



Ordu İli kentsel kıyı yerleşim yerlerinden denize verilen evsel atık su deşarjlarının araştırılması

Sezai ATAĞLI¹, İsmet BALIK²

Cite this article as:

Ataklı, S., Balık, İ. (2022). Ordu İli kentsel kıyı yerleşim yerlerinden denize verilen evsel atık su deşarjlarının araştırılması. *Aquatic Research*, 5(3), 186-195. <https://doi.org/10.3153/AR22018>

¹ Ordu Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü, Ordu, Türkiye

² Akdeniz Üniversitesi, Kemer Denizcilik Fakültesi, Kampüs, Pınarbaşı, Konyaaltı, Antalya, Türkiye

ORCID IDs of the author(s):

S.A. 0000-0001-8335-6683
İ.B. 0000-0003-2168-8572

Submitted: 27.04.2021
Revision requested: 14.03.2022
Last revision received: 19.03.2022
Accepted: 28.03.2022
Published online: 19.04.2022

Correspondence:

İsmet BALIK
E-mail: ibalik@akdeniz.edu.tr



© 2022 The Author(s)

Available online at
<http://aquatres.scientificwebjournals.com>

ÖZ

Bu çalışmada, Ordu İli kentsel kıyı yerleşim yerlerinden denize yapılan evsel atık su deşarjlarının yönetmeliklerde belirtilen kriterlere uygunluk durumları araştırılmıştır. Bu amaçla, kentsel kıyı yerleşim yerlerinde bulunan yedi evsel atık su arıtma istasyonunun atık su girişi ve atık su çıkışından ve bir adet doğrudan alıcı ortama deşarj noktasından 2018 yılında her ay, ayda iki kez olmak üzere örnek alınmıştır. Atık su örneklerinde BO₅ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı), KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), TP (Toplam Fosfor), TN (Toplam Azot), AKM (Askıda Katı Madde) ve pH analizi yapılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesinde Kentsel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği ve Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde yer alan parametreler ve üst limit değerleri esas alınmıştır. Araştırmada, Altınordu-Durugöl, Altınordu-Kumbaşı, Gülyalı, Ünye-Doğu ve Ünye-Batı arıtma istasyonlarının işlevlerini sorunsuz bir şekilde sürdürmekte oldukları saptanmıştır. Fatsa İlçesi'nde bulunan evsel atık su arıtma istasyonlarında, fiziksel ön arıtma sonrası atık sular denize deşarj edilmektedir. Bu ilçedeki arıtma istasyonlarında atık su girişi ve atık su çıkışı parametre değerleri arasında önemli bir fark olmadığı saptanmıştır. Buda, Fatsa İlçesi'ndeki arıtma istasyonlarında evsel atık suların yeterince arıtılmadan denize deşarj edildiğini göstermektedir. Perşembe İlçesi'nde ise evsel atık sular doğrudan alıcı ortama deşarj edilmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, Perşembe ve Fatsa ilçelerinde ihtiyacı karşılayacak kapasite ve özelliklerde atık su arıtma tesisleri kurulmalı ve faaliyete geçirilmelidir. Ayrıca, Ordu İli genelinde faaliyet gösteren küçük, büyük sanayi siteleri ile Organize Sanayi bölgelerindeki atık suların evsel atık sulara karışmaması için sanayi bölgelerinde ön arıtma tesislerinin kurulmasında yarar vardır. Ordu İli genelinde bitişik sistemde çalışan evsel atık su ve yağmur suyu şebekesi, ayrı ayrı şebeke hatlarına dönüştürülmelidir.

Anahtar Kelimeler: Evsel atık su, Deniz deşarjı, Atık su analizi, BO₅, KOİ, TP, TN, AKM, pH

ABSTRACT

Investigation of domestic wastewater discharged to the sea from urban coastal settlements in Ordu Province

In this study, the compliance of domestic wastewater discharges to the sea from the urban coastal settlements of Ordu Province with the criteria specified in the regulations was investigated. For this purpose, in 2018, samples were taken from the wastewater inlet and wastewater outlet at 8 different domestic wastewater treatment stations located in urban coastal settlements, twice a month, every month 2018. BOD₅ (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand), TP (Total Phosphorus), TN (Total Nitrogen), TSS (Suspended Solids), and pH analysis were performed in the wastewater samples. In the evaluation of the data obtained, the parameters and upper limit values are given in the Urban Wastewater Treatment Regulation and in the Water Pollution Control Regulation were taken as a basis. In the research, it was determined that they were able to function smoothly in Altınordu-Durugöl, Altınordu-Kumbaşı, Gülyalı, Ünye-Doğu and Ünye-Batı treatment stations. At the domestic wastewater treatment stations in Fatsa District, wastewater is discharged into the sea after physical pre-treatment. It has been determined that there is no significant difference between the wastewater inlet and wastewater outlet parameter values at the treatment stations in this district. This shows that domestic wastewater is discharged into the sea without being treated sufficiently at the treatment stations in Fatsa District. In Perşembe District, domestic wastewater is directly discharged into the receiving environment. As a result, wastewater treatment plants with the capacity and characteristics to meet the needs should be established and put into operation in the districts of Perşembe and Fatsa. In addition, it is beneficial to establish pre-treatment facilities in the industrial zones in order to prevent the wastewater from small and large industrial sites operating in the province of Ordu and Organized Industrial Zones from mixing with domestic wastewater. Domestic wastewater and stormwater networks operating in the adjacent system throughout the province of Ordu should be converted into separate network lines.

Keywords: Domestic wastewater, Marine discharge, Wastewater analysis, BOD₅, COD, TP, TN, TSS, pH

Giriş

Atık su, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliğinde “evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kullanımlar sonucunda kirlenmiş veya özellikleri kısmen veya tamamen değişmiş sular ile maden ocakları ve cevher hazırlama tesislerinden kaynaklanan sular ve yapılaşmış kaplamalı ve kaplamasız şehir bölgelerinden cadde, otopark ve benzeri alanlardan yağışların yüzey veya yüzey altı akışa dönüşmesi sonucunda gelen sular” olarak tanımlanmaktadır (SKKY, 2004). En yaygın ortaya çıkan atık su ise, evsel atık sulardır. Özellikle kentsel yerleşim yerlerinde önemli çevresel sorunlara neden olan evsel atık sular, yaygın olarak yerleşim bölgelerinden ve yoğunlukla evsel faaliyetler ile insanların günlük yaşam faaliyetlerinin yer aldığı okul, hastane, otel gibi hizmet sektörlerinden kaynaklanmaktadır (KAAY, 2006).

