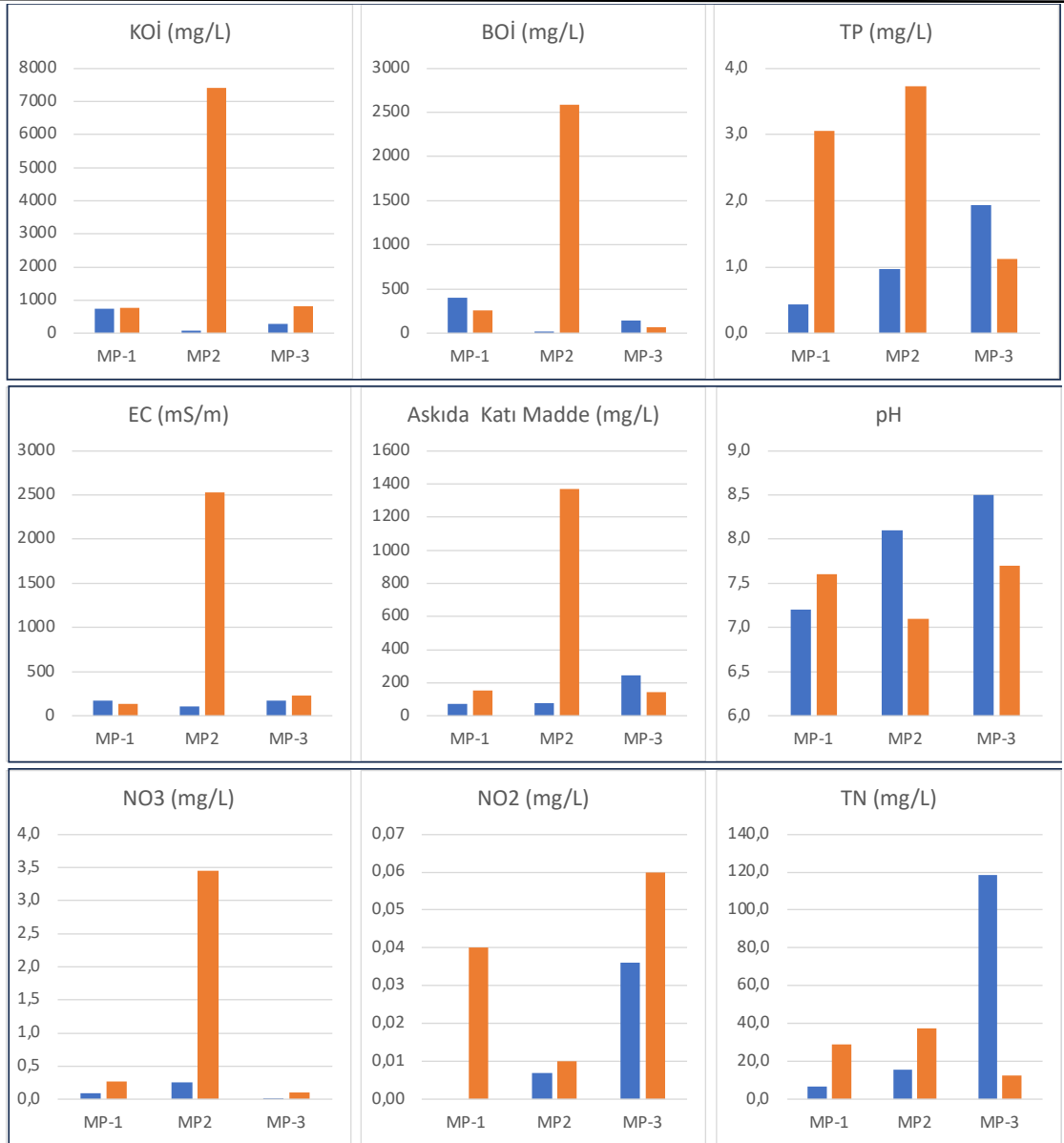
Ülkemizde yayımlanan “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (AATTUT), “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)”, “Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği” ve “Taslak Sulama Sularının Kalitesi ve Kullanılmış Suların Yeniden Kullanılması Hakkında Yönetmelik” ler çerçevesinde belirtilen usul ve esaslar ile su kalitesi kriterleri dikkate alınarak yapılan çalışmalarda kullanılmış suların gerekli arıtmadan geçirilerek tarım alanlarında kontrollü kullanılmasının önü açılmıştır.

