

EVSEL ATIKSULARDA KOİ, BOİ, TOK VE AKM PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ*

Investigation of relationship between cod, bod, toc and tss parameters in domestic wastewater

Başak YILMAZ
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Ahmet YÜCEER
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

BOİ, KOİ, TOK ve AKM parametreleri atıksu arıtma tesislerinin tasarımı, işletilmesi ve buna bağlı olarak atıksu deşarj kriterleri açısından oldukça önemlidir. Organik içeriğın belirlenmesinde bu kontrol parametrelerinin tümü kullanılmaktadır. BOİ analizi beş gün, KOİ analizi yaklaşık 3 saat, TOK analizi ise yaklaşık 1 saat sürmektedir. BOİ analizinin 5 gün sürmesi, KOİ analizinin tehlikeli atıklar ortaya çıkarması bu iki parametre için dezavantajdır. Bunlara karşı TOK analizi KOİ'ye nazaran az miktarda tehlikeli atık çıkarırken, BOİ'ye nazaran kısa süreli sonuç vermektedir. Bu bilgilerin ışığında bu çalışmada Adana ham evsel atıksuyunun KOİ, BOİ, TOK ve AKM parametreleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu parametreler arasında ilişki kurulduğu takdirde bir parametrenin analizi yapılarak diğer bir parametrenin analiz sonucu tahmin edilebilir. Analizlerden elde edilen değerlerle KOİ ile BOİ, KOİ ile AKM, BOİ ile AKM, FKOİ ile FBOİ, FTOK ile FBOİ ve FTOK ile FKOİ arasında regresyon analizleri yapılmıştır. Regresyon analizleri sonucunda hesaplanan korelasyon katsayıları (r) sırasıyla; 0.75, 0.74, 0.41, 0.63, 0.41, 0.62 olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Evsel atıksu, KOİ, BOİ, TOK, AKM, regresyon, ilişki, öngörme

ABSTRACT

BOD, COD, TOC and TSS parameters are very important in terms of design, operation of wastewater treatment plants and accordingly wastewater discharge criteria. All of these control parameters are used in defining organic content. BOD analysis takes five days, COD analysis takes about 3 hours, and TOC analysis takes about 1 hour. The 5 day duration of the BOD analysis is a disadvantage for these two parameters that the COD analysis yields hazardous wastes. In contrast to these, TOC analysis yields short-term results compared to BOD, while producing less hazardous waste than COD. In the light of this information, the relationship between the parameters of COD, BOD, TOC and TSS of Adana raw domestic wastewater is examined in this study. If a relation between these parameters is established, another parameter can be estimated by analyzing a parameter. With the obtained values, regression analyzes were performed between COD with BOD, COD with TSS, BOD with TSS, FCOD with FBOD, FTOC with FBOD and FTOC with FCOD.

* Produced from the Master's Thesis with the Same Title.

Correlation coefficients (r) calculated as a result of regression analyzes are as follows; 0.75, 0.74, 0.41, 0.63, 0.41, 0.62.

Key Words : Domestic wastewater, COD, BOD, TSS, TOC, regression, relationship, prediction

Giriş

İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan çeşitli atıkların oluşumu kaçınılmazdır. Bu atıkların önemli bir parçası atıksu olarak sonlanmaktadır. Atıksuyun miktarı ve kalitesi birçok faktör tarafından belirlenir. Atıksudaki bileşenlerin katkısı atıksuda önemli farklılıklar oluşturmaktadır. Bu bileşenler ana hatlarına ayrılmaktadır. Bunlar; mikroorganizmalar, biyolojik olarak parçalanan organik maddeler, diğer organik maddeler, besinler, metaller, diğer inorganik maddeler, termal etkiler, koku-tat ve radyoaktivite'dir. Atıksulardaki kirliliğin önemli miktarı organik maddeden kaynaklanmaktadır (Henze ve ark, 2008).

