

# Eurasian Journal of Biological and Chemical Sciences

Journal homepage: [www.dergipark.gov.tr/ejbc](http://www.dergipark.gov.tr/ejbc)



## Examination of sulfamethoxazole, trimethoprim and dichlorophenac micropollutants along Sakarya River and treated by different ultrafiltration membranes

Fatma Büşra Yaman Büyükbüberoğlu<sup>1\*</sup> Mehmet Çakmakçı<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul

\*Corresponding author : [fbzyman@gmail.com](mailto:fbzyman@gmail.com)

**Abstract:** In this study, The removal of micropollutants in the Sakarya River at five different locations and three different pharmaceuticals and water quality parameters are examined. To remove the micropollutants and improve the water quality, microfiltration (MF), and ultra-filtration (UF) membranes were used for treatment. Pharmacological pollutants, such as trimethoprim (TMP), sulfamethoxazole (SMX) and dichlorophenac (DFN) are chosen for treatment, which can be found in water very frequently and in high amounts. The best removal efficiency was obtained with UP005 UF membrane, it can be treated up to 66.

**Keywords:** sulfamethoxazole, trimethoprim and dichlorophenac, ultrafiltration membrane

### *Sakarya Nehri boyunca sülfametaksazol, trimetoprim ve diklorafenak mikrokirleticilerin incelenmesi ve farklı ultrafiltrasyon membranlar ile arıtımı*

**Özet:** Bu çalışmada Türkiye için önemli su kaynaklarından biri olan Sakarya Nehri boyunca 5 farklı noktadan numune alınarak sülfametaksazol, trimetoprim ve diklorafenak mikrokirleticileri ve çözünmüş organik karbon (ÇOK), ultraviolet absorbance at 254 nm dalga boyu (UV254), sertlik, iletkenlik gibi su kalite parametreleri incelenmiş, mikrokirleticilerin giderilmesi ve su kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla mikrofiltrasyon (MF) ve ultrafiltrasyon (UF) membranları ile arıtım çalışmaları yapılmıştır. En iyi arıtma verimi UP005 UF membran ile elde edilmiştir. Küçük por çaplı ultrafiltrasyon membranlar ile; TMP, SMX ve DFN gibi sularda çok sıklıkla ve yüksek miktarlarda bulunabilen farmakolojik kirleticilerin %66 'ya kadar çıkabilen bir verimle arıtılabildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** sülfametaksazol, trimetoprim ve diklorafenak, ultrafiltrasyon membran

© EJBCS. All rights reserved.

## 1. Giriş

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda tıbbi kaynaklı ilaçlar, pestisit gibi tarımsal alanda kullanılan ilaçlar ve kişisel bakım ürünleri gibi genel olarak mikrokirletici adı verilen kimyasalların içme suyu kaynağı olarak kullanılan sucul ortamlarda sıklıkla görülmeye başlanmıştır.(Alexander ve ark.,2012) Bu tip kirleticiler “öncelikli kirleticiler” olarak adlandırılmakta ve ng/L-µg/L gibi düşük konsantrasyonları bile sucul ortamdaki canlılar ve insan sağlığı açısından endişe verici olumsuz sonuçlara yol açmaktadır (Broséus ve ark.,2009; Shen ve Andrews, 2011).Tıp ve veterinerlik kullanımı sonucu 5000'den fazla ilaç doğaya karışmaktadır (Van Doorslaer ve ark.,2014). Avrupa Birliği (AB)'nde şu an kullanımda olan, farklı terapötik sınıflara ait çok farklı