Evsel atık suyun bileşimi ve miktarı, yerleşim yerleri arasında önemli farklılıklar gösterebilir. Bunda, toplumlar arasındaki sosyo-ekonomik farklılıklar, yerleşim yerlerinin coğrafi ve iklim özellikleri arasındaki farklar, büyük sanayi kuruluşları veya tatil bölgelerine yakınlık durumları gibi faktörler önemli ölçüde etkilidir (Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants, 2008). Bunların yanı sıra özellikle ülkemizde kanalizasyon şebeke hatlarının birleşik sistemde olduğu yerleşim yerlerinde yer alan küçük ve büyük organize sanayi bölgelerinin hemen hemen tamamı atık sularını belediye kanalizasyonuna vermektedir. Bu da evsel atık suların bileşim ve miktarını etkileyen bir başka faktördür.

Kıyı yerleşim yerlerinden arıtım sonrası denize deşarj edilecek evsel atık sulara analizi ya da ölçümü yapılacak parametrelerin üst sınır değerleri SKKY (2004) ve KAAY (2006)’de belirtilen değerlerin üzerinde olmamalıdır. Bu da ancak yerleşim yerlerinde uygun kapasite ve özelliklerde arıtma tesislerinin kurulmasıyla mümkündür.

Atık su arıtımı genellikle ön arıtım, birincil arıtım, ikincil arıtım ve ileri arıtım başlıkları altında incelenir. Bu arıtım aşamalarından ön arıtım ve birincil arıtım, fiziksel arıtım yöntemleridir. Ön arıtmada, atık suda bulunan yüzebilir kaba katıların, diğer büyük materyallerin, kumun uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Bu materyallerin atık sudan uzaklaştırılması her şeyden önce, müteakip arıtım ünitelerinin korunması ve etkinliğinin artırılması için gereklidir. Birincil arıtımın amacı ise çökebilir katıların ve organik maddelerin bir kısmının giderilmesidir (Libhaber ve Jaramillo, 2012; Sperling, 2007; Balcıgil, 2013). İkincil arıtım ise, kalan çözünmüş organik ve askıda katı maddelerin uzaklaştırılması için birincil arıtmadan çıkan atık suyun genellikle biyolojik arıtım prosesleri ile arıtılmasıdır. İleri arıtım, ikincil arıtımla giderilemeyen bazı atık su bileşenlerinin, nütrientlerin (azot, fosfor) giderilmesi veya ikincil arıtımla elde edilenden daha büyük

arıtım verimi sağlamak için kullanılan fiziksel, kimyasal veya biyolojik proseslerdir (FAO, 2019; Biological Nutrient Removal (BNR) Operation in Wastewater Treatment Plants, 2005; Spellman, 2009). Dört ana grupta toplanan, atık suların uzaklaştırılması istenen organik ve inorganik kolloidal ve askıda katılar, çözünmüş organik bileşikler, çözünmüş inorganik bileşikler ve biyolojik bileşenler derin filtrasyon, yüzey filtrasyonu, mikrofiltrasyon ve ultrafiltrasyon, ters osmoz, elektrodializ, adsorbsiyon, hava sıyırma, iyon değişimi, ileri oksidasyon, distilasyon, kimyasal çöktürme ve kimyasal oksidasyon prosesleri v.b. prosesler kullanılarak uzaklaştırılabilirler (Tchobanoglous ve ark., 2003). İleri arıtım prosesleri ile atık sudaki kirleticilerin %99’undan fazlası uzaklaştırılabilir ve neredeyse içme suyu kalitesinde çıkış suyu elde edilebilir (Spellman, 2009).

Evsel atık su sorunu, hayvansal canlıların yaşamsal faaliyetlerinin sonucunda ortaya çıkan ve özellikle de toplu yerleşim yerlerinde bertaraf edilmesi bir takım başka sorunların ortaya çıkmasına da neden olan bir durumdur. Bilhassa denize kıyısı olan yerleşim yerlerinde genellikle arıtılmadan ya da farklı arıtım yöntemleri uygulandıktan sonra denize deşarj edilmektedir. Ancak, bu uygulamada denizlerde bir takım organik ya da biyolojik kirlenmeye yol açabilmektedir. Ordu İli, Karadeniz’e 100 km uzunluğunda kıyısı olan, 2020 yılı verilerine göre yaklaşık 761.400 insanın yaşadığı bir büyükşehirdir. Kıyı şeridinde kentsel yerleşim yeri olarak 224.100 nüfusa sahip merkez ilçe Altınordu’nun yanı sıra, doğusunda 8.244 nüfuslu Gülyalı, batısında 30.997 nüfuslu Perşembe, 123008 nüfuslu Fatsa ve 130464 nüfuslu Ünye ilçeleri yer almaktadır (TÜİK, 2021). Bu yerleşim yerlerinden Altınordu, Gülyalı ve Ünye ilçelerinde evsel atık sular farklı özelliklere sahip arıtım tesislerinde arıtıldıktan sonra denize deşarj edilmektedir. Fatsa İlçesi’nde ise atık sular sadece fiziksel ön arıtım sonrası derin deniz deşarjı yapılırken, Perşembe İlçesi’nde doğrudan alıcı ortama (dere, deniz) deşarj yapılmaktadır.

