

## Aritılmış Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanımı: İznik Örneği

Sümeyye ADALI<sup>1</sup>, Melike YALILI KILIÇ\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, TÜRKİYE  
Orcid: 0000-0002-5077-7358, Orcid: 0000-0001-7050-6742

Alınış tarihi: 21 Mayıs 2020

Düzeltilme tarihi: 29 Mayıs 2020

Kabul tarihi: 01 Haziran 2020

**Özet:** Nüfus artışı ve antropojenik faaliyetlerin gelişimine paralel olarak insanoğlunun doğal kaynak ve ham madde ihtiyacının artması, özellikle tüketim alışkanlıklarının değiştiği günümüzde kaynakların aşırı tüketilmesine ve kirlenmesine yol açmış ve buna bağlı olarak kaynakların doğadaki varlığı tükenme tehlikesiyle karşı karşıya gelmiştir. Tehlike altındaki bu kaynaklardan biri de sudur. Bu durumun farkında olan birçok ülke, mevcut su kaynakları ve kalitesinin korunması, oluşan atıksuyun yeniden kullanımına imkan vermesi dolayısıyla atıksu arıtma teknolojilerini kullanmaktadır. Ülkemizde de atıksu arıtımına önem verilmekte ve arıtma tesisleri projelerinin ülke genelinde yaygınlaşması devam etmektedir. Özellikle akarsu, göl, deniz gibi bir çok habitata ev sahipliği yapan doğal sulak alanların kirlenmesini önlemek amacıyla uygun teknoloji kullanımıyla deşarj kriterleri sıkı tutulmaktadır. Bu çalışmada Bursa ilinin İznik ilçesinde membran biyoreaktör (MBR) teknolojisine sahip olan evsel atıksu arıtma tesisinde arıtılmış atıksuların, 2019 yılı verileri baz alınarak tarımsal sulamada kullanılması durumunda elde edilecek tasarruf miktarı hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tarımsal üretim, Su tüketimi, Evsel atıksu, Su tasarrufu, Membran biyoreaktör.

## Use of Treated Wastewater in Agricultural Irrigation: The Example of İznik

Received: 21 May 2020

Received in revised: 29 May 2020

Accepted: 01 June 2020

**Abstract:** In parallel with the increase in population and the development of anthropogenic activities, the increase of resource and raw material needs has led to excessive consumption and pollution of resources. Especially in the present day when consumption habits have changed and thus, the existence of resources in nature has faced the danger of being exhausted. One of these endangered resources is water. Many countries that are aware of this situation use wastewater treatment technologies due to the preservation of existing water resources and quality and the reuse of the wastewater generated. The importance is given to wastewater treatment in our country and treatment plant projects continue to spread across the country. The discharge criteria are kept strict with the use of appropriate technology in order to prevent pollution of natural wetlands that host many habitats, such as streams, lakes and seas. In this study, the amount of savings of wastewater, which is treated in domestic wastewater treatment plant with membrane bioreactor (MBR) technology in İznik district of Bursa, using in agricultural irrigation based on 2019 data.

**Key words:** Agricultural production, Water consumption, Domestic wastewater, Water saving, Membrane bioreactor.

**To Cite:** Adalı S, Kılıç Yalılı M, 2020. Aritılmış Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanımı: İznik Örneği. Biosystems Müh Derg 1(1): 12-23.

### 1. Giriş

Günümüzde var olan nüfusun ve gelecek nesillerin temel ihtiyaçlarının karşılanabilmesi amacıyla canlıların yaşamı için en temel iki doğal kaynak olan su ve toprağın sürdürülebilir şekilde kullanımı önem arz etmektedir. Bu kaynakların dünya üzerinde kısıtlı olması dolayısıyla ilerleyen yıllar içerisinde gerekli önlemler alınmadığı takdirde tüm canlı hayatı tehlike altında olacaktır (Kanber ve ark., 2005).

Tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için suyun kullanımı gerekli olup, bilinçli ve doğru kullanılmadığı takdirde doğal dengenin bozulmasına (Çakmak ve Gökalp, 2011); drenaj problemlerine, toprağın tuzluluk oranının artmasına, yer altı su kaynaklarının tükenmesine, tatlı su kaynaklarının kirlenmesine ve dolayısıyla su potansiyelinin doğru şekilde kullanımının engellenmesine neden olmaktadır (Gürbüz ve ark., 2013). Tarımda suyun doğru kullanımının sağlanabilmesi için öncelikle tarım üreticilerine bu alanda bilinç kazandırılması ve tarımsal destek sağlanarak geleneksel tarım uygulamaları yerine sürdürülebilir tarım uygulamalarının hayata geçirilerek yaygınlaşması teşvik edilmelidir (Engindeniz, 2010).