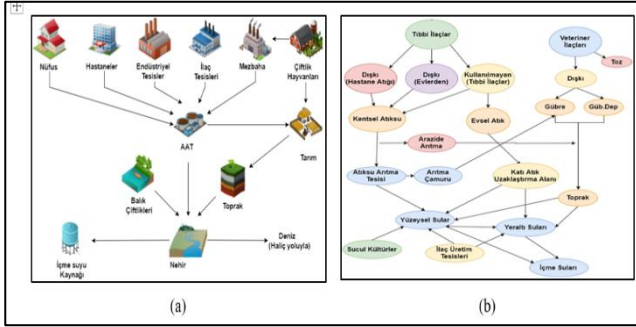
kimyasal özelliklerde, insani kullanım amaçlı yaklaşık 5000 farklı farmasötik madde bulunmaktadır (Wen ve ark.,2014). Son yıllarda yapılan araştırmalar sonucunda farmasötik maddelerin yüzey ve yeraltı sularında geniş bir dağılım gösterdiği görülmüştür Derco ve ark., 2015; Azzouz ve Ballesteros, 2013). Yüzeysel sularda, yeraltı sularında ve içme sularında 150'den fazla farmasötik madde tespit edilmiştir (Cristale ve ark., 2013).

Bu maddeler günlük kullanımdaki yüzlerce ilaç, deterjan, kişisel bakım, zirâi vb. ürünlerden kaynaklanmakta ve genel olarak bunlar literatürde PPCPs ( pharmaceuticals and personal care products) olarak geçmektedir (Shen ve Andrews, 2011). Bu atıklar evsel, endüstriyel deşarjlar ile rögar, hastane, mezbaha, tarımsal alanlardan gelen yağmur

akışları ve yetersiz arıtma yapan atıksu arıtma tesislerinde dışarıya sonucu su kütlelerine karışabilmektedirler. Şekil 1 (a) 'da kirleticilerin doğaya karışım döngüsü verilmiştir.

Su ortamında en büyük endişe ilaç grubunda bulunan antibiyotiklerden kaynaklanmaktadır (Johnson ve ark., 2015). Antibiyotikler çok düşük konsantrasyonlarda bile alg çeşitliliğini azaltmakta ve bakteri direncini artırarak sucul yaşamı olumsuz etkilemektedir (Zhang ve ark., 2016). Antibiyotikler yüksek dayanım güçleri sebebiyle bozunmadan uzun süre alıcı ortamda kalabilmektedirler (Van Doorslaer ve ark., 2014).

Sülfametaksazol (SMX) ve Trimetoprim (TMP) ilaçları bronşit ve idrar yolu enfeksiyonlarının tedavisinde genellikle beraber olarak kullanılmaktadır (Daneshvar ve ark.,2012). Beraber kullanıldıklarında birbirinin etkisini artırmaktadır. Bu ilaçlar veterinerlik alanında da kullanılmaktadır (Yang ve ark.,2014; Peng ve ark.,2016).



Şekil 1. Kirleticilerin doğaya karışım şekilleri

SMX tetrahidrafolik asit sentezleyen enzimleri inhibe eder, TMP ise tetrahidrafolik asiti yok etmek için farklı bir enzim salgılar. Bu sebeple bu iki ilaç 1960'dan beri beraber kullanılmaktadır (Dias ve ark.,2014; Johnson ve ark.,2015; Peng ve ark.,2016). TMP ve SMP konvansiyonel atıksu arıtma tesislerinde tamamen arıtılmamakta, yüzeysel sulara kadar ulaşmaktadır (Yang ve ark.,2015; Zheng ve ark.,2015). Su ortamında SMX'lerin sucul ortamlarda yaygın olarak görülmesi potansiyel ekotoksik etkisi ve bakterilere karşı yüksek dirence sahip olmalarından dolayı büyük endişe oluşturmaktadır (Dias ve ark.,2014). Barnes ve ark.(2008) yaptığı çalışmada yüzeysel sularda SMX'in 1,11 mg/L'ye kadar çıktığını belirtmişlerdir. Loos ve ark.(2009) alıcı ortamda SMX'in maksimum 4 mg/L olduğunu görmüşlerdir TMP'nin atıksu arıtma tesisi çıkışında 0,003 to 4,30 µg/L konsantrasyon aralığında olduğu ve bu konsantrasyonun yüzeysel sulara dışarıya edildiği belirtilmiştir.

