



T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İLAC SANAYİ ATIK SULARININ FOTOFENTON VE MEMBRAN
SİSTEMLERİ İLE ARITIMI**

Ender ÖZTÜRK

DANIŞMAN
Prof. Dr. Hüseyin SELÇUK

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Mühendisliği Programı

İSTANBUL-2023

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim sürecinde gerek ders, gerekse tez dönemine ait çalışmalarında her daim desteğini esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Hüseyin SELÇUK'a en içten saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Daima yanımda olduğunu hissettiğim ve özellikle akademik anlamda desteğini asla esirgemeyen ablam Dr. Öğr. Üyesi Özlem ÖZTÜRK KÖSE'ye; hayat arkadaşım, meslektaşım ve en büyük destekçim Zehra ÖZTÜRK'e, sonsuz motivasyon kaynağım ve biricik oğlum Eren ÖZTÜRK'e, üzerimde sayısız emekleri olan başta anne ve babam olmak üzere beni ben yapan herkese teşekkürlerimi sunarım.

Ocak, 2023

Ender ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ.....	v
SİMGE VE KISALTIMA LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR.....	2
2.1. İLAÇ ENDÜSTRİSİ TANITIMI.....	2
2.1.1. İlaç Endüstrisinde Atık Su Oluşumu.....	3
2.1.2. Temizlik Kimyasallarının Özellikleri ve Atık suya etkisi.....	6
2.2. İLAÇ ENDÜSTRİSİ ATIKSUYUNUN ARITIMI.....	9
2.2.1. Fenton Prosesi.....	9
2.2.2. Fenton Prosesine Etki Eden Faktörler.....	10
2.2.2.1. <i>pH</i>	10
2.2.2.2. <i>Sıcaklık</i>	10
2.2.2.3. <i>Demir İyonu</i>	10
2.2.2.4. <i>H₂O₂ Miktarı</i>	10
2.3. ADSORPSİYON PROSESİ.....	11
2.4. ANAEROBİK ARITIM PROSESİ.....	11
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	12
3.1. ATIK SU KARAKTERİZASYONU.....	12
3.2. PİLOT ARITMA ÜNİTESİ TANITIMI.....	12
3.3. KİMYASALLAR.....	14

3.4. SARF MALZEMELER.....	15
3.5. ÖLÇÜM METOTLARI.....	15
3.5.1. pH Ölçümü.....	15
3.5.2. İletkenlik Ölçümü.....	15
3.5.3. Bulanıklık Tayini.....	15
3.5.4. SDI Ölçümü.....	15
3.5.5. KOİ Ölçümü.....	16
3.5.6. H ₂ O ₂ Ölçümü.....	16
3.5.7. Sıcaklık Ölçümü.....	16
3.5.8. Absorbans Ölçümü.....	16
4. BULGULAR.....	17
4.1. PİLOT ARITMA ÜNİTESİNDE ARITIM DENEYİ.....	17
4.1.1. SDI Testi.....	17
4.1.2. Nanofiltrasyon Membranları ile Arıtım Deneyi.....	18
4.1.3. DAF Ünitesi, Nanofiltrasyon ve Ters Osmos Membranları ile Arıtım Deneyi.....	21
4.1.4. Pilot Arıtma Ünitesinin Maliyet Analizi.....	23
4.2. FENTON OKSİDASYONU İLE KOİ GİDERİM DENEYİ.....	24
4.3. FOTO-FENTON OKSİDASYONU İLE KOİ GİDERİM DENEYİ.....	25
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	30
KAYNAKLAR.....	32
EKLER.....	36
ÖZGEÇMİŞ.....	36

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1: İlaç endüstrisi atık suyu ve şebeke suyu görünümü.....	4
Şekil 2.2: Tablet ilaç üretim aşamalarında kimyasalların girişi ve atıksu oluşumu.....	6
Şekil 2.3: Fenton prosesinin kimyasal denklemi.....	9
Şekil 3.1: İlaç atıksularının Nanofiltrasyon ve Ters Osmos membranları ile arıtılması.....	14
Şekil 4.1: SDI testinde kullanılan filtrelerin görünümü (sırasıyla 0,3; 5 ve 15. Dakikalar).....	18
Şekil 4.2: Koagülasyon yapılmadan atık suyun filtrat değerleri.....	19
Şekil 4.3: Farklı pH ve konsantrasyonlarda FeSO ₄ ile koagüle edilmiş ve spektrofotometrede ölçüm için hazırlanmış atıksular.....	20
Şekil 4.4: Koagülasyon ünitesi devreye alındıktan sonra filtrat değerleri.....	22
Şekil 4.5: Farklı H ₂ O ₂ konsantrasyonlarında KOİ giderim verimi grafiği.....	24
Şekil 4.6: Farklı FeSO ₄ konsantrasyonlarında KOİ giderim verimi grafiği.....	25
Şekil 4.7: 4000 mg/L FeSO ₄ ve 4000 mg/L H ₂ O ₂ (1.Deney), 4000 mg/L FeSO ₄ ve 2000 mg/L H ₂ O ₂ (2. Deney), 2000 mg/L FeSO ₄ ve 2000 mg/L H ₂ O ₂ (3. Deney) konsantrasyonlarının Foto-Fenton deneyi sonuçlarının karşılaştırılması.....	27
Şekil 4.8: 4000 mg/L FeSO ₄ ve 4000 mg/L H ₂ O ₂ (1.Deney), 4000 mg/L FeSO ₄ ve 2000 mg/L H ₂ O ₂ (2. Deney), 2000 mg/L FeSO ₄ ve 2000 mg/L H ₂ O ₂ (3. Deney) konsantrasyonlarının KOİ giderim karşılaştırması.....	28
Şekil 4.9: Zamansal eklenen H ₂ O ₂ 'nin KOİ gideriminde etkisi ve Zamansal olmayan Foto-Fenton deneyi ile karşılaştırılması.....	29

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 2.1: 5 milyon kutu (ay) ilaç kapasiteli bir ilaç üretim tesisinin kullandığı çözücü miktarı.....	7
Tablo 2.2: İSKİ atıksu deşarj parametre değerleri.....	8
Tablo 3.1: Çalışma yapılan tesisin atık su parametre değerlerinin literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması.....	12
Tablo 4.1: Ham atıksuyun SDI testi sonuçları.....	18
Tablo 4.2: Farklı pH'larda FeSO ₄ konsantrasyonu değiştirilerek atık suyun absorbans ölçüm sonuçları.....	20
Tablo 4.3: Atık su koagüle edildikten sonra DAF ünitesinden çıkan atık suyun SDI testi Sonuçları ve karşılaştırılması.....	21
Tablo 4.4 : Koagülasyon uygulandıktan sonra atık su analiz sonuçları.....	22
Tablo 4.5: Arıtma ünitesinin maliyet tablosu.....	23
Tablo 4.6: Farklı H ₂ O ₂ konsantrasyonlarında KOİ giderim verimi.....	24
Tablo 4.7: Farklı FeSO ₄ konsantrasyonlarında KOİ giderim verimi.....	25
Tablo 4.8: 4000 mg/L FeSO ₄ ve 4000 mg/L H ₂ O ₂ konsantrasyonlarında Foto-Fenton deneyi sonuçları.....	26
Tablo 4.9: 4000 mg/L FeSO ₄ ve 2000 mg/L H ₂ O ₂ konsantrasyonlarında Foto-Fenton deneyi sonuçları.....	26
Tablo 4.10: 4000 mg/L FeSO ₄ ve 2000 mg/L H ₂ O ₂ konsantrasyonlarında Foto-Fenton deneyi sonuçları.....	27
Tablo 4.11: Zamansal olarak eklenen H ₂ O ₂ nin KOİ giderim verimine etkisi.....	28

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler **Açıklama**

H₂O₂ : Hidrojen Peroksit

FeSO₄ : Demir Sülfat

NaOH : Sodyum Hidroksit

HCl : Hidrojen Klorür

H₂SO₄ : Sülfirik Asit

Kısaltmalar **Açıklama**

İSKİ : İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi

KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı

BOİ : Biyolojik Oksijen İhtiyacı

DAF : Dissolved Air Flotation (Çözünmüş Hava Flotasyonu)

SDI : Silt Density Index (Silt Yoğunluk Endeksi)

m³ : Metreküp

T : Toplam süre

T_i : Filtreden atık suyun ilk geçtiği an

T_{son} : Filtreden atık suyun ilk son geçtiği an

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ender ÖZTÜRK

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Hüseyin SELÇUK

Küresel iklim değişikliği, artan nüfus ve gelişen sanayi ile birlikte su sıkıntısı tüm dünyayla birlikte ülkemizde de problem olmuştur. Hayatın devamlılığını sağlamak için en zaruri ihtiyaç olan su; kaliteli olduğu oranda insan sağlığına faydalıdır. Su kaynaklarının doğru kullanımı, içme suyu temini gibi konularda elde edilecek başarı yüzdesi, bir coğrafyadaki hayat standardının gözle görülür derecede yükseltir. İlaç sektörün maliyetli ve kapsamlı bir sektör olduğunu düşünecek olursak her aşamada hem insan hem de doğal olarak çevre düşünülmelidir. İlaç sanayi atık suları toksiktir ve uygun arıtma olmadığından yüksek bertaraf bedelleri ödenerek tehlikeli atık olarak gönderilmektedir. Bu çalışmada ileri arıtım prosesleri olan nanofiltrasyon ve ters osmos ile entegre edilmiş ön arıtım kurularak, deşarj standartları sağlanmak amaçlanmıştır. Elde edilen suyun ters osmosdan geçmesi, şebeke suyuna göre daha kaliteli olduğundan; birçok alanda tekrar tekrar kullanılabilir. Bu da birçok maliyeti düşürdüğünden, sanayinin geri dönüşüm kavramını geliştirebilir.

24.06.2022 (49 sayfa)

Anahtar kelimeler: İlaç atık suyu, nanofiltrasyon, DAF ünitesi, fenton, foto-fenton, ters osmos, geri kullanım



SUMMARY

M.Sc. Thesis

Ender ÖZTÜRK

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute of Graduate Studies

Environmental Engineering Department

Supervisor : Professor Hüseyin SELÇUK

With global climate change, increasing population and developing industry, water shortage has become a problem in our country as well as the whole world. Water, which is the most essential need to ensure the continuity of life; It is beneficial to human health in proportion to its quality. The percentage of success to be achieved in issues such as the correct use of water resources and the supply of drinking water significantly increases the standard of living in a geography. Considering that the pharmaceutical industry is a costly and comprehensive industry, both human and natural environment should be considered at every stage. Pharmaceutical industry waste water is toxic and since there is no proper treatment, it is sent as hazardous waste by paying high disposal costs. In this study, it is aimed to provide discharge standards by establishing pre-treatment integrated with nanofiltration and reverse osmosis, which are advanced treatment processes. Since the obtained water passes through reverse osmosis, it is of higher quality than the mains water; It can be used over and over again in many fields. As this reduces many costs, it can improve the industry's recycling concept.