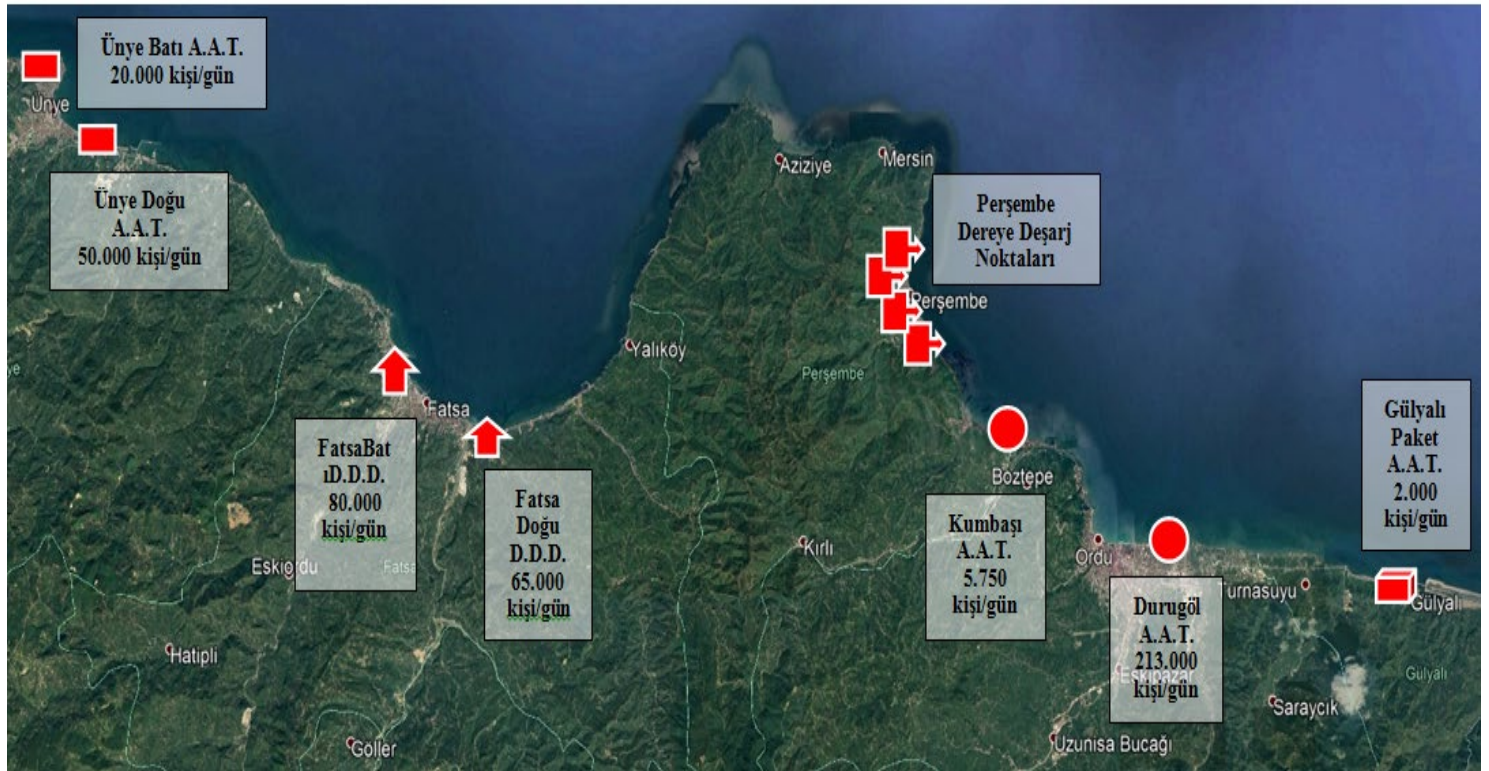
Bu araştırmada, söz konusu yerleşim yerlerinde yer alan arıtım istasyonlarında atık su giriş ve çıkışında analizi yapılan parametrelerin değerleri ile söz konusu parametrelere arıtım tesislerinin özelliklerine göre SKKY (2004) ve KAAY (2006)’da yer alan değerler karşılaştırılmıştır. Ayrıca, hiç bir arıtım tabii tutulmaksızın doğrudan alıcı ortama deşarj edilen Perşembe İlçesi evsel atık sularında da aynı işlemler yapılarak elde edilen değerler diğer arıtım istasyonlarından denize deşarj edilen değerler ile karşılaştırılmıştır.

Materyal ve Metot

Bu araştırma, Ordu İli kıyı şeridinde yer alan Altınordu, Gülyalı, Perşembe, Fatsa ve Ünye ilçelerinde yapılmıştır. Araştırmanın ana materyalini, söz konusu ilçelerde bulunan birincil, ikincil (biyolojik karbon giderim) ve üçüncül arıtma (biyolojik ileri arıtma, azot ve fosfor giderimli) istasyonlarına giren ve arıtma tesislerinden çıkan evsel atık sulardan alınan atık su örnekleri oluşturmuştur (Şekil 1). Alınan atık su örneklerinde BOİ₅ (Biyolojik Oksijen İhtiyacı), KOİ (Kimyasal Oksijen İhtiyacı), TP (Toplam Fosfat), TN (Toplam Nitrat), AKM (Askıda Katı Madde) ve pH analizleri yapılmıştır. Elde edilen değerler, SKKY (2004)'de ve KAAAY (2006)'de belirtilen üst sınır değerler ile karşılaştırılmıştır.

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin Geçici 5. Maddesi'nde "Bu Yönetmeliğin 32 nci maddesinin ikinci fıkrasının (b), (c) ve (d) bentleri ile bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Tablo 21.2, Tablo 21.3 ve Tablo 21.4, 31/12/2017 tarihine kadar uygulanır. Bu tarihten sonra söz konusu hükümler yerine, Kent-

sel Atık Su Arıtımı Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri uygulanır." denilmektedir (SKKY, 2004). Yönetmeliklerde belirtilen düzenlemeler esas alınarak Ordu İli'ndeki atık su örneklerinin analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kapasitesi 100.000 kişi/gün'den fazla olan Altınordu-Durugöl ileri biyolojik atık su arıtma tesisi için KAAAY (2006)'da yer alan Tablo/Tablo-2' de verilen BOİ₅, KOİ, TP, TN ve AKM; kapasiteleri 2000-10000 kişi/gün olan Altınordu-Kumbaşı ileri biyolojik atık su arıtma tesisi ve Gülyalı paket arıtma tesisi ile kapasitesi 10000-100000 kişi/gün olan Ünye-Doğu ve Ünye-Batı biyolojik (Konvansiyonel) atık su arıtma tesisleri için de Tablo 1/Tablo 2'de yer alan BOİ₅, KOİ, TP, TN ve AKM; evsel atık suların ön arıtma sonrası derin denize deşarj edilerek bertaraf edildiği Fatsa-Doğu ve Fatsa-Batı istasyonları için SKKY (2004)'de yer alan Tablo 22'de verilen BOİ₅, KOİ, TP, TN, AKM ve pH değerleri esas alınmıştır. Atık suların doğrudan alıcı ortama (dere, deniz, vs.) deşarj edildiği Perşembe İlçesi'nden alınan örneklerin analiz sonuçları ise diğer arıtma tesisleri için elde edilen değerler ile karşılaştırılarak, bu ilçeden denize deşarj edilen atık suların kirlenme düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. Ordu İli kıyı şeridi kentsel yerleşim yerlerinde atık su arıtma tesisleri, derin deniz deşarj ve direkt alıcı ortama (dere, deniz vb.) deşarj noktaları

Figure 1. Wastewater treatment facilities, deep sea discharge, and direct discharge point to the receiving environment (stream, sea, etc.) in the urban settlements of Ordu Province.