Organik kirleticiler; sulara çözülmüş olan oksijenin azalmasına neden olarak, kirlenmeye sebep olan maddelerdir. Böyle maddeler antropojenik faaliyetler sonucunda sulara karışırlar. Evsel atıksulardaki organik bileşenler, birçok farklı karbon kaynağının karışımından oluşmaktadır. Bu evsel atıksuların organik içeriğinin tespiti için yapılan analizler genellikle spesifik değildir (Benefield ve ark, 1980). Atıksulardaki organik maddenin belirlenmesinde KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı), BOİ (biyokimyasal oksijen ihtiyacı), TOK (toplam organik karbon) ve AKM (askıda katı madde) analizleri yaygın olarak kullanılan dört kontrol parametresidir.

Atıksu ve yüzey sularındaki organik kirlenmenin en yaygın göstergesi BOİ parametresidir. BOİ analizinde, organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonunda mikroorganizmaların kullandığı çözülmüş oksijen miktarı ölçülmektedir. Ancak BOİ analizinin yaygın kullanımına karşın, birçok kısıtlaması da vardır (Metcalf ve Eddy, 1991). BOİ analizi yavaş ve külfetlidir (Henze ve ark, 2008; Abdalla ve ark, 2014). Organik maddelerin biyokimyasal oksidasyonu çok yavaş bir süreç olup, teorik olarak tamamlanması sonsuz zaman almaktadır. 20 günlük bir süre içinde oksidasyonun % 95 ila % 99'u tamamlanır, BOİ5 testinde ise yani 5 günlük sürede % 60 ila % 70'i tamamlanır (Metcalf ve Eddy, 1991). Standart BOİ analizi 5 gün (BOİ5) alır. Ancak alternatifler bazen kullanılabilir. Eğer hızlı ölçüm gerekiyorsa BOİ1 eğer uygunluk gerekiyorsa BOİ7 ana seçenektir. Biyolojik olarak parçalanabilir materyalin yaklaşık hepsinin ölçümü gerekirse, BOİ25 kullanılır (Henze ve ark, 2008).

KOİ, atıksu ve tabii sulardaki organik madde içeriğini ölçmek üzere kullanılır. Bir su numunesine ait KOİ sonucu, BOİ5'den farklı olarak, biyolojik yollarla ayrışmayan bazı maddeleri içerdiğinden, her zaman BOİ5'den daha büyük değerler alır.

KOİ, su ve atıkların karakterizasyonunda önemli ve çabuk sonuç veren bir parametredir. Atıksu arıtma tesislerinin tasarımında, işletilmesinde, arıtma tesisi verimlilik hesaplarında sıkça kullanılır. Bunun yanında su ve atıksuların deşarjında, bir deşarj kriteri olarak hemen hemen tüm sektörler için önemli bir parametredir. Birçok atık tipi için KOİ ve BOİ5' yi ilişkilendirmek çok faydalı olabilir. Çünkü BOİ5

ile mukayese edildiğinde KOİ sadece 3 saatte tespit edilmektedir. BOİ5 ile KOİ arasında bir ilişki kurulduğunda her iki parametre de oldukça önemli olduğundan bu ilişki arıtma tesisinin kontrol ve işletilmesinde çok yararlı olacaktır (Metcalf ve Eddy, 1991)

TOK, atıksulardaki organik kirlenmeyi gösteren önemli parametrelerden biridir. Bugünün kurallarını takiben ve enstrümantasyon ile organik maddenin yapısı ve doğası hakkında herhangi bir bilgi olmaksızın, sulardaki organik karbon atomlarının varlığı, dolaylı olarak toplam organik karbon ile ölçülür. Bütün ülkelerde, TOK' un analizi; endüstriyel ve evsel atıksuların kontrolü için en uygun gösterge olarak bilinmektedir (Visco ve ark, 2005). TOK analizinin sonuçlanması, KOİ analizine ve özellikle de BOİ analizine göre çok daha kısa sürede gerçekleştirilebilmektedir ve giderek daha yaygın olarak kullanılmaktadır. KOİ/TOK oranı yaklaşık 3 civarındadır (Metcalf ve Eddy, 1991; Hodzic, 2011). BOİ5/TOK oranı 1,31-1,88 arasındadır (Benefield ve ark, 1980).

Askıda katı maddeler genellikle %80'den fazla uçucu madde içerirler (Metcalf ve Eddy, 1991; Yüceer, 1980). Evsel atıksuların kirlilik derecesini ve arıtma verimini belirlemede önemli bir parametredir.