14.11.2022 (47 sayfa)

Keywords: Pharmaceutical wastewater, nanofiltration, DAF unit, Ters osmos membrane, reuse



1.GİRİŞ

İnsan sağlığını koruma ve sŸrdŸrme konusunda temel ihtiyalardan biri olan ila; gelenekselliğin yanında gŸnŸmŸzde fabrikasyon taraflıyla karşımıza ıkmaktadır. İlaçların koruyuculuğu veya tedavi edici özelliğinin yanında; ilaç Ÿretim firmalarının Ÿretim sŸrecinde ya da sonrasında çevreye saldıkları birtakım atık maddelerin de insan sağlığını korumak adına arıtılması gerekir. Temel ihtiyaçlarımızdan biri olan su; ne kadar sağlıklı sunulursa, yaşam kalitesi o derece kaliteli olur. Dolayısıyla ilaç sektŸrŸnde yer alan firmaların asıl hedeflerinden biri de sağlığı korumak kadar bozulmasına da mŸsaade etmemek olmalıdır. Su korunduğu sŸrece canlı yaşam da korunabilir. Bu kapsamda hazırladığımız tez çalışmasıyla; ilaç Ÿretim faaliyetlerinden kaynaklanan atık suyu ilk olarak doğrudan nanofiltrasyon ve membranla DAF Ÿnitesi yardımı ile nanofiltrasyon ve ters osmos filtreleri kullanılarak arıtılması, maliyetinin analizi ve geri kullanılabilirliğinin araştırmayı hedefledik. İlk olarak ilaç atık suyunun, Ÿretim hangi aşamalarında olduğu incelenecektir. Daha sonra hangi aşamalardan geçirilerek arıtıldığı, arıtma Ÿnitesi giriş ve çıkış parametreleri kıyaslanarak bu arıtma Ÿnitesinin veriminin değerlendirilmesi, kullanılan membranların ve sistemin maliyetinin hesaplanması irdelenecektir. ıkan atık suyun deşarj standartlarını karşılayıp karşılamadığına gŸre gerekli arıtım için laboratuvar çalışmaları yapılacak bŸylece Ÿzellikle çok fazla alana sahip olmayan ve kısıtlı miktarda atık su Ÿreten ilaç Ÿretim tesisleri, atıksu arıtım işlemlerini bu yŸntem ile yapabileceklerdir. Ÿzellikle fiziksel ve kimyasal arıtma yŸntemlerine kapalı olan bir atık su olan ilaç atık sularının arıtılmasına farklı bir perspektif getirecek olan bu çalışma ile nanofiltrasyon ve ters osmos filtrelerinin bir kullanım alanının daha ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. İLAÇ ENDÜSTRİSİ TANITIMI

En temel içgüdü yaşama içgüdüsüdür. Sağlık elimizdeki en değerli hazinemizdir. Onu korumak için elimizden gelen bütün gayreti gösteririz. Bu gayretin bir özeti olarak yapılan çalışmalar Amerika’da ve Batı Avrupa’da doktorların hastalara, hasta başına yılda bir düzineden fazla ilaç verdiklerini ortaya koymuştur (Sismondo, 2015). Öyle ki yaşadığımız son yüzyılda en gelişmiş ülkelerinden biri olan Amerika Birleşik Devletlerinde, ortalama yaşam beklentisi 100 yıl önce 47 yıl iken şuanda 76 yıldır. Bunun en önemli sebeplerinden birisi kuşkusuz ilaç sektörünün yıllar boyunca gösterdiği hızlı gelişim ve buna bağlı yürüttüğü ticari kaygılardır (Milanesi, Runfola ve Guercini, 2020). Aynı zamanda dünyanın en büyük sektörlerinden biri olan Hindistan ekonomisinde, ilaç ekonomisi GSYH’nin %1 ini oluşturmaktadır (Morone ve diğ., 2019).

İnsan yaşamı boyunca bir çok defa hasta olur. Hastalıkların şiddeti, türü ve etkisi değişkenlik gösterebilir. Değişkenlik göstermeyecek olan şey onları yenmek için ilaç kullanılması gerektiğidir. İlaç endüstrisi insanoğlu var oldukça olacaktır (Buchholz, 2010). İlaç araştırma ve geliştirme programları hastaların tedavi sürecinde rol oynar ancak tedavi süre zarfında yeni hastalıklar ortaya çıkabilir. Dolayısıyla bu döngü sürekli devam edebilir. İlaç firmaları araştırma geliştirme faaliyetleri sonucunda yeni ürünler bulur, bunları piyasaya sürer ve ilaç pazarında söz sahibi olmaya çalışır. Bir zaman sonra en eski ürün patent dışı kalır ve yenileri eskilerin yerini alır (Sánchez-Serrano, 2019). İşte bu yüzden ilaç firması denildiği zaman sadece sonsuz sayıda sürekli ilaç üreten bir proses değil, araştırma ve geliştirme yapan laboratuvarları da düşünmemiz gerekmektedir. Bununla beraber yapılan çalışmalar göstermiştir ki, ilaç üretim firmaları yalnızca ilaç üretmekle kalmaz adeta bir atık üretme fabrikası gibi de çalışır ve üretilen her 1 kilogram ilaca karşılık 25 kilogram atık üretir (Sanderson, 2011).

Ülkemizde 2019 yılı içerisinde yaklaşık 2 milyar kutu ilaç üretilmiştir. Bu hacmin maddi karşılığı ise 21 milyar Türk Lirası'dır. Yaklaşık olarak 15 bin kişinin çalıştığı düşünüldüğünde, sektörün maddi getirisinin yüksek olması ve katma değeri sektör geleceğinin ne kadar açık olduğunu göstermektedir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, İlaç Sektörü Raporu, 2020).

İlaç endüstrisine ait her türlü atığın çevrede yaşayan canlılar üzerindeki olumsuz etkileri çok çeşitlidir. İlaç atıklarındaki uçucu organik bileşikler ekosisteme ve insan sağlığına son

derece zararlı farmasötik fermantasyon ürünleridir. İlaç atıklarından çevreye salınan koku; sınırlı bir miktarda emilmektedir. Özellikle ilaç endüstrisinden çevreye salınan bu zararlı tipte kokulara yol açan uçucu bileşenleri filtreleme konusunda; ilaç endüstrileri yeterli teorik ve pratik bilgi ve beceriye sahip olamayabilir. Bu noktada yapılması en elzem girişim, bu sektörde varlığını devam ettiren şirketlere idari anlamda destek vermek olabilir. Örneğin; üretimi yapılan ilaçların kapasitesi belli olmalı, ilaç atıklarından çevreye yayılan koku ve diğer kimyasalların analizleri iyi yapılmalı ve bileşenler iyi taranmalı, kontrol teknolojileri yapılandırılmalı ve uygulanabilirliği düzenli aralıklarla kontrol edilmeli, emisyon standartları ve uçucu organik ve kimyasal bileşenler için acil müdahale anlamında bir formülasyon geliştirilmelidir (Wang, Zhu ve diğ., 2019).

2.1.1. İlaç Endüstrisinde Atık Su Oluşumu

Avrupa Birliği raporlarına göre, ilaç sektörü ekonomiye en çok katkı veren ancak suya en bağımlı sektörlerden birisidir. (Strade ve diğ., 2020). Doğal olarak oluşturduğu atık su miktarı kullandığı su ile doğru orantılıdır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, bu endüstrinin atık suyu yeterli arıtma yapılmadan alıcı ortama deşarj edildiğinde çevreye ve sucul ekosisteme büyük zararlar vermektedir. (Sanchez ve diğ., 2011). Keza ilaç kalıntıları sadece endüstriyel üretimden değil, evlerden, tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden de yeraltı ve yerüstü sulara karışmaktadır (Chung ve Brooks, 2019) (Chen ve diğ., 2017). Endüstri harici gelen atık sulardaki ilaç kalıntıları için yapılabileceklerin henüz sınırlı olması, ilaç endüstrisinden gelen kirliliğin kesinlikle önlenmesi gerektiği açıkça göstermektedir.

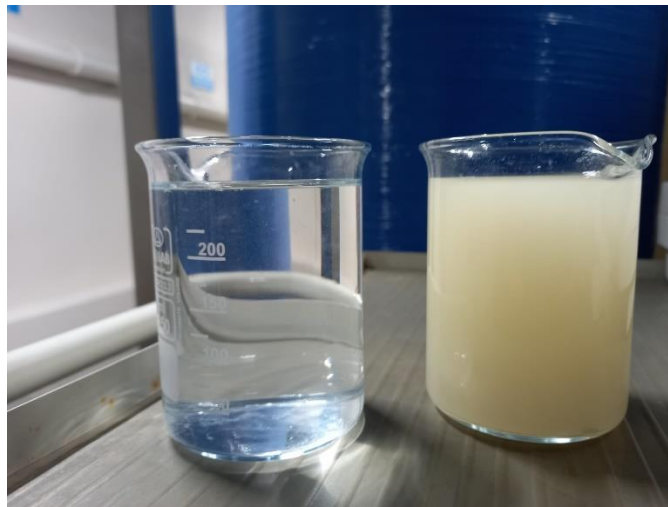
Günlük yaşam aktivitelerinin bir getirisi olarak atık suda hormonlar, alkifenoller ve diğer endokrin sistem üzerinde yıkıcı etkiye sahip organik bileşiklerin yanı sıra ilaç atıklarının da yer alması doğal bir sonuç gibi görülebilir (Barnes ve diğ., 2008). Amerika Birleşik Devletleri'nde halkın yaklaşık %40'ı içme suyu kaynağı olarak yeraltı sularını görmektedir. Atık materyaller yüzeysel kaynaklarda daha sık gözlendiğinden, bu durum daha az tehlikeli olabilir. Ancak yeryüzü suları, yer altı sularıyla bağlantılı olduğundan, atık sulardaki tehlike önlemez olduğunda, halkın sağlığı üzerinde tehdit gün geçtikte artacaktır (Miller, 1999).

İlaç atık suları; tarım arazilerini etkilediği takdirde, bölgede yetişen bitki faunası da direk veya indirek olarak zarar görebilir. ABD'de yapılan araştırmalarda hedeflenen tarım

arazilerinde toplamda 25 yeraltı ve 49 yeryüzü su kaynağı tespit edilmiştir. Sularda toplam 100 farklı kimyasal tespit edilmesi hedeflenmiş ve bunun 63 tanesi en az bir su kaynağında tespit edilmiştir. Yerüstü sularda en çok rastlanan kimyasalların başında kolesterol (%59, doğal sterol), metalaklor (%53, herbisit), kotinin (%51, nikotin metabolit), β -sitosterol (%37, doğal bitki sterolü), ve 1,7-dimethylxanthine (%27 kafein metabolit) olmuştur. Yeraltı sularında ise tetrachloroethylene (%24, solvent), carbamazepine (%20, ilaç), bisphenol-A (%20, plastikleştirici), 1,7-dimethylxanthine (%16, kafein metabolit) tespit edilmiştir. Bu bileşiklerin karışım halinde bulduklarına dikkat çekilmiştir (Focazio M.J. ve diğ., 2008).