Atık Su Örneklerinin Alınması

Atık su örnekleri, arıtma istasyonlarında atık su girişi ve atık su çıkışından, Perşembe İlçesi'nde ise atık suların doğrudan alıcı ortama deşarj edildiği noktalardan, 2018 yılında her ay, ayda iki kez olmak üzere iki litrelik plastik şişelere alınmıştır. Atık su örneklerinin analizi, Ordu Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Kimya Laboratuvarında yapılmıştır.

Analiz Yöntemleri

Alınan evsel atık su örneklerinde BOİ₅ analizleri Bok Track II marka cihaz, Hach Lange/SM 5210 D metodu ile; KOİ analizleri Merck Pharo 300 marka cihaz, SM 5220 D Kapalı Reflux Kolrometrik ve SM 5220 B Açık Reflux Titrimetrik metodu ile; TP ve TN analizleri Merck Pharo 300 marka cihaz, KİT metodu ile; AKM deneyleri Etüv Hassas Terazi marka cihaz, SM 2540 D Gravimetrik metodu ile; pH deneyleri Hach Lange HQ40D marka cihaz, Elektrometrik yöntemi ile yapılmıştır (Rice ve ark., 2012). Atık su analiz sonuçları KAAY (2006)'da yer alan Tablo 1/Tablo 2 ve SKKY (2004)'da yer alan Tablo 22'de verilen yer alan referans değerler ile karşılaştırılmıştır.

İstatistiksel Değerlendirmeler

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde IBM SPSS Statistics 21 programı kullanılmıştır. Arıtma istasyonlarında atık su girişi ve atık su çıkışından alınan örneklerin analiz sonuçları arasındaki farklar, parametrik olanlar Paired t-testi, parametrik olmayanlar Wilcoxon testi ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, parametre değerlerinin mevsimsel değişim gösterip göstermediklerini belirlemek için parametrik değerlere sahip bağımsız gruplar için Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA),

parametrik olmayan bağımsız gruplar için Kruskal Wallis testi uygulanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

SKKY (2004) ve KAAY (2006)'ya göre, Ordu İli kentsel kıyı yerleşim yerlerinde bulunan arıtma istasyonlarında aranan parametreler ve üst sınır değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1'de görüldüğü üzere, arıtma istasyonlarının özelliklerine göre aranan parametreler değişiklik arz etmekte ise de, bizim çalışmamızda arıtma istasyonları ve deşarj noktalarının tamamında tüm parametrelerin (BOİ₅, KOİ, TP, TN, AKM ve pH) de analizleri yapılmış ve analiz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur.

Arıtma istasyonlarında giren atık sularda en yüksek BOİ₅ değeri Fatsa-Doğu; KOİ, TP, TN, AKM ve pH değerleri ise Ünye-Batı arıtma istasyonunda tespit edilmiştir. Tablo 2'de verilen değerlerden de anlaşılacağı üzere, Fatsa ve Ünye ilçeleri arıtma istasyonlarında giren evsel atık sularda tespit edilen parametre değerleri, Altınordu ve Gülyalı ilçeleri arıtma istasyonlarında tespit edilen parametre değerlerine göre daha düşüktür. Bunun, başta kanalizasyon sistemine dahil olan diğer sular, içeriği ve miktarları gibi bir çok farklı nedeni olabilir. Ordu İli kıyı şeridi yerleşim yerlerinde atık sular ayrık alt yapı sistemi ile yerleşim yerlerinden uzaklaştırılacak şekilde planlanmış ise de, eski yapılaşma olan yerler ile imara açık olmayan bölgelerde yüzey yağmur suları, bina çatı suları ve bahçe suları usulsüz bir şekilde kanalizasyon sistemine verilmektedir. Bu farklı alt yapı şebekelerinden gelen evsel atık su ve yağmur suyunun arıtma istasyonlarında toplanmasının da analiz sonuçları üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Tablo 1. Arıtma istasyonlarında aranan parametreler ve üst limit değerleri

Table 1. Parameters sought in treatment stations and their upper limit values

İstasyon	BOİ ₅ (mg/L)	KOİ (mg/L)	TP (mg/L)	TN (mg/L)	AKM (mg/L)	pH
Durugöl	<25	<125	<1	<10	<35	-
Kumbaşı	<25	<125	-	-	<60	-
Gülyalı	<25	<125	-	-	<60	-
Perşembe	-	-	-	-	-	-
Fatsa-Doğu	<250	<400	<10	<40	<350	6 - 9
Fatsa-Batı	<250	<400	<10	<40	<350	6 - 9
Ünye-Doğu	<25	<125	-	-	<35	-
Ünye-Batı	<25	<125	-	-	<35	-

Tablo 2. Arıtma istasyonlarında atık su girişi ve atık su çıkışı ile deşarj noktalarından alınan örneklerde yapılan analiz sonuçları [BOİ₅, KOİ, TP, TN, AKM (mg/L) ve pH]**Table 2.** Analysis results of samples taken from wastewater inlet and wastewater outlet and discharge points at treatment stations [BOD₅, COD, TP, TN, TSS (mg/L), and pH]

İstasyonlar	Giriş Değerleri						Çıkış Değerleri					
	BOİ ₅	KOİ	TP	TN	AKM	pH	BOİ ₅	KOİ	TP	TN	AKM	pH
Durugöl	118.57	295.21	4.09	30.78	186.33	7.19	16.15	39.38	0.32	7.70	8.83	7.26
Kumbaşı	86.43	222.38	3.75	24.37	169.29	7.20	16.00	40.38	1.32	10.83	13.58	7.32
Gülyalı	67.27	183.21	2.86	25.12	149.38	7.06	21.19	75.96	1.54	12.87	44.21	7.17
Perşembe	-	-	-	-	-	-	73.16	181.63	2.30	15.36	118.01	7.37
Fatsa-Doğu	155.54	359.25	3.95	30.20	228.88	7.21	147.21	300.67	3.86	27.97	215.75	7.20
Fatsa-Batı	144.94	363.33	4.34	33.32	207.54	7.24	127.82	296.54	4.21	31.41	203.58	7.26
Ünye-Doğu	130.17	315.83	4.73	36.64	207.67	7.17	16.85	43.38	1.40	11.95	16.92	7.20
Ünye-Batı	144.40	365.88	5.30	40.51	239.92	7.28	14.66	35.96	1.35	12.43	9.13	7.46