Dünya genelindeki mevcut su kaynaklarının sadece %2.5'i tatlı su kaynağı olup, (Yalılı Kılıç ve ark., 2008) yenilenebilir ve fiilen kullanıma sunulabilir özelliğe sahip sular toplam su miktarının %0.007'si kadardır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020). Dünyadaki su kaynaklarının tarım sektöründe kullanım oranı %67 iken (Yalılı Kılıç, 2014), Türkiye'de bu oran %74 civarındadır (Çakmak ve Gökalp, 2013). Ülkemizde yıllık kullanılabilir su miktarı 12.2 km<sup>3</sup>'ü yer altı suyu, 95 km<sup>3</sup>'ü yüzey suyu olmak üzere 107.2 km<sup>3</sup> olup; yıllık tüketilen miktarı 40 km<sup>3</sup> civarındadır (Demir, 2010). Tarımda su tüketiminin yüksek olması dolayısıyla temiz su kaynaklarının sürdürülebilirliğini ve etkin yönetimini sağlamak amacıyla alternatif kaynak olarak arıtılmış atıksulardan yararlanılmaktadır (Bingül ve Altıkat, 2017). Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya ve Batı Avrupa ülkeleri arıtılmış atıksuyu alternatif kaynak olarak kullanırken (Yurtseven ve ark., 2010), son yıllarda da kurak iklim bölgelerinin büyük çoğunluğunda sulama suyu ihtiyacının %70-90 kadarı geri kazanılmış sularla elde edilmiştir (Gökçay, 2008; Öztürkmen ve Süpürkeci Yarmaç, 2018). Ülkemizde ise Ege ve Akdeniz bölgelerinde arıtma tesisleri çıkış suları stabilizasyon havuzlarında biriktirilerek tarımsal sulama amaçlı kullanılmaktadır (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011). Arıtılmış atıksular tarımsal sulamanın dışında birçok farklı amaçla da kullanılmaktadır. Tarımsal amaçla kullanılacak atıksu genellikle evsel kaynaklı olup, gıda endüstrisi atıksularından da kontrollü olarak yararlanılmaktadır (Ak ve Top, 2018; Abu-Dieyeh ve ark., 2017; Banerjee, 2016). Atıksuların Avrupa ülkelerinde tekrar kullanım potansiyeli için oluşturulan modele göre, 2025 yılı için Türkiye'nin 31 ülke arasında 4. sırada olacağı öngörülmektedir (Kurtkulak, 2014).

Ülkemizde 28 milyon hektar tarım arazisi mevcuttur. 2012 yıl sonu itibari ile toplam 5.7 milyon hektar alan sulamaya açılmış olup, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü (DSİ) 2023 yılında sulanabilir nitelikteki 2.7 milyon hektarlık alanın da sulama için devreye alınmasını amaçlamaktadır (Yiğit ve Çakmak, 2018; Aküzüm ve ark. 2010; DSİ, 2015). Fakat mevcut su kapasitesi toprak

varlığıyla kıyaslandığında oldukça sınırlı durumdadır (Kanber, 2006). Bu durumda atıksuların sulama amaçlı kullanımının artırılarak doğal su kaynaklarına olan talebin azaltılması giderek önem kazanmaktadır (Yılmaz, 2005). Ülkemizde arıtılmış atıksuyun sulama suyu olarak kullanılabilirliğini belirlemek için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) Teknik Usuller Tebliği'nde verilen kalite kriterleri ve sınır değerler dikkate alınmaktadır (Çakmak ve Gökalp, 2011). Dünya genelinde ise bu konuda Dünya Sağlık Örgütü ve bazı ülkeler özelinde belirlenmiş arıtılmış su kalite standartları bulunmaktadır (Yılmaz, 2005).

Arıtılmış atıksular, azot ve fosfor gibi bitki besin maddeleri bakımından zengin olması dolayısıyla tarımsal kullanım sırasında gübre ihtiyacını azaltmakta ve alınan ürün verimini arttırmaktadır (Büyükkamacı, 2009; Demir ve ark., 2017). Bununla birlikte atıksuyun ağır metal ve kalıcı organik kirletici (PAH, PCB vb.) içeriği, çevre ve canlı sağlığı üzerine etkileri nedeniyle arıtılmış atıksudan tarımsal üretimde faydalanma imkanını kısıtlamaktadır (Aydın ve ark., 2015). Atıksuların arıtımı sırasında toksik bileşiklerin giderimi belli oranda gerçekleştiği için atıksuyun toprağa verilmesiyle toprakla birlikte bitki ve canlılarda da birikerek tehlike oluşturabilmektedir. Arıtılmış atıksuyun tarımsal kullanımında ayrıca pH, çözünmüş oksijen ve çözünmüş halde bulunan madde içeriğine dikkat edilmelidir (Huibers ve Van Lier, 2005; Gezer ve Yüksel, 2014). Çizelge 1'de SKKY'ne göre arıtılmış atıksu sulama sınıfları ve kalite parametreleri verilmiştir.