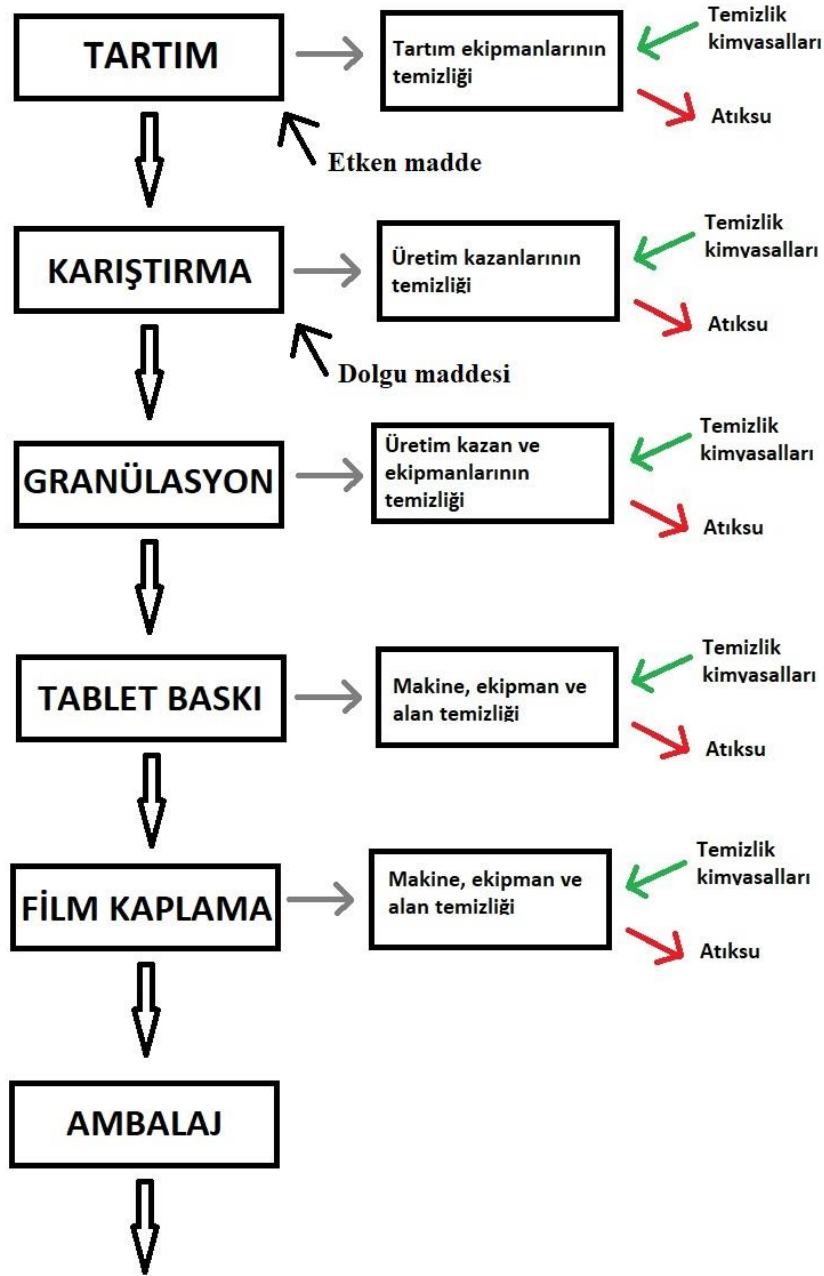
Hayvancılık sektörüne ait kullanılan ilaçlar da akuatik çevrede bir tehlike arz edebilir. Yapılan çalışmalarda Çin'in güneyindeki atık sularda 12'si antibiyotik, 6'sı non-antibiyotik olmak üzere toplamda farklı türde ilaç kaynaklı kimyasal tespit edilmiştir (Wu D. ve diğ., 2022).

Bilindiği üzere birçok ilaç formu bulunmaktadır ve bir ilaç üretim tesisi genelde birden çok ilaç formunu ayrı bölümlerde aynı anda üretebilmektedir. Buda ilaç üretim tesislerindeki atık su arıtma ünitelerini şoklamalara maruz bırakabilir ve değişik karakterde gelen atık sular arıtma ünitesini çok zor durumda bırakabilir. Sadece bu sebeple bile arıtma tesisi kurulmadan atık su karakterini belirlemek, daha sonra tesisi zor durumda bırakmamak için çok önemlidir. Bununla beraber ilaç üretim formlarını basit bir tek düzelik ile ele alırsak aşağıdaki şekilde (Şekil 2.2) gösterildiği üzere su ve atık su giriş çıkışı olmaktadır. Şekil 2.1'de ise örnek bir ilaç endüstrisi atık suyunun görünümü şebeke suyu ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 2.1 İlaç endüstrisi atık suyu ve şebeke suyu görünümü

İlk olarak ilaç hammaddelerinin tartımı gerçekleştirilmektedir. Burada özel alanlar ve hassas teraziler bulunmaktadır. Her tartımdan sonra alan ve ekipman yıkaması yapılmaktadır. İncelenen tesiste temizlik kimyasalı olarak çoğunlukla Alkil Eser Sülfat içeren çözücüler ve dezenfektan olarak alkol kullanılmaktadır ve bu bölümden çıkan atık su toplam endüstriyel atık suyun yaklaşık yüzde onbeşidir. Bu aşamadan sonra bu hammaddelerin ve kimyasalların karıştığı aşama gelmektedir. Burada bulunan üretim kazanlarının yıkamasında, karıştırma ekipmanlarının ve alanın temizliğinde alkil eter sülfatlı temizleyicilerin yanında phenoxyethanol, benzalkonium klorit, polyglikosit türevi temizleyiciler kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra yine dezenfektan olarak alkol kullanılır ve bunların tamamı atık suya karıştırılmaktadır. Hacim olarak toplam atık suyun %30'udur. Bu aşamadan sonra Granülasyon aşaması gelmektedir. Granülasyon aşamasında aynı tip kazan ve ekipmanlar kullanıldığından atık su muhteviyat ve hacim bilgileri aynıdır. Daha sonra tablet baskı aşaması gelmektedir. Bu aşamada karışım halini almış ilaç tablet formunu almaktadır. Baskı makinelerinin temizliği çok fazla atık su harcamasa da yine alkil eter sülfatlı ve trietanolamin bileşikli temizleme kimyasalları ve alkol kullanılmaktadır. Hacmen toplam atık suyun sadece %10'u burada oluşmaktadır. En son aşama olan film kaplama ve ambalaj aşamalarında ise ağırlıklı olarak katı atık çıksa da ekipman temizliklerinden kaynaklı olarak trietanolamin bileşikli temizlik kimyasalları ve alkol kullanılmaktadır. Toplam atık su miktarının %15'i bu iki bölümden oluşmaktadır.



Şekil 2.2 Tablet ilaç üretim aşamalarında kimyasalların girişi ve atıksu oluşumu

2.1.2. Temizlik Kimyasallarının Özellikleri ve Atık Suyu Etkisi

İlaç üretimi atık suyunun başlıca organik yükünün kaynağının, üretim bölümlerinde temizlik işlemleri için kullanılan solventler ve bu solventlerin çözdüğü ilaç kalıntıları olduğu düşünülmektedir.(Papadakis, Tula and Gani, 2016). Öyle ki bazı yetkili kuruluşlar Aşağıdaki

tabloda (Tablo 2.1) ayda 5 milyon kutu ilaç üreten bir üretim tesisinin kullandığı çözücü cinsleri ve miktarları verilmiştir. Buna göre bir ayda toplam 3840 litre çözücü solvent ve alkol kullanılmıştır.

Tablo 2.1 5 milyon kutu (ay) ilaç kapasiteli bir ilaç üretim tesisinin kullandığı çözücü miktarı (litre)

Departman Adı	GA (*)	Qplus (*)	p300 (*)	%70 Alkol (**)	Cosa Foam (*)	Hipoklorit (**)	Incidin Pro (*)	CIP95 (*)	H ₂ O ₂ (*)
Yumuşak Jel	0	0	0	150	200	650	18	400	20
Steril	10	15	10	150	0	0	0	0	12
Katı İlaç	10	16	10	10	0	0	0	0	27
Ambalajlama	8	32	64	100	8	0	0	0	0
Toplam	28	63	84	410	208	650	18	400	59

* Temizlik amaçlı kullanılan solventler

** Dezenfektanlar

Bu çözücülerle beraber, ilaç üretimi esnasında kullanımı sektörde yaygınlaşmış diğer organik çözücülerin de (metanol, isopropanol, acetone, etilen glikol) atık suya organik yük olarak etkisi büyüktür (Kilroy ve Gray, 1992).

İlaç üretiminde suyun hareketinin (dolayısıyla kirletici kimyasalların) daha iyi anlaşılması için üretimde kullanılan suyun bütçesinin özetlenmesi daha doğru olacaktır. İlaç üretimi için doğrudan kullanılan su; ilacın yapımında kullanılan (saf su) ve temizlikte kullanılan (yumuşak su) olarak ikiye ayrılabilir. Bunun haricinde suyun bir türevi olarak sterilizasyon için saf buhar kullanılmaktadır. Ancak burada saf buhardan kaynaklanan atık su miktarı çok düşük olduğu için ihmal edilebilir. Ayrıca ilacın içerisine giren saf su, atık su olarak sistemden çıkmadığı için yine göz ardı edilebilir.

Burada temizlik için kullanılan sudan kasıt, ilaç üretilen ortamın yıkanıp temizlenmesi, ilaç üretim kazanı başta olmak üzere bütün ekipmanların yıkanması için gerekli olan sudur. Hiç kuşkusuz bu su ile beraber Tablo-2.2’de belirtilen kimyasallardan bazıları da suya karışmış

halde arıtma ünitesine gelecektir. İlaç atıksuyunun kirlilik yükünün önemli kısmı işte burada bahsedilen kimyasallardır. Tabloda kullanım miktarı verilen kimyasallardan bazılarının içeriği ve türü; Cosa Foam 40 %25-30 oranında Alkil Eter Sülfat içeren anyonik yüzey aktif maddesi, P300 %5 oranında Yağ alkolü etoksilat içeren noniyonik aktif maddeli organik solvent ve Q-Plus %70 Etanol %20 Pentan içeren %30 ve üzeri alifatik hidrokarbonlardan oluşmuş anyonik yüzey temizleyicidir. Burada ürünlerin ticari isimlerinden ziyade içerikleri ve atık suya etkileri önemlidir. Örneklerden anlaşılacağı üzere anyonik yüzey temizleyiciler sıkça kullanılmakta ve yapılan araştırmalar beşeri faaliyetlere yakın deniz kıyısız alanlarında anyonik deterjan kirliliğinin arttığını ortaya koymuştur (KERİŞ, 2008). Dolayısıyla buradan yola çıkarak ilaç üretim endüstrisinden kaynaklanan atık suda kirlilik yükü içerisinde anyonik ve noniyonik aktif maddeli yüzey temizleyicilerinin olduğu söylenebilir. Bununla beraber incelenen tesis İstanbul'dadır. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresinin yayınladığı yönetmeliğe göre, formülasyon yöntemiyle ilaç üreten tesislerin atık sularında kirliliğe etki eden parametreler pH, KOİ, AKM, Yağ-Gres ve Toplam Azottur (İSKİ genel müdürlüğü atık suların kanalizasyona deşarj yönetmeliği deşarj yönetmeliği, 2019). Çalışmanın yapıldığı bölgede yerel yönetim kuralları gereği bazı deşarj parametreleri Tablo 2.2'de belirtilmiştir (İSKİ Genel Müdürlüğü, Atık suların kanalizasyona deşarj yönetmeliği, Eyüp, İstanbul, 2019).

Tablo 2.2 İSKİ atık su deşarj parametre değerleri

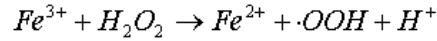
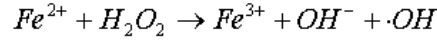
Parametre	Kanalizasyon Sistemleri Tam Arıtma İle Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerinde	Kanalizasyon Sistemleri Ön Arıtma + Derin Deniz Deşarjı İle Sonuçlanan Atıksu Altyapı Tesislerinde
Sıcaklık (°C)	50	50
pH	6 - 12	6 - 12
Askıda katı madde (mg/L)	500	350
Yağ ve gres (mg/L)	150	50
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	1000	600
Sülfat (SO ₄ ⁻) (mg/L)	1700	1700
Toplam sülfür (S) (mg/L)	2	2
Fenol (mg/L)	10	10
Toplam fosfor (P) (mg/L)	-	10
Arsenik (As) (mg/L)	3	10
Toplam siyanür (Toplam CN ⁻) (mg/L)	10	10
Toplam kurşun (Pb) (mg/L)	3	3
Toplam kadmiyum (Cd) (mg/L)	2	2
Toplam krom (Cr) (mg/L)	5	5
Toplam civa (Hg) (mg/L)	0.2	0.2
Toplam bakır (Cu) (mg/L)	5	5
Toplam nikel (Ni) (mg/L)	5	5
Toplam çinko (Zn) (mg/L)	10	10
Cl ⁻ (Klorür) (mg/L)	15000	-
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri(MBAS) (mg/L)	Biyolojik olarak parçalanması Türk Standartları Enstitüsü standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.	