BOİ, KOİ, TOK ve AKM parametreleri, atıksu analizleri, arıtma tesislerinin tasarımı, işletilmesi ve buna bağlı olarak atıksu deşarj standartları açısından oldukça önemlidir. Farklı kaynaklarda bu ana kontrol parametreleri arasındaki teorik oranlar mevcuttur. Organik içeriğin belirlenmesinde bu kontrol parametrelerin tümü kullanılmaktadır (El Gawad ve ark, 2011; Lee ve ark, 2016). Bu durum hem zaman hem de mali kayıplara sebep olmaktadır. Bu yüzden bu parametreler arasında bir ilişki kurmak oldukça önem arz etmektedir. Sonuç olarak bu çalışmada, evsel atıksularda KOİ, BOİ, TOK ve AKM parametreleri arasındaki ilişkiler incelenip, aralarındaki ilişkinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Materyal

Ham Evsel Atıksu: Bu çalışmada kullanılan atıksu, 2016 yılının şubat ve aralık ayları arasında 10 ay süresince çeşitli periyotlarla Adana Büyükşehir Belediyesine ait evsel atıksu arıtma tesisinden temin edilmiştir.

Filtre Edilmiş Atıksu: Ham atıksu, 1.2 µm gözenek çapındaki Whatman GF/C ile filtre edilmiştir.

Metot

Analitik Yöntemler: Bu çalışmada ham atıksular ve filtre atıksular için BOİ₅, TOK, AKM ve KOİ deneyleri standart metotlara göre yapılmıştır (Rice ve ark, 2012). pH ve sıcaklık ölçümleri WTW 315i marka pH metre ile elektriksel iletkenlik ölçümleri ise Cyberscan marka, CON 410 model ile yapılmıştır.

İstatistiksel Yöntemler: Bu çalışmada yapılan her bir deney en az 3 tekrarlı yapılmış olup, aykırı değerler her bir veri setinden Dixon Q-testi uygulanarak çıkartıldıktan sonra kalan deney sonuçlarının ortalaması alınmıştır. Dixon Q-testi, deney sonuçları arasında aykırı bir değer olup olmadığını belirlemek için kullanılan istatistiksel bir testtir. Parametreler arasındaki ilişkiyi görebilmek için deney

sonuçlarından elde edilen verilerle, Excel programı kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Regresyon analizi sonucunda tahmin modelleri(basit doğrusal regresyon modeli) kurulmuştur.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bu çalışmada, Adana iline ait ham evsel atıksudaki KOİ, BOİ₅ ve AKM parametreleri ve filtre atıksudaki FKOİ, FBOİ₅, FTOK parametreleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu amaçla, KOİ, FKOİ, BOİ₅, FBOİ₅, FTOK ve AKM analizleri yapıp elde edilen analiz sonuçlarıyla, regresyon analizi ve parametreler arasındaki oranlar hesaplanmıştır. Şekil 1.'de KOİ ile BOİ₅, Şekil 2.'de FBOİ₅ ve FKOİ, Şekil 3.'de KOİ ile AKM, Şekil 4.'de BOİ₅ ile AKM, Şekil 5.'de FKOİ ile FTOK, Şekil 6.'da FBOİ₅ ile FTOK arasındaki ilişki gösterilmektedir. Çizelge 1.'de KOİ, FKOİ, BOİ₅, FBOİ₅, FTOK ve AKM parametrelerine ait analiz sonuçları, Çizelge 2.'de parametreler arası oranlar, Çizelge 3.'de ise parametreleri karşılaştırmak için yapılan regresyon analizi sonuçları verilmiştir.