Buna göre; MP-1, MP-2 ve MP-3 istasyonları arıtma tesisine gelen yükün temsili tespiti amacıyla örneklenmiş olup, deşarj sınırından ne ölçüde yüksek olduğunun tespiti yapılmaya çalışılmıştır. Bu nedenle bu üç istasyonun karşılaştırılması ayrı olarak değerlendirilmiştir. Ankara Su Kanalizasyon İdaresi (ASKİ) laboratuvarlarında yapılan yağışlı ve kurak döneme ait atıksu analiz sonuçlarına göre veriler incelendiğinde; MP-1 ve MP-2 istasyonlarında AKM ve pH konsantrasyon değerlerinin birbirine yakın değerler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).

Yağışlı döneme ait AKM konsantrasyonunun MP-3 istasyonunda en yüksek değerde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca hem evsel hem de endüstriyel atıkların bir arada bulunduğu kollektör olup, aynı zamanda tesis girişine en yakın taşıyıcı kollektördür (Şekil 3). Toplam azot, toplam fosfor değeri yine MP-3 istasyonunda en yüksektir. MP-1 ve MP-2 istasyonlarında konsantrasyon değerleri birbirine yakındır.

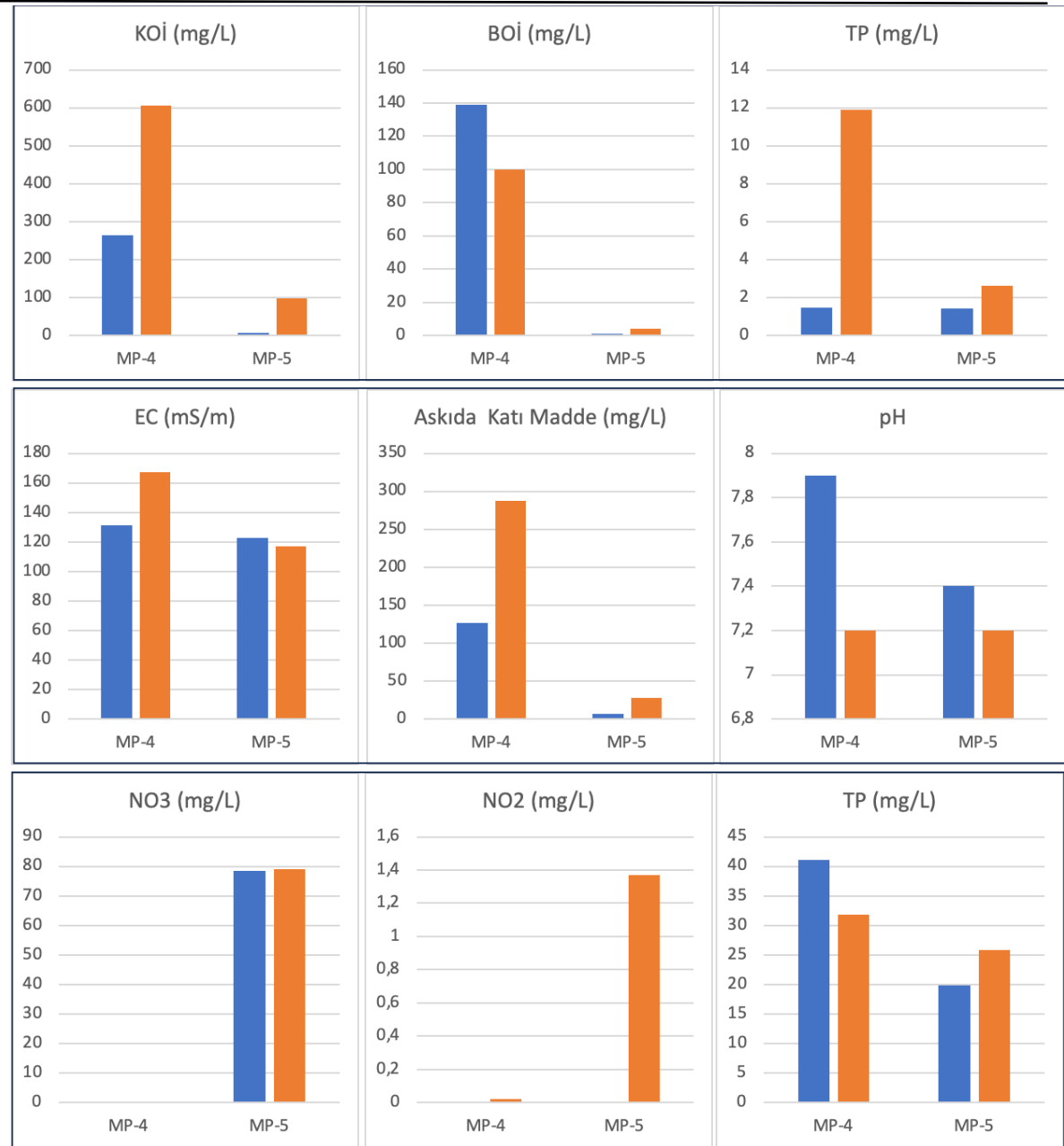
En önemli parametrelerden olan fekal koliform konsantrasyonu ise evsel nitelikli atıksuların taşındığı MP-2 istasyonunda en yüksek, MP-1 ve MP-3 istasyonlarında ise aynı seviyede tespit edilmiştir. Bu durum tesis girişine gelen atıksuların karakteristikleri hakkında da bilgi edinilmesini ortaya çıkarmaktadır. Su kaynaklarının kirlenme derecelerinin belirlenmesinde kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyolojik oksijen ihtiyacı da (BOİ) etkili rol oynayan iki parametredir (Şekil 3). Bu iki parametrenin MP-1 ve MP-3 istasyonlarda yüksek olduğu MP-2 istasyonunda ise daha az değerde olduğu tespit edilmiştir. Atıksuların kimyasal özellikleri atıksuyun karakteristiğini ortaya çıkarmak için araç olarak kullanılan veriler arasında yer almaktadır.

Kurak dönemde üç istasyona ait veriler değerlendirildiğinde ise AKM konsantrasyonunun evsel nitelikli atıksuların toplandığı MP-2 istasyonunda en yüksek istasyon olduğu, yine BOİ, KOİ ve elektriksel iletkenliğin en yüksek MP-2 istasyonunda olduğu görülmektedir (Şekil 3). Arıtma tesislerinin şehirlerde planlaması yapılırken ham atıksuyun karakteristiği göz önüne alınarak su kalitesi belirlenir. Üç istasyonda yapılan su analizleri tesis proseslerinin seçiminde yol gösterici olmaktadır.



Şekil 3. Yağışlı ve kurak dönemde MP-1, MP-2 ve MP-3 istasyonlarında ölçülen değişkenler. Turuncu: kurak, mavi: yağışlı dönemi temsil etmektedir.

Sonuç olarak karakteristiği belirlenen atıksular ile arıtma tesislerinin tasarım kriterlerinin belirlenmesi, proses seçimlerinin oluşturulması, arıtma dereceleri gibi ön fizibilite çalışmalarına altlık oluşturmaktadır. Tarımsal sulama için yağışlı ve kurak döneme ait veri değerlendirmeleri arıtma tesisi giriş ve çıkış suları baz alınarak yapılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Yağışlı ve kurak dönemde MP-4 ve MP-5 istasyonlarında ölçülen değişkenler. Turuncu: kurak, mavi: yağışlı dönemi temsil etmektedir.