2.2. İLAÇ ENDÜSTRİSİ ATIKSUYUNUN ARITIMI

2.2.1. Fenton Prosesi

Fenton Prosesi verim ve basitlik olarak organik yüke sahip atık suyun arıtılmasında düşük maliyetli iyi bir arıtım yöntemidir (Manu, 2012; Sun ve ark.,2015). Bu arıtım yönteminde H₂O₂ kullanılır. H₂O₂ oksitleyici görevde kullanılmaktadır. Katalizör olarak kullanılan demir iyonlarıyla parçalanır ve OH* radikallerini oluşturur. Oluşan OH* radikalleri organik maddeleri oksitler. Organik bileşiklerin tamamına yakını ise CO₂ ve H₂O dönüşür.

İlaç endüstrisi atık sularının yüksek organik yüke sahip olması arıtım yöntemi olarak fenton prosesini akla getirsede, fenton prosesi asidik koşullarda çalışmaktadır. Çünkü aşağıdaki şekilde (Şekil 2.3) görülebileceği üzere organik bileşikleri oksitlemesi için gereken hidroksil radikallerini üretmesi için pH değeri asidik olmalıdır.



Şekil 2.3 Fenton prosesinin kimyasal denklemi

Oysa ilaç atık suyu pH'ı 8-10 aralığındadır. Burada yapılması gereken fenton prosesi öncesi atık suyun pH'ı asit kullanarak 3.5 civarına getirmektir. Asit kimyasalı ile beraber diğer kimyasalların maliyeti ve yüksek çamur oluşumu bütün proses için yüksek bir maliyet oluşturmaktadır. Bu yüzden son zamanlarda yapılan maliyet düşürme çalışmalarında hem pH aralığının genişletilerek asit kimyasalından tasarruf edilmesi, hem de arıtım bittikten sonra demir iyonlarıyla ilişkili problemlerin çözülmesi için bir takım çalışmalar yapılmıştır (Arzate-Salgado ve ark., 2016).

Fenton prosesinde çeşitli demir mineralleri kullanılabilir. Pirit, Ferrihidrit, Magnetit, Hematit ve Götit demir mineralleri bunlardan bazılarıdır. Bu mineraller genellikle manyetik olan ve manyetik olmayan olarak iki ana gruba ayrılır. Bunlardan götit ve hematit termodinamik anlamda en kararlı demir oksitlerdir. Dolayısıyla toprakta diğerlerine nazaran çok daha fazla bulunurlar (Huang ve ark., 2000).

2.2.2. Fenton Prosesine Etki Eden Faktörler

2.2.2.1 pH

Yüksek pH değerlerinde H_2O_2 'nin oksitleme gücü azalmaktadır. Burada oluşan bir zayıflık renk giderimini ve redoks sistemini etkilemektedir. Organik maddelerin asitlere bölünmesi sonucunda pH'ın düşmesinin yanında kullanılan $FeSO_4$ atık suyun pH'ının düşmesine sebebiyet verir. Çünkü $FeSO_4$ içerisinde serbest halde bulunan Sülfirik Asit vardır. Fenton prosesi yapılırken pH kontrol altında tutulmalıdır.

2.2.2.2. Sıcaklık

Fenton reaksiyonu sırasında sıcaklık artışı olabilir. Bu aynı zamanda reaksiyon süresine de etki eder. Çünkü sıcaklık ve reaksiyon hızı arasında doğru orantı bulunmaktadır. Yüksek sıcaklıkta, düşük sıcaklığa göre çok daha verimli organik madde giderimi olur. Fenton prosesinde önerilen sıcaklık minimum $20\text{ }^{\circ}C$ maksimum $40\text{ }^{\circ}C$ 'dir (Duman, 2006) .

2.2.2.3. Demir iyonu

Organik maddenin ve H_2O_2 'nin olduğu bir alanda katalitik dönüşüm zinciri zaten başlar. Reaksiyonun katalizörü olarak Fe^{2+} veya Fe^{3+} tuzlarından herhangi birisi yeterlidir. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, düşük H_2O_2 konsantrasyonlarında Fe^{2+} tercih edilmelidir (Duman, 2006) .

2.2.2.4. H_2O_2 Miktarı

H_2O_2 miktarı renk giderimi üzerinde doğrudan etkilidir. Öyle ki az kullanımı veya fazla kullanımı farklı sonuçlar vermektedir. Fazla kullanıldığında renk giderimi iyi olurken, az kullanımında renk giderimi daha azdır. Ancak çok fazla miktarda kullanıldığında $OH\cdot$ radikalleri ile tepkimeye girdiğinden oksidasyon verimi düşmektedir. Burada özellikle kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi giderilmek isteniyorsa, optimum dozlama ayarı bulunmalıdır (Tuhkanen, 2004).

2.3. ADSORPSİYON PROSESİ

Adsorpsiyon bir proses olarak atık sulardaki organik ve kimyasal kirleticilerin uygun bir katı yüzey üzerine tutunarak arıtılması işlemidir. Adsorplayan madde ile arıtılan madde arasında bir çekim kuvveti oluşur. Fiziksel, Kimyasal ve İyonik Adsorpsiyon olarak üç ana gruba ayrılır (kaynak websitesi). Bununla beraber katı-sıvı adsorpsiyonu özellikle atık suların arıtılmasında önemli rol oynar. Atık suda organiklerin giderilmesi, tat ve kokunun giderilmesi, toplam organik karbon giderilmesi ve klor giderimi için kullanılabilir (Koby, 2001).

2.4. ANAEROBİK ARITIM PROSESİ

Özellikle gıda üretiminden kaynaklı atık suların arıtılmasında (süt, şeker, peynir, bira gibi) etkin şekilde kullanılan anaerobik arıtma yüksek seviye organik madde içeren atık suların yanında incelenen pilot arıtma ünitesi gibi fizikokimyasal arıtma ünitelerinin sonlarında da kullanılabilir. Prosesin kısa özeti olarak, hıza bağlı yüksek hızlı veya standart hızlı olmak üzere iki ana gruba ayrılan bu arıtma tipinde hidrolik bekletme süresi oldukça uzundur (30-60 gün).

Biyolojik proseslerde gerekli olan azot ve fosfor her zaman doğrudan atık su içerisinde olmadığından özellikle endüstriyel atık sularda arıtmadan hemen önce bunların ilavesi gerekebilir. Oysa anaerobik arıtma ünitelerinin bir avantajı olarak biyolojik büyüme hızının yavaşlığı bu maddelere olan ihtiyacı da azaltmaktadır. Bununla beraber anaerobik arıtmadan sonra oluşan metan gazı da yine sistemin avantajları arasında gösterilebilir. Bilindiği üzere metan gazının birçok kullanım alanı vardır. Bununla beraber birçok sistemin enerji ihtiyacının fazla olmasına karşılık anaerobik sistemlerde enerji maliyeti daha düşüktür (Öztürk , 1999) .

Her sistemde olduğu gibi, anaerobik arıtma sisteminin de bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajların en başında, aerobik arıtmaya oranla daha düşük mikroorganizma büyüme hızı gelmektedir. Dolayısıyla anaerobik arıtma sistemi kurmak, aerobik arıtma sistemi kurmaktan daha uzun zaman almaktadır. Bunun yanı sıra, daha düşük sıcaklıklarda kinetik hızın düşüklüğü, nitrifikasyonun mümkün olmaması, metanojenlerin toksik maddelere daha duyarlı olması gibi sebepler sistemi baskı altına almaktadır (Öztürk , 1999) .

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. ATIK SU KARAKTERİZASYONU

Çalışma yapılan tesis haftanın 6 günü, günde 24 saat çalışmaktadır. Atık suların bekletilmesi için bekletme depoları bulunmaktadır. Buradan belli bir seviyeye ulaşan sular arıtma tesisine gönderilir. Atık suyun kaynağı, üretim bölümünde yapılan makine, ekipman ve kazan yıkamaları ile alan yıkamaları ve kalite kontrol laboratuvarlarında yapılan analizlerden kalan kimyasallar ile kullanılan ekipmanların yıkanması ile oluşan atık sudur. Tesisin oluşturduğu endüstriyel nitelikli ilaç atık su, Tablo 3.1' de ilaç atık suyu üzerine yapılan bir karakterizasyon çalışması (Kumari ve Tripathi, 2019) ile karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.1 Çalışma yapılan tesisin atık su parametre değerlerinin literatür çalışmalarıyla karşılaştırılması

	İSKİ Deşarj Standartları	Kumari & Tripathi, 2019	Örnek numune-1	Örnek numune-2	Birimi
pH	6 - 12	5.4-5.6	11,57	11,10	mg/L
KOI	1000	11.980 - 15.840	14.950	11.880	mg/L
AKM	500	-	93,6	113,4	mg/L
Yağ-Gres	150	-	<10	11,7	mg/L

Tablo 4.1'de bazı kirletici parametreleri verilen atık su ilk olarak tesiste hali hazırda bulunan pilot arıtım ünitesi ile arıtmaya çalışılmıştır.

3.2. PİLOT ARITMA ÜNİTESİNİN TANITIMI

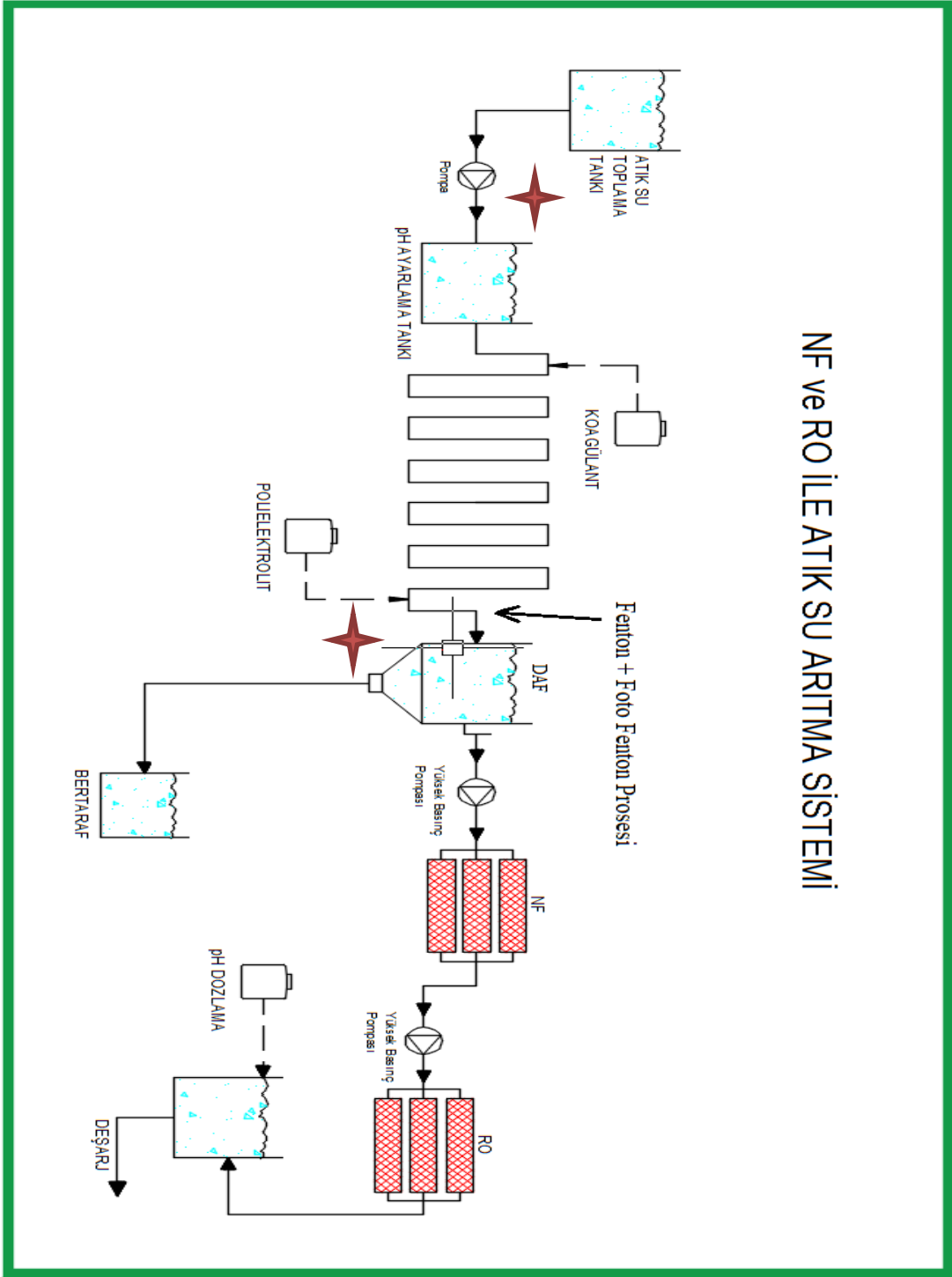
İstanbul'da bulunan bir ilaç firmasından alınan atık su ile analiz çalışmaları yapılmıştır. Çalışma yapılan pilot arıtma ünitesinin debisi günlük 10 m³'tür. Oluşan atık su ilk olarak dengeleme tanklarında toplanacak ve homojen bir yapıya gelmesi sağlanacaktır. Burada özellikle yıkama suları ile seyrelen su, tankların belirli bir seviyesine gelince hidroforlar yardımı ile arıtma ünitesine gönderilecektir. Arıtma ünitesinde bulunan ilk tankta pH ayarlanacaktır. pH istenilen seviyeye geldiğinde atık su mekanik karıştırıcılar için ölçülen optimum hız olan 0,4-0,5 m³/s hızında DAF tankına pompalanacaktır.