Çizelge 1. Adana Evsel Ham Atıksuyun Özellikleri

Numune No	pH	Eİ (µS/cm)	BOİ ₅ (mg/L)	FBOİ ₅ (mg/L)	KOİ (mg/L)	FKOİ (mg/L)	FTOK (mg/L)	AKM (mg/L)
1	7.6	1748	305	171	710	222	150	262
2	7.7	2260	259	145	714	322	188	313
3	7.5	2420	324	160	714	279	173	282
4	7.4	1761	285	169	517	215	149	151
5	7.5	1867	259	148	455	165	161	150
6	7.5	1786	304	186	750	410	151	405
7	7.4	1482	212	154	500	254	132	126
8	7.5	1822	335	191	784	425	177	400
9	7.4	1303	190	162	436	245	135	75
10	7.4	1465	228	162	470	241	129	211
11	7.4	1192	203	178	346	262	125	95
12	7.6	1149	224	183	389	254	138	160
13	7.6	1220	343	207	506	278	145	199
14	7.6	1338	337	206	654	279	161	255
15	7.6	-	384	179	705	356	147	260
16	7.6	-	409	241	730	399	185	178
17	7.5	-	366	226	722	458	210	133
Ortalama	7.5	1629	292	180	594	297	156	215

Çizelge 2. Parametreler Arası Oranlar

Numune No	BOİ ₅ / KOİ	AKM/ BOİ ₅	AKM/ KOİ	FBOİ/ FKOİ	FBOİ/ FTOK	FKOİ/ FTOK
1	0.42	0.85	0.36	0.77	1.14	1.48
2	0.36	1.20	0.43	0.45	0.77	1.71
3	0.45	0.87	0.39	0.57	0.92	1.61
4	0.55	0.52	0.29	0.78	1.13	1.44
5	0.56	0.57	0.32	0.89	0.91	1.02
6	0.40	1.33	0.54	0.45	1.23	2.71
7	0.42	0.59	0.25	0.60	1.16	1.92
8	0.42	1.19	0.51	0.44	1.07	2.40
9	0.43	0.39	0.17	0.66	1.20	1.81
10	0.48	0.92	0.44	0.67	1.25	1.86
11	0.58	0.46	0.27	0.67	1.42	2.09
12	0.57	0.71	0.41	0.72	1.32	1.84
13	0.67	0.58	0.39	0.74	1.42	1.91
14	0.51	0.75	0.38	0.73	1.27	1.73
15	0.54	0.67	0.36	0.50	1.21	2.42
16	0.56	0.43	0.24	0.60	1.30	2.15
17	0.50	0.36	0.18	0.49	1.07	2.18
Ortalama	0.50	0.73	0.35	0.63	1.16	1.90

Çizelge 3. Regresyon Analizi Sonuçları

x	y	Regresyon Denklemi	Korelasyon Katsayısı
KOİ	BOİ ₅	$y = 0.3477x + 85.542$	$r = 0.75$
AKM	KOİ	$y = 1.1146x + 354.59$	$r = 0.74$
AKM	BOİ ₅	$y = 0.2841x + 231.09$	$r = 0.41$
FTOK	FKOİ	$y = 2.2141x - 48.042$	$r = 0.62$
FTOK	FBOİ ₅	$y = 0.4831x + 104.99$	$r = 0.41$
FKOİ	FBOİ ₅	$y = 0.2066x + 118.93$	$r = 0.63$

Yapılan literatür araştırmalarında hem evsel atıksuların hem de endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan atıksuların kontrol parametreleri arasındaki ilişkilerin çalışıldığı görülmüştür (Whitehead, 1976; Hill ve ark, 1980; Ademoroti, 1986; Wilson, 1997; Bristol ve ark, 2001; Bhat ve ark, 2003; Dubber ve ark, 2010; Hodzic, 2011; El-Gawad ve ark, 2011; Nutt ve ark, 2013; Abdalla ve ark, 2014; Johal ve ark, 2014; Mesdaghinia ve ark, 2015; Lee ve ark, 2016; Janna, 2016).

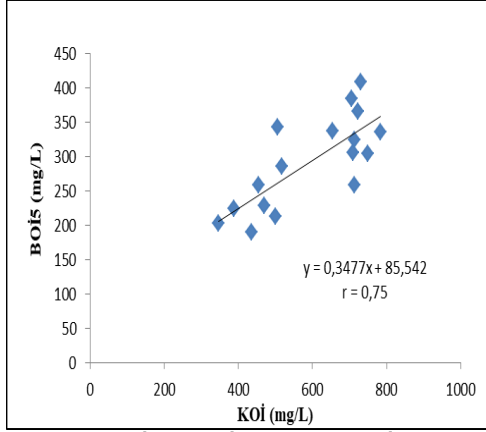
Literatürdeki oranlara bakıldığında, bu çalışmada olduğu gibi gerçek evsel atıksularla yapılan analizlerde, evsel atıksuyun doğası gereği tatmin edici net bir oran bulunmamaktadır. Tüm atıksular için spesifik bir BOI_5/KOI oranı yoktur.