Sulama suyunun kısıtlı olduğu ve ekonomik değer taşıdığı bölgelerde, SKKY Teknik Usuller Tebliğinde verilen sulama suyu kalite kriterlerini sağlayacak derecede arıtılmış atıksuların, sulama suyu olarak kullanımı önerilmektedir (SKKY, 2004). III., IV. ve V. sınıf suların kullanımı belirli şartlara bağlıdır. Arıtılmış atıksuyun tarımsal kullanımında çevre ve halk sağlığı üzerinde oluşturabileceği etkinin minimum düzeye indirilmesi amacıyla biyolojik arıtma yanında ileri arıtma işlemlerine tabi tutularak içeriğindeki patojen ve mikroorganizmalardan arındırılması gerekmektedir (Nas ve Yılmaz, 2019). Clermont-Ferrand (Fransa) kentinin aktif çamur, azot ve fosfor giderme ünitelerinden oluşan atıksu biyolojik arıtma tesisinde arıtılan atıksularla fiskiyeler yardımıyla sulanan alanda yapılan çalışmada, Hepatit E virüsünün hem arıtılmış atıksuda, hem de sulama yapılan alandaki havada farklı oranlarda mevcut olduğu belirlenmiştir (Courault ve ark., 2017; Ak ve Top, 2018). Arıtılmış atıksuların tarımsal kullanımı sonucu çiftlik çalışanları, ürün toplayıcı işçiler, tüketiciler ve tarım arazisi yakınlarında ikamet eden halk patojen maruziyeti riski taşımakta olup, en büyük risk grubunu alanda çalışanlar ve tüketiciler oluşturmaktadır (Kukul ve ark., 2007). Patojen mikroorganizmaların gideriminde olgunlaşma havuzları ve UV uygulamalarının, virüslerin

gideriminde ultrafiltrasyon membran uygulamasının büyük ölçüde istenen arıtma verimini sağladığı belirlenmiştir (Chang ve ark, 2005; Yim ve ark., 2007; Demir ve ark., 2017).

Çizelge 1. SKKY'ne göre arıtılmış atıksu sulama sınıfları ve kalite kriterleri (SKKY, 1991)

Kalite kriterleri	Sulama suyu sınıfı				
	I. Sınıf (çok iyi)	II. Sınıf (iyi)	III. Sınıf (kullanılabilir)	IV. Sınıf (ihtiyatla kullanılmalı)	V.Sınıf (zararlı) uygun değil
EC <sub>25</sub> x10 <sup>6</sup>	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)	> 1.25	1.25-2.5	> 2.5		
meq/L	< 66	66-133	> 133		
mg/L					
Klorür (Cl <sup>-</sup> ), meq/L	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20
mg/L	0-142	142-249	249-426	426-710	> 710
Sülfat (SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> ) meq/L	0-4	4-7	7-12	12-20	> 20
mg/L	0-192	192-336	336-575	575-960	> 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	-
Sulama suyu sınıfı	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>3</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>4</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>3</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>2</sub> , C <sub>4</sub> S <sub>1</sub>	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> veya NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> mg/L	0-5	5-10	10-30	30-50	> 50
Fekal Koliform 1/100 ml	0-2	2-20	20-100	100-1000	> 1000
BOİ <sub>5</sub> (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 (°C)	30	30	35	40	> 40

Dünya genelinde özellikle su sıkıntısı yaşayan ülkelerde kayda değer miktarda kullanım imkanı bulan arıtılmış atıksulardan, ülkemizde genellikle küçük ölçekli tarımsal faaliyetlerde yararlanılmaktadır (Kukul ve ark., 2008). Konunun tüm yönleriyle ele alınmadığı ve tarımsal üretimde temiz su temini büyük oranda gerçekleştiği için yaygın olarak tercih edilmemekle beraber (Yıldırım ve Gül, 2008), özellikle yaz dönemlerinde kurak bölgelerde sulama suyu teminini sağlamak amacıyla önümüzdeki yıllarda bu uygulamanın kullanım imkanının daha da artacağı öngörülmektedir (Üstün ve Solmaz, 2008).