Atık suyun DAF ünitesine gönderilme esnasında hat içerisine FeSO₄ dozlanacaktır. Buradan DAF ünitesine gelen atık su hava karıştırma pompası ve sıyırıcı yardımıyla çöken ve yüzen maddelerden ayrıştırılarak nanofiltrasyon membranına gönderilecektir, buradaki amaç atık suyun yüksek organik yükten arıtılmasıdır (Abdel-Fatah, 2018).

Buradan çıkan atık su yüksek basınç pompaları kullanılarak 9 bar basınç altında nanofiltrasyon membranlarına verilmektedir. Nanofiltrasyon membranlarından çıkan atık su, Ters ozmos membranına girecek buradan çıkan su ise dinlendirme ve pH ayarlama yapılması için son tankta bekletilecektir.

Dinlendirilen ve pH'ı deşarj standartlarına getirilen su, taşkanlar vasıtası ile kanala deşarj edilecektir. Tüm bu işlemler ve pilot arıtma ünitesinin akım diyagramı Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

NF ve RO İLE ATIK SU ARITMA SİSTEMİ



Şekil 3.1 İlaç atıksularının Nanofiltrasyon ve Ters Osmos membranları ile arıtılması

3.3. KİMYASALLAR

Tez kapsamında gerçekleştirilen deneylerde kullanılan tüm kimyasallar yüksek kalitededirler. Deneyler için gereken saf su Millipore ultraviyole saf su makinesinden temin

edilmiştir. Deneyleerde kullanılan H_2O_2 , $FeSO_4$, $CaOH$, $NaOH$, H_2SO_4 Merck firmasından temin edilmiştir. Çözeltilerin hepsi istenilen şartlarda günlük veya hazırlanmıştır. Saklama işlemini $4^{\circ}C$ 'de ayarlanmış buzdolabında gerçekleştirilmiştir.

3.4. SARF MALZEMELER

Pilot arıtma ünitesinde kullanılan bazı sarf malzemeler bulunmaktadır. Nanofiltrasyon membranı, Dow markasının Filmtec NF-80-400/34i modelidir. Bu modelin özellikleri, $37 m^2$ yüzey alanına sahip olması, $45^{\circ}C$ sıcaklığa kadar çalışması, 41 bar basınca kadar dayanıklılığı ve SDI üst limitinin 5 olmasıdır. Ters Osmos membranı ise Dow Filmtec BW30XRFLE-400/34 modelidir. Bu membran ise $37 m^2$ yüzey alanına sahiptir, maksimum $45^{\circ}C$ sıcaklıkta çalışabilir ve SDI limit değeri 5'tir. Dozaj pompaları Seko markadır. Dozaj miktarı manuel ayarlı, akış sensörlü ve zamanlayıcı fonksiyona sahiptir. Yüksek basınç pompaları ise Grundfos marka 0,45 kW gücündedir.

3.5. ÖLÇÜM METOTLARI

3.5.1. pH Ölçümü

Deneyleerde pH değerini belirlemek için WTW marka 3110 Set model numaralı portatif pH metre kullanılmıştır. Analizlerden önce 4,7 ve 10 NIST standartları ile cihaz kalibre edilmiştir.

3.5.2 İletkenlik Ölçümü

Deneyleerde iletkenlik ölçümleri için WTW marka COND 3110 Set 1 portatif iletkenlik ölçme cihazı kullanılmıştır.

3.5.3 Bulanıklık Tayini

Bulanıklık ölçümü Hach marka dr5000 model numaralı spektrofotometrede yapılmıştır.

3.5.4 SDI Ölçümü

Silt yoğunluk endeksi (SDI) ölçümleri için Lovibond marka ölçüm cihazı kullanılmıştır. Pilot arıtma ünitesinde istenilen yere monte edilen cihaz ile regülatöründen ayarlanan 2,5 psi basınç altında 0,45 mikron geçirgenliğe sahip filtrenin zamana karşı geçirgenliği ölçülmüştür.

3.5.5 KOİ Ölçümü

Kimyasal Oksijen İhtiyacı parametresi, kapalı reflux titrasyon yöntemi ile gerçekleştirilmiştir (Walter, 1961).

3.5.6 H₂O₂ Ölçümü

Fenton deneylerinde kullanılan H₂O₂'in ölçümü için Hach marka dr5000 spektrofotometre cihazı kullanılmıştır. (Zimbron ve Reardon, 2009).

3.5.7 Sıcaklık Ölçümü

Sıcaklık ölçümü için civalı termometre kullanılmıştır.

3.5.8 Absorbans Ölçümü

Atık su numunesinden alınan üst fazların dalga boyu taraması için hach marka dr5000 model numaralı spektrofotometre kullanılmıştır.

4. BULGULAR

İlaç üretim tesisinden kaynaklanan atık sular, ilk olarak pilot arıtım tesisinde doğrudan nanofiltrasyon membran sistemine verileren deşarj standartlarına kadar arıtılmaya çalışılmıştır.

4.1. PİLOT ARITMA ÜNİTESİNDE ARITIM DENEYİ

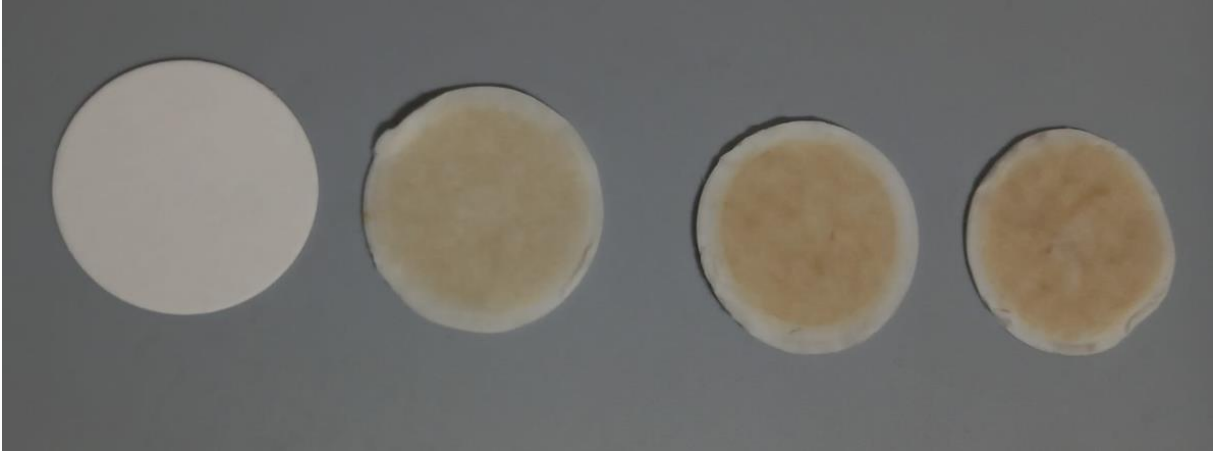
4.1.1. SDI Testi

Yapılan çalışmada numunesi alınan ilaç fabrikası atık suyu şekil 4.1'de şeması verilen pilot arıtma ünitesi ile nanofiltrasyon ve terz osmos membranlarında arıtılması düşünülmüştür. Buna istinaden atık suyun membranlara uygun olup olmadığının tespiti için SDI testi yapılmıştır.

SDI Testi, atık suyu filtre ederek, ilk ve belirli zaman sonra 100 ml suyu geçirme süreleri arasındaki farkı baz alarak bize katsayı veren bir testtir. Hesaplama formülü aşağıda verilmiştir;

$$SDI= \frac{(1-t_i/t_f).100}{T}$$

Bu denklemde t_i : 100 ml suyun geçmesi için gereken süre, t_f : 15 dakikada su akışından sonra 100 ml suyun geçmesi gereken toplam süre ve T : toplam geçen süreyi ifade etmektedir. Şekil 4.1'de yıldızlı gösterilen alanlardan yapılan SDI testi sonuçları Tablo 4.1 ve Tablo 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 SDI testinde kullanılan filtrelerin görünümü (sırasıyla 0,3; 5 ve 15. Dakikalar)

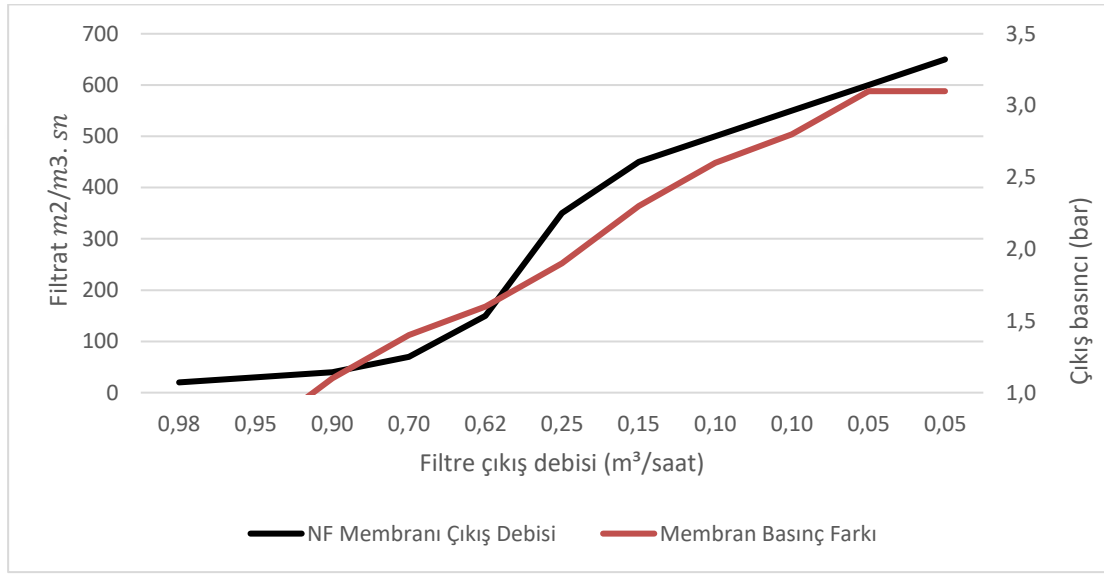
Yapılan SDI testinin sonuçları aşağıdaki gibidir (Tablo 4.1). SDI Değerinin 5'e yakın olması sebebiyle nanofiltrasyon membranlarında suyun arıtılabileceği düşünülmüştür.