Evsel atıksular için tatmin edici bir oranın bulunmamasının sebebi ise, elbette evsel atıksuların karakteristiğinin şehirden şehre, yıldan yıla, mevsimden mevsime, günden güne hatta saatten saate değişmesidir.

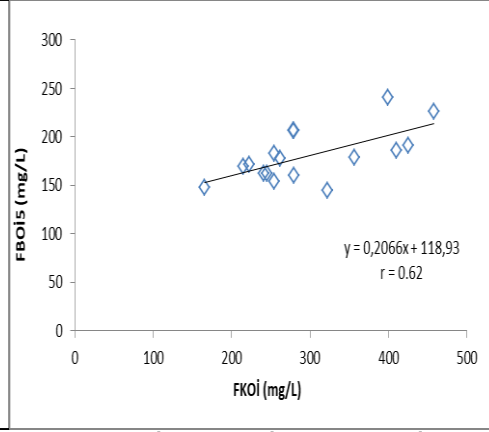
Ancak bu değişimlere ilave olarak evsel atıksuya karışan endüstriyel atık suyun, miktar ve özelliklerine bağlı olarak da BOI_5/KOI oranında değişimler gözlenebilir.

Regresyon analizi sonucu elde edilen regresyon denklemine KOI değeri yerleştirildiğinde hesaplanan sonuç tahmini BOI_5 değerini verecektir. Bu durum arıtma tesisine girecek olan ham atıksuyun özelliklerinin belirlenmesinde, proseslerin kontrollerinde ve çıkış suyunun deşarj kriterlerini sağlayıp sağlamadığının tespitinde oldukça faydalı olacaktır. Arıtma tesisinde yaşanabilecek problemlerin kısa sürede çözülmesine yardımcı olacaktır.

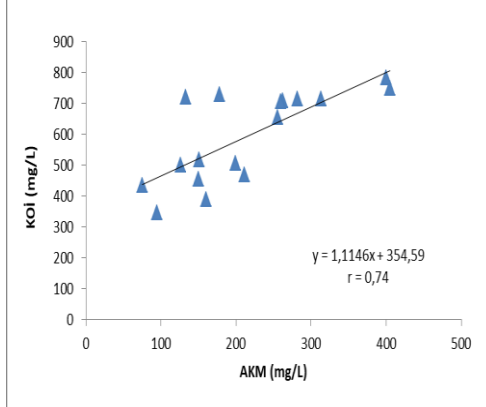
Atıksuyun özelliği zaman içinde değişebileceği için regresyon analizleri belirli periyotlarla tekrarlanmalıdır.



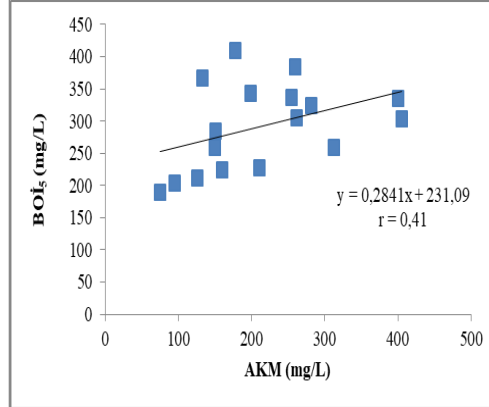
Şekil 1. KOİ ile BOİ₅ Arasındaki İlişki



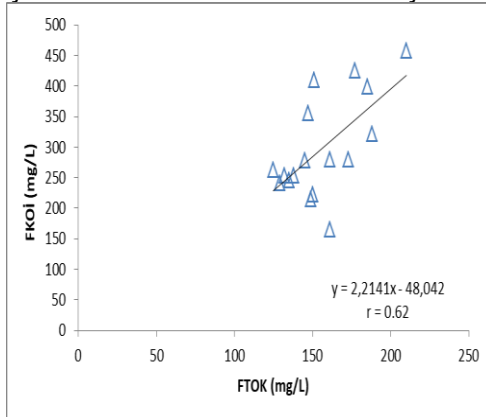
Şekil 2. FBOİ₅ ile FKOİ Arasındaki İlişki