Bu çalışmada, Bursa ilinde bulunan İznik Membran Biyoreaktör (MBR) teknoloji atıksu arıtma tesisinde arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanımıyla sağlanabilecek su tasarrufu hesaplanmıştır.

## 2. Bursa İli İznik İlçesinde Tarımsal Üretim

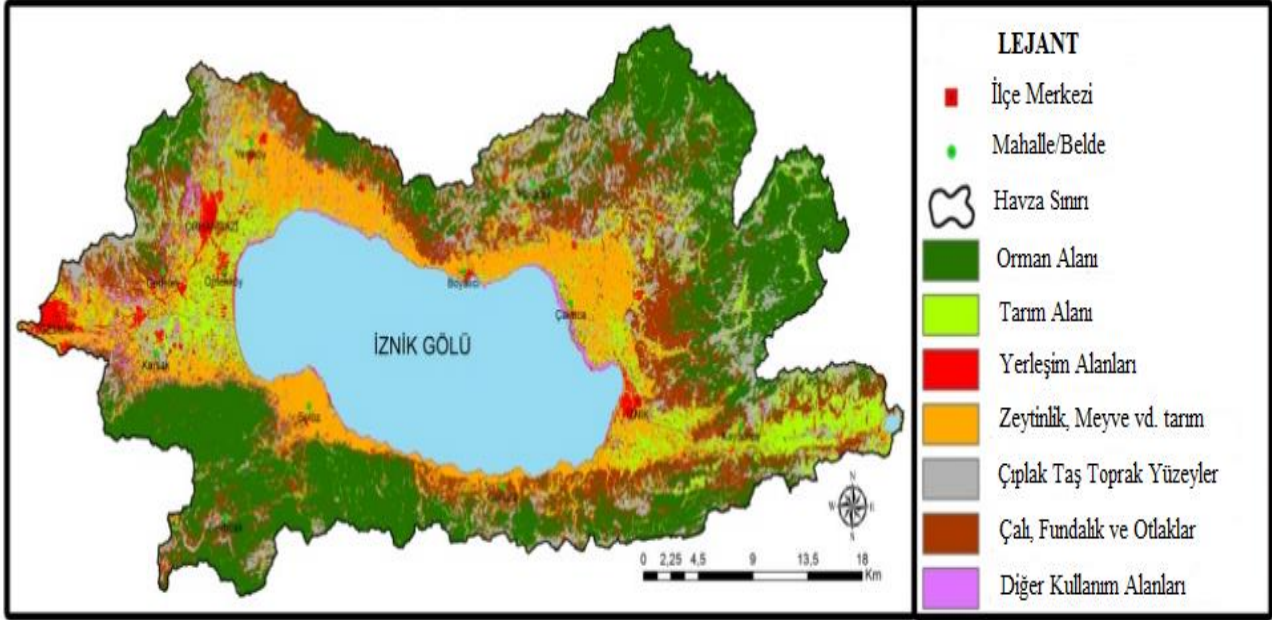
Bursa ilinin kuzeydoğusunda bulunan İznik, 753 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahiptir. 2019 yılı verilerine göre 43.531 kişilik nüfusu olan ilçede (TUIK, 2020), yıllık yağış miktarı 554 mm'dir (Garipağaoğlu ve Uzun, 2019). Akdeniz iklim tipinin görüldüğü ilçede (Bursa İli Tarım Master Planı, 2020) yoğun olarak tarımsal üretim gerçekleştirilmekle beraber, tarihte dini ve siyasi açıdan önemli bir merkez olması dolayısıyla turizm de ilçe ekonomisine katkı sağlamaktadır. Tarımsal üretimde mekanizasyona ağırlık verilen ilçede, tarımsal amaçla kullanılabilir arazi miktarı 23.000 ha'dır. (T.C. İznik Kaymakamlığı, 2020). Çizelge 2'de İznik ilçesinin ürün desenine göre potansiyel arazi dağılımı verilmiştir.