Arıtma istasyonlarından çıkan atık sularda ise en yüksek BOİ₅, KOİ, TP ve AKM değerleri Fatsa-Doğu, TN değeri Fatsa-Batı, pH değeri ise Ünye-Batı arıtma istasyonunda saptanmıştır. Fatsa İlçesi'nden denize deşarj edilen atık sularda, pH dışında, diğer parametrelerin değerleri özellikle Altınordu ve Gülyalı ilçelerine göre oldukça yüksektir. Çünkü, Fatsa İlçesi'ndeki arıtma istasyonlarına giren evsel atık sularda sadece fiziksel ön arıtma yapılarak katı kirleticilerin denize deşarjı önlenmektedir. Dolayısıyla, Fatsa İlçesi'nden denize deşarj edilen evsel atık suların arıtma tesisi bulunan diğer yerleşim yerlerinden denize deşarj edilen atık sulara göre denizi çok daha fazla kirlettiği açıktır. Atık suların doğrudan denize deşarj edildiği Perşembe İlçesi'nde ise, atık sulardaki kirletici

parametre değerleri Altınordu, Gülyalı ve Ünye ilçelerine göre oldukça yüksek bulunurken, Fatsa İlçesine göre düşük bulunmuştur. Bunda, Perşembe İlçesinin daha küçük bir yerleşim yeri olması, sanayi tesisinin bulunmaması ve halkın daha doğal bir yaşam sürdürüyor olması gibi faktörlerin etkili olduğu söylenebilir. Bu konuda Tokat Belediyesi Atık Su Tesisi (Çiğdem, 2019), Taşköprü (Kastamonu) Atık Su Arıtma Tesisi (Şama, 2017), Kayseri İncesu İlçesi Subaşı ve Şeyhşaban Köyü Doğal Arıtma Sistemleri (Duygulu, 2016), Ankara Merkezi Atık Su Arıtma Tesisi (Azman, 2005) ve Tunceli Evsel Atık Su Arıtma Tesisinde (Tanyol ve Uslu, 2013) yapılan çalışmalarda farklı sonuçların bildirildiği anlaşılmaktadır (Tablo 3).

Tablo 3. Türkiye’deki bazı arıtma istasyonlarında atık su girişi ve atık su çıkışı için bildirilen [BOD₅, COD, TP, TN, TSS (mg L⁻¹) ve pH] değerleri**Table 3.** Reported values for wastewater inlet and wastewater output at some treatment stations in Turkey [BOD₅, COD, TP, TN, TSS (mg/L), and pH]

	Giriş Değerleri						Çıkış Değerleri					
	BOİ ₅	KOİ	TP	TN	AKM	pH	BOİ ₅	KOİ	TP	TN	AKM	pH
Çiğdem (2019)	208.8	449.07	5.59	55.29	200	-	19.28	63.93	3.47	29.33	20.87	-
Şama (2017)	118.5	378.8	4.8	40.7	156.2	-	5.7	19	1.2	9	13.7	-
Duygulu (2016)	298	174.1	8.2	25.3	85.8	7.6	249	90.9	6.3	14.1	73.6	7.8
Azman (2005)	128.1	235.8	-	-	126	-	10.7	39.1	-	-	14.6	-
Tanyol ve Uslu (2013)	-	-	-	-	-	7.4	10-25	25-76-	-	-	9-22	7.7

Çiğdem (2019)’in Tokat İli’nde yapmış olduğu araştırmada, Tokat Belediyesi atık su arıtma tesisinde üç yılın ortalama BOİ₅ giriş değeri 208.8 mg/L ve çıkış değeri 19.28 mg/L; KOİ giriş değeri 449.07 mg/L, çıkış değeri 63.93 mg/L; TP giriş değeri 5.59 mg/L, çıkış değeri 3.47 mg/L; TN giriş değeri 55.29 mg/L, çıkış değeri 29,33 mg/L; AKM giriş değeri 200 mg/L, çıkış değeri 20.87 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bizim araştırmamızda tespit edilen, AKM dışındaki, parametrelerin atık su girişi değerleri bu değerlerden daha düşüktür. AKM değeri ise, Altınordu ve Gülyalı ilçelerinde daha düşük iken, Fatsa ve Ünye ilçelerinde daha yüksektir. Atık su çıkışında ise BOİ₅, KOİ ve AKM değerleri Altınordu ve Ünye ilçelerinde daha düşük iken, diğer arıtma istasyonlarında daha yüksektir. TP değeri, sadece Fatsa’da daha yüksek iken, arıtma istasyonlarının tamamında TN değeri Tokat İli’ne göre daha düşük ya da benzerdir.

Şama (2017) tarafından yapılan çalışmada da Taşköprü (Kastamonu) Atık Su Arıtma Tesisinde atık suların ortalama BOİ₅ giriş değeri 118.5 mg/L, çıkış değeri 5.7 mg/L; KOİ giriş değeri 378.8 mg/L, çıkış değeri 19 mg/L; TP giriş değeri 4.8 mg/L, çıkış değeri 1.2 mg/L; TN giriş değeri 40.7 mg/L, çıkış değeri 9.0 mg/L; AKM giriş değeri 156.2 mg/L, çıkış değeri 13.7 mg/L ve pH giriş değeri 7.6, çıkış değeri 7.8 bulunmuştur. Bizim araştırmamızda tespit edilen KOİ, TP ve TN değerleri söz konusu araştırmada tespit edilen değerlerden daha düşüktür. BOİ₅ değeri ise Fatsa ve Ünye ilçelerinde daha yüksek, Altınordu-Durugöl’de benzer, Altınordu-Kumbaşı ve Gülyalı’da daha düşüktür. AKM değeri ise, Gülyalı ilçesi dışındaki diğer tesislerde daha yüksektir. Bu sonuçlardan, Ordu İli kıyı şeridi yerleşim yerleri ile Taşköprü İlçesi evsel atık sularının önemli farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. Arıtma istasyonlarından çıkan atık sular arasında yapılan karşılaştırmalarda ise bizim araştırmamızda tespit edilen BOİ₅ ve KOİ değerleri, Taşköprü İlçesi’nde tespit edilen değerlere

göre çok daha yüksektir. TP ve TN değerleri Altınordu-Durugöl’de, AKM değeri Altınordu-Durugöl, Altınordu-Kumbaşı ve Ünye-Batı arıtma istasyonlarında, Taşköprü İlçesi için bildirilen değerlerden daha düşüktür.

Duygulu (2016) tarafından Kayseri İlinde yapılan araştırmada, İncesu İlçesi Subaşı ve Şeyhşaban Köyü doğal arıtma sistemlerinde atık suların ortalama BOİ₅ giriş değeri 298 mg/L, çıkış değeri 249 mg/L; KOİ giriş değeri 174.1 mg/L, çıkış değeri 90.9 mg/L; TP giriş değeri 8.2 mg/L, çıkış değeri 6.3 mg/L; TN giriş değeri 25.3 mg/L, çıkış değeri 14.1 mg/L; AKM giriş değeri 85.8 mg/L, çıkış değeri 73.6 mg/L; pH giriş değeri 7.4 ve çıkış değeri 7.7 olarak bildirilmektedir. Ordu İli kıyı şeridi yerleşim yerlerinde tespit etmiş olduğumuz atık su girişi BOİ₅, KOİ ve TP değerleri, Kayseri İncesu İlçesi Subaşı ve Şeyhşaban köyleri atık su arıtma tesisleri için bildirilen değerlerden daha düşük iken, AKM değeri daha yüksektir. Ordu İli’ndeki arıtma istasyonlarında atık su çıkışında tespit edilen BOİ₅ ve TP değerleri, Kayseri İncesu İlçesi Subaşı ve Şeyhşaban köyleri arıtma tesislerinde atık su çıkışında tespit edilen BOİ₅ ve TP değerlerine göre oldukça düşüktür. KOİ, TN ve AKM değerlerinin de, Fatsa İlçesi arıtma istasyonları dışında, Ordu İli’ndeki arıtma istasyonlarında daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Altınordu-Kumbaşı ve Gülyalı arıtma istasyonları TN değerleri ise söz konusu araştırmada bildirilen değerler ile benzerdir.

Azman (2005)’in Ankara Merkezi Atık Su Arıtma Tesisi’nde yaptığı çalışmada atık su BOİ₅ giriş değeri 128.1 mg/L, çıkış değeri 10.7 mg/L; KOİ giriş değeri 235.8 mg/L, çıkış değeri 38.1 mg/L; AKM giriş değeri 126.1 mg/L, çıkış değeri 14.6 mg/L olarak bildirilmektedir. Altınordu-Durugöl, Altınordu-Kumbaşı ve Gülyalı arıtma istasyonları atık su girişi BOİ₅ değeri ile Altınordu-Kumbaşı ve Gülyalı atık su girişi KOİ değerleri Ankara Merkezi Atık Su Arıtma Tesisi için bildirilen değerlerden daha düşük, AKM değeri ise daha yüksektir.

Tunceli Eysel Atık Su Arıtma Tesisinde atık su çıkışı BOI_5 , KOI , AKM ve pH değerleri sırasıyla 10-25 mg/L, 25-76 mg/L, 9-22 mg/L ve 7.97-8.14 arasında değişmiştir (Tanyol ve Uslu, 2013). Fatsa ve Gülyalı ilçeleri atık su çıkışı AKM değerleri, Tunceli İli için bildirilen değerden daha yüksektir. Ayrıca, Ordu İli'ndeki kıyı yerleşim yerlerinde atık su çıkışı için tespit edilen pH değerlerinin de Tunceli için bildirilen pH değerinden çok daha yüksek oldukları saptanmıştır.

Yapılan karşılaştırmalardan, arıtma istasyonlarında atık su girişi parametre değerlerinin, yukarıda da bahsedildiği gibi, kanalizasyon ve yağmur suyu alt yapısı, sanayi atık suyu karışımı, halkın yaşam tarzı ve tüketim alışkanlıkları gibi bir çok farklı faktöre bağlı önemli farklılar gösterdiği anlaşılmaktadır. Atık su çıkış değerleri arasındaki fark ise giren atık suyun kirlilik seviyesi ve bileşimin yanı sıra arıtma tesisinin kapasitesi ve arıtma özelliğiyle ilgili bir durumdur.

Altınordu-Durugöl, Altınordu-Kumbaşı, Gülyalı ve Ünye-Batı istasyonlarında tüm parametrelerin atık su girişi ve atık su çıkışı değerleri arasındaki farkların önemli olduğu ($P<0.05$) tespit edilmiştir. Ünye-Doğu istasyonunda da, pH dışında, diğer parametrelerin atık su girişi ve atık su çıkışı parametre değerleri arasındaki farkların önemli ($P<0.05$) olduğu anlaşılmıştır. Yapılan t-testi, Fatsa-Doğu istasyonunda BOI_5 ve pH değerleri bakımından atık su girişi ve atık su çıkışı değerleri arasında önemli fark olmadığını ($P>0.05$), TP bakımından ise atık su girişi ve atık su çıkışı değerleri arasındaki farkın önemli olduğunu ($P<0.05$) göstermiştir. Fatsa-Doğu istasyonunda yapılan Wilcoxon testi, atık su girişi ve çıkışı değerlerinin KOI ve TN değerleri bakımından farklı ($P<0.05$),

AKM değerleri bakımından ise aralarında fark olmadığını ($P>0.05$) ortaya koymuştur. Bu sonuçlardan Altınordu, Gülyalı ve Ünye ilçelerinde bulunan arıtma istasyonlarının arıtım işlevlerini yerine getirdiklerini gösterirken, Fatsa İlçesi'ndeki arıtma istasyonlarının ise kayda değer bir arıtım işlevi olmadığını göstermektedir.

Arıtma istasyonlarından alınan atık su girişi ve atık su çıkışı örneklerinin analizleri sonucunda elde edilen parametrelerin mevsimsel değerleri Tablo 4'de verilmiştir. Mevsimlere göre oluşturulan grupların varyansları arasında yapılan Levene Testi, tüm parametrelerce varyanslar arası fark olmadığını ($P>0.05$) göstermiştir. Ayrıca, analizi yapılan parametrelerin mevsimlere göre sınıflandırılması sonucu elde edilen değerlerin normal dağılıma sahip oldukları ($P>0.05$) belirlenmiştir.

Parametrelerin atık su girişi ve atık su çıkışı değerlerinin mevsimlere göre farklılaşıp farklılaşmadığını belirlemek amacıyla yapılan bağımsız gruplar arası tek yönlü varyans analizi, grupların ortalamaları arasındaki farkların anlamlı olmadığını ortaya koymuştur ($P>0,05$).