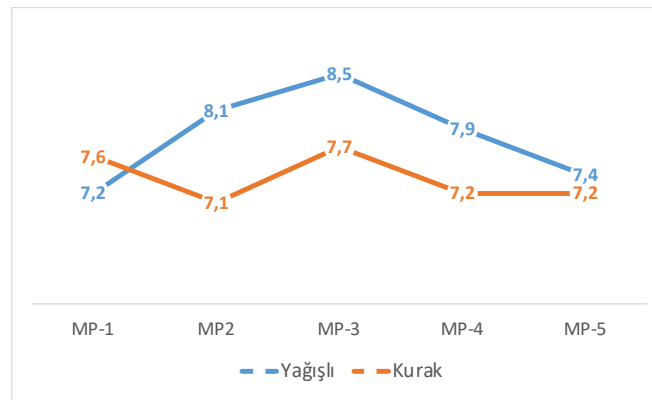
AATTUT’de yer alan geri kazanılmış atıksuda olabilecek besin tuzu seviyelerine bakıldığında azot, fosfor oranları istenilen seviyelerdedir. Azot bitki büyümesini etkileyen parametreler arasındadır. Atıksular aynı zamanda içerdiği besin elementleri nedeniyle bitkilerin büyümesine katkı sağlamaktadır (Adalı vd. 2020). Arıtma tesislerinin deşarj sularında bulunan besin elementlerinin tarım arazilerinde gübre olarak kullanımının yaygınlaştırılmasıyla birlikte gübre kullanımında tasarruf sağlanmasına ve gübre ihtiyacının azalmasına imkan sağlamaktadır (Kukul vd. 2007). Fakat ihtiyaçtan fazla olması bitkilerin aşırı büyümesine, olgunlaşma süreçlerinde düzensizliğe, üretilen bitkilerin hastalığa elverişli hale gelmesine ve ekosistemde ötrofikasyon oluşmasına neden olmaktadır (Ak vd. 2018). Azot ve fosfor toprakta gübre olarak

kullanılabilir ancak yönetmelikler çerçevesinde bitki türleri ve toprak yapısı dikkate alınarak tarımsal sulama yapılmalıdır. Atıksular birçok kalıcı organik kirletici içermektedir. Tarım alanlarında atıksuların arıtılmadan uzun süreli kullanımı ile toprağın flora ve faunasındaki biyolojik faaliyetleri olumsuz etkilemekte ve bitkide birikime neden olmaktadır. Bu durum atıksulardaki organik kirleticilerin besin zinciri yoluyla taşınarak insana kadar ulaşmasını sağlamaktadır (Aydın vd. 2015). Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği BOİ konsantrasyonunun 25 mg/L, AKM konsantrasyonunun 35 mg/L altında değeri sağlaması önerilmekte olup; yapılan analizlerde yağışlı dönem çıkış suyu analiz sonuçlarında BOİ konsantrasyonu ve AKM konsantrasyonunun değerleri sağladığı görülmüştür. Kurak döneme ait çıkış suyu analiz sonuçlarına bakıldığında BOI konsantrasyonu sınır değeri sağladığı AKM konsantrasyonunun sınır değerlere yaklaştığı görülmektedir. SKKY'ne göre KOİ parametresi konsantrasyon değerinin alıcı ortam standartı 180 mg/L olması gerektiği belirtilmekte olup yapılan analizlerde yağışlı dönemde 7 mg/L, kurak dönemde ise 99 mg/L olduğu analiz edilmiştir. Bu durum tarımsal alanların sulanmasında bir sakınca olmadığını ortaya çıkarmaktadır. Tesis çıkış suyu mikrobiyolojik analizleri değerlendirildiğinde yönetmelik çerçevesinde *E.coli* (*E. coli* sayısı/100 mL) tüm bitki türleri için etki <1, çiğ tüketilmeyen bitkiler için 1-1000, park bahçe gibi direk su ile temasın olmadığı durumlarda > 1000 sınır değerleri içerdiği belirtilmekte olup; yağışlı dönem çıkış suyu analiz sonuçları sınır değerlerin çok üstünde olduğu, kurak dönem analiz sonuçlarının ise sınır değerlerin altında kaldığı görülmüştür (Tablo 3).