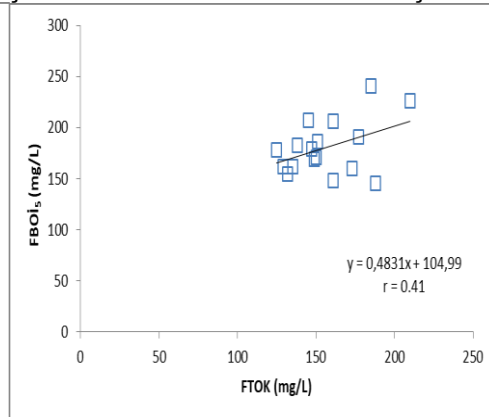
Şekil 3. KOİ ile AKM Arasındaki İlişki



Şekil 4. BOİ₅ ile AKM Arasındaki İlişki



Şekil 5. FKOİ ile FTOK Arasındaki İlişki



Şekil 6. FBOİ₅ ile FTOK Arasındaki İlişki

Sonuçlar

Yapılan deneyler ve regresyon analizlerinden aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Analiz sonuçlarına bakıldığında ham evsel atıksuyun orta konsantrasyon özelliklerine sahip olduğu görülmüştür.
- Atıksuyun BOI_5/KOI oranı, 0.36-0.67 aralığında değişmektedir.
- Atıksuyun ortalama BOI_5/KOI oranı 0.50 olarak hesaplanmıştır. Bu ortalama değere bakılarak atıksuyun biyolojik olarak arıtılabileceği söylenebilir.
- Atıksuyun BOI_5 ile KOI değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonucunda korelasyon katsayısı 0.75, ortalama % hata 13.09 olarak bulunmuştur.
- Atıksuyun özelliği zaman içinde değişebileceği için regresyon analizleri belirli periyotlarla tekrarlanmalıdır.
- Regresyon analizi sonucu elde edilen regresyon denkleminde KOI değeri yerleştirildiğinde hesaplanan sonuç tahmini BOI_5 değerini verecektir.
- Atıksuyun çözünmüş (filtre) $FBOI_5/FKOI$ oranı, 0.45- 0.90 aralığında değişmektedir. Ortalama $FBOI_5/FKOI$ 0.63 olarak hesaplanmıştır. Ham atıksu filtre edildikten yani AKM giderildikten sonraki $FBOI_5/FKOI$ oranı ham atıksuya göre daha yüksek tespit edilmiştir. AKM giderildikten sonra atıksuyun biyolojik olarak parçalanabilirliği artmıştır.
- Atıksuyun $FBOI_5$ ile $FKOI$ değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonucunda korelasyon katsayısı 0.63, ortalama % hata 9.07 olarak bulunmuştur. Filtre edilmemiş, ham atıksuya göre daha düşük bir korelasyon katsayısı elde edilmiştir.
- Atıksuyun AKM/KOI oranı, 0.17-0.54 aralığında değişmektedir. Ortalama AKM/KOI oranı 0.35 olarak hesaplanmıştır.
- Atıksuyun AKM ile KOI değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonucunda korelasyon katsayısı 0.74, ortalama % hata 12.86 olarak bulunmuştur.
- Atıksuyun AKM/BOI_5 oranı, 0.36-1.33 aralığında değişmektedir. Ortalama AKM/BOI_5 oranı 0.73 olarak hesaplanmıştır.
- Atıksuyun AKM ile BOI_5 değerleri arasında yapılan regresyon analizi sonucunda korelasyon katsayısı 0.41, ortalama % hata 17.03 olarak bulunmuştur.
- Atıksuyun çözünmüş (filtre) $FKOI/FTOK$ oranı, 1.02-2.72 aralığında değişmektedir. Ortalama $FKOI/FTOK$ oranı 1.90 olarak hesaplanmıştır.