Tablo 4.1 Ham atık suyun SDI testi sonuçları

Zaman	T _i	T _f	T	SDI
7.11.2022	3,1	23,2	15	5,8
8.11.2022	3,1	26,6	15	5,9
9.11.2022	3,2	26,4	15	5,9
10.11.2022	3,1	22,9	15	5,8
11.11.2022	3,1	24,2	15	5,8
14.11.2022	3,1	24,0	15	5,8
15.11.2022	3,1	24,6	15	5,8
16.11.2022	3,1	23,8	15	5,8
17.11.2022	3,0	26,4	15	5,9
18.11.2022	3,1	26,0	15	5,9
21.11.2022	3,1	26,5	15	5,9
22.11.2022	3,2	24,3	15	5,8
23.11.2022	3,1	24,0	15	5,8
24.11.2022	3,1	24,0	15	5,8
25.11.2022	3,1	26,2	15	5,9
28.11.2022	3,1	25,5	15	5,9
29.11.2022	3,0	26,2	15	5,9
30.11.2022	3,1	26,8	15	5,9
1.12.2022	3,1	26,0	15	5,9
2.12.2022	3,2	26,4	15	5,9

4.1.2 Nanofiltrasyon Membranları ile Arıtım Deneyi

SDI testi sonuçları, membranlar için arıtılabilirliğin maksimum değeri olan 5'e yakın olan atık su nanofiltrasyon membranlarına verilmiştir. Ancak arıtım sonrası görülmüştür ki ilaç atık suyu; pilot arıtım şemasında gösterilen nanofiltrasyon membranları ile arıtılmaya uygun değildir. Atık su ünitesinde koagülasyon yapılmadan arıtım denendiğinde membranlar kısa süre içerisinde tıkanmakta ve kullanılmamaktadır (Şekil 4.2) .



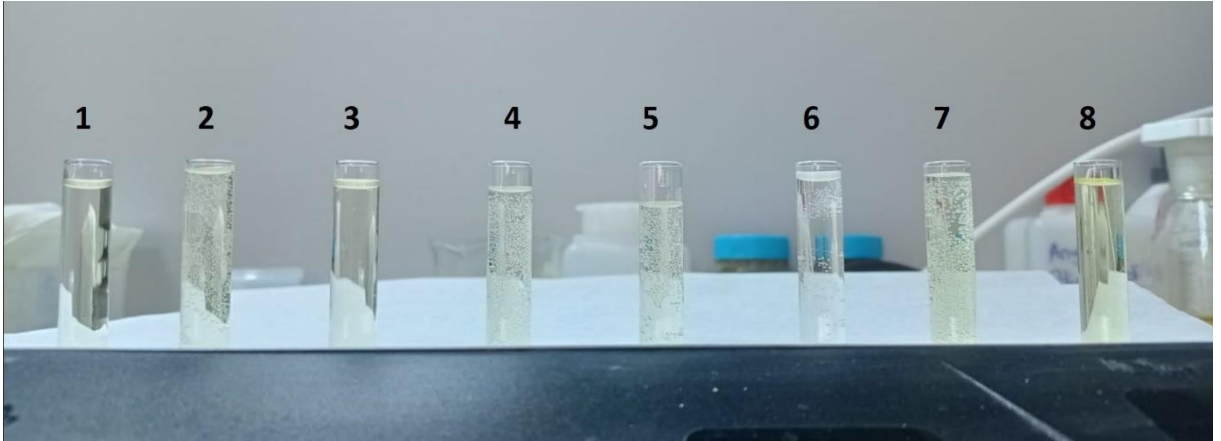
Şekil 4.2 Koagülasyon yapılmadan atık suyun filtrat değerleri

Buradan anlaşılmaktadır ki, atık su membranlara girmeden önce kolagülasyon işlemine tabi tutulmalıdır. Farklı pH'larda FeSO₄ konsantrasyonu değiştirilerek absorbans değerleri ölçülmüş ve sonuçlar aşağıdaki tabloda (Tablo 4.2) gösterilmiştir. Çamur miktarı çöken parçacıkların mezürde ölçümü ile belirlenmiştir.

Tablo 4.2 Farklı pH'larda FeSO₄ konsantrasyonu değiştirilerek atık suyun absorbans ölçüm sonuçları

FeSO ₄ (mg/L)	220 nm değeri	315 nm değeri	Çamur miktarı (ml)
500	2,6	0,98	32
500	2,4	1,01	32
500	2,35	1,05	34
500	2,8	1,8	38
1000	2,1	0,87	27
1000	2,08	0,99	29
1000	2,54	1,02	33
1000	2,87	1,65	39
2000	1,6	0,71	25
2000	1,8	0,79	32
2000	2	1,1	38
2000	2,35	1,05	40

Buna göre, atık su pH 3,5-4 aralığında 2000 mg/L konsantrasyonlarında en iyi sonucu vermektedir. Koagülasyon prosesinin pilot arıtım ünitesine entegrasyonu için çözünmüş hava flotasyonu prosesi (DAF) uygulanmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Farklı pH ve konsantrasyonlarda FeSO₄ ile koagüle edilmiş ve spektrofotometrede ölçüm için hazırlanmış atıksular

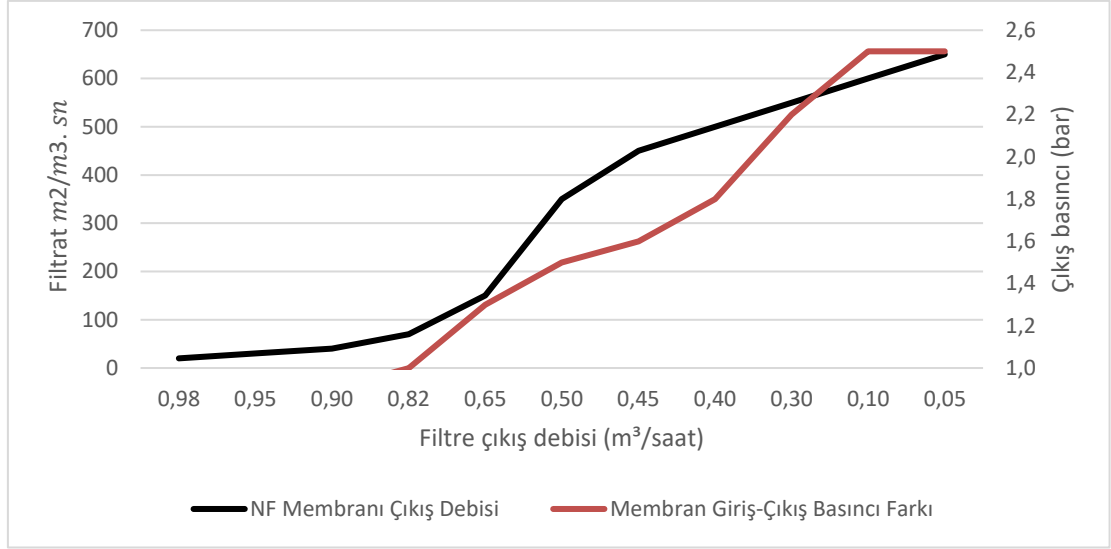
4.1.3 DAF Ünitesi, Nanofiltrasyon ve Ters Osmos Membranları ile Arıtım Deneyi

Optimum dozlarda FeSO₄ dozlanması ile çalıştırılan DAF ünitesi ve sonrasında ileri arıtım membranların arıtım için denenmiştir. İlk olarak DAF ünitesinden çıkan atık su için SDI testi yapılmıştır. Bu testin, koagülasyon olmadan yapılan testin sonuçları ile karşılaştırılması aşağıdaki tabloda (Tablo 4.3) gösterilmiştir.

Tablo 4.3 Atık su koagüle edildikten sonra DAF ünitesinden çıkan atık suyun SDI testi Sonuçları ve karşılaştırılması

Gün	Ti	Tf	T	SDI-2	SDI-1
1	3,2	10,1	15,0	4,6	5,8
2	3,1	9,5	15,0	4,5	5,9
3	3,4	10,5	15,0	4,5	5,9
4	3,2	10,0	15,0	4,5	5,8
5	3,1	10,2	15,0	4,6	5,8
6	3,1	9,2	15,0	4,4	5,8
7	3,1	10,3	15,0	4,7	5,8
8	3,3	10,4	15,0	4,6	5,8
9	3,2	10,8	15,0	4,7	5,9
10	3,2	10,1	15,0	4,6	5,9
11	3,1	10,6	15,0	4,7	5,9
12	3,3	10,5	15,0	4,6	5,8
13	3,5	11,5	15,0	4,6	5,8
14	3,2	10,0	15,0	4,5	5,8
15	3,2	9,3	15,0	4,4	5,9
16	3,1	6,0	15,0	3,2	5,9
17	3,0	6,5	15,0	3,6	5,9
18	3,3	10,2	15,0	4,5	5,9
19	3,1	10,6	15,0	4,7	5,9
20	3,0	10,0	15,0	4,7	5,9

Tablo 4.3’de; koagülasyon işleminden sonra SDI değerinde bir azalma görülmektedir. Bununla beraber nanofiltrasyon membranında ki filtrat değişimi Şekil 4.4’de gösterilmiştir. Buna göre 200 m³ atık su geçtikten sonra 0,50 m³ / saat debiye çalışma hızına inen membranların ömrü yaklaşık 2 kat artmıştır. Ancak yine de günde 10 m³ atık su debisine sahip olan bir tesiste nanofiltrasyon membranları 2 ay gibi kısa bir sürede tıkanmakta ve verimli arıtma yapamamaktadır.



Şekil 4.4 Koagülasyon ünitesi devreye alındıktan sonra filtrat değerleri

Koagülasyon prosesi devreye alındıktan sonra arıtma ünitesindeki üç önemli noktadan (atık suyun ham hali, DAF ünitesinden çıkmış hali ve nanofiltreden geçtikten sonra) numune alınmıştır. Tablo 4.4’de bu numunelerin ölçümlerine ait değerler gösterilmiştir.

Tablo 4.4 Koagülasyon uygulandıktan sonra atık su analiz sonuçları

Parametreler	1. Numune			2. Numune			3. Numune		
	Ham Atıksu	NF Girişi	Deşarj	Ham Atıksu	NF Girişi	Deşarj	Ham Atıksu	NF Girişi	Deşarj
pH	11,5	9,2	7,0	11,2	9,0	7,1	10,7	8,5	7,1
KOI	11020	9880	4302	11850	9504	6360	8180	7160	7030
AKM	93,6	29,4	<10	113,4	43,9	<10	108,6	40,4	<10
Yağ-Gres	<10	<10	<10	16,7	<10	<10	13,9	<10	<10

Bu tabloda da görüleceği üzere DAF ünitesinin devamında nanofiltrasyon ve ters osmos sistemlerinin entegresi sonucunda atık su deşarj standartlarına kadar arılamamaktadır. Sistem bu haliyle ham atık suda KOİ parametresinin gideriminde DAF tankında %10-12 verim ile , nanofiltrasyon membranında %10-13 verim ile, ters osmos membranında %10-15 verim ile çalışmaktadır.