Tablo 3. Fekal koliform değerleri (EMS/100ml).

İstasyonlar	Yağışlı	Kurak
MP-4	408200000	100
MP-5	11400000	0

Tebliğde yer alan sulamada geri kullanılacak atıksuların sınıflandırılmasına göre pH sınır değeri 6-9 arasında olup yağmurlu ve kurak dönemlere ait pH değerleri sınır değerler içerisinde kaldığı görülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Yağışlı ve kurak dönemlere ait pH değerleri.

Yönetmelikler çerçevesinde yağışlı ve kurak dönemlerde yapılan analizler Tablo 4’de karşılaştırmalı verilmiş olup elde edilen giderim verimi değerlendirilmiştir. Yağışlı ve kurak dönemde AKM, BOİ ve KOİ konsantrasyonlarında giderim verimliliği yeteri kadar sağlanırken, EC, TN ve TP konsantrasyonlarının daha az giderim verimiyle deşarj edildiği görülmektedir. Deşarj edilen atıksuyun elektriksel iletkenlik giderim verimliliğinin az olması sulamada toprağın verimliliğini düşürmekle birlikte hidrolik iletkenliğinde azalmasına neden olmaktadır (Becerra vd. 2015). Elektriksel iletkenlik tuzluluğun göstergesi olup, suyun kalitesini ortaya çıkaran parametrelerdendir. EC’nin sınır değerlerin üzerinde oluşu bitkinin büyüme faktörlerine engel teşkil etmektedir. Tuzlar toprakta osmatik basıncın oluşmasına neden oldukları için bitkilerin su kullanım ihtiyaçlarını ortaya çıkarmaktadır (Topaç vd. 2020). Tarımsal sulamada tuzluluk oranları çevresel ve sağlık sorunlarına neden olabilmektedir.

Tablo 4. Yağışlı döneme ait elde edilen çıkış suyu giderim verimleri.

	Parametre	Giriş Değer (mg/L)/(mS/m)	Çıkış Değer (mg/L)/(mS/m)	Elde edilen verim %
Yağışlı	AKM	127	7	94,7
	BOİ	139	1	99,2
	KOİ	265	7	97,4
	Toplam N	41,04	19,81	68,3
	Toplam P	1,49	1,41	51,4
	Elektiriksel İletkenlik	131,5	123	51
Kurak	AKM	287	28	91,1
	BOİ	100	4	96,1
	KOİ	606	99	85,9
	Toplam N	31,8	25,8	55,2
	Toplam P	11,9	2,61	82,0
	Elektiriksel İletgenlik	167,2	117,3	58

Suya ihtiyaç duyulması su kaynaklarının korunmasını ve geri kazanımının önemini ortaya çıkarmaktadır. Arıtma tekniklerine, arıtım tesislerindeki proses seçimlerine göre deşarj limitleri farklılar göstermekle birlikte ulusal ve uluslararası yayımlanmış yönetmelikler çerçevesinde sulama yapılmaktadır. Su kalite kriterleri ile aynı zamanda sosyal, ekonomik düzenlemelerde dikkate alınarak yapılan arıtma çalışmalarında analiz edilen suyun tarım alanlarında sulama suyu olarak kullanılmasının doğru sonuçları çıkaracağı düşünülmelidir.