Çizelge 2. İznik ilçesinin ürün desenine göre potansiyel arazi dağılımı

Ürün Deseni	Potansiyel Alan (ha)
Zeytinlik	6795
Bağ	4360
Sebze	3300
Meyve	1900
Tarla Bitkileri	3400
Nadas	3245

Toprak ve iklim şartlarının uygun olması nedeniyle, İznik Ovası'nda başta zeytin ve üzüm olmak üzere şeftali, kiraz, erik, armut, elma, ceviz, domates, taze fasulye, brokoli, brüksel lahanası gibi birçok sebze ve meyvenin üretimi gerçekleştirilmektedir. İlçede çiftçilerin %90'ı geçimini

zeytin üretimiyle sağlamaktadır (T.C. İznik Kaymakamlığı, 2020). 2019 verilerine göre çiftçi sayısının 4805 olduğu ilçede, 195.460 da alanda tarımsal üretim gerçekleştirilmiştir (Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2019). Zeytinlik, meyve ve diğer tarım alanları ile orman alanlarının yoğun olarak bulunduğu İznik ve çevresinin 2019 yılı arazi kullanım haritası Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. İznik ve çevresinin 2019 yılı arazi kullanım haritası (Garipağaoğlu ve Uzun, 2019)

### 3. İznik MBR Teknolojili Atıksu Arıtma Tesisi

İznik atıksu arıtma tesisi 1. kademe 2027 yılı için 59.000 kişinin, 2. kademe 2047 yılı için 89.500 kişinin atıksularını arıtmak üzere planlanmıştır. Tesisin biyolojik kısmı UCT (University of Capetown) prosesi şeklinde tasarlanmış olup, temel ünitesini MBR havuzları oluşturmaktadır (BUSKİ, 2020a). Günlük 8790 m<sup>3</sup> kapasiteye sahip olan tesiste, arıtılan atıksu debisi 2019 yılı için 4414 m<sup>3</sup> gün<sup>-1</sup>'dir (BUSKİ, 2020b). Yüksek arıtma veriminin sağlandığı tesiste arıtılmış atıksular ilçe sınırları içerisinde yer alan İznik gölüne deşarj edilmektedir. Çizelge 3'te arıtma tesisi dizayn parametreleri verilmiştir.

Çizelge 3. Arıtma tesisi dizayn parametreleri (BUSKİ, 2020a)

Parametre	1. Kademe	2. Kademe
Ortalama debi, m <sup>3</sup> gün <sup>-1</sup>	8800 m <sup>3</sup> .gün <sup>-1</sup>	13000 m <sup>3</sup> .gün <sup>-1</sup>
Sıcaklık, °C	15-22 °C	15-22 °C
Askıda katı madde, mg L <sup>-1</sup>	300	300
Kimyasal oksijen ihtiyacı, mg L <sup>-1</sup>	600	600
Biyolojik oksijen ihtiyacı, mg L <sup>-1</sup>	406.25	406.25
Toplam Kjeldahl azotu, mg L <sup>-1</sup>	75	75
Toplam fosfor, mg L <sup>-1</sup>	15	15
Alkalinite, mgCaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	200	200
Yağ ve Gres, mg L <sup>-1</sup>	80	80

İzmit MBR teknoloji arıtma tesisi, Çizelge 3’te verilen parametrelere göre tasarlanmış olup, parametreler arasında KOİ, BOİ, askıda katı madde, azot ve fosfor gibi birçok kirlilik göstergesi yer almaktadır. Tesisin tasarımında debi değeri dışındaki tüm değerler için her iki kademede de aynı kabuller yapılmıştır. Alan gereksiniminin az olması, arıtılan suyun çıkış kalitesinin bazı durumlarda dezenfeksiyona ihtiyaç göstermeyecek kadar iyi olması, organik yüklemelere karşı dayanıklı olması, etkin yüzey alanının fazla olması, oluşan çamur miktarının az olması ve çökme probleminin olmaması gibi birçok avantaja sahip olan MBR sistemleri, ülkemizde yaygın olarak tercih edilen aktif çamur sistemlerinin yerine pilot ölçekli olarak kullanılmaya başlamıştır. İstanbul Ağva konvansiyonel atıksu arıtma tesisinin kapasitesini yükseltmek amacıyla son çöktürme tankı havuzu modifiye edilerek MBR havuzu haline getirilmiş, 1600 m<sup>3</sup> gün<sup>-1</sup> olan mevcut tesis kapasitesi maksimum 8000 m<sup>3</sup> gün<sup>-1</sup> olacak şekilde arttırılmıştır (MEM-TEK, 2018). Singapur’da evsel atıksular ülkedeki NEWater projesi kapsamında membran sistemleriyle arıtılmakta ve ters osmoz çıkış suyu şebekeye verilerek kullanılmaktadır (Koyuncu, 2018). Ülkemizde ilk pilot ölçekli MBR sistemi Orta Doğu Teknik Üniversitesi kampüsünde kurulmuş, sistemde arıtılan su sulama sistemine verilerek yıllık 240.000 TL’lik su tasarrufu sağlanmıştır (Helvacı, 2017).