4.1.4. Pilot Arıtma Ünitesinin Maliyet Analizi

Çalışma yapılan arıtma ünitesinde günde ortalama 10 m^3 atıksu arıtılmaktadır. Ünitenin kapasitesi saatte 1 m^3 tür. Ancak bu çalışmada yansıtıldığı üzere sistem sürekli saatte 1 m^3 hızında çalışmadığından günlük çalışma süresi 15 saate kadar çıkabilmektedir. Bununla beraber toplam değişim zamanı göz önüne alınarak ortalama zaman bulunmuştur. Arıtma ünitesi membran sistemi olduğundan çıkan süzüntü suyu bertaraf firmasına gönderilmektedir ve bu da bir maliyet oluşturmaktadır.

Enerji maliyeti incelenirken, yüksek basınç pompaları, besleme pompaları, sirkülasyon pompaları, DAF ünitesinin sıyırıcı motoru, DAF ünitesi hava karıştırıcı pompası, dozaj pompalarının ve hidrofor pompasının KW olarak gücü bulunmuştur. Günlük çalışma saatleri ve toplam kaç adet ekipman olduğu birim fiyat üzerinden çarpılmıştır. Birim fiyat, elektrik sağlayıcı firmanın şebeke fiyatıdır $1 \text{ KWH} = 0,06875 \text{ \$}$ 'dir. Birim fiyat ilaç üretim tesisinin elektrik faturasından alınmıştır.

Arıtma ünitesinde pH ayarlamak için sıvı NaOH ve HCl kullanılması planlanmıştır. Bunun yanı sıra atık su DAF ünitesine girmeden önce sırasıyla FeSO_4 ile koagülasyonun işlemi gerçekleştirilecektir. Tüm bu bilgilerle beraber maliyet tablosu aşağıdaki gibi (Tablo 4.5) hesaplanmıştır.

Tablo 4.5 Arıtma ünitesinin maliyet tablosu

ARITMA ÜNİTESİ MALİYETİ		
1	ENERJİ MALİYETİ	1,194
2	KİMYASAL MALİYETİ	0,235
3	İŞÇİLİK VE BAKIM MALİYETİ	1,150
TOPLAM ($\text{m}^3 / \text{lt} \text{ \$}$)		2,579

Pilot arıtım ünitesi göstermiştir ki, bu haliyle atık su arıtılmamakta ve sistem sürdürülebilir olmamaktadır. Atık su deşarj standartlarını KOİ parametresinin aşılması sebebiyle sağlayamamakta ve işletim maliyetleri bu haliyle bile çok yüksek çıkmaktadır. KOİ parametresinin düşürülmesi için fenton deneyleri yapılmıştır.

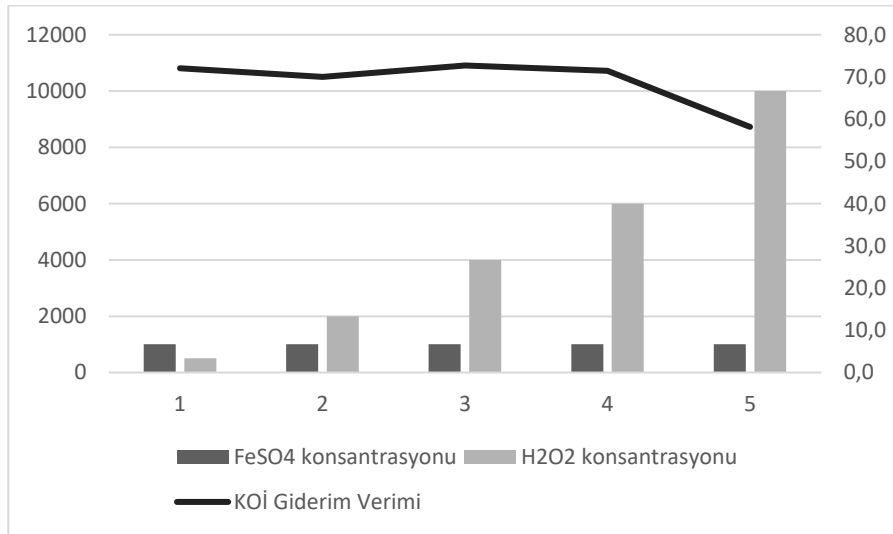
4.2. FENTON OKSİDASYONU İLE KOİ GİDERİM DENEYİ

Fenton deneyi, FeSO_4 ve H_2O_2 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Önce H_2SO_4 kullanılarak atıksuyun pH'ı asidik hale getirilmiştir. Daha sonra 40 °C'ye kadar ısıtılan atık suya kimyasallar eklenmiştir. 3 dakika hızlı 20 dakika yavaş karıştırmadan sonra pH'ı yükseltmek için 1 mol NaOH kullanılarak pH 8.0-8.5 seviyesine çıkarılmıştır.

İlk olarak optimum FeSO_4 ve H_2O_2 kimyasallarının doz miktarının bulunması için deneyler yapılmıştır. Aşağıdaki tabloda (Tablo 4.6), ham atık su KOİ değeri 11150 olan atık su için H_2O_2 miktarı sabit tutularak farklı FeSO_4 konsantrasyonlarında KOİ değeri ölçülmüştür. Daha sonra FeSO_4 konsantrasyonu sabit tutularak H_2O_2 değiştirilmiştir (Tablo 4.7). Bu deneylere ait KOİ giderim grafikleri aşağıdaki gibidir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6).

Tablo 4.6 Farklı H_2O_2 konsantrasyonlarında KOİ giderim verimi

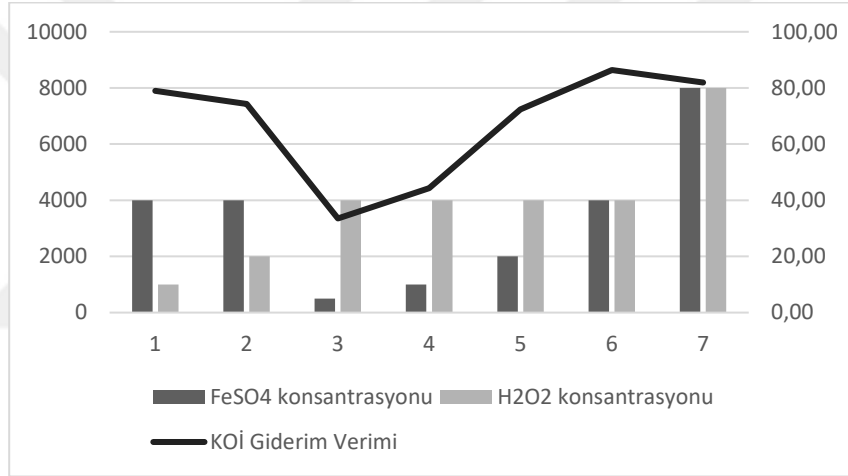
FeSO_4 (mg/L)	H_2O_2 (mg/L)	KOİ	% Giderim
1000	500	3075	72,0
1000	2000	3300	70,0
1000	4000	3000	72,7
1000	6000	3140	71,5
1000	10000	4600	58,2



Şekil 4.5 Farklı H_2O_2 konsantrasyonlarında KOİ giderim verimi grafiği

Tablo 4.7 Farklı FeSO₄ konsantrasyonlarında KOİ giderim verimi

FeSO ₄ (mg/L)	H ₂ O ₂ (mg/L)	KOİ	% Giderim
4000	1000	1950	78,92
4000	2000	2380	74,27
500	4000	6150	33,51
1000	4000	5150	44,32
2000	4000	2560	72,32
4000	4000	1260	86,38
8000	8000	1670	81,95



Şekil 4.6 Farklı FeSO₄ konsantrasyonlarında KOİ giderim verimi grafiği

Tablo 4.6 ve Tablo 4.7 göstermiştir ki, 4000 mg/L H₂O₂ ve 4000 mg/L FeSO₄ konsantrasyonları ile 4000 mg/L H₂O₂ ve 2000 mg/L FeSO₄ konsantrasyonlarında fenton prosesi en iyi verimle çalışmaktadır. Ancak optimum konsantrasyonlarda bile KOİ giderimi, deşarj standartlarını sağlamamaktadır. Dolayısıyla fenton prosesine ek olarak foto-fenton prosesi deneyleri yapılmıştır.

4.3. FOTO-FENTON İLE KOİ GİDERİM DENEYİ

Fenton Oksidasyonunun etkinliğini artırmak için bu etkinliğin UV ışığı altında yapılmasına Foto-Fenton prosesi denilmektedir (Üstün Odabaşı, 2017). Fenton prosesinden çıkan numuneler zaman parametresi değiştirilerek (1,2,3,4,5 saatlik bekletme için) Suntest cihazı kullanılarak 375 watt gücünde ışık kaynağı altında yapay güneş ışığına tabi tutulmuştur.

Suntest cihazında geçirilen süre esnasında sürekli olarak yavaş karıştırma yapılmıştır. Buradan çıkan numunelerden kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi ölçülmüştür.

Foto-Fenton deneylerinde en iyi KOİ veriminin bulunması için, fenton deneyinde farklı H₂O₂ ve FeSO₄ konsantrasyonları denenmiştir. Aşağıdaki tablolarda (Tablo 4.8, 4.9 ve 4.10) bu konsantrasyonlara ait KOİ ölçümleri verilmiştir.

Tablo 4.8 4000 mg/L FeSO₄ ve 4000 mg/L H₂O₂ konsantrasyonlarında Foto-Fenton deneyi sonuçları

Bekleme Saati	KOİ	Giderim Verimi %
Numune	9400	0
Fenton	1260	86,6
1	1200	87,2
2	1115	88,1
3	605	93,6
4	580	93,8
5	405	95,7

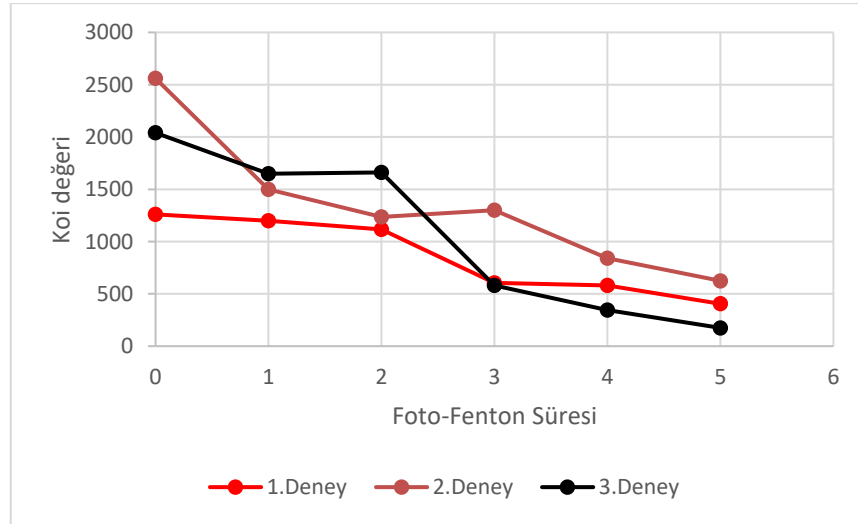
Tablo 4.9 4000 mg/L FeSO₄ ve 2000 mg/L H₂O₂ konsantrasyonlarında Foto-Fenton deneyi sonuçları

Bekleme Saati	KOİ	Giderim Verimi %
Numune	9400	0
Fenton	2560	72,8
1	1500	84,0
2	1235	86,9
3	1300	86,2
4	840	91,1
5	625	93,4

