

**GERİ KAZANILAN KENT ATIKSULARININ  
SULAMADA KULLANIMI  
VE  
UYGULAMA ÖRNEKLERİ**

**USE OF RECLAIMED URBAN WASTEWATER IN  
IRRIGATION AND APPLICATION EXAMPLES**

---

*Mehmet Emin AYDIN  
Senar AYDIN*



## GERİ KAZANILAN KENT ATIKSULARININ SULAMADA KULLANIMI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

*Mehmet Emin AYDIN*

*Necmettin Erbakan Üniversitesi*

*Senar AYDIN*

*Necmettin Erbakan Üniversitesi*

### Özet

Su kaynaklarının sınırlı olması, iklim değişimi etkisi, nüfus artışı ve kişi başına artan su tüketimi özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde ve gelişmekte olan ülkelerde önemli bir sorundur. Mevcut su kaynaklarının sürdürülebilir olmayan yönetimi ve antropolojik etkiler sebebiyle kirlenmesi bu sorunu büyütmektedir. UNESCO (2006) Dünya Su Raporunun mevcut tüketim alışkanlıklarıyla ilgili öngörülerine göre, kötümser durumda içinde bulunduğumuz yüzyılın ortalarına kadar 60 ülkede yaklaşık 7 milyar insan su kıtlığı yaşayacak; iyimser durumda 48 ülkede en az 2 milyar insan su sıkıntısı çekmek zorunda kalacaktır. Ayrıca IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) (2007) raporuna göre dünyada iklim değişikliğinin etkileri sebebiyle küresel su kıtlığının daha da ağırlaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durumda su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için suyun yeniden kullanımı bir gereklilik haline gelmektedir. Tarımsal sulama dünya çapında su ihtiyacının en büyük kısmını oluşturmaktadır. Geri kazanılmış atıksuların tarımsal sulama için yeniden kullanılması, tatlı su kaynaklarının korunması için özellikle büyük bir potansiyeldir. Gelişmekte olan birçok ülkede, arıtılmamış veya yetersiz arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımı çok yaygındır. Özellikle arıtılmamış kent atıksuları ücretsiz olarak temin edilebildiği, kurak dönemlerden bağımsız olduğu ve gübre olarak yüksek bir değere sahip olduğu için sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yeniden kullanılması için atıksuyun arıtılması, arıtma teknolojisine ilişkin ulusal düzenlemelerin yapılarak standartlar getirilmesi, ülkeye özgü farklı kısıtlamaların göz önünde bulundurulması gereklidir. Sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için atıksuyun bir kaynak olarak kabul edilmesi esastır. Ancak kontrolsüz yeniden kullanımla bağlantılı insan sağlığına ve çevreye olan riskleri en aza indirmek için ilgili arıtma süreçleri ve uygulamaların izlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, suyun yeniden kullanımı, Türkiye'nin su potansiyeli ve kullanımı, atıksuların tarım ve peyzaj alanlarının sulanmasında kullanımı, ülkemizde atıksuların yeniden kullanımı ile ilgili mevzuat, Konya kapalı havzası ve su kaynakları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Geri kazanılmış atıksuyun sulamada kullanımı Konya ve Braunschweig-Almanya uygulama örnekleri ile değerlendirilmiştir.

### *Anahtar kelimeler*

*Kent atıksuları, Yeniden kullanım, Tarımsal sulama.*

## USE OF RECLAIMED URBAN WASTEWATER IN IRRIGATION AND APPLICATION EXAMPLES

*Mehmet Emin AYDIN*

*Necmettin Erbakan University*

*Senar AYDIN*

*Necmettin Erbakan University*

### **Abstract**

Urban wastewater disposal, agricultural water demand, limited water resources, climatic constraints, population growth and increasing water consumption per capita are important problems especially in arid and semi-arid regions and developing countries. Unsustainable management of existing water resources and pollution due to anthropological effects exacerbate this problem. According to the predictions of the UNESCO (2006) World Water Report on current consumption habits, according to the most negative estimate, approximately 7 billion people in 60 countries will experience water scarcity by the middle of this century; in the best case, at least 2 billion people in 48 countries will have to suffer from water shortages. In addition, according to the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2007) report, it is estimated that global water scarcity will worsen due to the effects of climate change in the world. Therefore, reuse of water is essential for the sustainable management of water resources. Agricultural irrigation accounts for the largest portion of water needs worldwide. The reuse of recovered wastewater for agricultural irrigation has a particularly great potential for the conservation of freshwater resources. In many developing countries, the reuse of untreated or insufficiently treated wastewater is very common. In particular, urban raw wastewater is used for irrigation as it is freely available and independent of dry periods and has a high value as a fertilizer. However, in order to reuse water, it is necessary to treat wastewater, to set standards by making national regulations on treatment technology, and to consider different country-specific restrictions. For sustainable water resources management, it is essential to accept wastewater as a resource. However, in order to minimize human health and environmental risks associated with uncontrolled reuse, relevant treatment processes and monitoring of practices should be implemented. In this study, information about the reuse of water, Türkiye's water potential and use, the use of wastewater for agricultural irrigation and landscaping purposes, the legal regulations regarding the reuse of wastewater in our country, Konya closed basin and water resources are presented. The use of reclaimed wastewater in irrigation has been evaluated with the application examples of Konya and Braunschweig, Germany.

### **Keywords**

*Urban wastewater, Reuse, Agricultural irrigation.*

## 1. Giriş

Nüfus artışı, yükselen yaşam standartları, kentleşme, artan ekonomik faaliyetler ve sulu tarım alanlarının genişlemesi nedeniyle suya olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle su taleplerinin yönetimi ve yeni su kaynaklarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Su sınırlı bir kaynak olduğu için sadece bir kez kullanımı uygun değildir. Suyun etkin ve verimli kullanılması, geri kazanılarak yeniden kullanımı su kaynakları üzerindeki baskıyı azaltacaktır. Tablo 1’de suyun yeniden kullanım kategorileri ve tipik uygulamaları verilmiştir. Geri kazanılan atıksular kent, endüstri, kısmen tarım su ihtiyaçları, rekreasyon, habitat restorasyonu, yeraltı suyu beslemesi gibi farklı şekillerde kullanılabilir (Asano vd., 2007).

**Tablo 1.** *Suyun yeniden kullanım kategorileri ve tipik uygulamaları (Asano vd., 2007)*

<b>Kategori</b>	<b>Tipik uygulamalar</b>
Tarım alanları sulaması	Ürün sulaması, ticari fidanlıklar
Peyzaj sulaması	Parklar, okul bahçeleri, otoyol refüjleri, golf sahaları, mezarlıklar, yeşil alanlar
Endüstriyel geri kazanım ve yeniden kullanım	Soğutma suyu, kazan besleme suyu, proses suyu, inşaat suyu
Yeraltı suyu besleme	Yeraltı suyu takviyesi, tuzlu su girişi kontrolü, çökme kontrolü
Rekreasyon/çevre su ihtiyacı kullanımları	Göller ve havuzlar, sulak alan besleme, nehir debisi artırma, balıkçılık, kar yapma
Evsel kullanım dışında kentsel kullanımlar	Yangın söndürme, klima suyu, sifon suyu
Kullanma suyu	Su kaynaklarını besleme, yeraltı sularına karıştırma

Atıksuyun her zaman yeterince arıtılmaması, mevcut tatlı su kaynaklarının ve su kalitesinin bozulmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle atıksuların uygun yönetimi, arıtımı ve yeniden kullanımı, özellikle su kıtlığı yaşayan ülkeler için tatlı su kaynaklarının korunması açısından faydalı bir alternatif olarak değerlendirilmelidir. Suyun yeniden kullanımı atıksu içerisindeki azot, fosfor gibi nutrientlerin de yeniden kullanımını sağlar. Bu sebeple tarım alanlarında suyun yeniden kullanımı daha az gübre kullanım avantajı sağlar. Ayrıca çevreye deşarj edilen atıksu miktarının azaltılması hassas sucul ortamların daha iyi korunmasını sağlar. Yeniden kullanım ek su kaynakları ve altyapıya olan ihtiyacı azaltacağından ekonomik avantaj sağlar (Barcelo ve Petrovic, 2011; Al Baz vd., 2008).

Evsel atıksu; evlerden, okullardan, ofislerden, hastanelerden, ticari ve endüstriyel tesislerden kanalizasyon sistemine verilen suların karışımından oluşur. Atıksu miktarı ve kalitesi bölgedeki ticari ve endüstriyel kuruluşların tür ve sayısına, kanalizasyon sistemine girebilecek sızma debisine, kent yağmursuyu debisi gibi kanal ağı toplama yapısına bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu nedenle geri kazanılmış kent atıksuları arıtma prosesine bağlı olarak insan sağlığına ve çevreye zararlı olabilecek kimyasal ve biyolojik bileşenler içerebilir. Bunlar askıda katı maddeler, organik maddeler, inorganik maddeler, patojenler, nutrientler, toplam çözünmüş katılar olabilir (Asano vd., 2007).

Suyun yeniden kullanılması için atıksuyun arıtılması gerekir. Su kalitesi ve arıtma teknolojisine ilişkin ulusal ve uluslararası düzenlemelere ve standartlara ek olarak, dikkate alınması gereken ülkeden ülkeye değişen su kullanım türü, mali kaynaklar, mevcut arıtma teknolojileri, yetmişmiş kalifiye eleman gibi farklı kısıtlamalar da vardır. Çevre ve insan sağlığını korumak için atıksulardaki hangi kirleticilerin ne kadar arıtılması gerektiği karmaşık bir sorun oluşturur ve her durum için özel çözümlere gereksinim vardır. Atıksu arıtımında uygulanan arıtım kademeleri ön arıtım, birincil arıtım, ileri birincil arıtım, ikincil arıtım, nütrient giderimli ikincil arıtım, üçüncül arıtım ve ileri arıtım olarak sıralanabilir. Ön arıtımda atıksu bileşiminde bulunan yüzebilen iri kum ve gres gibi kaba katı maddelerin giderimi gerçekleştirilir. Bu maddeler arıtma proseslerinde çeşitli işletme problemlerine sebep olabilirler.

Birincil arıtımda atıksudan askıda katı madde ve organik maddenin bir kısmı uzaklaştırılır. İleri birincil arıtımda ise askıda katı ve çökebilir özellikteki organik maddelerin büyük bir kısmı giderilir. Bu aşamada genellikle kimyasal ekleme veya filtrasyon işlemleri sisteme dahil edilir. İkincil arıtım biyolojik olarak parçalanabilen çözünmüş organik maddelerin ve askıda katıların giderimidir. Ayrıca dezenfeksiyon konvansiyonel ikincil arıtım içerisinde yer alabilir. Biyolojik olarak parçalanabilen çözünmüş organiklerin ve askıda katıların giderimi, azot, fosfor veya her ikisinin de giderimi, nütrient giderimli ikincil arıtım olarak nitelendirilir. Üçüncül arıtım da granüler filtre ortamı ya da mikroelektrikler ile ikincil arıtımdan sonra kalıntı askıda katıların giderilmesi gerçekleştirilir. Dezenfeksiyon ayrıca üçüncül arıtımın bir parçasıdır. Nütrient giderimi de genellikle bu tanımın içerisinde yer alır. Normal biyolojik arıtımdan sonra kalan çözünmüş ve askıda maddelerin uzaklaştırılması için ileri arıtım kullanılır (Tchobanoglous vd., 2004). Atıksuyun içerdiği kirleticiler dikkate alınarak ve hedeflenen yeniden kullanım amacına uygun arıtım işlemleri kullanılmalıdır.

## 2. Türkiye'nin Su Potansiyeli ve Kullanımı

Bir Akdeniz ülkesi olan ülkemizde su mevcudiyeti bölgeden bölgeye büyük farklılıklar göstermekte olup su potansiyeli toplam 234 milyar m<sup>3</sup>tür. Toplam yüzeysel su potansiyeli 186 milyar m<sup>3</sup>tür. Kullanılabilir su miktarı 98 milyar m<sup>3</sup> yüzey suyu, 14 milyar m<sup>3</sup> yeraltı suyu olmak üzere toplam 112 milyar m<sup>3</sup>tür. Tablo 2'de nüfus başına metreküp su miktarına göre su durum sınırları verilmiştir. Ülkemizde nüfus başına su miktarı yaklaşık 1300 m<sup>3</sup> olup su stresi yaşayan ülke durumundadır.

**Tablo 2.** Su potansiyeli ve stresi (Falkenmark vd., 1989)

Falkenmark İndeksi (m <sup>3</sup> /nüfus/yıl)	Durum
> 1700	Su problemi yok
1000-1700	Su stresi
500-1000	Su kıtlığı
< 500	Aşırı su kıtlığı

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizde 2020 yılında 18,2 milyar m<sup>3</sup> su çekilmiş olup bunun %56'sı denizlerden, %22,5'i yüzeysel sularından, %21,5'i ise yeraltı suyundan alınmıştır. Denizlerden çekilen suyun %93,4'ü soğutma amaçlı kullanılmıştır. Alıcı ortama 9,5 milyar m<sup>3</sup> soğutma suyu olmak üzere toplam 15,3 milyar m<sup>3</sup> atıksu deşarj edilmiştir. Alıcı ortama deşarj edilen atıksuyun %76,6'sı denizlere, %19,3'ü akarsulara, %4'ü ise diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Ülkemizde 2950 belediye mevcut olup, bunlardan 2300 Belediyenin kanalizasyon sistemi bulunmaktadır. Nüfusun yaklaşık %70'ine hizmet eden atıksu arıtma tesisi bulunmaktadır. Belediyeler tarafından ise su kaynaklarından içme ve kullanma suyu şebekelerine 6,5 milyar m<sup>3</sup> su çekildiği, bunun %40,9'unun barajlardan, %29,3'ünün kuyulardan, %15,6'sının kaynaklardan, %10,1'inin akarsulardan ve %4'ünün ise göl, gölet veya denizlerden sağlandığı bilinmektedir. Kullanımdan sonra kanalizasyon şebekesi ile toplanan 5 milyar m<sup>3</sup> atıksuyun %49,2'si akarsulara, %38,5'i denizlere, %3,1'i barajlara, %1,3'ü göl ve göletlere, %0,4'ü araziye ve %7,5'i diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Deşarj edilen atıksuyun %87,9'u arıtılmıştır. Toplamda 1068 adet arıtma tesisi bulunmakta olup atıksuların %50,7'si ileri arıtım, %27,1'i biyolojik arıtım, %21,9'u fiziksel arıtım ve %0,3'ü ise doğal arıtım metotları ile arıtılmıştır (TÜİK, 2021).

Tablo 3'de su tüketiminin sektörel dağılımı verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde 2023 yılında toplam su tüketiminin 112 km<sup>3</sup> değerinde olacağı ve bunun %16'sının evsel ihtiyaçlar için, %20'sinin endüstriyel ihtiyaçlar için ve %64'ünün ise sulama suyu olarak kullanılacağı görülmektedir. Sulamada kullanılan su hacminin yıllar içerisinde arttığı dikkat çekmektedir.

**Tablo 3.** Su tüketiminin sektörel dağılımı (Aydın ve Kumcu, 2018).

Yıllar	Toplam Su Tüketimi		Sektör					
			Sulama		Evsel		Endüstriyel	
	km <sup>3</sup>	%	km <sup>3</sup>	%	km <sup>3</sup>	%	km <sup>3</sup>	%
1990	30,6	28	22,0	72	5,1	17	3,4	11
2004	40,1	36	29,6	74	6,2	15	4,3	11
2008	43,0	38	32,0	74	6,0	15	5,0	11
2014	44,0	39	32,0	73	7,0	16	5,0	11
2023	112	100	72,0	64	18	16	22	20

### 3. Atıksuların Tarımsal Sulamada ve Peyzaj Amaçlı Kullanımı

En büyük su tüketicisi olan tarımsal sulama yaklaşık su tüketiminin %70'ini oluşturmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin de etkileriyle sulama suyuna olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Atıksuyun uygun şekilde yönetimi ve arıtımı sağlanarak tatlı su kaynaklarına değerli bir alternatif oluşturulabilir. Bununla birlikte suyun yeniden kullanımında sağlığa ve çevreye yönelik riskler ve potansiyel zararların değerlendirilmesi gerekir. Arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada yeniden kullanılmasının bazı avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

Atıksuyun tarımsal sulamada kullanımının avantajları şu şekilde sıralanabilir;

- İlave sulama suyu kaynağının sağlanması,
- Diğer faydalı kullanımlar için su tasarrufunun sağlanması,
- Su ihtiyacının düşük maliyetli kaynağı olması,
- Atıksu bertarafının su kirliliğinin önlenmesinde ekonomik çözümü,
- Sürekli su kaynağı olması, azot ve fosfor gibi bitki besin maddelerinin kullanımı,
- Atıksuyun yeraltı suyuna kazandırılmadan önce ek arıtımının sağlanması.

Atıksuyun tarımsal sulamada kullanımının dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir;

- Uygun şekilde arıtılmayan atıksu halk sağlığı sorunlarına sebep olabilir,
- Yeraltı suyunun kimyasallarla kirlenmesi potansiyeli,
- Atıksudaki çözünür bileşiklerin bazılarının bitkiler için toksik etkisi,
- Arıtılmış atıksuyun sulama dağıtım sistemlerini ve topraktaki kılcal gözenekleri tıkayabilecek seviyelerde askıda katı madde içermesi,
- Arıtılmış atıksu yıl boyunca oluşurken, sulama suyu talebinin mevsimsel değişkenliği sebebiyle depolama sorunu,
- Arazi ve donanım için yatırım maliyetleri.

Arıtılmış atıksuyun tarımsal sulamada kullanımı ile ilgili kriterler tanımlanmış ve yönetmelik ve yönergeler ile uygulamaya konulmuştur. Atıksu uygulayan kişilere ve halk sağlığına bakteriyolojik açıdan tehlike oluşturmamalıdır. Arıtılmış suyun tuzluluk değeri bitkilerin ihtiyacı olan suyu alabilmesi için uygun ozmotik basınçları koruyacak kadar düşük olmalıdır. Bor, klorür ve sodyum gibi toplam çözünmüş katı madde içeriğini oluşturan iyonlar ürün için zararlı, sodyum ise toprak için zararlı seviyelerde olmamalıdır. Bazı metallerin ve sentetik organik bileşiklerin miktarları ürün büyümesini olumsuz etkileyecek konsantrasyonlarda olmamalı ve kontrol edilmelidir. Bitkiler için zararlı konsantrasyonlarda olmasa bile molibden, kadmiyum gibi ağır metallerin konsantrasyon değerleri bitkileri yiyecek olan hayvanlar için zehirli olabilecek kadar yüksek olmamalıdır (Barcelo ve Petrovic, 2011; Al Baz vd., 2008).

#### **4. Ülkemizde Atıksuların Yeniden Kullanımı**

Ülkemizde yerleşim birimlerinden kaynaklanan atıksuların arıtılması ve yeniden kullanımı ile ilgili teknik usul ve uygulamalar Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (2010) kapsamında düzenlenmiştir. Tebliğin Ek-7'sinde arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak geri kullanım kriterleri tanımlanmıştır. Sulamada geri kullanılacak arıtılmış atıksular Sınıf A (ticari olarak işlenmeyen gıda ürünlerinin tarımsal sulaması ve kentsel alanların sulanması) ve



Sınıf B (ticari olarak işlenen gıda ürünlerinin sulanması, girişi kısıtlı sulama alanları ve gıda ürünü olmayan tarımsal sulama) şeklinde sınıflandırılmıştır. Geri kazanılmış suyun kalitesi pH, biyolojik oksijen ihtiyacı ( $BOI_5$ ), bulanıklık, fekal koliform (bazı durumlarda virüs, protozoa, helmint), bakiye klor parametreleri açısından sınırlandırılmıştır. Sulama suyunun kimyasal kalitesinin değerlendirilmesi için tuzluluk (iletkenlik, toplam çözünmüş madde), geçirgenlik ( $SAR_{rad}$ ), özgül iyon toksisitesi (sodyum, klorür, bor) açısından sınırlandırılmıştır. Bitkilerin tuzluluğa olan toleransları toplam çözünmüş madde açısından tanımlanmıştır. Değişik bitkilerin sulama suyunda bulunan sodyum tolerans değerleri, bitkilerin yapraklarına zarar veren klorür konsantrasyonları, bitkilerin bora karşı dayanıklılık dereceleri ile ilgili limitler verilmiştir. Ayrıca sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları belirlenmiştir. Geri kazanılmış evsel atıksularda ikincil arıtma, üçüncül arıtma, ters ozmoz gibi arıtım kademeleri sonucunda atıksuda bulunabilecek eser madde konsantrasyonları verilmiştir. Ham atıksuda ve atıksuyun geri kazanımında kullanılan klasik aktif çamur, biyolojik nütrient giderimi, biyolojik nütrient giderimi+filtrasyon+dezenfeksiyon, membran biyoreaktör, membran biyoreaktör+mikrofiltrasyon+ters ozmoz+dezenfeksiyon arıtım kademeleri için atıksuda olabilecek nütrient (toplam azot, nitrat azotu, toplam fosfor) seviyeleri verilmiştir.

Tablo 4'te ülkemizde atıksu geri kazanım amacı için uygulanabilecek arıtma sistemleri verilmiştir. Tarımsal sulama için klasik aktif çamur sonrası filtrasyon ve klorlama ünitelerinin kullanımı gereklidir.

**Tablo 4.** Atıksu geri kazanım amacı için uygulanabilecek arıtma sistemleri

Atıksu geri kazanım amacı	Uygulanacak arıtma sistemi
Tarımsal sulama	Klasik aktif çamur + filtrasyon + klorlama
Golf sahalarının sulanması	Nitrifikasyon içeren aktif çamur sistemi + kimyasal fosfor giderimi + filtrasyon + klorlama
Yeşil alan sulaması	Azot gideren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + ultraviyole (UV)
Dinlenme maksatlı kullanılan sulak alanları beslemek	Azot ve fosfor giderimini içeren membran biyoreaktör + UV
Yeraltı suyuna veya yüzeysel sulara deşarj gibi dolaylı kullanım suyu	Nitrifikasyon içeren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + ters ozmoz + UV / (hidrojen peroksit) $H_2O_2$
Endüstriyel soğutma suyu	Azot gideren aktif çamur sistemi + mikrofiltrasyon + UV
Endüstriyel proses suyu	Azot gideren aktif çamur sistemi + filtrasyon + nanofiltrasyon + iyon değiştirme + UV

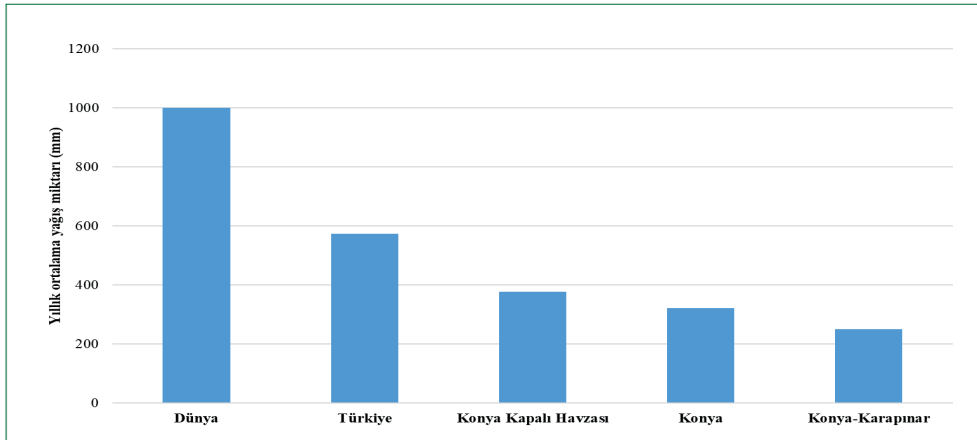
Arıtılmış atıksu ile sulanabilecek bitkiler tarla bitkileri (arpa, mısır, yulaf), lifli ve çekirdekli bitkiler (pamuk), belli bir işlemde sonra tüketilen sebzeler (enginar, şeker pancarı, şeker kamışı), meyve bahçesi ve üzüm bağları (kayısı, portakal, şeftali), fidanlık (çiçek), ormanlık alanlar (kavak vb) için arıtma ihtiyacı ikinci kademe + dezenfeksiyon olarak, ham olarak tüketilen sebzeler (avokado, lahana, salatalık, çilek) içinse ikinci kademe + filtrasyon + dezenfeksiyon olarak tanımlanmıştır.

Ayrıca geri kazanılmış atıksuyun sulama yöntemleri (karık usulü sulama, kenar sulaması, yağmurlama sulama, damlatmalı sulama) sulanan bitkilerin yapraklarının zarar görmesi, kökte tuz birikmesi, sulama sonrası toprak su potansiyeli, verim kaybı olmaksızın tuzlu arıtılmış suyun uygulanabilirliği açısından değerlendirilmiştir. Bitki türüne göre sulama türlerinde hangi sulama suyu sınıfının kullanılabileceği belirlenmiştir.

## 5. Konya Kapalı Havzası

Konya kapalı havzası alanı 63757 km<sup>2</sup> olup, Türkiye alanının %8'dir. Konya, Niğde, Aksaray ve Karaman illeri Konya kapalı havzası içerisinde yer almaktadır. Ülke nüfusunun %4'ü, ki bu 3 milyondan daha fazla kişidir, Konya havzasında yaşamaktadır. Konya kapalı havzası su ihtiyacı 15 milyar m<sup>3</sup>'tür. Mevcut su varlığına bakıldığında 1,93 milyar m<sup>3</sup>'ü yerüstü suyu, 2,43 milyar m<sup>3</sup>'ü ise yeraltı suyudur. Havzada yaklaşık 3 milyon ha tarım alanı bulunmaktadır. Toplamda havzada 4,36 milyar m<sup>3</sup> su varlığı olup, tarım alanlarının tamamının sulanabilmesi için 10,64 milyar m<sup>3</sup> ilave suya ihtiyaç bulunmaktadır.

Şekil 1'de dünyada ve ülkemizde yıllık ortalama yağış miktarı verileri görülmektedir. Dünyada bu değer 1000 mm iken, ülkemizde 574 mm'dir. Yıllık ortalama yağış verilerinin Konya kapalı havzasında 378 mm'ye düştüğü, Konya ili için 322 mm ve Karapınar ilçesinde ise 250 mm değerlerine düştüğü görülmektedir (Aydın vd., 2016).



Şekil 1. Dünyada ve ülkemizde yıllık ortalama yağış miktarları (Özdemir ve Aydın, 2017)

Tablo 5'te Konya çevresinde yetiştirilen bitkilerin su tüketimi ve net su ihtiyaçları verilmiştir. Yetiştirilmeye çalışılan bitkilerin su tüketiminin yağışa oranının ortalaması 2,4'tür (Özdemir ve Aydın, 2017).

**Tablo 5.** Konya çevresinde bitkilerin su tüketimi ve net su ihtiyaçları (Özdemir ve Aydın, 2017)

	Buğday	Arpa	Şeker pancarı	Kuru fasulye	Mısır	Patates	Ayçiçeği	Sebze	Yonca
<b>Su tüketimi (mm)</b>	441	420	825	535	685	605	615	750	1200
<b>Net su ihtiyacı (mm)</b>	400	350	705	480	630	540	500	705	1000
<b>Su tüketimi/yağış</b>	1,5	1,5	2,9	1,9	2,4	2,1	2,2	2,6	4,2

Konya ili 40.838 km<sup>2</sup> yüzölçümü ile Türkiye yüzölçümünün %5,24'lik kısmına sahip olup 1.859.078,8 ha alanda tarım yapılmaktadır. Yıllık yağış miktarı bölgeden bölgeye 300-760 mm arasında değişmekle birlikte bazı bölgelerde 300 mm'nin altında seyretmesi kuru ziraat yapılmasını mecbur kılmaktadır. DSI 4. ve 18. Bölge Müdürlükleri verilerine göre Konya ilinde 609.299 ha alanda sulu tarım yapılmaktadır. Toplam tarımsal alanın %79'u tarla bitkileri, %3'ü meyveler, %2'si sebzeler için kullanılmakta %16'sı ise nadasa bırakılmaktadır. Tarımsal sulamada bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarı 4,5 milyar m<sup>3</sup>tür. Konya ilinin yeraltı ve yerüstü kullanılabilir su miktarı ise 3,1 milyar m<sup>3</sup>tür. Bu durum mevcut sulanan alanlar için Konya ilinin su potansiyelinin yetersiz olduğunu göstermektedir (Konya Tarımı, 2021).

2020 yılı TÜİK verilerine göre Konya ilinin alıcı ortamlara göre şebekeden deşarj edilen yıllık atıksu debisi 111.191 bin m<sup>3</sup>tür. 42 atıksu arıtma tesisi bulunup arıtılan atıksu miktarı 91.341 bin m<sup>3</sup>tür. Konya havzasındaki suyun sürdürülebilir kullanımı için artırılmış atıksuların tarımsal sulamada kullanımı oldukça önemlidir.

## 6. Geri Kazanılmış Atıksuyun Sulamada Kullanımı

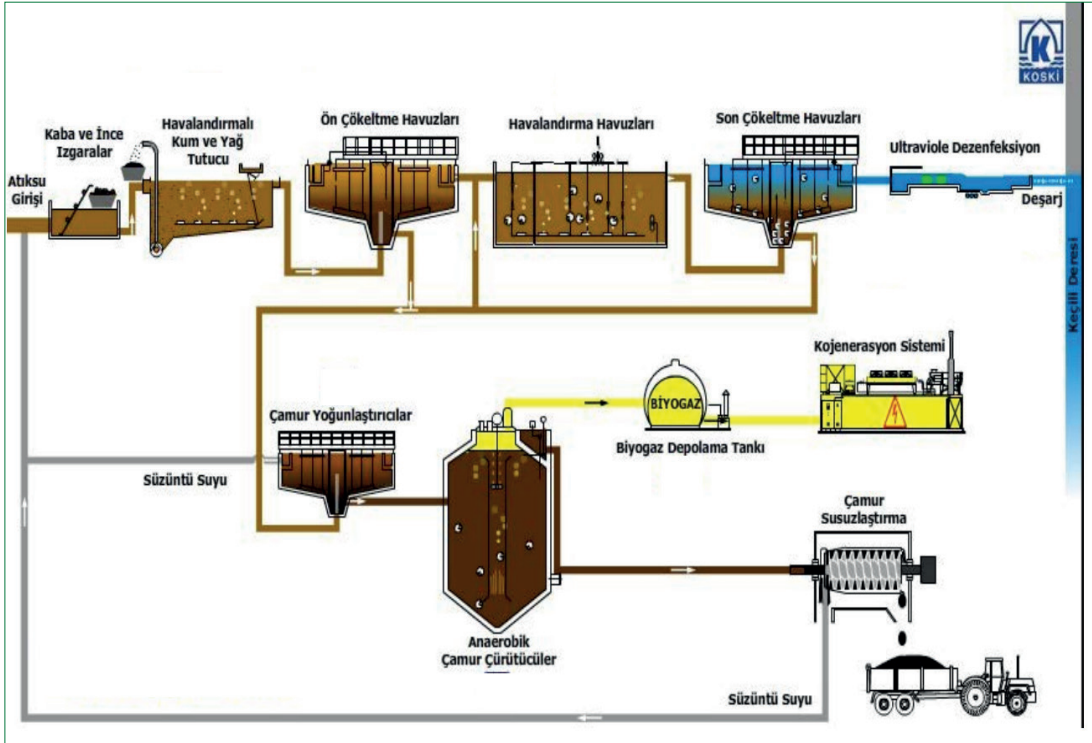
### 6.1. Konya Uygulama Örneği

Konya kent merkezi atıksu arıtma tesisinin toplam kapasitesi 1.600.000 nüfus eşdeğeri olarak planlanmış ve ortalama atıksu debisi yaklaşık 200.000 m<sup>3</sup>/gün için 2009 yılında faaliyete alınmıştır. İşletmeye açıldığında arıtma tesisi yaklaşık 1,3 milyon kişiye hizmet vermekte olup nüfus artışına bağlı olarak tesisin mevcut kapasitesinin artırılması için projelendirme çalışmalarına başlanmıştır. Konya merkez atıksu arıtma tesisi kapasitesini iki katına çıkaracak II. Kademe uygulama projeleri ile 400.000 m<sup>3</sup>/gün debi arıtım kapasitesine sahip olacaktır. Birleşik kanalizasyon sistemi ile toplanan evsel atıksu, endüstriyel atıksu (toplam atıksu debisinin yaklaşık %8'i) ve hastane atıksuları (toplam atıksu debisinin yaklaşık %3,5'i) atıksu arıtma tesisine iletilmektedir.

Şekil 2’de Konya merkez atıksu arıtma tesisinin görünümü, Şekil 3’te ise tesisin atıksu ve çamur arıtma akış şeması verilmiştir (KOSKİ, 2023). Konya’nın atıksuları 2010 yılına kadar arıtılmadan 2010 yılından sonra ise arıtılarak tahliye kanalı vasıtasıyla Tuz Gölü’ne deşarj edilmektedir. Tahliye kanalı yaklaşık 150 km boyunca taşkın ve drenaj sularının tahliyesi amacıyla inşa edilmiştir. Tahliye kanalı boyunca sular tarımsal alanların sulanmasında kullanılmaktadır (Şekil 4).



Şekil 2. Konya kentsel merkezi atıksu arıtma tesisi (KOSKİ, 2023)



Şekil 3. Konya kentsel merkezi atıksu arıtma tesisi atıksu ve çamur akış şeması (KOSKİ, 2023)



*Şekil 4. Ana tahliye kanalı ve sulama görüntüleri*

Konya merkezi atıksu arıtma tesisi işletmeye alınmadan önce 2008 yılında kentsel atıksuların toplandığı ve ana tahliye kanalına iletiildiği Aslın terfi merkezinden atıksu örnekleri alınarak Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği'ne göre sulama suyu kalite kriterleri açısından değerlendirilmiştir. pH değeri açısından uygun olduğu, sülfat içeriği açısından 1. sınıf sulama suyu sınıfında olduğu tespit edilmiştir.

Elektriksel iletkenlik değerinin 1788  $\mu\text{S}/\text{cm}$  değerinde olduğu yüksek tuzlu C3 sınıfına girdiği bu su ile sulanacak bitkilerin seçilmesi ve toprağın tuzluluk kontrolünün yapılması gerektiği belirtilmiştir. Elektriksel iletkenlik (EC) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerlerine göre sınıflandırma yapıldığında C3-S4 sınıfında yer aldığı çok yüksek sodyumlu ve yüksek tuzlu sular sınıfında olup 4. sınıf sulama suyu sınıfında ve ihtiyatla kullanılabileceği belirtilmiştir.

Bu atıksu ile sulanan toprakta sodikleşmeye sebep olacağı sodyum oranı yükseldikçe toprağın permeabilitesinin düşeceği ve toprağın fiziksel ve kimyasal yapısının değişeceği belirtilmektedir. Askıda katı madde (AKM),  $\text{BOI}_5$  ve fekal koliform değerleri açısından suyun 5. sınıf kalitede sulama suyu sınıfında kullanıma uygun olmayan zararlı su sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Bor konsantrasyonu açısından duyarlı bitkiler için 3. sınıf sulama suyu niteliğinde olup, incelenen metaller (alüminyum, arsenik, kadmiyum, krom, kobalt, demir, kurşun, lityum, mangan, molibden, selenyum, çinko) açısından sınır değerlerin aşılmadığı belirlenmiştir. Arıtılmamış Konya kent atıksuyunun analizi yapılan parametreler açısından sulama suyu sınıflandırmasına göre 3. sınıf sulama suyu sınıfında yer aldığı çayır, mera, koruluk gibi alanların sulanmasında sulama amaçlı kullanılabileceği tespit edilmiştir (Aydın vd., 2008).

Aydın vd., (2015) arıtılmamış Konya kent atıksuları ile 40 yılı aşkın süredir sulanan tarımsal alanlardan toprak örnekleri ve yetiştirilen ürünlerden örnekler alarak toprak özellikleri ve ürün kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla atıksular ile sulanan alanlardaki topraklarda ağır metal (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Hg) birikimi ölçülmüştür. Sulanmayan toprak örnekleri ve kuyu suyu ile sulanan toprak örnekleri kontrol örneği olarak alınmıştır. Atıksular ile sulanan topraklarda yetiştirilen buğdaylara ağır metal geçişi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Konya toprağının yüksek alkali özelliklerinin ve kil yapısının kirleticilerin hareketliliğini azalttığını ve toprağın üst tabakasında birikime neden olduğunu ortaya koymaktadır. Atıksu ile sulamanın toprağın elektriksel iletkenliğine yoğun etkisi olduğu belirlenmiştir. Atıksu ile sulanan topraklarda en yüksek metal konsantrasyonu Pb (5,32 mg/kg), Cr (37,1 mg/kg), Cu (31,5 mg/kg), Cd (11,4 mg/kg), Zn (91,5 mg/kg), Ni (134 mg/kg) ve Hg (0,34 mg/kg) metalleri için tespit edilmiştir. Atıksu ile sulanan toprakların Cd (8.23–11.6 mg/kg) ile kuvvetli bir şekilde kirlenmiş ve Ni (47.7-134 mg/g) ile orta ve kuvvetli derecede kirlenmiş olduğu tespit edilmiştir. Tespit edilen bu konsantrasyon değerlerinin ülkemizde tarımsal topraklarda bulunmasına müsaade edilen konsantrasyon değerlerini aştığı görülmüştür. Atıksu ile sulanan buğday tanesinde Pb (8,44 mg/kg), Cr (1,30 mg/kg), Cu (9,10 mg/kg), Zn (29,31 mg/kg) ve Ni (0,94 mg/kg) için maksimum konsantrasyonlar tespit edilmiştir. Ayrıca buğday tanesi örneklerinde Hg ve Cd tespit edilmemiştir. Türk Gıda Kodeksine göre, numune alınan arazide yetiştirilen buğday numunelerinde Pb kirliliği olduğu bulunmuştur.

Konya Atıksu Arıtma Tesisinde 1000 m<sup>2</sup> alana kurulmuş ileri arıtım ünitesi, atıksuların yeniden kullanımı için 150 m<sup>3</sup>/saat kapasiteyle faaliyet göstermektedir. Konya kent atıksu arıtma tesisi çıkış suları ileri (üçüncül) arıtmadan sonra kent yeşil alanlarının (parklar, peyzaj alanı, refüj gibi) sulanması için yeniden kullanılmaktadır. Atıksu geri kazanım tesisinde, koagülasyon, ön klorlama, basınçlı multimedya filtrasyonu, UV dezenfeksiyon, son klorlama, geri kazanılmış atıksuyun depolanması ve pompalanması üniteleri yer almaktadır. Mor şebeke adı verilen dağıtım hattı ile damlama usulü sulama yapılmaktadır. Mor şebeke suyu, 3 milyon 300 bin m<sup>2</sup> kısıtlanmış yeşil alan sulamasında kullanılmaktadır. Şekil 5'te atıksu geri kazanım tesisi ve yeşil alan sulamasıyla ilgili görseller verilmiştir (KOSKİ, 2023).

Mor şebeke, -yönetmeliklerde belirtilen standartlara uygun olarak üretilen geri kazanılmış atıksu- 22 km'lik ana iletim hattı ile Türkiye'de ilk olma özelliği taşımaktadır. Mor şebeke sistemi, 79 bin 772 m<sup>3</sup>'ü 2020 yılında olmak üzere devreye alınmasından bugüne kadar toplam 1.806.660 m<sup>3</sup> atıksu geri kazanımı sağlayarak aynı oranda içme ve kullanma suyundan tasarruf sağlamıştır (KOSKİ, 2023).

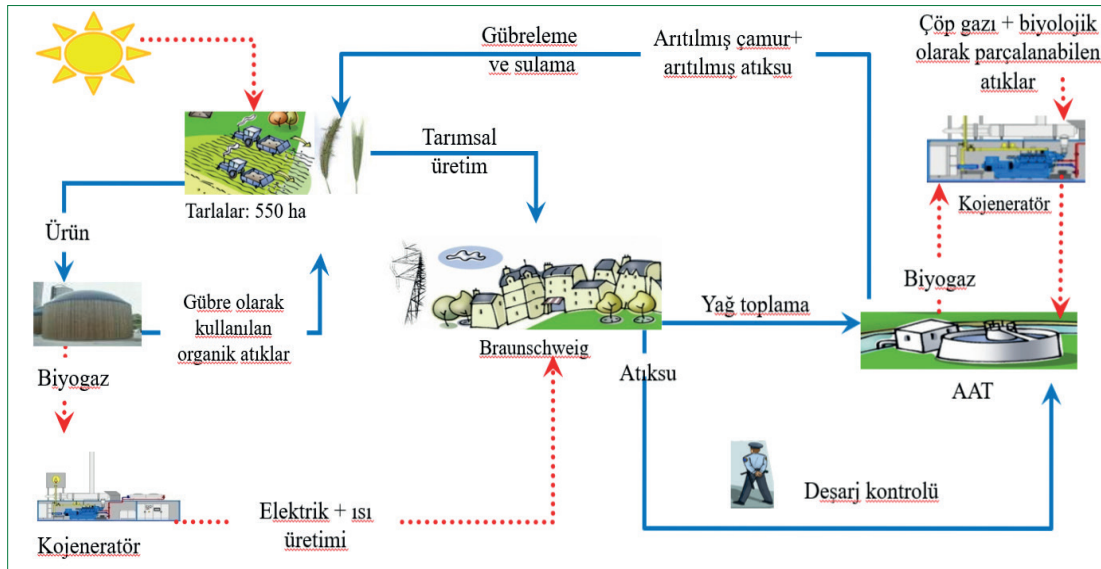


Şekil 5. Konya atıksu geri kazanım tesisi ve yeşil alan sulaması (KOSKİ, 2023)

## 6.2. Almanya Uygulama Örneği

Almanya'nın Braunschweig kentinde atıksu kullanımı 1894 yılında ilk sulama alanı ile başlamış, 1954 yılında atıksu yönetimi oluşturulmuş, 1955-1966 yılları arasında atıksu ile sulama yapılan alan 3000 ha genişletilmiştir. 1955-1979 yılları arasında mekanik ön arıtmadan sonra atıksular ile yağmurlama sulama yapılmıştır. 1979-1991 yılları arasında yeni ileri atıksu arıtma tesisleri yapılmış, 1985-1990 yılları arasında sulama alanları düzenlenmiştir. 2000 yılından sonra ise çamur çürütücüler devreye alınmaya başlamıştır (Bahadır, 2018).

Şekil 6'da Braunschweig'da atıksu arıtma, atıkların değerlendirilmesi ve enerji üretimi ile ilgili çevrim verilmiştir. Braunschweig'da kanalizasyon sisteminde deşarj izleme kontrolleri yapılmaktadır. Böylece arıtma tesisine gelen atıksu özellikle kaçak deşarjlar açısından izlenmektedir. Atıksu arıtma tesisinde oluşan çamurlar ve şehirden toplanan atık yağlar anaerobik çürütücülerde metan gazına dönüştürülmektedir. Biyogaz, deponi sahasından gelen gaz ve biyolojik olarak parçalanabilen atıkların fermantasyonu sonucu oluşan gazlar kojeneratör ünitelerinde enerjiye dönüştürülmektedir. Stabilize edilmiş çamur ve arıtılmış atıksu tarım alanlarının gübre ve su ihtiyacını karşılamak için değerlendirilirken 550 ha alanda yetiştirilen ürünler biyogaz tesislerinde elektrik enerjisi elde edilmek üzere kullanılmaktadır. Anaerobik çürütme sonucu oluşan çamur tarım alanlarında değerlendirilirken, kojeneratörlerden elde edilen elektrik ve ısı üretimi ise şehrin ihtiyacı için kullanılmaktadır. Sulanan alanlarda hububat, patates, şeker pancarı, mısır ve diğer ürünler yetiştirilmektedir (Mesek, 2012).



Şekil 6. Braunschweig'da atıksu arıtma, atıkların değerlendirilmesi, enerji üretimi (Mesek, 2012)



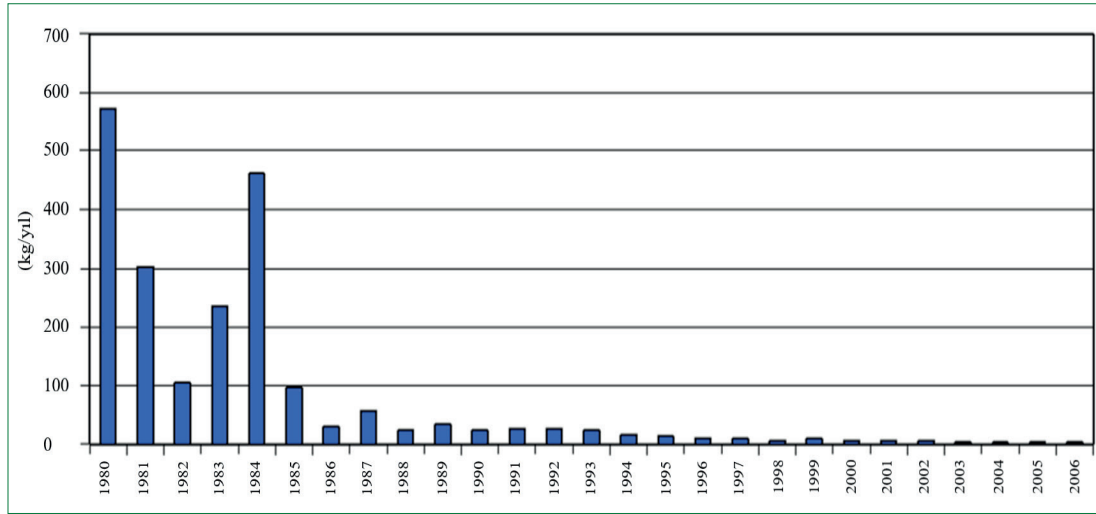
Almanya Braunschweig’da bulunan Gut Steinhof atıksu arıtma tesisi nüfus eşdeğeri 385.000 kişi olup, debisi 60.000 m<sup>3</sup>/gündür. Tesiste fiziksel (ızgara, kum tutucu, ön çökeltim), biyolojik arıtma (aktif çamur, son çökeltim) ile nütrient giderimi sağlanmaktadır. Ön ve son çökeltim çamurları yoğunlaştırma, anaerobik çürütücü, santrifüj susuzlaştırma, çamur depolama süreçlerinden sonra tarımsal alanlarda kullanılmaktadır. Arıtma tesisi çıkış suları ile anaerobik çürütücüden çıkan çamur karıştırılarak yağmurlama sulama ile 3000 ha alanın sulanmasında kullanılmaktadır. Ayrıca arıtılmış atıksu ile 200.000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteye sahip 200 ha infiltrasyon alanında tamponlama ve biriktirme yapılan bir yapay sulak alan oluşturulmuştur. Yapay sulak alan göçmen kuşların konaklaması ve rekreasyonel alanı olarak kullanılmaktadır (Şekil 7). İnfiltrasyon suları Oker nehrine verilmektedir (Bahadır, 2018).



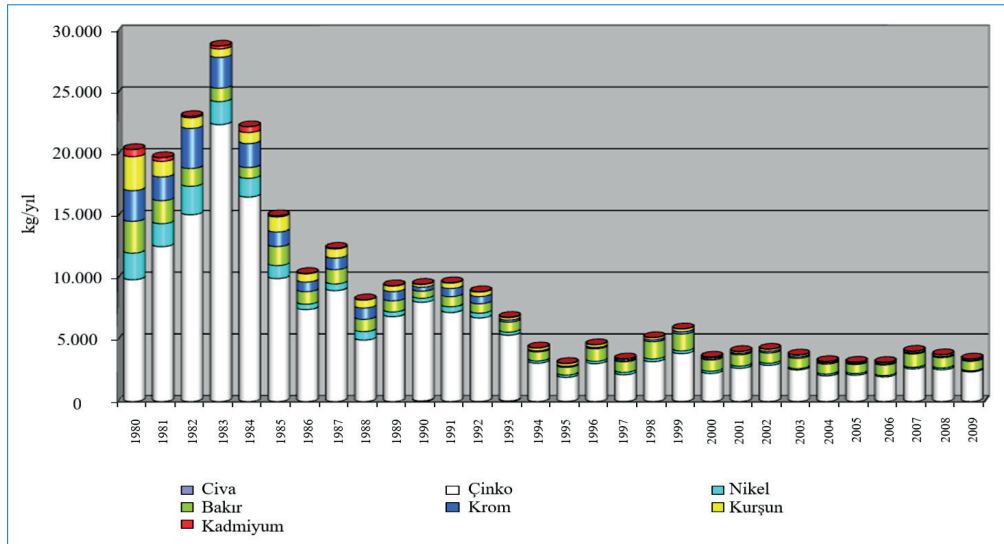
**Şekil 7.** Gut Steinhof, Braunschweig, Almanya, yapay sulak alan (Bahadır, 2018)

Atıksu yönetim alanının %38’inde biyogaz üretimi için bitki yetiştirilmekte ve kapasitesi 2,5 MW<sub>e</sub> olan biyogaz tesisi işletilmektedir. Braunschweig’da yıllık arıtılan atıksu miktarı 21 milyon m<sup>3</sup> olup, bunun 15 milyon m<sup>3</sup>’ü yağmurlama sulama için kullanılırken, 6 milyon m<sup>3</sup>’ü ise yapay sulak alanlar için kullanılmaktadır. Oluşan arıtma çamurunun ise %60’ı (2750 ton kuru madde/yıl) yağmurlama sulama alanında, %40’ı (2000 ton kuru madde/yıl) ise başka zirai alanlarda kullanılmaktadır (Bahadır, 2018).

Atıksu ve arıtma çamurlarının tarımsal alanlara uygulanması sonucu toprak ve yeraltı sularını korumak için önlemler alınmaktadır. Braunschweig Atıksu Yönetmeliği’nde kanalizasyona deşarj için katyonlar (civa, kadmiyum, krom, arsenik, gümüş, bakır, nikel, kurşun, baron, kobalt, selenyum, çinko, antimon), anyonlar/elementler (serbest klor, serbest ve toplam siyanür, sülfid, toplam fosfor), organikler (POX/AOX, BTXE + styrene, toplam hidrokarbonlar, fenol indeksi, PAH, yağ ve gres, boya maddesi) ve toksisite için limit değerler verilmiştir. Kirliliği kaynağında önlemek için dolaylı deşarj izlemesi gerçekleştirilmektedir. 2009 yılından bu yana kanalizasyondan alınan biyofilm örneklerinin analizleri ile ağır metaller ve deşarj edenlerin tespiti yapılmaktadır. Yapılan deşarj izleme kontrolleri sonucunda arıtılmış çamurdaki kadmiyum yükünün azalması Şekil 8’de, sulama suyundaki ağır metal değişimi ise Şekil 9’da verilmiştir (Bahadır, 2018).



**Şekil 8.** Arıtılmış çamurdaki yıllar içerisindeki kadmium yükü değişimi (Bahadır, 2018)



**Şekil 9.** Geri kazanılmış atıksudaki yıllar içerisindeki ağır metal yükü değişimi (Bahadır, 2018)

Ayrıca arazide izleme çalışmaları yapılmaktadır. 45 yıldan beri toprağın temizleme kapasitesinin izlenmesi için deşarj edilen suyun haftalık testleri yapılmaktadır. Sulama suyu uygulanan alanlarda toprak ve su kalitesi izlenmektedir. 500 hektarlık alanda 6 drenaj çıkışı ve 3 yeraltı suyu izleme kuyusu (33 taneden) yılda 4 kez yetkili idare tarafından kontrol edilmektedir. pH, elektriksel iletkenlik, çözünmüş oksijen, toplam organik karbon, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacı, amonyum azotu, nitrit ve nitrat azotu, toplam azot ve toplam fosfor parametreleri alınan örneklerde izlenmektedir. Arıtılmış atıksuyun ve arıtma çamurunun tarım

alanında kullanılmasıyla atıksudaki ve çamurdaki fosforun tamamına yakın (yaklaşık 200 t/yıl) yeniden kullanılmaktadır. Sulamanın yapıldığı yaz döneminde arıtılmış çamur arıtılmış atıksu ile karıştırılarak araziye uygulanmaktadır. Sulama yapılmayan (kış) dönemde ise çamur susuzlaştırma işleminden sonra depolanarak kuru gübre olarak uygulanmaktadır. Sadece küçük miktarlarda fosfor yapay gübre olarak gerekmektedir. Böylece kimyasal gübre bağımlılığı azalmış olup fosfat rezervleri korunmaktadır. Azotun %40'ı yaz döneminde sulama ile, %10'u ise kuru gübre olarak kullanılmaktadır. %45-50 oranında denitrifikasyondan kaynaklanan azot kaybı vardır. Nitrat topraktan hızla uzaklaştırıldığı için suni gübrelemeye ihtiyaç olmaktadır (Bahadır, 2018).

## 7. Sonuçlar ve Öneriler

Su kıtlığının sebepleri insan tüketimi için su kaynaklarının dünya üzerinde eşit dağılmaması, nüfus artışına, yaşam kalitesine ve ekonomik gelişmeye bağlı olarak artan su ihtiyacı, iklim değişikliği ve var olan su kaynaklarının kirlenmesi olarak sıralanabilir. Toplam arazi alanının %40'ının kurak ve yarı kurak iklim bölgesinde yer alması ve bu nedenle sulama uygulamaları için toplam su kullanımının %70'e kadar yükselmesi arıtılmış atıksuyun yeniden kullanımını zorunlu kılmaktadır. Arıtılmış atıksuyun özellikle tarımsal ve yeşil alan sulamalarında kullanılması dünya çapında hükümetler ve resmi kuruluşlar tarafından teşvik edilen ve giderek yaygınlaşan bir uygulamadır. Atıksuyun yeniden kullanımının faydaları şu şekilde sıralanabilir:

Atıksu yöneticisi (şehir) açısından; yüksek atıksu arıtma verimliliği sağlanır, ilave ileri arıtma gerektirmez, çamur bertarafı için çözüm sağlanır, atıksu arıtma tesisine daha az yatırım gerekir.

Atıksuyu kullananlar (çiftçiler) açısından; sulama suyu temini ve dağıtımı sağlanır, besin içeriğinin (N/P) kullanımı ve organik karbonun kullanılmasını sağlar.

Ekoloji/su kaynaklarının yönetimi açısından; kaynakların korunması sağlanır, yüzey suyu kirlenmesini önler, yeraltı suyu çekimi yerine besleme imkânı sağlar.

Sürdürülebilir su yönetimi açısından; çoklu su kullanımı ve değerli bileşenlerin geri kazanılmasını sağlar.

Atıksuların tarımsal sulamada kullanımı toprakta kimyasal ve biyolojik kirlenme maddelerinin birikmesine neden olarak insan ve çevre sağlığı açısından riskler oluşturabilir. Ayrıca toprağın fizikokimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini değiştirerek toprak üretkenliğini etkileyebilir. Bu nedenle, atıksuyun tarımda sürdürülebilir ve güvenli yeniden kullanımı için gerekli parametreler kullanım standartlarına eklenmelidir. Mevcut atıksu arıtma tesisleri atıksuyun yeniden kullanımında çevresel etkileri en aza indirecek şekilde gerekli prosesler ile modifiye edilmelidir.

## 8. Kaynaklar / References

- Al Baz, I., Otterpohl, R. & Wendland, C. (2008). *Efficient management of wastewater, its treatment and reuse in water-scarce countries*, ISBN 978-3-540-74491-7. Springer.
- Asano, T., Burton, F.L., Leverenz, H.L., Tsuchihashi, R. & Tchobanoglous, G. (Ed.). (2007). *Water Reuse, Issues, Technologies, and Applications*, ISBN-13: 9780071459273, Metcalf & Eddy.
- Aydın, M.E. & Kumcu, Ş.Y. (2018). Assessment of water management in irrigation applications in the Karapınar basin, Konya, Türkiye, Regional Workshop on Water - Energy - Food - NEXUS in MENA Region, Aswan, Egypt November 11- 17, 2018.
- Aydın, M.E., Aydın, S. & Bedük, F. (2016). Konya Plain Project (KOP) – Konya irrigation, industrial and domestic water projects, Expert Workshop on Water Challenges in MENA Region 2016-2050 Aqaba, 24- 28 April, Jordan.
- Aydın, M.E., Aydın, S., Bedük, F., Tor, A., Tekinay, A., Kolb, M. & Bahadır, M. (2015). Effects of long-term irrigation with untreated municipal wastewater on soil properties and crop quality. *Environmental Science and Pollution Research*. 22: 19203-19212.
- Aydın, M.E., Bircan, E. & Özcan, S. (2008). Evsel atıksuların geri kazanılarak sulamada kullanılması, Konya Kapalı Havzası Yeraltısuyu ve Kuraklık Konferansı, Çevre ve Orman Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, 11-12 Eylül 2008, Konya.
- Bahadır, A.M. (2018). Reuse of reclaimed wastewaters – the Braunschweig example, Sürdürülebilir Su Yönetimi Çalıştayı, 12-14 Mart, Konya.
- Barcelo, D. & Petrovic, M. (2011). The handbook of environmental chemistry, wastewater treatment and reuse in the Mediterranean Region, ISBN: 1867-979X. Springer.
- Çevre, Orman ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2010), Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, Tarih: 20 Mart 2010, Sayı: 27527.
- Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of vulnerability in semi-arid development. In Natural resources forum (Vol. 13, No. 4, pp. 258-267). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
- Konya Tarımı (2021), Konya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Koordinasyon ve Tarımsal Veriler Şube Müdürlüğü Enformasyon Birimi.
- KOSKİ (2023). [www.koski.gov.tr](http://www.koski.gov.tr) (11.04.2023)
- Mesek, C. (2012). Braunschweig a reference for sustainable development in Germany, Workshop on Reuse of Wastewater on Farmland Irrigation and Braunschweig Example, 19-20 Aralık, Konya.
- Özdemir A. & Aydın, M.E. (2017). Problems caused by improper water and land management and global climate change effect in Karapınar Basin (Konya, Türkiye), Regional workshop on Water efficient cities, November 03-08, 2017, Marrakech, Morocco.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L. & Stensel, H.D. (2004). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*, Fourth Edition, ISBN-13: 9780070418783, Metcalf & Eddy.
- TUİK (Türkiye İstatistik Kurumu) (2021), Haber Bülteni, Yayın Tarihi: 16.12.2021, Sayı: 37197.

## **Yazarlar Hakkında / About Authors**

**Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN | TÜBA Asli Üyesi | Necmettin Erbakan Üniversitesi | meaydin[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6665-198X**

Mehmet Emin Aydın, Konya Selçuk Üniversitesi, İnşaat Mühendisliğinden 1985 yılında mezun oldu. 1993 yılında İngiltere, Loughborough Teknoloji Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde suların arıtımı alanında doktorasını tamamladı. Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne 1997 yılında Doçent 2003 yılında Profesör olarak atandı. 2012 yılında Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne Profesör olarak atandı. Halen 2018 yılından beri aynı üniversitenin İnşaat Mühendisliği Bölümünde Profesör olarak çalışmaktadır. Araştırma alanı Su Temini, atıksuların uzaklaştırılması, su kirliliği, su arıtma, PAH, PCB, pestisitler, kalıcı organik kirleticiler, ekotoksikoloji alanlarını kapsamaktadır. Prof. Dr. Aydın'ın Uluslararası hakemli dergilerde ve sempozyum kitaplarında 235 makalesi, Ulusal sempozyumlarda 82 bildirisi, 14 kitap bölümü ve 6 kitap editörlüğü veya ortak editörlüğü vardır.

**Prof. Dr. Mehmet Emin AYDIN | TÜBA Full Member | Necmettin Erbakan University | meaydin[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0001-6665-198X**

Mehmet Emin Aydın has studied of Civil engineering at Selçuk University in Konya, Türkiye (1980-1985) and received his PhD in 1993 in the field of drinking water treatment at Civil Engineering Department of Loughborough University of Technology in England. He is appointed as Assoc. Prof. Dr. in Environmental Engineering of Selçuk University in 1997. Since 2003, he is full Professor in Environmental Engineering initially at Selçuk University and then since 2012 in Necmettin Erbakan University in Konya, Türkiye. He is working as full Professor in Civil Engineering of Necmettin Erbakan University since 2018. His teaching and research cover water supply, wastewater disposal, water pollution, water and wastewater treatment, ecotoxicology, PAHs, PCBs, pesticides, pharmaceuticals and illicit drugs in environment. Prof. Dr. Aydın published 235 papers in international peer-reviewed journals and proceedings volumes; 82 presentations in National symposiums; 14 international book chapters, 6 book editorships and co-editorships.

**Prof. Dr. Senar AYDIN | TÜBA Genç Akademi Üyesi | Necmettin Erbakan Üniversitesi | sozcan[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0960-480X**

Senar Aydın Konya Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği bölümünden 1999 yılında mezun olmuş, 2007 yılında aynı bölümde Çevrede PAH, PCB, Pestisitler gibi Mikrokirleticilerin analizi konusunda doktorasını tamamlamıştır. 2000 yılından itibaren Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta olduğu aynı bölümde 2010 yılında Yardımcı Doçent olarak atanmıştır. Konya Necmettin Erbakan Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümüne 2012 yılında Doçent olarak, 2017 yılında Profesör olarak atanmıştır. Ders verdiği ve araştırma yaptığı alanlar temel işlemler, temel işlemler laboratuvar uygulamaları, su kirliliği, su arıtma, çevrede PAH, PCB, pestisitler, farmasötikler, uyuşturucuların analizi ve ekotoksikoloji alanlarını kapsamaktadır. 2011-2021 yılları arasında Çevre Mühendisliği Bölüm başkanlığı görevini yürütmüştür. 2013 yılında TÜBA üstün başarılı genç bilim insanı (GEPIP) ödülü almıştır. Senar Aydın uluslararası hakemli dergilerde ve sempozyum kitaplarında 125 makale, ulusal sempozyumlarda 52 bildiri ve 12 uluslararası kitap bölümü yayınlamıştır.

**Prof. Dr. Senar AYDIN | TÜBA Young Academy Member | Necmettin Erbakan University | sozcan[at]erbakan.edu.tr | ORCID: 0000-0002-0960-480X**

Senar Aydın has studied in Environmental engineering department at Selçuk University in Konya (1995-1999) and received her Doctorate in 2007 in the field of Analyses of micro pollutants such as pesticides, PAHs and PCBs in Environment at Environmental Engineering Department of Selçuk University. Senar Aydın was appointed as Assistant Prof. Dr. in Environmental Engineering Department of Selçuk University in 2010 and then as Associate Prof. Dr. in 2012. Since 2017 she is full Professor in Environmental Engineering Department of Necmettin Erbakan University in Konya, Türkiye. Her teaching and research cover unit processes, laboratory application of unit processes, water pollution, water and wastewater treatment, ecotoxicology, PAHs, PCBs, pesticides, pharmaceuticals and illicit drugs in environment. She was head of department between 2011 - 2021. She was awarded as excellency in science among young scientist by Turkish academy of sciences (TUBA) in 2013. Senar Aydın published 125 papers in international peer-reviewed journals and proceedings volumes; 52 presentations in National symposiums; 12 international book chapters.