Diklorafenak (DCF) reçete olmadan satılan en yaygın nonsteroid antiinflatuvar ilaçlardan biridir, Avrupa'da yılda yaklaşık 100 ton satılmaktadır. (Esteban ve ark., 2016; Lu ve ark.,2016). DCF suda yaşayan canlılar ve bitkiler üzerinde toksik etkiye sahiptir aynı zamanda insanlarda da hemodinamik değişiklikler ve tiroid tümörlerine neden olduğu belirtilmiştir. DCF'nin tüketildikten sonra %15'i değişmeden doğaya karışmaktadır. DCF biyolojik olarak

birikme eğilimi göstermektedir ve başka ilaçlar ile birleşerek toksik etkisi önemli derecede artmaktadır (Bhadra ve ark., 2016). Atıksu arıtma tesislerinde konvansiyonel arıtmıla DCF tam olarak arıtılmadığı için alıcı su ortamlarında da en sık saptanan kirleticilerden biridir (Perisic ve ark., 2016). Félix–Cañedo ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada yüzeysel sularda DCF konsantrasyonunun 28-32 ng/L olduğunu belirtmişlerdir. Bazı çalışmalarda da yüzeysel sularda 1-310 ng/L gibi geniş bir konsantrasyon aralığında bulunduğu belirtilmiştir.(Chong, ve ark., 2017; Félix–Cañedo ve ark., 2013).

Mikrokirleticilerin yüzeysel ve yeraltı sularından arıtımı her geçen gün daha çok önem kazanmaktadır. Amerika'da ve Avrupa ülkelerinde yapılan çeşitli araştırmalarda yüzeysel ve yeraltı sularında ve hatta arıtma tesisi çıkış sularında, 300'ün üzerinde mikrokirleticiye rastlandığı bildirilmiştir. Özellikle tıbbi ilaçlar insan metabolizmasından dışkı ve idrarla ilaç kalıntıları olarak veya ana madde olarak atılmakta ve sucul sistemlere çeşitli yollarla ulaşmaktadırlar (Şekil 1(b)). Bütün bu sebeplerden dolayı her geçen gün mikrokirletici arıtımı önem kazanmaktadır. Son zamanlarda yapılan çalışmalar; koagülasyon/flokülasyon, filltrasyon, klorlama gibi sistemleri içeren klasik (konvansiyonel) içme suyu arıtma tesislerinin mikrokirletici gideriminde etkisiz olduğu belirtilmiş ve ileri arıtım yöntemlerinin uygulanması gerektiği vurgulanmıştır (Broséus ve ark.,2009;Félix–Cañedo ve ark.,2013).

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Numune Alma Noktaları

Çalışmada Sakarya Nehri boyunca 5 farklı noktadan numune alınmıştır. İlk nokta Sakarya nehrinin doğduğu nokta olan Çiftelidir. İkinci ve üçüncü noktalar sırasıyla Gökçekaya ve Yenice barajlarıdır. Dördüncü nokta olarak yerleşmenin ve sanayinin yoğun olduğu bir bölge olan Geyve seçilmiştir. Son numune alma noktası ise Sakarya Nehrinin Karadeniz'e döküldüğü nokta olan Karasu bölgesidir. Böylelikle nehir boyunca doğduğu noktadan denize döküldüğü noktaya kadar hem yüksek kirlilik içermesi (Geyve gibi) hem de yüksek kalitede olması beklenen noktalardan (Gökçekaya ve Yenice barajları gibi) numune alınarak su kalitesi izlenmiş olacaktır. Numune alma noktaları Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Numune alma noktalarının haritadaki konumu