Helvacı (2017) İlbank A.Ş. tarafından finanse edilen MBR sistemine sahip dört arıtma tesisine ait verileri değerlendirdiği çalışmada, İzmit atıksu arıtma tesisinden farklı günlerde alınan anlık atıksu numunelerinin analiz sonuçlarında ağır metal ve toksik özellikteki elementlerin sulama sularında izin verilen sınır değerleri aşmadığını belirlemiştir. BOİ<sub>5</sub>, toplam fosfor ve AKM değerlerinin deşarj standartlarını sağladığı, toplam azot miktarının ise bazı günlerde belirlenen sınır değerin üzerinde olduğu ifade edilmiştir. MBR sisteminde 2-3 log düzeyinde yüksek patojen ve virüs giderimi gerçekleşmesi dolayısıyla (Wachinski, 2013; Koyuncu, 2018) arıtılmış atıksu güvenli bir kaynak olarak kullanılabilir.

#### 4. Atıksuların Sulama Suyu Olarak Yeniden Kullanımı

İzmit ilçesinde arıtılmış sular alıcı ortam olarak İzmit Gölü'ne deşarj edilmektedir. Göl suyu, hem tarımsal kullanım için, hem de civar fabrikalar tarafından su temini amacıyla kullanılmaktadır. Sulama amacıyla pompaj uygulanan gölde 9000 ha'a yakın tarım arazisi göl suyuyla sulanmaktadır. İlçe ve çevre yerleşimlerde çeşitli faaliyetler sonucu açığa çıkan atıkların göle doğrudan veya dolaylı olarak deşarj edilmesi dolayısıyla gölde son yıllarda kirlilik oranı artmış durumdadır (Bursa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019).

İzmit MBR teknoloji atıksu arıtma tesisinde, BUSKİ (2020b) 2019 yılı 6 aylık verilerine göre günlük arıtılan su miktarı  $4414 \text{ m}^3 \text{ gün}^{-1}$  olarak belirtilmiştir. Bu miktar referans olarak alındığında yıl boyunca;

$$4414 \text{ m}^3 \text{ gün}^{-1} * 365 \text{ gün} = 1.611.110 \text{ m}^3 \text{ arıtılmış su elde edilir (Eşitlik 1)}$$

2019 yılı genelinde yaklaşık  $1.611.110 \text{ m}^3$  su arıtıldığı öngörüldüğünde, bu suyun alıcı ortama verilmeyip, tarımsal sulamada kullanılmak üzere depolanması durumunda istenen kalitede sulama suyu elde edileceği düşünülmektedir. Su kullanım hizmet bedeli pompaj ile sulama yapılan İzmit ilçesinde  $\text{m}^3$  başına 0.273 TL olarak belirlenmiştir (DSİ, 2019). Bu durumda;

$0.273 \text{ TL m}^{-3} * 1.611.110 \text{ m}^3 = 439.833,03 \text{ TL}$  (Eşitlik 2) su ücretinden tasarruf sağlanacaktır.

#### 5. Sonuç

Yüksek miktarlarda su ihtiyacı gösteren tarımsal üretimde atıksuların tekrar kullanımı, dünyada bir çok ülkede kabul görmüş önemli bir uygulamadır (Leverenz ve Asano, 2011). Hem tatlı su talebini azaltarak su tasarrufu sağlaması, hem de içerdiği nütrientler açısından bitki beslenmesine katkısı nedeniyle gübre ihtiyacını azaltması gibi birçok avantaja sahip olan arıtılmış atıksuyun, sınırlı olan temiz su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetiminin sağlanması amacıyla önümüzdeki yıllarda hem ülkemizde, hem de dünyada kullanım oranının giderek yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Arıtma teknolojilerinin gelişmesi ve ülkemizde yerli üretim teşvikleriyle ekipman maliyetinin düşmesi, kurulumunda mevcut olan arıtma sistemine entegre edilme imkanı olması gibi sebeplerle MBR sistemlerinin kullanımı günümüzde daha olanaklı hale gelmektedir. Diğer arıtım prosesleriyle karşılaştırıldığında yüksek miktarda kirlilik giderimi gerçekleştirmesi, ilerleyen süreçte atıksu arıtımında MBR teknolojisinin daha çok tercih edilmesini sağlayacaktır. Bu



çalışmada MBR teknolojisine sahip İznik atıksu arıtma tesisinde 2019 yılı içerisinde arıtılan suyun tarımsal sulama amacıyla kullanımıyla sağlanabilecek tasarruf hesaplanmış olup, hesaplanan bu değer 439.833,03 TL olarak bulunmuştur. Sonuç olarak hem kaynak kullanımında tasarruf sağlanması, hem de ülke ekonomisine olan önemli katkıları nedeniyle atıksuların yeniden kullanım uygulamaları, suyun doğadaki sürdürülebilirliğinin sağlanması yolunda oldukça önemlidir.

### **Kaynaklar**

- Abu-Dieyeh, M.H., Diab, M., Al-Ghouti, M.A., 2017. Ecological and agriculture impacts of bakery yeast wastewater use on weed communities and crops in an arid environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(17): 14957- 14969.
- Ak, M., Top, İ., 2018. Arıtılmış kentsel atıksuların tarımsal sulama amaçlı kullanımı. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24(6): 1161-1168.
- Aküzüm, A., Çakmak, B., Gökalp, Z., 2010. Türkiye’de su kaynakları yönetimi ve değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 67-74.
- Aydın, M.E., Aydın, S., Bedük, F., Tekinay, A., 2015. Atıksuların sulamada kullanımı: toprak ve üründe kalıcı organik kirleticiler. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 20(2): 99-110.
- Banerjee, A., 2016. Wastewater use for agriculture in India: A background review. *Wastewater Use for Agriculture in India*, 1-12.
- 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.
- Bursa Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, 2019. T.C. Bursa Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü Bursa İli 2018 Yılı Çevre Durum Raporu.
- Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, 2019. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Bursa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Faaliyet Raporu.
- Bursa İli Tarım Master Planı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2020. <https://www.tarim.gov.tr/SGB/Belgeler/Master/bursa.pdf> (28.05.2020).
- BUSKİ, 2020a. <http://www.buski.gov.tr/> (17.05.2020)

BUSKİ, 2020b.

<http://www.buski.gov.tr/content/uploads/raporlar/performansprogrami/2020/2020pp.pdf>

(17.05.2020)

Büyükkamacı, N., 2009. Su yönetiminin etkin bileşeni: yeniden kullanım, İzmir Kent Sorunları Sempozyumu, 8-10 Ocak, İzmir, s. 363-377.

Chang, I.S., Lee, E.W., Oh, S., Kim, Y., 2005. Comparison of SAR (sodium adsorption ratio) between RO and NF processes for the reclamation of secondary effluent. *Water Science and Technology*, 51: 313-8.

Courault, D., Albert, I., Perelle, S., Fraisse, A., Renault, P., Salemkour, A., Amato, P., 2017. Assessment and risk modeling of airborne enteric viruses emitted from wastewater reused for irrigation. *Science of the Total Environment*, 592: 512-526.

Çakmak, B., Gökalp, Z., 2011. İklim değişikliği ve etkin su kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4(1): 87-95.

Çakmak, B., Gökalp, Z., 2013. Kuraklık ve tarımsal su yönetimi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 4: 1-11.

Demir, O., 2010. Daphan ovası sulama tesislerinden yararlanan tarım işletmelerinin fiziki ve sosyo ekonomik kaynaklı işletme sorunları ve çözüm olanaklarının belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 41(1): 19-27.

Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü., Arzum, C.Ş. 2017. Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 2(2): 1-14.

DSİ, 2015. Devlet su işleri genel müdürlüğü 2015 yılı faaliyet raporu. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. 359 s. Ankara.

DSİ, 2019. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı DSİ İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı Su Kullanım Hizmet Bedeli Tarifeleri.

Engindeniz, S., 2010. İzmir’de domates üreticilerinin sulama ve kuraklıkla ilgili tutum ve davranışlarının analizi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(3): 321-330.

Garipağaoğlu, N., Uzun, M., 2019. İznik Gölü Havzası’nda Doğal Ortam Koşulları, Değişimler ve Muhtemel Risklerin Havza Yönetimi ve Planlamasına Etkisi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 24(42), 1-24.

Gezer, E., Yüksel, A.E., 2014. Tarımda atıksu kullanımı. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs, Tekirdağ, s. 813-818.