Sonuç

Atıksuların arıtılmadan kontrolsüzce kullanılması hem kullanıldığı alanlarda hem de insan sağlığı açısından tehdit oluşturmaktadır. Yeniden kullanılabilir atıksular, atıksuyun özelliğine, hangi amaçla nerelerde kullanılacağına bağlı olarak farklılıklar göstermektedir. Atıksu arıtma tesislerinden çıkan geri kazanılmış atıksular park, bahçe ve rekreasyon alanlarının sulamasında tarım alanlarında ya da endüstride proses suyu için kullanılmaktadır. Tarım alanları su tüketiminin en üst seviyede olduğu alanlardır. Geçmişte arıtılmış sular tarım arazilerinde gelişigüzel kullanılmaktaydı. Bu durum hem tarım alanlarında üretilen bitkiler hem de tüketiciler üzerinde oluşabilecek bilinmeyenleri de beraberinde getirmekte ve atıksuyun su kalite parametrelerinin incelenmesinin önemini ortaya çıkarmaktadır. İklim değişikliğinin

etkileriyle azalan temiz su kaynaklarının verimli kullanılması ve atıksuların kullanılabilir olması için uygulanan arıtma teknolojileri önemli kriterlerdir. Arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanılabilmesi ve standart değerlere ulaşması için hem filtrasyon hem de dezenfeksiyon gibi arıtımlar ön plana çıkarılmalıdır. Atıksuların arıtma yöntemleri kullanılacak alanlara bağlı olarak farklılıklar göstermekle birlikte arıtılacak atıksuyun niteliğinin içme suyuna yakın olması istenmektedir. Azot ve fosfor gibi bitki besin elementlerinin varlığı arıtma tesislerinde azot ve fosfor giderim ünitelerinde yapılacak yatırımda daha düşük maliyetlerde olmasını sağlayacaktır. Maliyet açısından değerlendirildiğinde de arıtılmış atıksu ile sulaması yapılacak tarım alanlarının yakın mesafede olması tercih edilmelidir. Ayrıca sucul ortamlarda yaşayan organizmalara olan etkinin azalmasında da arıtılmış atıksuların önemli bir rolü bulunmaktadır. Tarımsal alanlarda atıksuların kullanımında en önemli parametre patojenler olup, patojenlerden kaynaklanan risklerin iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Halk sağlığının olumsuz etkilerini minimum seviyeye indirmek için tesis çıkışlarına dezenfeksiyon ünitelerinin entegresinin yapılmasını zorunlu hale getirmektedir. Askıdaki katı madde miktarları tarımsal alanlarda kullanılacak nozulların gözeneklerinin tıkanmasına neden olacağı düşünüldüğünde maliyet hesaplamalarında dikkat edilmesi gerekliliğini de ön plana çıkarmalıdır. Elektriksel iletkenlik konsantrasyonunun yüksek olması topraktaki tuz konsantrasyonunun artışına, ekili arazilerde bulunan tuza hassas türlerin üretimine engel teşkil etmesine, aynı zamanda da toprağın yapısında bozulmaların oluşmasına neden olacaktır. Doğru deşarj yöntemleri ile bitki büyümesine yardımcı olmak için iletkenliği yüksek deşarj sularının temiz su kaynaklarıyla birleştirilerek tarım alanlarında kullanılması doğru sonuçları ortaya çıkaracaktır. Arıtılmış atıksuların yeniden kullanılmasıyla yüzey ve yeraltı sularının su kalite kriterlerinde iyileşmelere, göller, göletler, dereler, akarsular ve denizlere ulaşan kirlilik yükünde azalmalara ve temiz su kaynaklarının tasarrufuna imkan sağlayacaktır. Planlı ve uygun toplanan atıksuların ilgili yönetmelik ve tebliğler çerçevesinde arıtımı yapılarak deşarj suyu kalitesinin mevzuat hükümlerine uygunluğu değerlendirilmeli, tarım alanlarında kullanılması teşvik edilmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma; Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı'nda yapmakta olduğum "Atıksu Arıtımında Mikroplastik Uzaklaştırma Potansiyelinin Araştırılması: Ankara Örneği" başlıklı Doktora Tez çalışmasından üretilerek oluşturulmuştur. Çalışma sırasında verilerin değerlendirmesindeki desteklerinden dolayı Ülkü Nihan Yazgan Tavşanoğlu ve Gökben Başaran Kankılıç'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması

Makalenin hiçbir yazarı için bilinen ya da olası bir çıkar çatışması yoktur.

Kaynaklar

Adalı S, Yalılı Kılıç M, (2020). Arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanımı: iznik örneği, Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi, 1(1):12-23.

Ak M, Top İ, (2018). Arıtılmış kentsel atıksuların tarımsal sulama amaçlı kullanımı, Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(6), 1161-1168.

ASKİ (2023). Ankara Su kanalizasyon idaresi genel müdürlüğü Erişim tarihi: 19.06.2023 <https://www. aski.gov.tr/tatlar-atiksu-aritma-tesisi/30/22>

AATTUT, (2010). Atıksu arıtma tesisi teknik usuller tebliği, T.C. Resmi Gazete, 27527

Aydın ME, Aydın S, Bedük F, Tekinay A (2015). Atıksuların sulamada kullanımı: toprak ve üründe kalıcı organik kirleticiler, Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 20, Sayı 2.

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.

Birpınar M.E, Gürtepe, E. (2023). Türkiye yüzyılında sürdürülebilir çevre. Çevre, şehir ve iklim dergisi. Yıl: 2. Sayı: 3. ss. 1-22.

Bingül Z, Altıkat A (2017). Evsel nitelikli atıksu arıtma tesisi çıkış sularının tarımsal Sulamada kullanılabilirliği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 7(4):69-75

Çakmakçı T, Şahin Ü, Kuşlu Y, Kızıloğlu FM, Tüfenkçi Ş, Okuroğlu M (2016). Van ili tarım alanlarında temiz ve atık su kaynaklarının yönetimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 26(4): 662-667

Çay Ş, (2013). Konya atıksularının tarımsal sulamada kullanılması ve mısır bitkisi yetiştiriciliğine etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Sulama Anabilim Dalı, Adana,

Çed, İzin ve denetim genel müdürlüğü çevre envanteri ve bilgi yönetimi dairesi başkanlığı çevre durum raporları şube müdürlüğü (2022), Ankara ili 2021 yılı çevre durum raporu, Türkiye Cumhuriyeti Ankara Valiliği Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, 2022, Ankara

Dünya Ekonomik Forumu (2023), Küresel Riskler Raporu, https://www.weforum. org/docs/ WEF_Global_Risks_Report_2023.pdf

Erdoğan R, Mansuroğlu S, Atik M, Gülyavuz P (2009). Turizm kentlerinde suyun yeniden kullanımı: Antalya Örneği. 1. Kuraklık ve çölleşme sempozyumu, Konya.

Duman H (2017). Arıtılmış kentsel atıksuların sulamada yeniden kullanımı: Kayseri atıksu arıtma tesisi örneği, Uzmanlık Tezi, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara.

Pintilie L, Torres C.M, Teodosiu C, Castells F (2016). "Urban wastewater reclamation for industrial reuse: An LCA case study, *Jounral of Cleaner Production*, 139:1–14.

SSKKSYPHY, (2015). Sulama sularının kalitesi ve kullanılmış suların yeniden kullanılması hakkında yönetmelik taslağı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015.

SKKY, (2004). Su kirliliği kontrolü yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete, 25687, 31.12.2004

Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi Projesi Ankara İli Deđerlendirme Raporu (2020), Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020 Ankara

Kullanılmış Suların Yeniden Kullanım Uygulamalarına İlişkin Rehber Doküman (2019), Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2019, Ankara

Topaç FO, Acar ÖÖ (2020). Paket atıksu arıtma tesisi çıkış sularının sulama suyu olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı 19, S. 858-865.

TUİK (2023). "Türkiye İstatistik Kurumu." Erişim tarihi: 19.06.2023 <https://www.tuik.gov.tr/>