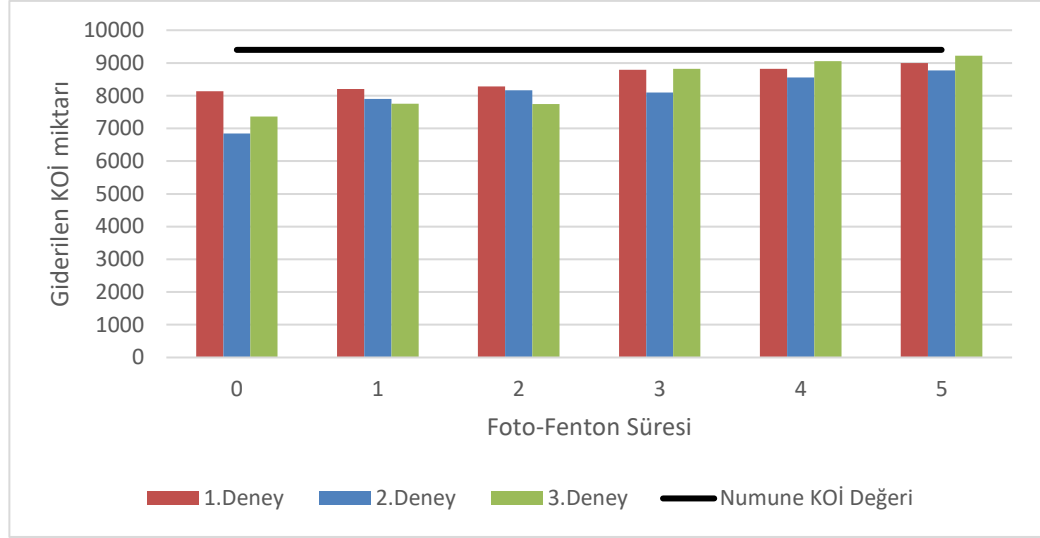
Tablo 4.10 4000 mg/L FeSO₄ ve 2000 mg/L H₂O₂ konsantrasyonlarında Foto-Fenton deneyi sonuçları

Bekleme Saati	KOİ	Giderim Verimi %
Numune	9400	0
Fenton	2040	78,3
1	1650	82,4
2	1660	82,3
3	580	93,8
4	345	96,3
5	175	98,1

Bu üç farklı konsantrasyon için KOİ giderim verim grafiği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 4000 mg/L FeSO₄ ve 4000 mg/L H₂O₂ (1. Deney), 4000 mg/L FeSO₄ ve 2000 mg/L H₂O₂ (2. Deney), 2000 mg/L FeSO₄ ve 2000 mg/L H₂O₂ (3. Deney) konsantrasyonlarının Foto-Fenton deneyi sonuçlarının karşılaştırılması

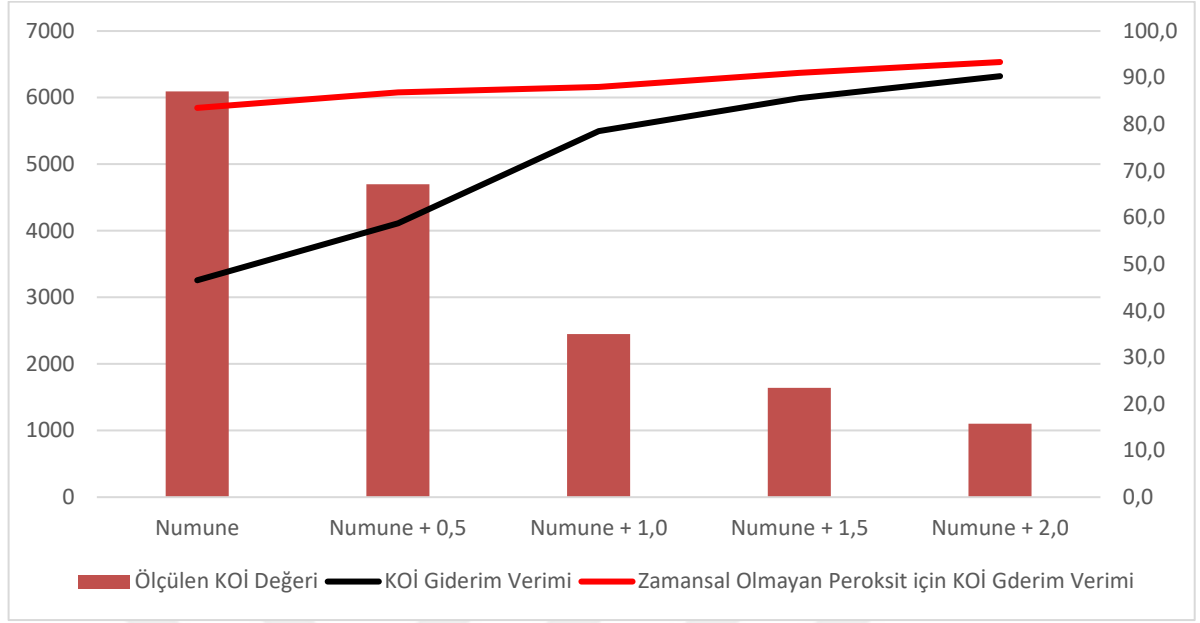


Şekil 4.8 4000 mg/L FeSO₄ ve 4000 mg/L H₂O₂ (1. Deney), 4000 mg/L FeSO₄ ve 2000 mg/L H₂O₂ (2. Deney), 2000 mg/L FeSO₄ ve 2000 mg/L H₂O₂ (3. Deney) konsantrasyonlarının KOİ giderim karşılaştırması

Bu sonuçlara istinaden bu konsantrasyonların tamamında atık su KOİ parametresinin deşarj standartlarına indirildiği görülmektedir (Şekil 4.8). Sistemin iyileştirilmesi ve H₂O₂'nin serbest radikalleri oksitleme etkisinin ölçülmesi amacıyla Foto-Fenton prosesinde H₂O₂ zamansal olarak eklenmiştir. 2000 mg/L H₂O₂ konsantrasyonu ve 2000 mg/L FeSO₄ konsantrasyonları ile başlanan deneyde her 1 saate 0,5 mg/L H₂O₂ eklenen deney için sonuçlar aşağıdaki gibidir (Tablo 4.11). Ayrıca Şekil 4.9'da zamansal olarak eklenen H₂O₂ ile doğrudan eklenen H₂O₂'in KOİ giderim verimi karşılaştırılmıştır.

Tablo 4.11 Zamansal olarak eklenen H₂O₂ 'nin KOİ giderim verimine etkisi

Numune	Foto-Fenton Süresi	KOİ miktarı	Giderim Verimi %
Ham su	0	11000	0
Numune	1	6095	46,5
Numune + 0,5	2	4700	58,8
Numune + 1,0	3	2450	78,5
Numune + 1,5	4	1640	85,6
Numune + 2,0	5	1104	90,3



Şekil 4.9 Zamansal eklenen H₂O₂'nin KOİ gideriminde etkisi ve Zamansal olmayan Foto-Fenton deneyi ile karşılaştırılması

Zamansal olarak eklenen H₂O₂'nin atık su için koi giderimi zamansal olarak artmaktadır. Ancak doğrudan eklenen H₂O₂ konsantrasyonu kadar etkili olmamaktadır (Şekil 4.9).

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

- SDI Test sonucundan elde edilen değerlere göre atık su membranların hızlıca tıkağından dolayı doğrudan nanofiltrasyon membranların da arıtılmak için uygun değildir. SDI test sonuçları 3'ten küçük ise arıtılabilir, 3-5 arasında ise arıtılabilir ancak iyileştirilmesi gereklidir, 5'ten büyük ise filtre arıtımına uygun değildir (Chen ve diğ., 2005). İkinci SDI testi düzeneğı DAF ünitesinden sonra nanofiltrasyon ünitesinden önceki boru hattına kurulmuştur. Buradan çıkan sonuçlar göstermiştir ki koagülasyon SDI değerlerini düşürmekte ve çalışmaktadır.
- Pilot arıtma ünitesinin yapılan maliyet analizine göre her bir m³ suyun arıtılması işletmeye 2,57 \$ maliyet getirmektedir (Tablo 4.3). Yapılan çalışmalar ilaç üretiminden kaynaklanan atık suyun koagülasyondan sonra sadece fiziksel arıtılmasıyla kimyasal oksijen ihtiyacı giderilememektedir. Yapılan bazı çalışmalar bunu destekleyen niteliktedir (Shi ve diğ., 2014) (Shi ve diğ., 2017). Bununla beraber elbette kombine arıtma sistemleri de kullanılmaktadır ve atık su rahatça deşarj edilecek seviyede arıtılabilmektedir (Feng, 2019).
- Deşarj limitlerine kadar kimyasal oksijen ihtiyacı parametresi arıtılmadığından laboratuvarda fenton deneyleri yapılmıştır. Bu çalışmalar esnasında farklı konsantrasyonlarda H₂O₂ ve FeSO₄ kullanılmıştır. Tablo 4.6 ve 4.7'de görüleceğı üzere fenton deneyinde KOİ giderimi %80 verime kadar arıtılmaktadır. Ülkemizde yapılmış bir başka çalışma ise ilaç atık suyu, yine aynı yöntem ile sürekli akımlı reaktörlerde arıtılması hususundadır. Bu çalışmanın neticesinde bazı ilaç atık sularında kesikli ve sürekli Fenton prosesinin etkin şekilde uygulanabileceğı ortaya çıkarılmıştır (Oral Ö.2018, *Sentetik ilaç atıksularının kesikli ve sürekli akımlı reaktörlerde fenton prosesi ile arıtımı: kinetik* Tez (Yüksek lisans, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi).
- Bu deneyler sonucunda 4000 mg/L konsantrasyonlarında H₂O₂ ve FeSO₄ ile en verimli çalıştığı gözlemlenen ve nihai arıtımı sadece fenton prosesi ile gerçekleşmeyen, KOİ değeri deşarj standartlarının altına inmeyen atık su için, arıtım deneylerinin devamında

suyla karışabilir organik maddelerin bilinen en iyi katalizör reaksiyonu olan Foto-Fenton oksidasyonu ile çalışmalar yapılmıştır. Sürecin ihtiyacı olan optimum pH, sıcaklık, H₂O₂ ve FeSO₄ miktarı ve reaksiyon zamanı ayarlandığında istenilen sonuçlar elde edilmektedir (Tablo 4.8, 4.9 ve 4.10). Çalışılan atık suda en büyük problemlerden biri olan KOİ parametresinin deşarj limitlerini aşması problemi de çözülmüştür.

- Foto-Fenton deneyinden elde edilen sonuca göre, bu atık su FeSO₄ ve H₂O₂ kullanılarak, optimum sıcaklık, pH ve karıştırma koşullarında Foto-Fenton prosesi ile arıtılabilmektedir. Atık suyun KOİ değeri %98,4 verimliliğe kadar arttırılmıştır. Bu haliyle atık su deşarj standartlarına uygun hale gelmiştir. Pilot arıtma ünitesine foto-fenton prosesi üniteleri eklendiğinde, atık su deşarj edilebilecektir. Ayrıca arıtılan bu su, bahçe ve peyzaj işleri, steril olmayan özellikle teknik alan yıkamaları gibi alanlarda kullanılabilir.
- Atık sudaki kirlilik yükünün üretim bölümlerinde ki yıkamalarda kullanılan solventler olduğu düşünülmektedir. İlaç üretiminden kaynaklanan atık suyun arıtılması planlandığında ilk olarak temizlik solventleri kullanım miktarı ve türevleri belirlenmelidir.
- Atık suyun arıtılması işleminde DAF sıyırıcı bölümünde özellikle kullanılan ve yine temizlik kimyasallarından kaynaklı olduğu düşünülen bir köpük oluşmaktadır. Sistemin çalışmasına olumsuz etki ettiğinden bu üniteye köpük engelleyiciler kullanılmalıdır.

KAYNAKLAR

Barnes K.K., Kolpin D.W., Furlong E.T., Zaugg M.T., Meyer M.T., Barber L.B.,2008, A national reconnaissance of pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States — I Groundwater. *Science of the total environment*, volume 402, Issues 2–3, p 192-200.

Buchholz, U.R., Szyszka, P., