

**ATIKSULARIN GERİ KAZANIMI  
VE  
ATIKSULARDAN ENERJİ ELDESİ**

**WASTEWATER REUSE AND ENERGY RECOVERY FROM  
WASTEWATER**

---

*Eyüp DEBİK*



# ATIKSULARIN GERİ KAZANIMI VE ATIKSULARDAN ENERJİ ELDESİ

***Eyüp DEBİK***

*Yıldız Teknik Üniversitesi*

## Özet

Ülkemizde su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla 2030 yılı için %15 olarak öngörülen geri kazanım hedefi, mevcut biyolojik evsel atıksu arıtma tesislerine kum filtresi ve dezenfeksiyon üniteleri eklenerek hızlı bir şekilde daha yüksek mertebelere ulaştırılmalıdır. Yapılan çalışmalar, bu ünitelerin ilavesiyle arıtılan atıksuların tarımda veya yeşil alanların sulanmasında kullanımının emniyetli ve verimli olduğunu göstermiştir. Ancak; ülkemizde evsel atıksuların %50'sinin tarımda kullanılması, sulamadaki kullanım oranını %73'den ancak %71'e düşürmektedir. Bu sebeple, tarımda modern sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması önemli bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, evsel atıksuların geri kazanımının yanında tekstil, zeytinyağı üretimi ve tavuk kesimhanesi atıksularının geri kazanımı için membran teknolojilerinin kullanıldığı çalışmalardan elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. Örnek olarak verilen bu çalışmalarda \$0,66/m<sup>3</sup> işletme maliyeti belirlenmiştir. Bu maliyet, işletmeler için şebekeden su temin etme maliyetinden düşüktür. Ancak, ülkemizde yeraltı suları çok düşük ücretlerle veya ücretsiz olarak kullanılması sebebiyle atıksu geri kazanımı öncelik olarak görülmemektedir. Bu sorunun çözümü için yeraltı suyu kullanımının uygun şekilde tarifelenmesi ve endüstrinin geri kazanım alternatifini değerlendirmesi sağlanmalıdır. Bu makalede; organik içeriği yüksek endüstriyel atıksuların arıtımında anaerobik yöntemin tercih edilmesinin önemli enerji katma değeri sağladığı ortaya konmuştur. Bu bağlamda, organik içeriği yüksek atıkların arıtılması için alternatifler değerlendirilirken anaerobik arıtma teknolojisine öncelik verilmesi gerektiği düşünülmekte olup teknolojinin yaygınlaştırılması için teşviklerin sağlanması uygun olacaktır.

## ***Anahtar Kelimeler***

*Atıksuların geri kazanımı, Tarımsal sulama, Anaerobik arıtma, Enerji eldesi*

## **WASTEWATER REUSE AND ENERGY RECOVERY FROM WASTEWATER**

*Eyüp DEBİK*

*Yıldız Technical University*

### **Abstract**

In order to ensure the sustainability of water resources in our country, the recovery target of 15% for 2030 should be reached to higher levels rapidly by adding sand filters and disinfection units to the existing biological domestic wastewater treatment plants. Studies have shown that the use of wastewater treated with the addition of these units in agriculture or irrigation of green areas is safe and efficient. However, the use of 50% of domestic wastewater for irrigation in Türkiye reduces the water usage rate for this purpose from 73% to only 71%. For this reason, dissemination of modern irrigation techniques in agriculture emerges as an important necessity. In this study, the results obtained from the studies in which membrane technologies are used for textile, olive oil production and poultry slaughterhouse wastewater recovery as well as the domestic wastewater recovery are shared. In these studies, which are given as examples, an operating cost of \$0.66/m<sup>3</sup> was determined. This cost is lower than the cost of supplying water from the network for the industrial sectors. However, wastewater recovery is not seen as a priority in our country since groundwater is used with very low fees or free of charge. In order to solve this problem, it should be ensured that the use of groundwater is properly tariffed, and the industry should be forced for the recovery alternatives. In this article, it has been revealed that the preference of anaerobic method in the treatment of industrial wastewater with high organic content provides significant energy added value. In this context, it is thought that anaerobic treatment technology should be given priority when evaluating alternatives for the treatment of wastes with high organic content, and it would be appropriate to provide incentives for the dissemination of technology.

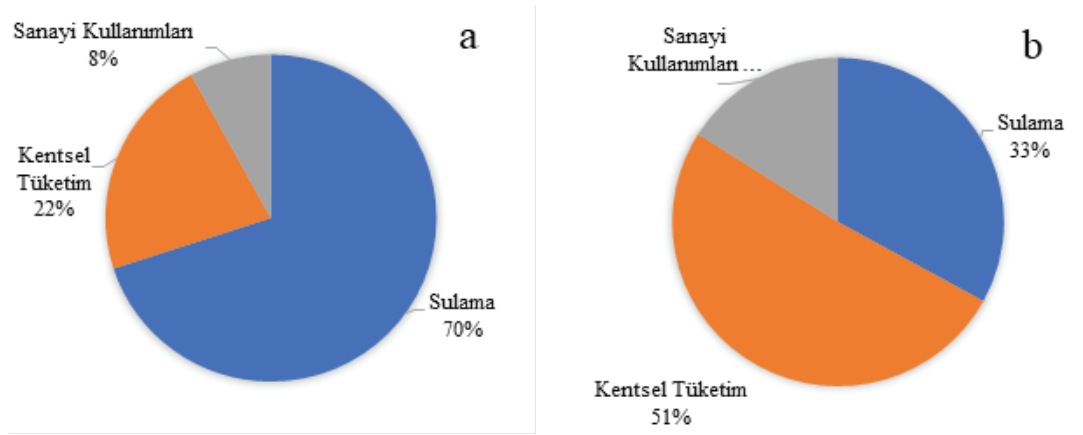
### **Keywords**

*Wastewater recovery, Agricultural irrigation, Anaerobic treatment, Energy recovery*

## 1. Giriş

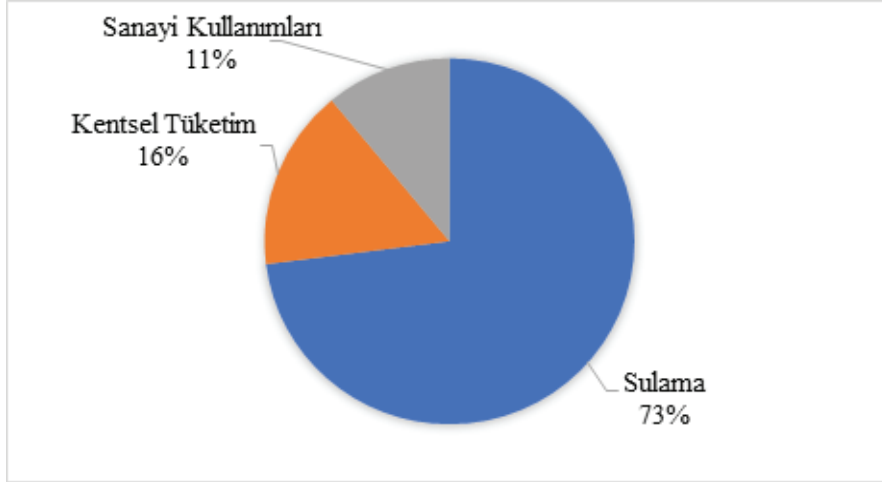
Dünyamızın 2/3'si suyla kaplı olmasına rağmen bu su kütlelerinin %97,5'i tuzlu su olup %2,5'lük kısmı tatlı su kaynaklarını oluşturmaktadır. Ancak, bu tatlı su kaynaklarının büyük bir kısmı buzullar şeklindedir. Diğer su kütlelerinin büyük bir kısmı yeraltı suyu olup kolay ulaşılabilir yüzeysel su ve yeraltı sularının yüzdesi oldukça düşüktür. Bu miktar tatlı su kaynaklarının yaklaşık %1'inden bile daha düşüktür (Ayyam vd., 2019). Bu sebeple, temiz su kaynaklarının gıda güvenliğinin sağlanması, gelecek nesillere emniyetli olarak aktarılması için verimli bir şekilde kullanılması ve kullanıldıktan sonra geri kazanımı büyük önem arz etmektedir.

Tatlı su kaynakları kullanım amacına göre genel olarak 3 şekilde kullanılmaktadır. Bunlar, evsel kullanımlar olarak tanımlanabilecek *kentsel tüketim*, endüstride imalat için *sanayi kullanımları* ve tarımsal faaliyetler için *sulama* şeklinde ifade edilebilir. Bu kullanımların oranları ülkeden ülkeye, yöreden yöreye ve hatta kişiden kişiye değişiklik gösterebilmektedir. Örneğin; dünyada bu kullanım oranlarına baktığımızda genel olarak sulama %70, kentsel tüketim %22, sanayi kullanımları %8 olarak kendini göstermektedir (Şekil 1a). Diğer taraftan; sulama sistemlerini ve kullanımlarını modernize etmiş olan ülkelere bakıldığında bu kullanım oranları sulama için %33, kentsel tüketim için %51 ve sanayi kullanımları için %16 olarak kendini göstermektedir (Şekil 1b). Bu kullanım oranları 2020 yılı verileri esas alınarak ülkemiz açısından değerlendirildiğinde sulamanın %73, kentsel tüketimin %16 ve sanayi kullanımlarının ise %11 olarak gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 2). Bu durum ülkemizde tarımsal sulama için harcanan su miktarının oldukça yüksek olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 1. (a) Dünyada ve (b) Avrupa ülkelerinde amaçlarına göre su kullanım oranları (ÇŞB, 2020)

Akdeniz iklim kuşağında da yer alan ülkemiz toplam su potansiyeli açısından maalesef iyi bir durumda değildir. Yıllık 112 milyar m<sup>3</sup> su potansiyeline sahip olan ülkemizde bu potansiyelin %39'u Şekil 2'de verilen oranlarda sulama, kentsel ve sanayi amaçlı kullanılmaktadır. Su bütçesine bu oranlar açısından bakıldığında toplam yıllık kullanılan su miktarı yaklaşık 44 milyar m<sup>3</sup> olup bu miktarın 32 milyar m<sup>3</sup>'ü sulama, 7 milyar m<sup>3</sup>'ü kentsel kullanım ve 5 milyar m<sup>3</sup>'ü sanayi için kullanılmaktadır (ÇŞB, 2020).



Şekil 2. Türkiye'de amaçlarına göre su kullanım oranları (ÇŞB, 2020)

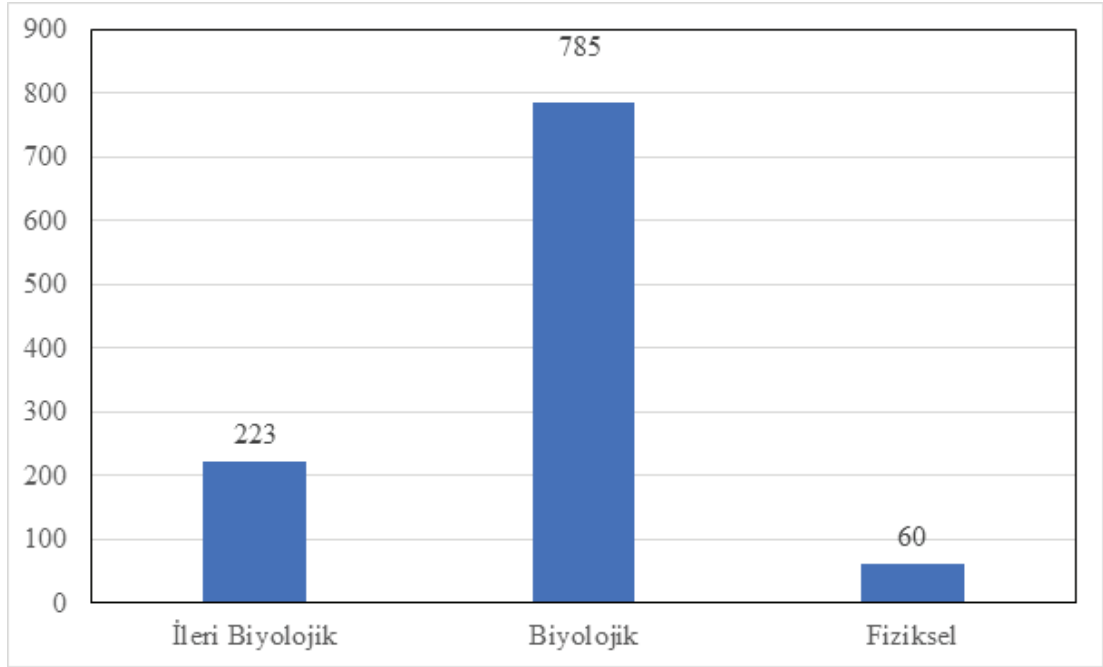
Ülkemiz mevcut su potansiyeli ile Tablo 1'deki kriterlere göre değerlendirildiğinde günümüzdeki nüfusa göre su zengini bir ülke değildir. Hâlihazırdaki nüfus esas alındığında kişi başı yıllık yaklaşık 1.300 m<sup>3</sup> su miktarı ile *su stresi altındaki* bir ülke konumundadır. 2040 yılında nüfusumuzun yaklaşık 100 milyonu bulacağı düşünüldüğünde bu miktarın yıllık 1.100 m<sup>3</sup> civarına düşeceği tahmin edilmektedir (SBB, 2018). Maalesef, bu sonuç, o yıllarda su fakiri bir ülke konumuna daha da yaklaşmış olacağımızı işaret etmektedir. Bu açılarından bakıldığında hem su kullanım politikalarının değiştirilmesi hem de kullanılan suların geri kazanılması için yeni politikaların geliştirilmesi gerektiğini ifade etmek mümkündür.

Tablo 1. Su Varlığının Sınıflandırılması (SBB, 2018)

Su varlığı	Sınıflandırma
Yılda kişi başına düşen su miktarı 8.000-10.000 m <sup>3</sup> 'ten fazla ise	Su Zengini
Yılda kişi başına düşen su miktarı 2.000 m <sup>3</sup> 'ten az ise	Su Azlığı
Yılda kişi başına düşen su miktarı 1.000 m <sup>3</sup> 'ten de az ise	Su Fakiri

## 2. Ülkemizde Atıksuların Arıtımı

Evsel atıksuların arıtımında fiziksel, biyolojik ve ileri biyolojik arıtma yöntemleri kullanılabilir. Ülkemizde evsel atıksuların arıtımında yaygın olarak biyolojik atıksu arıtma prosesleri kullanılmaktadır. 2020 yılı verilerine göre ülkemizde toplam 1.068 adet atıksu arıtma tesisi bulunmakta olup bu tesislerin 60 tanesi fiziksel arıtma, 785 tanesi biyolojik ve 223 tanesi ileri biyolojik arıtma prosesi olarak işletilmektedir (Şekil 3). Bu arıtma tesisleri toplam ülke nüfusunun %79'una hizmet etmekte olup bir kısım atıksu arıtma tesisinde de geri kazanım alternatifi bulunmaktadır (TÜİK, 2023). Halihazırda atıksu geri kazanım oranı %4,12 olarak verilmekte ve bu oranın 2023 yılı için %5 ve 2030 yılı için ise %15 olarak hedeflendiği belirtilmektedir (ÇŞB, 2022).



*Şekil 3. Türkiye’de kurulu bulunan atıksu arıtma tesislerinin dağılımı (ÇŞB, 2020)*

Önemli endüstriyel faaliyetleri yürüten bir konumunda olan ülkemizde bazı sektörlerde ihracat potansiyeli de oldukça yüksektir. Endüstriyel faaliyetlerdeki bu başarının yanında maalesef atıksuların arıtımı ve geri kazanımında istenilen düzeye henüz ulaşamamıştır. Endüstriyel kullanımlar sebebiyle oluşan yıllık 2,4 milyar m<sup>3</sup> atıksu değişik alıcı ortamlara verilmekte olup bu atıksuların yaklaşık %81’i soğutma suyu olarak deşarj edilmektedir. Soğutma suyu haricindeki suların ancak %54,4’lük bir kısmı arıtılarak deşarj edilmekte diğer kısmı ise halen herhangi bir arıtmaya tabi tutulmamaktadır. Alıcı ortamlara verilen atıksuyun %81,3’ü denizlere, %6,8’i akarsulara, %9,4’ü kanalizasyonlara ve %2,2’si diğer alıcı ortamlara verilmektedir (ÇŞB, 2020).

Diğer taraftan, ülkemizde toplamda 236 OSB faaliyet yürütmekte ve bu OSB'lerden 104'ünde atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. 58 OSB atıksularını belediye kanalına deşarj ederken bu OSB'lerden 22 tanesinin atıksu arıtma tesisi proje ve inşaat çalışmaları devam etmektedir. Maalesef halen 74 OSB'de herhangi bir arıtma tesisi bulunmamaktadır (ÇŞB, 2020).

### 3. Atıksuların Geri Kazanımının Önemi

Gerek dünyadaki kolay kullanılabilir temiz su miktarının kısıtlı olması gerekse daha önce ifade edilen ülkemizdeki su potansiyelinin kritik seviyede olması sebebiyle öncelikle su kullanımının tasarruflu bir şekilde yapılması daha sonra da oluşan atıksuların geri kazanımı büyük önem arz etmektedir.

Atıksuların geri kazanılmasının birçok faydası bulunmaktadır. Bu faydaların bazıları kısaca aşağıda açıklanmıştır.

- Atıksuların geri kazanımıyla temiz su kaynaklarının korunması sağlanmış olacak ve böylece gerek ülkemizde gerekse dünyada yaşayan nüfusun gelecekteki yaşam güvenliği sağlanmış olacaktır.
- Su, hem insanların temel gıda maddesi olması bakımından hem de insanların gıda ihtiyaçlarını karşıladıkları tarım, hayvancılık, endüstriyel üretim vb. işlemler için de vazgeçilmez bir unsur olması sebebiyle gıda güvenliğinin sağlanması için önemli bir kaynaktır. Geri kazanım bu kaynağın korunmasını ve uzun süreli kullanımını sağlayacaktır.
- Geri kazanım ile alıcı su ortamlarına deşarj edilen atık su miktarlarının önemli miktarda azalması sağlanmış olacak ve böylece temiz su kütlelerinin korunması sağlanmış olacaktır.
- Atıksuların geri kazanımı, temiz su kütlelerinin korunmasının yanında deşarj yapılan diğer ekosistemlerinin de korunmasını sağlayarak böylece çevresel kirliliğin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.
- Geri kazanım ile toplumda atıksuların kaynak değerinin anlaşılması ve sürdürülebilir bir kaynağın temin edilmesi mümkün olacaktır.
- Arıtılmış atıksular azot ve fosfor gibi nütrientler açısından zengin bir içeriğe sahip olduğundan tarımsal sulamada kullanılması halinde ziraat için kullanılan gübre miktarlarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.
- Arıtılmış atıksular temiz su kaynaklarının korunmasına sebep olması ve sürdürülebilir bir kaynak olması sebebiyle kuraklığın etkilerinin azaltılmasına önemli katkılar sağlayacaktır.
- Arıtılmış atıksuların kullanılması ile temiz su kaynaklarının daha verimli temin edilmesi sebebiyle tatlı su maliyetlerinin azalması mümkün olacaktır.



Bir kısmı yukarıda ifade edilen geri kazanımın avantajlarının değerlendirilmesi için daha önce de ifade edildiği gibi ülkemizde bazı hedefler konulmuştur. Önümüzdeki yıllarda ulaşılması amacıyla konulmuş bu hedeflerin hatta daha yükseklerinin sağlanması için gerekli çalışmaların daha etkin bir şekilde yürütülmesi uygun olacaktır. Diğer taraftan, daha kolay uygulanabilir geri kazanım alternatiflerinin değerlendirilmesi bu hedeflere ulaşılmasını daha da kolaylaştıracaktır.

#### 4. Atıksuların Geri Kazanımında Kullanılan Yöntemler

Son yıllarda kabul gören atık hiyerarşisinde (Şekil 4) olduğu gibi atıksuların arıtımı ve geri kazanımında da başlangıç aşaması kaynağında kontrol olmalıdır. Kaynağında kontrolde de yapılması zorunlu en önemli husus *azaltmak* yani doğal kaynakların olabildiğince az kullanılmasıdır. Bunun için temelde *israf etmemek* daha sonrasında ise en az su ve kimyasal kullanan teknolojilerin kullanılması esas olmalıdır. Bu adım başarılı bir şekilde gerçekleştirildiğinde hem atıksu miktarı az olacak hem de oluşan atıksuyun kirleticilik özelliği az olacaktır. Bu şekilde yapılacak bir su kullanım politikasından sonra oluşan atıksuların mümkünse direkt geri kullanımı değilse arıtılarak amaca uygun bir şekilde kullanımı sağlanmalıdır.

Gerek evsel gerek endüstriyel atıksuların arıtımında kullanılan genel arıtma yöntemleri bilindiği üzere fiziksel, kimyasal ve biyolojik proseslerdir. Daha önce de ifade edildiği gibi ülkemizde evsel atıksuların arıtılmasında çoğunlukla biyolojik arıtma yöntemleri kullanılmaktadır. Ancak, az sayıda da olsa fiziksel arıtma kullanılan bazı tesisler halen bulunmakta olup bu tesislerin de biyolojik arıtmaya dönüştürülmesi için çalışmaların yapıldığı bilinmektedir. Diğer taraftan, endüstriyel atıksuların arıtımında atıksuyun karakterine bağlı olarak her üç proses veya bu proseslerin kombinasyonu kullanılmaktadır. Klasik yöntemler kullanılarak arıtılan atıksuların her amaca uygun kalite kriterlerini sağlaması mümkün olmamaktadır. Arıtılmış atıksuların içeriğinde makro ve mikro kirleticiler, inorganik kirleticiler, çözünmüş katılar ve ağır metallerin bulunması muhtemeldir.



Şekil 4. Son yıllarda kabul gören atık hiyerarşisi

Geri kazanım amacıyla herhangi bir atıksuyun arıtılması için kullanılacak yöntem, ham atıksuyun karakterine, arıtılmış atıksuyun kullanım amacına, kullanılacak tesis ve işletmeye göre değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple, geri kazanım çalışmalarında öncelikle arıtılacak suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gereklidir. Karakteri belirlenen atıksuyun hangi amaç için nerede ve ne kadar kullanılacağı belirlenerek bu amaç ve hedefler için arıtma sürecinde hangi tekniklerin kullanılması gerektiği net bir şekilde ortaya konmalıdır.

Evsel atıksuların karakteri yerleşim yerine göre farklılık göstermekle beraber yaklaşık olarak literatürde bilinen belirli özelliklere sahiptir. Bu sebeple evsel atıksuların arıtılmasında kullanılan teknikler, bütün dünyada kabul görmüş olan genellikle fiziksel ve biyolojik arıtma kademelerini içermektedir. Bu yöntemlerle arıtılmış atıksuların geri kazanım amacına bağlı olarak ilave bazı ünitelerle kolayca geri kazanımı mümkün olmaktadır.

Diğer taraftan, endüstriyel atıksuların özellikleri, sektör tipine, üretim prosesinin yapısına ve hatta üretim saatlerine bağlı olarak çok büyük değişkenlik göstermektedir. Atıksu özellikleri öyle farklılık gösterebilir ki bu değişim, aynı sektördeki iki işletmenin üretim prosesindeki farklılık sebebiyle ve/veya bir fabrikadaki üretim sürecindeki değişiklikler sebebiyle meydana gelebilir. Bunun yanında, sektöre bağlı olarak proseste kullanılacak suyun özellikleri de önemli farklılıklar göstermektedir. Bu sebeple, özellikle endüstriyel atıksuların arıtılması ve geri kazanımında sektörün tipine, prosesin özelliklerine ve ihtiyaç duyulan proses suyunun özelliklerine bağlı olarak kullanılması gereken arıtma yöntemleri de değişiklik göstermektedir.

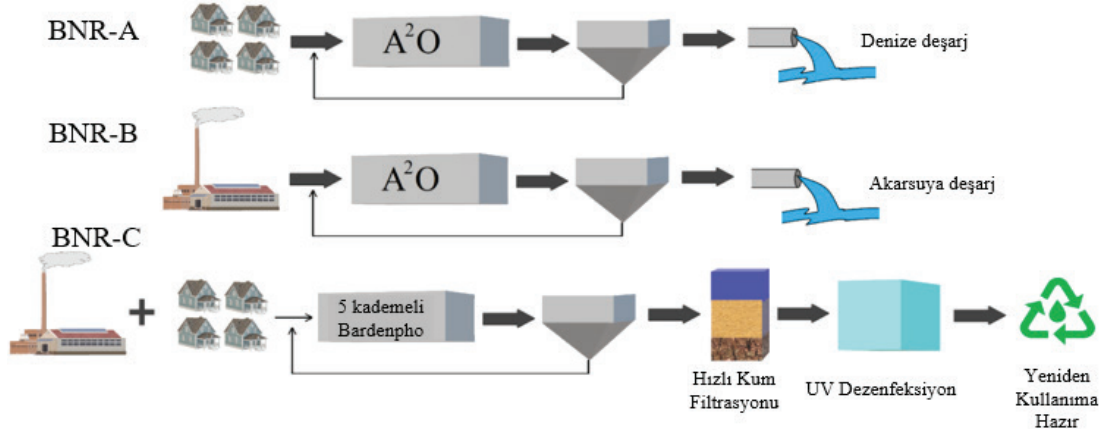
Tablo 2’de genel olarak atıksuların geri kazanımında kullanılacak metotlar ve bu metotların etkili olduğu kirleticiler verilmiştir. Atıksuyun karakterine, geri kazanım amacına ve proses ihtiyacına bağlı olarak Tablo 2’de verilen arıtma yöntemleri tek başına veya birleşik bir şekilde kullanılabilir. Arıtma yöntemleri seçilirken en ekonomik yöntemin kullanılarak atıksuyun geri kazanımı düşünülmelidir. Bunun için geri kazanılan atıksuyun yüksek miktarda ve düşük kalitede kabulünün mümkün olduğu alternatiflerin göz önüne alınması uygun olacaktır. Örneğin, geri kazanılan atıksuların yer yıkama, soğutma suyu, kazan suyu gibi yüksek kalitede su ihtiyacı olmayan alanlar için değerlendirilmesi geri kazanımın oldukça ekonomik olmasını sağlayacaktır. Benzer şekilde özellikle organize sanayi bölgelerinde bir işletmeden çıkan atıksu klasik bir arıtma sisteminden sonra başka bir işletme tarafından kullanılabilir ise öncelikle bu alternatifin değerlendirilmesi daha yüksek teknoloji ile arıtma yapılmasını ortadan kaldıracak ve geri kazanımı daha tercih edilebilir hale getirecektir.

Ülkemizde evsel atıksuların arıtımında kullanılan teknikler dikkate alındığında biyolojik olarak arıtılan atıksuların bir takım son işlemlerden geçirilerek güvenli bir şekilde tarımsal sulamada kullanılması mümkün görünmektedir. Arıtılan bu atıksular, tarımsal sulamaya ilaveten peyzaj sulamada, endüstriyel alanlarda, yeraltı suyunun beslenmesinde ve kentsel ihtiyaçlarda kullanılabilir. Özellikle kanalizasyon sistemlerine endüstriyel deşarjın yapılmadığı şehirlerde biyolojik olarak arıtılmış evsel atıksular, “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği”ndeki Tablo E7.1’deki “Sulamada Geri Kullanılacak Arıtılmış Atıksuların Sınıflandırılması” kriterlerini sağlayacak özelliğe sahip olmaktadır. Bu sebeple, evsel atıksuların geri kazanımında sulama alternatifi öncelikle değerlendirilmelidir (ÇOB, 2010).

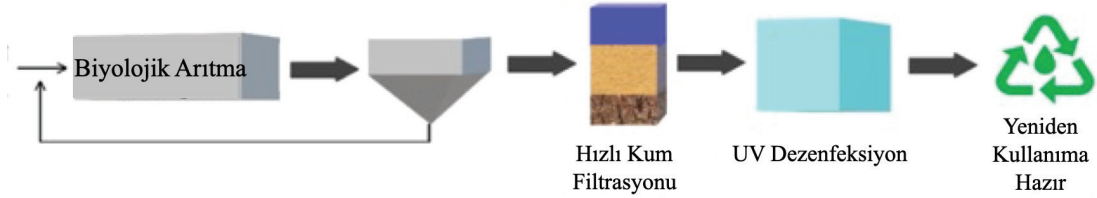
**Tablo 2.** Atıksu Geri Kazanımında Kullanılan Teknikler (ÇOB, 2010)

ARITMA YÖNTEMLERİ	AKM	Kolloidler	Partiküler Organikler	Çözünmüş Organikler	Azot	Fosfor	Eser Maddeler	TÇM	Bakteri	Protozoa	Virus
Mikrofiltrasyon	X	X	X						X	X	
Ultrafiltrasyon	X	X	X						X	X	X
Nanofiltrasyon			X	X			X	X	X	X	X
Ters Osmoz				X	X	X	X	X	X	X	X
Flotasyon	X	X	X							X	X
Elektrodiyaliz		X						X			
Karbon Adsorpsiyonu				X			X				
İyon Değişirme					X		X	X			
İleri Oksidasyon			X	X			X		X	X	X
Dezenfeksiyon				X					X	X	X

Evsel atıksuların geri kazanılabilirliğinin değerlendirilmesi amacıyla Yıldız Teknik Üniversitesi ile Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen uluslararası bir projede, şehirde kurulu bulunan 3 biyolojik nütrient giderim tesisinde 2021-2022 yılında saha çalışmaları yapılmıştır. Şekil 5’te görüldüğü gibi tesislerden 2 tanesi A2O olarak ifade edilen ve biyolojik nütrient gideriminde yaygın olarak kullanılan bir proses olup diğer proses ise 5 kademeli Bardenpho prosesidir. A2O proseslerinden farklı olarak 5 kademeli Bardenpho prosesine hızlı kum filtresi ve UV dezenfeksiyonu da ilave edilerek arıtılan atıksuların bir kısmının geri kazanılması sağlanmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü arıtma tesislerinin atıksu toplama alanları dikkate alınarak tesisler, sadece evsel, sadece endüstriyel ve hem evsel hem endüstriyel atık suların arıtıldığı prosesler olarak kategorize edilmiştir. Bütün tesislerin giriş ve çıkış ünitelerinde KOİ, BOİ, AKM, TP, TN ve ağır metallerin (Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As, Cd, Pb ve Hg) ölçümleri bir yıl boyunca takip edilmiştir. Endüstriyel atıksular “Kocaeli Büyükşehir Belediyesi İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği”ne uygun olarak kanalizasyona deşarj edildiğinden her 3 arıtma tesisinden alınan çıkış numunelerinde sulama suyu olarak ifade edilen kriterlerin sağlandığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma sonuçlarına göre, biyolojik arıtımı yapılan şehir atıksularının proses sonuna ilave edilecek bir filtrasyon ve dezenfeksiyon sonucunda kolaylıkla tarımsal sulamada değerlendirilebileceği ortaya konmuştur. Böyle bir atıksu arıtma tesisinin genel akım şeması Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 5. Kocaeli ilinde araştırma yapılan tesislerin genel akım şeması (Ulucan-Altuntas vd., 2023)

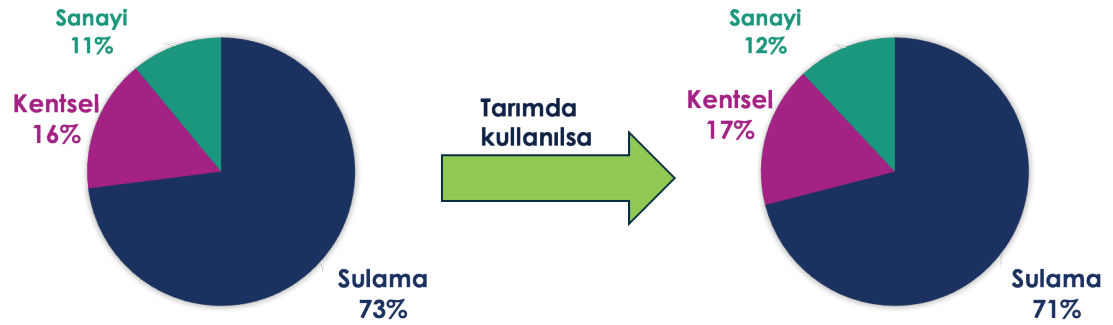


Şekil 6. Evsel atıksuların geri kazanımı için kullanılabilir sistemin genel akım şeması

Ülkemizde yaklaşık 5 milyar m<sup>3</sup>/yıl atıksuyun kanalizasyonla toplandığı ifade edilmektedir. Şekil 6'da akım şeması verilen genel proses kullanılarak toplanan evsel atıksuların %50'sinin geri kazanımının sağlandığı düşünüldüğünde 2,5 milyar m<sup>3</sup>/yıl atıksuyun tarımda, rekreasyon alanlarında, soğutma suyu olarak ve diğer endüstriyel amaçlar için sanayide kullanılması mümkün olacaktır. İlk bölümde de ifade edildiği gibi dünya genelinde en yüksek kullanım olan tarımda sulama alternatifi tercih edildiğinde ülkemizde temiz su kaynaklarından temin edilen yaklaşık 32 milyar m<sup>3</sup>/yıl'lık sulama suyu miktarı 29,5 milyar m<sup>3</sup>/yıl'a düşecektir. Bu miktar esas alınarak yıllık su kullanım oranları tekrar hesaplandığında Şekil 7'de gösterildiği gibi ülkemizdeki tarımda sulama yüzdesi ancak %71'e düşmekte kentsel kullanım oranı %17 ve sanayi kullanım oranı ise %12 olarak gerçekleşmektedir. Evsel atıksuların tamamının tarımsal sulamada geri kazanılması halinde bu oranlar bir miktar daha değişmekle birlikte tarımsal sulamanın oranı mevcut teknikleri kullanarak %69'un altına düşmemektedir. DSİ Genel Müdürlüğü'nün 2018 yılı verilerine göre, ülkemizde tarımsal alanların sulanmasında %21 yağmurlama teknolojisi, %17 damla sulama teknolojisi ve %62 diğer sulama teknolojileri kullanılmaktadır (ÇŞB, 2020). Tarımda kullanılan mevcut sulama teknikleri ile atıksuların

geri kazanımı doğal su kaynaklarının kullanımını bir miktar azaltsa da halen oldukça yüksek miktarda doğal su kaynaklarının kullanılmasını gerektirmektedir. Bu sebeple, ülkemizde acilen tarımda sulama tekniklerinin iyileştirilmesi ve basınçlı sulama yöntemlerine geçilmesi bir zorunluluk olarak önümüze çıkmaktadır. Ancak bu şekilde yapıldığı takdirde geri kazanımın da etkisiyle doğal su kaynaklarının üzerindeki baskı önemli miktarda azaltılabilecektir.

Evsel atıksuların geri kazanımında tarımsal sulamanın etkili bir yöntem olarak değerlendirilebildiği gibi endüstriyel atıksuların da soğutma suyu olarak geri kazanımı iyi bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Ülkemizde imalat sebebiyle oluşan atıksuların yaklaşık %81'nin soğutma suyu olması bu alternatifin mutlaka değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Arıtılmış endüstriyel atıksuların soğutma suyu olarak kullanımının yanında üretim proseslerinde, kül sulamada, baca gazı yıkamada ve buhar kazanlarında kullanımı da mümkündür. Bu alternatifleri değerlendirirken mutlaka iyi bir fizibilite yapılarak en uygun yöntemin seçilmesi gereklidir.



*Şekil 7. Evsel atıksuların geri kazanımı için kullanılacak sistemin genel akım şeması*

Endüstriyel atıksuların geri kazanımına örnek olması açısından ülkemizdeki önemli sektörlerden pamuklu tekstil üretimi, zeytinyağı fabrikası ve tavuk kesimhanesinden meydana gelen endüstriyel atıksuların arıtılması çalışmaları hakkında özet bilgi verilecektir.

Pamuklu tekstil üretimi yapan bir işletmeden alınan tekstil atıksuyunun özellikleri Tablo 3'te verilmektedir. Çalışmada, ham atıksu, aerobik ön arıtmadan ve anaerobik ön arıtmadan geçen atıksuların membran filtrasyonu ile geri kazanımı araştırılmıştır. Araştırmada, NF (NP10) ve UF (UC10) membranları kullanılmış ve membran filtrasyondan sonra elde edilen kirlilik parametrelerinin değişimi Tablo 4'te verilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar, özellikle aerobik ön arıtmadan geçirilmiş ve membran filtrasyona tabi tutulmuş atıksuların işletmede tekrar kullanılabilceğini ortaya koymuştur.

**Tablo 3.** Pamuklu Tekstil Atıksuyu ve Ön Arıtmadan Geçmiş Atıksu Özellikleri (Debik vd., 2010)

Atıksu	KOİ, mg/L	Renk, Pt-Co
Ham atıksu	2.300 ± 400	775 ± 175
Aerobik ön arıtma	650	822
Anaerobik ön arıtma	630 ± 10	300 ± 100

**Tablo 4.** Pamuklu Tekstil Atıksuyunun Membran Filtrasyonu Çıkışındaki Özellikleri (Debik vd., 2010)

Atıksu	KOİ, mg/L	Renk, Pt-Co
Ham atıksu	250 – 320	87 – 131
Aerobik ön arıtma	15 – 35	25 – 31
Anaerobik ön arıtma	95 – 113	60 – 62

3 fazlı zeytinyağı üretimi yapan bir tesisten alınan zeytin karasuyunun arıtımı için santrifüj işlemi ve ardından UF + NF ve UF + RO membranları ile geri kazanım çalışmaları yapılmıştır. Ham zeytin karasuyunun özellikleri Tablo 5'te verilmiştir. Santrifüj + UF + NF alternatifi ile elde edilen arıtılmış suların kanalizasyona deşarj limitlerini dahi sağlamadığı ancak santrifüj + UF + RO alternatifiyle arıtılan atıksuların ise kanalizasyona deşarj limitlerini sağladığı ortaya konmuştur.

**Tablo 5.** 3 Fazlı Zeytinyağı Üretim Tesisi Atıksuyunun Özellikleri (Coskun vd., 2010)

Parametre	Değer
pH	4,6 ± 0,2
KOİ, g/L	40,3 ± 1,0
TKM, g/L	6,8 ± 0,7
İletkenlik, mS/cm	5,3 ± 0,2

Tavuk kesimhanesi atıksularının arıtılması çalışmalarında kullanılan ham atıksuyun özellikleri Tablo 6'da verilmiştir. Bu çalışmada da santrifüj ve UF ön işleminden sonra NF ve RO membranları kullanılmış olup NF membranı ile yapılan arıtma çalışmasında deşarj limitleri sağlanırken RO membranı ile yapılan çalışmalarda işletmenin belirli noktalarında kullanılabilir nitelikte arıtılmış su elde edilmiştir. Tavuk kesimhanesi atıksularının geri kazanımı için meydana gelen işletme maliyeti \$0,66 /m<sup>3</sup> olarak tespit edilmiştir.

Tavuk kesimhanesi atıksularının arıtımında meydana gelen işletme maliyeti dikkate alındığında özellikle şebekeden su temin eden işletmeler için bu birim maliyet oldukça düşük kalmaktadır. Şehre göre farklılık arz etmekle beraber endüstrilere ortalama 30 TL/m<sup>3</sup>'den şebeke suyu servis edildiği düşünülürse günümüz şartlarında  $0,66 \times 19 \approx 12,5$  TL/m<sup>3</sup> birim atıksu geri kazanım maliyeti oldukça ekonomik görünmektedir. Ancak, ülkemizde birçok endüstrinin kuyu suyu kullanıyor olması birim su maliyetinin çok düşük olmasına sebep olmakta ve atıksuların geri kazanımı bir öncelik olarak düşünülmemekte ve/veya algılanmamaktadır. Bu sebeple kuyu suyu kullanan sektörlerin mutlaka tespit edilerek kuyu sularının da belirli bir minimum tarife ile endüstriye kullanılması bir zorunluluk olarak görülmektedir. Kuyu suyu tarifelerinin şehir şebeke suyu maliyetinin biraz altında ancak geri kazanım maliyetinin üzerinde olması halinde endüstriler, atıksularını geri kazanma alternatiflerini değerlendireceklerdir.

**Tablo 6.** Tavuk Kesimhanesi Atıksuyunun Özellikleri (Coskun vd., 2016)

Parametre	Değer
KOİ, g/L	7,97 ± 0,14
TKM, g/L	2,76 ± 0,70
UAKM, g/L	2,41 ± 0,60
İletkenlik, mS/cm	2,75 ± 0,10
pH	6,6 ± 0,1

## 5. Atıksulardan Enerji Eldesi

Günümüzde atıklardan enerji eldesi için kullanılan en yaygın teknoloji anaerobik arıtma olarak bilinmektedir. Bu teknoloji kullanılarak endüstriyel atıksuların arıtımında, hayvansal atıkların stabilizasyonunda, tarımsal atıklar ve evsel organik atıklar gibi atıkların biyogazlaştırılması sürecinde metan elde edilebilmektedir. Ülkemizde anaerobik arıtma yaygın olarak çamurların çürütülmesi sürecinde kullanılmakta olup henüz biyokütleden enerji üretiminde maalesef yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bunun yanında özellikle organik içeriği yüksek endüstriyel atıksuların arıtımında da anaerobik arıtma ülkemizde yeterli ilgiyi görmemektedir.

Organik içeriği yüksek endüstriyel atıksuların anaerobik atılmasında önemli iki fayda ortaya çıkacaktır. İlki, organik içeriği yüksek bir atıksuyun aerobik olarak arıtılması sürecinde gerekli enerji ihtiyacı ortadan kaldırılmış olacaktır. Bilindiği gibi aerobik arıtmada en büyük enerji maliyetine, biyolojik arıtmanın gerçekleştiği aerobik tankın hava ihtiyacı sebep olmaktadır. Anaerobik arıtmada ise oksijen ihtiyacı bulunmamaktadır. Bu sebeple, organik içeriği yüksek endüstriyel atıksuların anaerobik arıtılması hava ihtiyacını ortadan kaldıracığından atıksuyun arıtımında önemli bir enerji tasarrufu sağlanmış olacaktır. İkinci fayda, anaerobik arıtma sonucunda *biyogaz* oluşumunun gerçekleşmesidir. *Biyogaz*, içeriğindeki metan muhtevası sebebiyle oldukça önemli bir enerji potansiyeline sahip olup işletmeye önemli bir ekonomik katkı sağlamaktadır. Bu iki önemli faydanın yanında endüstriyel atıksuların anaerobik arıtılması sonucunda meydana gelen arıtma çamuru aerobik arıtmaya göre yaklaşık beş kat daha az olduğundan çamur bertarafının da daha kolay ve ekonomik yapılması söz konusu olmaktadır.

Konunun daha iyi anlaşılması amacıyla fermantasyon sonucu oluşan ve peynir endüstrisinden kaynaklanan iki atıksuyun anaerobik olarak arıtılması için yapılan çalışmaların sonuçları burada kısaca paylaşılacaktır.

Fermantasyon sonucu oluşan atıksu özellikleri Tablo 7’de verilmiştir. Tablo 7’den görüleceği üzere atıksuyun KOİ’si yaklaşık 150 g/L, katı madde muhtevası %7 gibi oldukça yüksek ve aerobik olarak arıtılması ekonomik olmayan bir karakterdedir. 50 m<sup>3</sup>/gün debiye sahip bu atıksuyun anaerobik olarak arıtılması halinde yaklaşık 2.300 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/gün oluşacağı çalışmada ortaya konmuştur (pilot çalışmalardan elde edilen 0,34 L CH<sub>4</sub>/gKOİ değeri esas alınarak hesaplama yapılmıştır) (Coskun vd., 2012). CH<sub>4</sub>’ün birim bedelinin doğalgaz fiyatına eşdeğer olduğu varsayımı ve doğalgazın birim maliyetinin yaklaşık \$0,50/m<sup>3</sup> olduğu kabulü (İGDAŞ, 2023) ile yaklaşık \$1.150/gün metan sebebiyle işletmeye ekonomik girdi olacaktır. Pilot çalışmanın yapıldığı dönemde anaerobik arıtma tesisinin yaklaşık \$1.000.000 maliyet oluşturacağı alınan tekliflerle ortaya konulmuştur. Amortisman ve işletme maliyetleri gibi maliyet unsurları düşünülmeden anaerobik arıtma tesisinin ilk yatırım maliyetinin yaklaşık 3 yılda CH<sub>4</sub>’ün ekonomik katkısı ile karşılanacağı hesaplanabilmektedir.

**Tablo 7.** *Fermantasyon Prosesi Atıksuyunun Özellikleri (Coskun vd., 2012)*

Parametre	Birim	Değer
pH	-	5,5 ± 0,5
KOİ	g/L	150,0 ± 10,0
KM	%	7,0 ± 1,0
Protein	%	2,6 ± 0,5
Yağ-Gres	%	2,5 ± 0,5

Peynir endüstrisi atıksularının anaerobik olarak arıtılması için yapılan ön çalışmadan elde edilen ham atıksuyun özellikleri Tablo 8’de verilmiştir. Tablo 8’deki atıksu özellikleri, bu atıksuyun da aerobik olarak arıtılmasının uygun olmadığı bunun yanında anaerobik olarak arıtılmasının mutlaka bir alternatif olarak değerlendirilmesinin uygun olacağını göstermektedir. Anaerobik arıtma tesisinin 1.600 m<sup>3</sup>/gün atıksu debisi için tasarlanması planlanmış ve tasarımda 0,30 L CH<sub>4</sub>/gKOİ değeri esas alınarak elde edilecek biyogaz miktarı hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda yaklaşık 2.850 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/gün oluşacağı ortaya konmuştur. Atıksuyun arıtımı için kurulacak tesisin yaklaşık maliyetinin €1.400.000 olacağı alınan tekliflerle belirlenmiştir. Bir önceki örnekte CH<sub>4</sub> ve doğalgaz için yapılan kabuller esas alındığında arıtma tesisinin ilk yatırım maliyetinin yaklaşık 3,5 yılda CH<sub>4</sub>’ün ekonomik girdisi ile karşılanacağı ortaya konmuştur (Çevmed, 2022).



**Tablo 8. Peynir Endüstrisi Atıksuyunun Özellikleri (Çevmed, 2022)**

Parametre	Birim	Değer
pH	-	5,2
KOİ	mg/L	7.000
BOİ <sub>5</sub>	mg/L	3.200
AKM	mg/L	1260
Yağ-Gres	mg/L	250

Yukarıda verilen bilgilere ve iki örneğe istinaden, özellikle organik içeriği yüksek endüstriyel atıksuların arıtımı için anaerobik arıtmanın mutlaka bir alternatif olarak değerlendirilmesi gerektiği açıktır. Bu şekilde hem aerobik arıtma için kullanılacak havalandırma sebebiyle harcanacak enerji maliyetleri bertaraf edilmiş olacak hem de anaerobik arıtmada elde edilen metanın enerji değerinden faydalanılarak işletmenin daha ekonomik şekilde atıklarını bertaraf etmesi sağlanmış olacaktır.

## 6. Sonuçlar ve Öneriler

Ülkemizde her geçen gün atıksuların geri kazanım oranı artmakla birlikte henüz hedeflenen noktaya ulaşamamış olup gelişmiş ülkelerdeki geri kazanım oranının oldukça altında kalmıştır. Buna rağmen, ülkemizdeki özellikle evsel atıksu arıtma tesislerinin sayısı ve kapasiteleri dikkate alındığında atıksu arıtımında iyi bir konumda olduğumuz ifade edilebilir. Buradan hareketle, öncelikle evsel atıksuların geri kazanımına ağırlık verilmelidir. Ülkemizde kurulu olan biyolojik arıtma tesislerine filtrasyon ve dezenfeksiyon gibi kolayca ilave edilebilen geri kazanım birimlerinin hızlı bir şekilde eklenmesiyle evsel atıksuların geri kazanım oranının artırılması tavsiye edilmektedir. Geri kazanılan bu atıksuların kolay ve emniyetli bir şekilde tarımda, kentsel yeşil alanlarda ve endüstrilerde kullanılması mümkün olacaktır. Diğer taraftan, maalesef ülkemizde su kullanıcıları geri kazanılmış atıksuların kullanımını tercih etmemektedirler. Ülkemizde yeraltı suyu kullanımı oldukça yüksek seviyede olup yeraltı suyu kullanan kişi veya işletmelerin suyu oldukça ucuz bir maliyetle elde etmeleri geri kazanılmış atıksuları kullanmalarını engellemektedir. Bunun yanında, psikolojik olarak da geri kazanılmış atıksuların kullanımını pek tercih edilmemektedir. Bu sebeple, geri kazanılmış atıksuların kullanımını ve elde edilecek faydalar hakkında kullanıcıların bilgilendirilmesi, geri kazanılmış atıksu kullanım oranının artmasını sağlayacaktır. Ancak, geri kazanım oranının çok yüksek mertebelerde olması halinde dahi, tarımsal sulamada modern teknikleri kullanmadan doğal kaynakların tükenişini önlemek mümkün görünmemektedir. Bu sebeple, tarımsal sulamada modern tekniklerin kullanımının yaygınlaştırılması için bilinçlendirme ve destek programlarının artırılması tavsiye edilmektedir.

Yüksek organik kirliliğe sahip endüstriyel atıksulardan enerji eldesinin sağlanması ve bu atıksuların geri kazanımı amacıyla anaerobik arıtma alternatifinin ülkemizde yaygınlaştırılması için çeşitli politikaların geliştirilmesi gereklidir. Bu tarz atıksular için aerobik arıtmanın kullanılması halinde oluşacak maliyetin anaerobik arıtma ile ortadan kalkacağı ve elde edilecek CH<sub>4</sub>'ın enerji değerinden istifade edilerek ekonomik girdi sağlanacağı sektöre iyi bir şekilde anlatılmalıdır. Arıtma tesisi tasarımcılarının da organik içeriği yüksek endüstriyel atıksular için anaerobik arıtma alternatifini değerlendirmelerinin sağlanması için yetkili idareler tarafından politikalar oluşturulmalıdır.

## 7. Kaynaklar / References

- Ayyam, V., Palanivel, S. & Chandrakasan, S. (2019). Water Resources and the Changing Needs. In: *Coastal Ecosystems of the Tropics - Adaptive Management*. Springer, Singapore.
- Coskun, T., Debik, E. & Demir N.M. (2010). Treatment of olive mill wastewaters by nanofiltration and reverse osmosis membranes. *Desalination* 259 (1–3), 65–70.
- Coskun, T., Debik, E., Kabuk, H.A., Demir, N.M., Basturk, I., Yildirim, B., Temizel, D. & Kucuk, S. (2016). Treatment of poultry slaughterhouse wastewater using a membrane process, water reuse, and economic analysis. *Desalination and Water Treatment*, 57 (11), 4944–4951.
- Coskun, T., Kabuk, H.A., Varınca, K.B., Debik, E., Durak, I. & Kavurt, C. (2012). Antibiotic fermentation broth treatment by a pilot upflow anaerobic sludge bed reactor and kinetic modeling. *Bioresource Technology*, 121, 31-35.
- Çevmed (Çevre Sağlık Eğitim ve Danışmanlık Ltd. Şti.) (2022). “Peynir endüstrisi atıksuyu arıtımı ve geri kazanımının araştırılması” teknopark projesi. YTÜ Teknopark, Esenler, İstanbul.
- ÇOB (Çevre ve Orman Bakanlığı) (2010). Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm> (Erişim Tarihi: 14.04.2023).
- ÇŞB (2020). 6. Türkiye Çevre Durum Raporu. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. <https://ced.csb.gov.tr/turkiye-cevre-durum-raporu-i-82673> (Erişim Tarihi: 12.04.2023).
- ÇŞB (2022). <https://www.csb.gov.tr/aritilmis-atıksularin-yeniden-kullanim-oraninda-yuzde-4-olan-yil-sonu-hedefi-asildi-bakanlik-faaliyetleri-34168> (Erişim Tarihi: 14.04.2023).
- Debik, E., Kaykioglu, G., Coban, A. & Koyuncu, I. (2010). Reuse of anaerobically and aerobically pre-treated textile wastewater by UF and NF membranes. *Desalination*, 256 (1-3), 174-180.
- İGDAŞ (2023). <https://www.igdastanbul.com.tr/serbest-tuketici-satis/> (Erişim Tarihi: 14.04.2023).
- SBB (Strateji ve Bütçe Başkanlığı) (2018). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023) Su Kaynakları Yönetimi ve Güvenliği Özel İhtisas Komisyonu Raporu. [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/SuKaynaklariYonetimi\\_ve\\_GuvenligiOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/SuKaynaklariYonetimi_ve_GuvenligiOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf) (Erişim Tarihi: 13.04.2023).
- TÜİK (2020). Türkiye İstatistik Kurumu Çevre ve Enerji İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=cevre-ve-enerji-103&dil=1> (Erişim Tarihi: 14.04.2023).
- Ulucan-Altuntas, K., Manav-Demir, N., Ilhan, F., Gelgor, H.B., Huddersman, K., Tiwary, A. & Debik, E. (2023). Emerging pollutants removal in full-scale biological treatment plants: A case study. *Journal of Water Process Engineering*, 51, 103336.

## **Yazar Hakkında / About Author**

**Prof. Dr. Eyüp DEBİK | Yıldız Teknik Üniversitesi |  
debik[at]yildiz.edu.tr | ORCID: 0000-0003-1864-4253**

Dr. Eyüp Debik, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden 1992 yılında mezun olmuştur. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Programı'nda sırasıyla 1995 ve 1999 yıllarında Yüksek Lisans ve Doktora çalışmalarını tamamlamıştır. ABD'de Iowa State Üniversitesi'nde (2002 – 2004) anaerobik arıtma prosesleri ve mantar kullanılarak atıksu arıtımı alanında araştırma faaliyetlerinde bulunmuştur. 2015 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde Profesör unvanını alan Dr. Debik, o tarihten bu yana aynı bölümde çalışmalarını sürdürmektedir. Dr. Debik, eğitim ve araştırmalarını genellikle atık suların biyolojik ve kimyasal arıtımı, anaerobik ve aerobik çürütme prosesleri, kapasitif membran deiyonizasyon prosesleri ve Çevre Mühendisliği alanında nanopartikül uygulamaları gibi alanlarda sürdürmektedir. Akademik çalışmalarına ilaveten, Yıldız Teknik Üniversitesi Teknik Meslek Yüksekokulu Müdürlüğü (2014 – 2020), Teknoloji Transfer Ofisi Yöneticiliği (2014 – 2021) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi Genel Sekreter Danışmanlığı gibi çeşitli yöneticilik faaliyetlerini de gerçekleştirmiştir.

**Prof. Dr. Eyüp DEBİK | Yıldız Teknik University |  
debik[at]yildiz.edu.tr | ORCID: 0000-0003-1864-4253**

Eyup Debik graduated from Department of Environmental Engineering at Istanbul Technical University in 1992. He received his master's and doctorate degrees at Yıldız Technical University, Institute of Science and Technology, Environmental Engineering Program in 1995 and 1999, respectively. He had research activities at Iowa State University in the USA (2002 – 2004) in the field of anaerobic treatment processes and wastewater treatment using fungus. He received the title of Professor in 2015 at Yildiz Technical University in Environmental Engineering and has been working in the same department ever since. His teaching and research cover the application and designing the biological and chemical treatment technologies of wastewaters, anaerobic and aerobic digestion processes, capacitive membrane deionization processes and nanoparticle applications in degradation of persistent organic pollutants. He had several management experiences including the Director of Technical Vocational School of Higher Education (2014 – 2020), Manager of Technology Transfer Office (2014 – 2021) at Yildiz Technical University, and Advisor of General Secretary in Istanbul Metropolitan Municipality.