### 2.2 Deneysel Yöntem

Ham su analizi Tablo 1 'de ve yöntemleri ile verilmiştir

**Çizelge 1.** Karakterizasyon için ölçülen parametreler

Parametre	Yöntem	Ekipman
TOK	SM 5310 B	TOK Ölçüm Cihazı
ÇOK	SM 5310 B	TOK Ölçüm Cihazı
UV <sub>254</sub>	SM 5910	UV-visible spektrofotometresi
SUVA <sub>254</sub>	Hesap yolu ile belirlenecektir.	Hesap yolu ile belirlenecektir.
Serbest Klor	SM 4500 Cl	Kimyasal analizle
Bulanıklık	SM 2130 B	Türbidimetre
İletkenlik	SM 2510	İletkenlik elektrodu
pH	SM 4500 H	pH elektodu
ÇO	SM 4500 G	ÇO elektrodu
Sıcaklık	SM 2550	Sıcaklık elektrodu
Ağır metaller	3111 B	Atomik absorpsiyon spektrofotometresi
İyonlar	SM 4140	İyon Kromatografisi
Toplam sertlik	SM 2340 C	Kimyasal analizle
Alkalinite	SM 2320 B	Kimyasal analizle
Mangan	3111 B	Atomik absorpsiyon spektrofotometresi
Toplam sertlik	SM 2340 C	Kimyasal analizle

### 2.3 Membran Deney Düzenegi

Ham suların süzülmesi amacıyla Şekil 3'de gösterilen Amicon 8400 membran düzenegi kullanılmıştır. Karıştırmalı süzme düzeneginde bulunan membran hücrenin hacmi 400 ml ve çapı ise 76 mm'dir. Sistem işletilirken magnet manyetik karıştırıcı ile döndürülmekte ve membran yüzeyinde dik filtrasyon sebebiyle oluşabilecek birikim engellenmektedir. Böylece sistem çapraz akışlı düzeneğe benzer şekilde işletilmiştir. Membran hücresinde istenilen basınç değeri azot gazı ile oluşturulmaktadır.



**Şekil 3.** Membran deney düzenegi

### 3. Bulgular ve Tartışma

Sakarya Nehrinden numune ilkbahar mevsiminde (Mart 2015'de) alınmıştır. Tablo 2'de su karakterizasyonu verilmiştir. Numunelerin ortalama pH, sıcaklık ve iletkenlik değerleri sırasıyla 7,76, 9,04 0C, 901 µS/cm olarak ölçülmüştür. pH ve sıcaklık parametreleri açısından sular 5 noktada da Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY)'ne 1. Sınıf su özelliği gösterirken, İçme suyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan e Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik](İSEEPSHY)'e göre de A1 sınıfına girmektedir. İletkenlik değerlerine göre Geyve

3. Sınıf Çifteler, Gökçekaya, Yenice ve Karasu ise 2. sınıf su özelliği taşımaktadır.

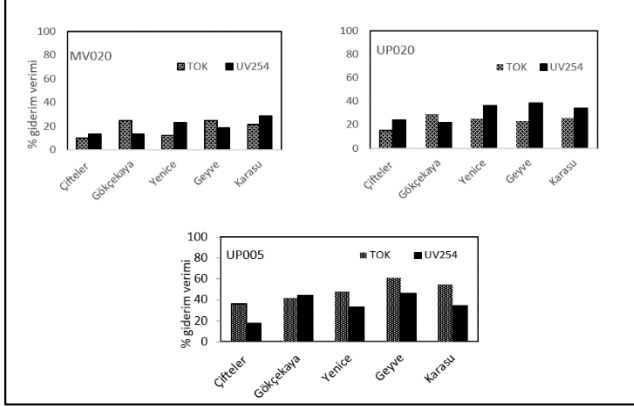
**Çizelge 2.** Sakarya Nehrine ait su karakterizasyonu