Kaynaklar

- Henze, M., Van Loosdrecht, M.C.M., Ekama, G.A., Brdjanovic, D., 2008. Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design. IWA Publishing, London, 33- 52s.
- Metcalf and Eddy, 1991. Wastewater Engineering Collection Ineatment Dispool. Tata McGraw – Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 782s.
- Abdalla, K.Z., Hammam, G., 2014. Correlation Between Biochemical Oxygen Demand and Chemical Oxygen Demand for Various Wastewater Treatment Plants in Egypt to Obtain the Biodegradability Indices. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research, 13(1):42 - 48
- Visco, G., Gampanella, L., Nobili, V., 2005. Organic Carbons and TOC in Waters: an Overview of the International Norm for Its Meqsurements. Microchemical Journal, 79(1-2): 185 – 191
- Hodzic, E., 2011. Total Organic Carbon (TOC) and Chemical Oxygen Demand (COD) – Monitoring at Organic Pollutants in Wastewater. U.Ü. Yüksek Lisans Tezi, Uppsala.
- Yüceer, A., 1980. Effect of Waste Activated Sludge On Primary Settlement, Department of Civil Engineering, University of Strathclyde, Glasgow, United Kingdom
- El-gawad, H.A., Aly, M.A., 2011. Assessmant of Aquatic Environmental for Wastewater Managment Quality in the Hospital: a Couse Study. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5(7):474 – 482
- Lee, J., Lee, S., Yu, S., 2016. Relationships Between Water Quality Parameters in Rivers and Lakes: BOD₅, COD, NBOP_s and TOC. Environmental Monitoring and Assesment, 188:252
- Rice, W.E., Baird, R.B., Eaton. A.D., Clesceri, L.S., 2012. Standart Methods for the Examination of Water and Wasewater. American Public Health Association, Water Environment Fedeation, 22nd Edn, Washington DC.
- Whitehead, W.K., 1976. Monitoring Poultry Processing Waste Water with Total Organic Carbon. Poultry Science, 55(2):679 – 684
- Hill, D.R., Spiegel, S.J., 1980. Characterization of Industrial Wastes by Evaluating BOD, COD and TOC. Journal Water Pollution Control Federation, 52(11):2704 – 2708
- Ademoroti, C.M.A., 1986, Model to Predict BOD from COD Values. Effluent and Water Treatment, 26:80 – 84
- Wilson, F., 1997. Total Organic Carbon as a Predictor of Biological Wastewater Treatment Efficiency and Kinetic Reaction Rates. Water Science Technology, 35(8): 119 – 126
- Bristol, P., Civiello, J., Harp, D., Radu, R., 2001. The Beneficial Use of the COD/TOC Ratio in the Treatment of Paper Manufacturing Wastewater. Proceeding of teh Water Enviorment Federation, (9):224 – 237
- Bhat, R.M., Roopali, Hiremath, S., Kulkarni, R.V., 2004. Correlation Between BOD, COD and TOC. Journal of Industrial Pollution Control, 20(1):187 – 191.

- Dubber, D., Gray, N.F., 2010. Replacement of Chemical Oxygen Demand (COD) with Total Organic Carbon (TOC) for Monitoring Wastewater Treatment Performance to Minimize Disposal of Toxic Analytical Waste. *Journal of Environmental Science and Health Part A*, 45(12):1595 – 1600
- Nutt, S.G., Tran, J., Vriezen, C., Fuga, G., Zaleski, A., Miot, A., Pagilla, K., Lee, M., Ross, M., Palmer, T., 2013. Addressing BOD5 Limitations Through TOC Correlations – A International. *Proceedings of the Water Environment Federation*, (15):2567 – 2577
- Johal, E., Walia, B.S., Saini, M.S., Jha, M.K., 2014. Efficiency Assessment and Mathematical Correlations Development Between BOD and Other Parameters in Jalandhar Sewage Treatment. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, (6):13088 – 13096
- Mesdaghinia, A., Nasser, S., Mahvi, A.H., Tashavoei, H.R., Hadi, M., 2015. The Estimation of Per Capita Loadings of Domestic Wastewater in Tehran. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 13(25):1 – 9
- Janna, H., 2016. Characterisation of Raw Sewage and Performance Evaluation of Al – Diwanayah Sewage Treatment Work, Iraq. *World Journal of Engineering and Technology*, 4(02):296 – 304