- Gökçay, C., 2008. Arıtılmış atık suların tarımda geri kullanılması. DSİ VI. Bölge Müdürlüğü, V. Dünya Su Forumu için Yapılan Konferans, Çağrılı Bildiri, Adana.
- Gürbüz, M., Çelik, M.A., Gülersoy, A.E., 2013. Atatürk Baraj Gölü'nün Bozova İlçesi Tarımsal Ürün Deseni Üzerine Etkisinin İncelenmesi (1984-2011). Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 12(4): 853-866.
- Helvacı, E., 2017. Evsel Atıksuların Arıtılmasında Membran Biyoreaktörlerin Türkiye'ye Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi.
- Huibers, F.P., Van Lier, J.B. 2005 Use of wastewater in agriculture: the water chain approach. *Irrigation and Drainage*, 54: 3-9.
- Kanber, R., Çullu, M. A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N., 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak, Ankara, s. 3-7.
- Kanber, R., 2006. Türkiye'de su kaynakları potansiyeli: kullanımı, sorunları ve çözüm önerileri, TMMOB Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart, Ankara, s. 1-12.
- Koyuncu, İ., 2018. Su/Atıksu Arıtılması ve Geri Kazanılmasında Membran Teknolojileri ve Uygulamaları. Türkiye Çevre Koruma Vakfı, 1. Baskı, Yıldızlar Ofset.
- Kukul, Y.S., Ünal Çalışkan, A.D., Anaç, S., 2007. Arıtılmış atık suların tarımda kullanılması ve insan sağlığı yönünden riskler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44(3): 101-116.
- Kukul, Y.S., Anaç, S., Yeşilirmak, E., 2008. Türkiye'de atıksu arıtımı ve tarımsal sulamada kullanım potansiyeli. Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu, 3-5 Eylül, İznik, s. 377-383.
- Kurtkulak, H., 2014. Kentsel atıksuların geri kazanımı ve yeşil alanların sulanmasında yeniden kullanımı: Konya kenti örneği. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Leverenz, H.L., Asano, T., 2011. Wastewater Reclamation and Reuse System. In: Wilderer, P., Ed., *Treatise on Water Science*, Vol. 4, Elsevier, Amsterdam, 63-71.
- MEM-TEK, 2018. Konvansiyonel bir atıksu arıtma tesisinin yüksek teknoloji ile buluşması İSKİ Ağva MBR tesisi. Yıl. 3, sayı. 5, s. 41-44.
- Nas, B., Yılmaz, C., 2019. Arıtılmış evsel/kentsel atıksuların yeni bir su kaynağı olarak kullanımında faydalar ve riskler, İklim Değişikliği ve Çevre, 4(2): 42-46.
- Öztürkmen, A.R., Süpürkeci Yarmaç, İ., 2018. Harran Ovası sulamasında tekrar kullanılan drenaj sularının kullanımı ve kalitesi. Akademik Ziraat Dergisi, 7(2):197-204.

- SKKY, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 20748 sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- SKKY, 2004. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 25687 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Üstün, G.E., Solmaz, S.K., 2008. Atıksuların geri kazanımı ve tarımsal sulama için tekrar kullanımının değerlendirilmesi. Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu, 3-5 Eylül, İznik, s. 339-346.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2011. Türkiye Çevre Durum Raporu.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2020. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/bolu/icerikler/su-20180222083149.pdf> (28.05.2020)
- T.C. İznik Kaymakamlığı, 2020. <http://www.iznik.gov.tr/> (28.05.2020)
- TUIK, 2020. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1047](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1047) (28.05.2020)
- Wachinski, A.M., 2013. Membrane Processes for Water Reuse, McGraw Hill Professional.
- Yalılı Kılıç, M., Kestioğlu, K., Aydınalp, C., 2008. Atıksuların sulama suyu olarak kullanım olanaklarının değerlendirilmesi. Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu, 3-5 Eylül, İznik, s. 355-366.
- Yalılı Kılıç, M., 2014. Bursa bölgesi'nde tarımsal sulamada geri kazanılmış atıksuların kullanımı ile sağlanan su tasarrufu. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs, Tekirdağ, s. 343-346.
- Yıldırım, M.U., Gül, A., 2008. Arıtılmış atıksu ile sulama yapılmasına çiftçi yaklaşımı: Gaziantep ili örneği. Su Tüketimi Arıtma Yeniden Kullanım Sempozyumu, 3-5 Eylül, İznik, s. 347-354.
- Yılmaz, D., 2005. Arıtılmış atıksuların tarımsal sulama suyu kriterleri açısından değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Yiğit, Y., Çakmak, B., 2018. Fırat havzası sulama şebekelerinde tarımda su kullanımının değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(1): 103-108.
- Yim, S.K., Ahn, W.Y., Kim, G.T., Koh, G.W., Cho, J., Kim, S.H., 2007. Pilot-scale evaluation of an integrated membrane system for domestic wastewater reuse on islands. Desalination, 208: 113-24.
- Yurtseven, E., Çakmak, B., Kesmez, D., Polat, H.E., 2010. Tarımsal atık suların sulamada yeniden kullanılması. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara, s. 135-154.