Deney Adı	Çifteler	Gökçekaya	Yenice	Geyve	Karasu	TS266	EPA
pH	7,83	7,86	7,88	7,98	7,28	9,5-6,5	6,6-8,5
Sıcaklık (°C)	14,4	15,2	12,28	16,3	14,5	-	-
İletkenlik (µS/cm)	795	858	845	1012	988	2500	-
Çözünmüş oksijen (mg O <sub>2</sub> /L)	7,2	6,9	7,54	7,93	7,2	-	-
AKM (mg/L)	20	26	28	32	24	-	-
Bulanıklık(NTU)	10,22	11,63	15	20,12	18,00	-	-
Nitrat (mg NO <sub>3</sub> /L)	0,32	0,86	0,81	0,99	0,78	0,5	45
Florür (mg F/L)	0,61	0,62	0,19	0,11	0,17	1,50	2
Bromür (mg /L)	0,08	0,17	0,17	0,18	0,07	-	1
Demir (mg Fe/L)	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	0,2	0,2
Mangan (mg Mn/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,05	0,05
Bakır (mg Cu/L)	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	-	2
Çinko (mg Zn/L)	0,129	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	-	5
Nikel (mg Ni/L)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,002	0,002
Kadmiyum (mg Cd/L)	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,005	0,005
Toplam krom (mg Cr/L)	<2	<2	<2	<2	<2	0,005	0,05
Kurşun (mg Pb/L)	<1	<1	<1	<1	<1	0,01	0,015
Sülfat (mg SO <sub>4</sub> /L)	187	189	140	97	128	250	250
Klorür (mg Cl/L)	21,99	87,47	84,9	57,48	40	250	250
UV <sub>254</sub> (cm-1)	0,026	0,104	0,198	0,185	0,137	-	-
TOK (mg/L)	9,72	10,12	11,6	13,62	12,4	-	-
SUVA <sub>254</sub>	0,27	0,87	1,71	1,27	1,1	-	-
Alkalinite(mg CaCO <sub>3</sub> /L)	330	260	255	250	265	-	-
Sertlik (mg CaCO <sub>3</sub> /L)	464	400	386	348	328	-	-
Sülfametaksazol (ng/L)	0	17,6	31,2	15,2	13,2	-	-
Trimetoprim (ng/L)	0	2,1	1,5	0	0	-	-
Diklorafenak (ng/L)	13,26	0,4	1,2	0,2	0,4	-	-

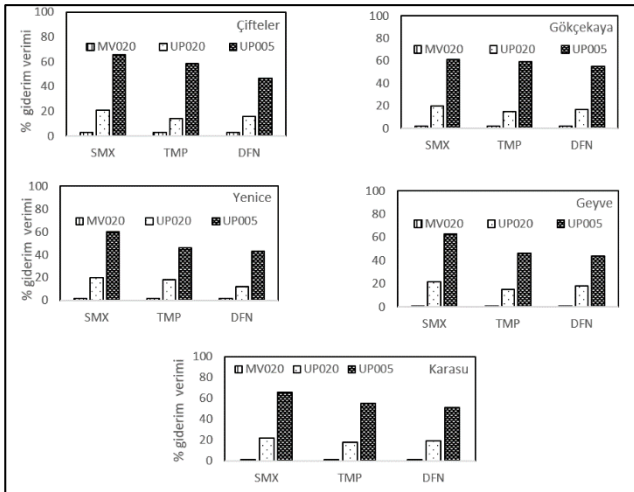
Organik madde giderimi için numunelerin UV<sub>254</sub> ve ÇOK giderim verimleri kıyaslanmıştır. Şekil 4.'de UV<sub>254</sub>, ÇOK, giderim verimleri verilmiştir. En yüksek UV<sub>254</sub> giderimi UP005 membranı ile %46 ile Geyve'de elde edilirken en düşük UV<sub>254</sub> giderimi ise %13 ile Çifteler ve Gökçekaya'da MV020 membranı ile elde edilmiştir. ÇOK giderim verimleri ise en düşük MV020 membran ile %10 Çifteler'de, en yüksek giderim verim ise UP005 membran ile %61 Geyve'de görülmüştür. UP020 membranında görülen en düşük ve en yüksek ÇOK giderim verimi ise sırasıyla %15 Çifteler ve %29 Gökçekaya'da görülmüştür. Sutherland ve ark.(2015) tarafından yapılan çalışmalarda <10 kDa UF membranlar ile 37-87% arasında ÇOK giderimi sağlanmıştır. Bu çalışmada da membranların gözenek boyutu veya moleküler ağırlığı azaldıkça organik madde giderme verimi artmıştır.