Henze ve ark. (2002), BOI_5 değerinin KOI değerine oranı ile atık suyun karakteristiğinin belirlenebileceğini ifade etmektedir. Kimyasal olarak oksitlenebilecek bileşikler, biyolojik olarak oksitlenebileceklerden daha fazla olduğundan, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacından daha büyüktür. Arıtılmamış atıksular için $BOI_5 / KOI = 0.4-0.8$ (ortalama 0.65) alınabilir. Ordu İli kıyı şeridinde yer alan yerleşim yerlerinde bulunan atık su arıtma istasyonları için hesaplanan parametreler arası oransal değerler Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 4. Arıtma istasyonlarında atık su girişi ve atık su çıkışı mevsimsel analiz sonuçları (mg/L)

Table 4. Seasonal analysis results of wastewater inlet and wastewater outlet at treatment stations (mg/L)

	BOI_5		KOI		TP		TN		AKM	
	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış	Giriş	Çıkış
İlkbahar	110.720	53.740	277.293	128.209	3.720	2.085	28.014	17.171	163.291	76.751
Yaz	112.776	59.256	272.749	138.791	3.393	1.856	27.074	15.843	157.541	76.918
Sonbahar	102.079	50.113	251.376	112.360	3.611	2.000	27.341	2.000	187.229	76.208
Kış	98.089	53.414	251.128	130.579	3.785	2.215	28.031	15.983	186.436	85.128

Tablo 5. Arıtma istasyonları ve deşarj noktaları için hesaplanan parametreler arası oransal değerler**Table 5.** Proportional values between parameters calculated for treatment stations and discharge points

İstasyonlar	Giriş Değerleri						Çıkış Değerleri	
	BOİ ₅ /KOİ	KOİ/BOİ ₅	BOİ ₅ /AKM	AKM/BOİ ₅	KOİ/AKM	AKM/KOİ	BOİ ₅ /KOİ	KOİ/BOİ ₅
Durugöl	0.40	2.49	0.64	1.57	1.58	0.63	0.41	2.44
Kumbaşı	0.39	2.57	0.51	1.96	1.31	0.76	0.40	2.52
Gülyalı	0.37	2.72	0.45	2.22	1.23	0.82	0.29	3.58
Perşembe	-	-	-	-	-	-	0.40	2.48
Fatsa-Doğu	0.43	2.31	0.68	1.47	1.57	0.64	0.48	2.04
Fatsa-Batı	0.40	2.51	0.70	1.43	1.75	0.57	0.43	2.32
Ünye-Doğu	0.41	2.43	0.63	1.60	1.52	0.66	0.39	2.57
Ünye-Batı	0.40	2.53	0.60	1.66	1.53	0.66	0.41	2.45

Bizim araştırmamızda hesaplanan BOİ₅/KOİ oranları atık su girişinde 0.37-0.41, atık su çıkışında 0.29-0.43 arasında değişmiştir. Bu oranlar, Tchobanoglous ve ark. (1991)'nda 0.30 – 0.80 olarak verilen oranlar ile uyumludur. KOİ/BOİ oranı, tesiste uygulanacak biyolojik arıtma yöntemleri için belirleyici olmaktadır. Evsel bir atıksu için KOİ/BOİ oranı 1.5-3 arasında değişmektedir. Bu oranın düşmesi durumunda kimyasal arıtma sisteminin de devreye girmesi gerekecektir (Azman, 2005). Henze ve ark. (2008)'nda KOİ/BOİ₅ oranı 1.50-2.00 arası düşük; 2.00-2.50 arası orta; 2.50-3.50 arası yüksek olarak yorumlanmaktadır. Bu yoruma göre, Ordu İli için elde etmiş olduğumuz atık su giriş ve atık su çıkış değerlerinin orta seviyede karakteristik özelliklere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Tchobanoglous ve ark. (1991) ve Henze ve ark. (2008)'nin çalışmalarında, AKM/KOİ oranının 0.22-0.80 arasında değiştiği belirtilmektedir. Bizim araştırmamızda elde edilen 0.57-0.82 arasında değişen AKM/KOİ oranı söz konusu çalışmalarda bildirilen oranlardan azda olsa daha yüksektir.

BOİ₅/KOİ oranı, biyolojik olarak arıtılabilirliğin bir göstergesidir. Daha doğrusu kolayca ve yavaşça biyolojik olarak

parçalanabilen organik maddenin kaba bir oranı olarak düşünülebilir (Orhon ve ark., 1997). Eğer BOİ₅/KOİ oranı 0.5 ve 0.5'den büyükse, biyolojik olarak kolayca arıtılabileceği düşünülür. Bu oran yaklaşık 0.3 ise bakteriler tarafından zor parçalanmış ya da parçalanamayan organiklerin biyolojik arıtma tesisinde varlığını göstermektedir (Tchobanoglous ve ark., 1991). Ordu İli'nde gerek atık su girişi gerekse atık su çıkışı için hesaplanan BOİ₅/KOİ oranının 0,5'den daha küçük olması biyolojik arıtmanın yapılamayacağını, kimyasal arıtma yapılması gerektiğini göstermektedir. Adana Büyükşehir Belediyesi'ne ait arıtma istasyonunda BOİ₅/KOİ oranı Ersü (2000) tarafından 0.77; Yılmaz (2018) tarafından 0.73 olarak bildirilmektedir. Bu BOİ₅/KOİ oranları, Adana'daki evsel atık suların biyolojik olarak kolaylıkla arıtılabildiğini göstermektedir. Bu veriler ışığında Ordu İli evsel atık suyunun organik maddelerin parçalanmaya dayanıklı olması ya da atık sudaki bazı maddelerin organik madde kullanan bakterilerin inhibasyonuna yol açması gibi durumların söz konusu olabileceği anlaşılmaktadır.

Sonuç

Bu araştırmada elde edilen sonuçları aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

- Ordu İli kıyı şeridinde yer alan kentsel yerleşim yerlerinde faaliyette olan evsel atık su arıtma istasyonlarından Altınordu-Durugöl ve Altınordu-Kumbaşı, Gülyalı, Ünye-Doğu ve Ünye-Batı arıtma tesisleri işlevlerini sorunsuz bir şekilde yerine getirmektedir.
- Perşembe İlçesi'nde doğrudan alıcı ortama deşarj edilen evsel atık sularda tespit edilen BO₅, KOİ, TN, TP ve AKM değerleri, araştırmada incelenen diğer arıtma istasyonlarında çıkan atık sularda tespit edilen söz konusu parametrelerin değerlerinden çok daha yüksektir.
- Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde belirtilen parametrelere ve değerlerine göre, Fatsa İlçesi'nde bulunan arıtma istasyonlarından, fiziksel arıtmaya tabi tutulan atık suların derin deniz deşarjı yapılmasında herhangi bir sorun olmadığı anlaşılmaktadır. Ancak, Fatsa İlçesi'nde yer alan arıtma istasyonları için SKKY (2004)'de belirtilen parametrelerin üst sınır değerleri, araştırmada incelenen diğer arıtma istasyonları için KAAY (2006)'da belirtilen üst sınır değerlerine göre oldukça yüksektir. Bu nedenle, Fatsa İlçesi'nden deşarj edilen atık suların denizi kirletmediği sonucunu çıkarmak mümkün değildir.

Öneriler;

- Atık su arıtma tesisi bulunmayan Perşembe İlçesi'nde coğrafik konumu da dikkate alınarak atık suların arıtımı için yeterli kapasite ve özelliklerde arıtma tesisi/tesisleri kurulmalı ve faaliyete geçirilmelidir.
- Evsel atık suların sadece ön arıtma sonrası derin denize deşarj edildiği yaklaşık 120 bin nüfusun yaşadığı Fatsa İlçesinde de, vakit geçirilmeksizin yeterli kapasiteye sahip atık su arıtma tesisi/tesisleri kurulmalıdır.
- Ordu İli genelinde faaliyet gösteren küçük, büyük sanayi siteleri ile Organize Sanayi bölgelerindeki atık suların evsel atık sulara karışmaması için sanayi bölgelerinde ön arıtma tesislerinin kurulmasında yarar vardır.
- Ordu İlinin genelinde evsel atık su ve yağmur suyu şebekesi birleşiktir. Birleşik sistemde çalışan hatlar ayrı şebeke hatlarına dönüştürülmelidir.

Etik Standart ile Uyumluluk

Çıkar çatışması: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını beyan eder.

Etik kurul izni: Araştırma niteliği bakımından etik izin gerektirmemektedir.

Finansal destek: -

Teşekkür: -

Açıklama: Bu çalışma, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Balıkçılık Teknolojisi Mühendisliği Anabilim Dalı'nda, Prof. Dr. İsmet BALIK danışmanlığında Sezai ATAKLI tarafından gerçekleştirilen "Ordu İli Kentsel Yerleşim Yerlerinden Denize Verilen Evsel Atıksu Deşarjlarının Araştırılması" başlıklı Yüksek Lisans Tezi'nden çıkarılmıştır.

Kaynaklar

Azman, H.E. (2005). Evsel Atıksuların Arıtılmasında Arıtma Verimi – Enerji İlişkinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

Balcıgil, M. (2013). Su Mercimeği Kullanarak (*Lemna minor* L.) Evsel Atıksulardan Nutrient ve Ağır Metal Giderimi. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Biological Nutrient Removal (BNR) Operation in Wastewater Treatment Plants (2005). WEF Manual of Practice No. 30 (1st Edition), US: McGraw-Hill Professional, ISBN: 0071464158

Çiğdem, A. (2019). Tokat Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisinin İşletme ve Performans Yönünden Değerlendirilmesi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Sivas.

Duygulu, M. (2016). Doğal Arıtma Sistemlerinde (Yapay Sulak Alanlarda) Performans Değerlendirilmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.

Ersü, Ç.B. (2000). Sıcak iklimlerde evsel atıksuların arıtılmasında alternatiflerin değerlendirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.

FAO (2019). FAO, Corporate Document Repository. <http://www.fao.org/docrep/t0551e/t0551e05.htm> (Erişim tarihi 01.08.2019).

Henze, M., Harremoës, P., Jansen, J., Arvin, E. (2002). *Wastewater Treatment: Biological and Chemical Processes*. Springer-Verlag Publishing, Berlin Heidelberg, pp. 433, ISBN: 978-3642075902

Henze, M., Van Loosdrecht, M.C.M., Ekama, G.A., Brdjanovic, D. (2008). *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*. pp. 33-52, IWA Publishing, London, ISBN: 1843391880
<https://doi.org/10.2166/9781780401867>

KAAY (2006). Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, 08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazete.
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/01/20060108-2.htm> (Erişim tarihi 20.04.2021)

Libhaber, M., Jaramillo, A.O. (2012). Sustainable treatment and reuse of municipal wastewater. pp. 557, Iwa Publishing, London, UK, ISBN: 9781780400167

Operation of Municipal Wastewater Treatment Plants (2008). Manual Practice No. 11 (6th Edition), Volume 2, Liquid Processes, Water Environment Federation, US: McGraw-Hill Professional, ISBN: 9780071543675

Orhon, D., Ateş, E., Sözen, S., Çokgör, E.U. (1997). Characterization and COD fractionation of domestic wastewater. *Environmental Pollution*, 95(2), 191-204.
[https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(96\)00111-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(96)00111-X)

Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri, L.S. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd Edition, Washington DC.: American Public Health Association, American Water Works, Water Environment Federation, 1496 s., ISBN: 9780875530139

SKKY (2004). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. 31.12.2004 tarihli ve 25687 sayılı Resmi Gazete.
<https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=7221&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeli&mevzuatTertip=5> (Erişim tarihi 20.04.2021).

Spellman, F.R. (2009). Handbook of water and wastewater treatment plant operations. CRC Press, ISBN: 1566706270
<https://doi.org/10.1201/9781420075311>

Sperling, V.M. (2007). Wastewater characteristics, treatment and disposal. IWA publishing, 296 p., ISBN: 9781843391616

Şama, A. (2019). Taşköprü (Kastamonu) Atıksu Arıtma Tesisi için Proje Aşamasında Öngörülen ve Mevcut Durumda Sağlanan Verimin Sürekliliğinin Karşılaştırılması. İller Bankası Anonim Şirketi Kastamonu Bölge Müdürlüğü, Uzmanlık Tezi.

Tanyol, M., Uslu, G. (2013). Tunceli evsel atıksu arıtma tesisinin arıtma etkinliğinin değerlendirilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 24-29.

Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D. (1991). *Wastewater Engineering: Collection, Treatment Disposal*. McGraw-Hill: Metcalf and Eddy, McGraw-Hill, 1334 p., ISBN: 0071008241

Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (Four editions), McGraw-Hill: Metcalf and Eddy, 1819 p., ISBN: 0071122508

TUİK (2021). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulden/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2020-37210> (Erişim tarihi 04.01.2021).

Yılmaz, B. (2018). Evsel Atıksulardaki KOİ, BOİ, TOK ve AKM Parametreleri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.