Şekil 5 'de Mikrokirleticilerin membran ile giderim verimi verilmiştir. MV020 membran ile her üç kirletici için giderim veriminin %1 ile %2 arasında olduğu ve mikrofiltrasyon membran ile mikrokirleticilerin gideriminin yok denecek kadar az olduğu görülmüştür. En yüksek giderim %66 ile Karasu ve Çifteler 'de UP005 membran ile SMX 'de görülürken onu %63 ve %61 ile Geyve ve Gökçekaya takip etmiştir. UP005 membran ile TMP 'nin arıtım verimi %59 ile %46 DFN 'nin ise %55 ile %44 arasında bulunmuştur. UP020 membran ile ise giderim

%21 ve %12 arasında değişim göstermiştir. Küçük por çaplı ultrafiltrasyon membranlar ile TMP, SMX ve DFN gibi sularda çok sıklıkla ve yüksek miktarlarda bulunabilen farmakolojik kirleticilerin %66 'ya kadar çıkabilen bir verimle arıtılabildiği görülmüştür.



Şekil 4. Organik maddelerin membran ile giderim verimi



Şekil 5. Mikrokirleticilerin membran ile giderim verimi

#### 4. Sonuç

Türkiye'nin dördüncü büyük su kaynağı olan Sakarya Nehri boyunca nehrin doğduğu ve denize döküldüğü noktaya kadar 5 farklı noktadan dört farklı mevsimde numune alınarak karakterizasyon ve SMX, TMP, ve DFN giderimi çalışılmıştır. Su Kalitesi Kontrol yönetmeliği su kalitesi sınıflarına göre Sakarya Nehri pH açısından 1. Sınıf iletkenlik açısından Geyve'de 3. Sınıf diğer noktalarda ise 2. su özelliği göstermektedir. Su karakterizasyonlarına göre Sakarya Nehri'nin en temiz noktası nehrin doğduğu nokta olan Çifteler ve en kirli nokta ise sanayilerin ve yerleşimin yoğun olarak bulunduğu Geyve'dir. Bu çalışmada ilk defa Sakarya Nehri'nde mikrokirleticiler nehir boyunca incelenmiştir. Hem en yüksek organik madde hem de en yüksek mikrokirletici giderimin UP005 membran ile olduğu görülmüştür.

Sakarya Nehri içme suyu kaynağı olarak kullanılması durumunda ilk tercih edilecek noktanın Çifteler olması gerekmektedir. Diğer noktalar veya yakın civarlarından su alınacak ise ızgaralar, biriktirme yapısı, konvansiyonel arıtma ve sonrasında ise membran ile arıtım tercih edilmelidir. Geyve ve Karasu noktasında nehrin kirlendiği göz önüne alınırsa bu noktalardaki yerleşim yerlerinin ve kontrolsüz deşarj yapabilecek noktaların denetlenmesi ve gerekli önemlerin alınması gerekmektedir.

#### Teşekkür

Bu Çalışma YTÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK) tarafından desteklenmiş olup (2015-05-02-DOP03), koordinatörlük çalışanlarına da proje faaliyetleriyle ilgili yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Deneysel çalışmalar aşamasında desteklerini esirgemeyen Ebubekir YÜKSEL'e teşekkürlerimi sunarım.

#### Kaynaklar

- Alexander JT, Hai F I, Al-Aboud TM 2012. Chemical coagulation-based processes for trace organic contaminant removal: current state and future potential, *J Environ Manage*, 111: 195-207.
- An Y, Wang Z, Wu Z, Yang D, Zhou Q 2009. Characterization of membrane foulants in an anaerobic non-woven fabric membrane bioreactor for municipal wastewater treatment, *Chemical Engineering Journal*, 155: 709-715.
- Azzouz A ve Ballesteros E 2013. Influence of seasonal climate differences on the pharmaceutical, hormone and personal care product removal efficiency of a drinking water treatment plant, *Chemosphere*, 93: 2046-2054.
- Barnes KK, Kolpin, DW, Furlong ET, Zaugg SD, Meyer MT, Barber LB 2008. A national reconnaissance of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States--I) groundwater", *Sci Total Environ*, 402: 192-200.
- Bhadra BN, Seo PW, Jung SH, 2016 Adsorption of diclofenac sodium from water using oxidized activated carbon, *Chemical Engineering Journal*, 301: 27-34.
- Broséus R, Vincent S, Aboulfadl K, Daneshvar A, Sauvé S, Barbeau B, Prévost M 2009. Ozone oxidation of pharmaceuticals, endocrine disruptors and pesticides during drinking water treatment, *Water Res*, 43: 4707-4717.
- Chong S, Zhang G, Wei Z, Zhang N, Huang T, Liu Y 2017. Sonocatalytic degradation of diclofenac with FeCeOx particles in water", *Ultrasonics Sonochemistry*, 34: 418-425.
- Cristale J, Katsoyiannis A, Sweetman AJ, Jones KC, Lacorte S 2013. Occurrence and risk assessment of organophosphorus and brominated flame retardants in the River Aire (UK), *Environ Pollut*, 179: 194-200.
- Daneshvar A, Aboulfadl K, Viglino L, Broseus R, Sauve S, Madoux-Humery AS., Weyhenmeyer GA, Prevost M. 2012 Evaluating pharmaceuticals and caffeine as indicators of fecal contamination in drinking water sources of the Greater Montreal region, *Chemosphere*, 88: 131-139.
- Derco J, Dudáš J, Valičková M, Šimovičová K, Keckés J 2015. Removal of micropollutants by ozone based processes,

- Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 94: 78-84.
- Dias, IN, Souza BS, Pereira JHOS, Moreira FC, Dezotti M, Boaventura RAR, Vilar VJP 2014. Enhancement of the photo-Fenton reaction at near neutral pH through the use of ferrioxalate complexes: A case study on trimethoprim and sulfamethoxazole antibiotics removal from aqueous solutions, *Chemical Engineering Journal*, 247: 302-313.
- Drinking Water Contaminants – Standards and Regulations: EPA 2003.
- Esteban S, Moreno-Merino L, Matellanes R, Catalá M, Gorga M, Petrovic M, López de Alda M, Barceló D Silva A, Durán J, López-Martínez J, Valcárcel Y, 2016 Presence of endocrine disruptors in freshwater in the northern Antarctic Peninsula region, *Environ Res*, 147: 179-192.
- Félix-Cañedo TE, Durán-Álvarez JC, Jiménez-Cisneros B 2013 The occurrence and distribution of a group of organic micropollutants in Mexico City's water sources, *Science of The Total Environment*, 454-455: 109-118.
- Fu G, Peng J, Wang Y, Zhao S, Fang W, Hu K, Shen J, Yao J 2016. Pharmacokinetics and pharmacodynamics of sulfamethoxazole and trimethoprim in swimming crabs (*Portunus trituberculatus*) and in vitro antibacterial activity against *Vibrio*: PK/PD of SMZ-TMP in crabs and antibacterial activity against *Vibrio*, *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 46: 45-54.
- İçmesuyu Elde Edilen veya Elde Edilmesi Planlanan Yüzeysel Suların Kalitesine Dair Yönetmelik Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (29 Haziran 2012).
- Johnson AC, Keller V, Dumont E, Sumpter JP. 2015. Assessing the concentrations and risks of toxicity from the antibiotics ciprofloxacin, sulfamethoxazole, trimethoprim and erythromycin in European rivers *Sci Total Environ*, 511: 747-755.
- Loos R, Gawlik BM, Locoro G, Rimaviciute E, Contini S, Bidoglio G 2009 EU-wide survey of polar organic persistent pollutants in European river waters, *Environ Pollut*, 157: 561-568.
- Lu X, Shao Y, Gao N, Chen J, Zhang Y, Wang Q, Lu Y 2016 Adsorption and removal of clofibric acid and diclofenac from water with MIEX resin", *Chemosphere*, 161: 400-411.
- Perisic DJ, Gilja V, Stankov MN, Katancic Z, Kusic H, Stangar UL, Dionysiou DD, Bozic AL 2016 Removal of diclofenac from water by zeolite-assisted advanced oxidation processes, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 321: 238-247.
- Petrie B., Barden R, Kasprzyk-Hordern B 2015 A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: Current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring, *Water Res*, 72: 3-27.
- Rivera-Utrilla J, Daiem MM, Sanchez-Polo M, Ocampo-Perez R, Lopez-Penalver, JJ, Velo-Gala I, Mota AJ 2016 Removal of compounds used as plasticizers and herbicides from water by means of gamma irradiation, *Sci Total Environ*, 569-570: 518-526.
- Shen R ve Andrews SA 2011. Demonstration of 20 pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) as nitrosamine precursors during chloramine disinfection, *Water Res*, 45: 944-952.
- Su T, Deng H, Benskin JP, Radke M, 2016 Biodegradation of sulfamethoxazole photo-transformation products in a water/sediment test, *Chemosphere*, 148: 518-525.
- Sutherland S, Parsons SA, Daneshkhah A, Jarvis P, Judd SJ 2015 THM precursor rejection by UF membranes treating Scottish surface waters. *Separation and Purification Technology*, 149: 381-388.
- TS266 Standartları - İnsanî Tüketim Amaçlı Sular. 2005.
- Van Doorslaer X, Dewulf J, Van Langenhove H, Demeestere K 2014. Fluoroquinolone antibiotics: An emerging class of environmental micropollutants, *Science of The Total Environment*, 500-501: 250-269.
- Van Doorslaer X, Dewulf J, Van Langenhove H, Demeestere K, 2014 Fluoroquinolone antibiotics: An emerging class of environmental micropollutants, *Science of The Total Environment*, 500-501: 250-269.
- Wang Z, Wu Z, Yin X, Tian L, 2008. Membrane fouling in a submerged membrane bioreactor (MBR) under sub-critical flux operation: Membrane foulant and gel layer characterization, *Journal of Membrane Science*, 325: 238-244.
- Wang Z, Chen Z, Chang J, Shen J, Kang J, Chen Q 2015 Fabrication of a low-cost cementitious catalytic membrane for p-chloronitro benzene degradation using a hybrid ozonation-membrane filtration system", *Chemical Engineering Journal*, 262: 904-912.
- Wen ZH, Chen L, Meng XZ, Duan YP, Zhang ZS, Zeng EY, 2014 Occurrence and human health risk of wastewater-derived pharmaceuticals in a drinking water source for Shanghai, East China, *Sci Total Environ*, 490: 987-993.
- Yang GC, Yen CH, Wang CL, 2014. Monitoring and removal of residual phthalate esters and pharmaceuticals in the drinking water of Kaohsiung City, Taiwan, *J Hazard Mater*, 277: 53-61.
- Yang L, Kim D, Uzun H, Karanfil T, Hur J. 2015 Assessing trihalomethanes (THMs) and N-nitrosodimethylamine (NDMA) formation potentials in drinking water treatment plants using fluorescence spectroscopy and parallel factor analysis, *Chemosphere*, 121: 84-91.
- Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği, Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (30 Kasım 2012).
- Zhang Y, Wang A, Tian X, Wen Z, Li D, Li J. 2016 Efficient mineralization of the antibiotic trimethoprim by solar assisted photoelectro-Fenton process driven by a photovoltaic cell, *J Hazard Mater*, 318: 319-328.
- Zheng D, Andrews RC, Andrews SA, Taylor-Edmonds L, 2015 Effects of coagulation on the removal of natural organic matter, genotoxicity, and precursors to halogenated furanones, *Water Res*, 70: 118-129.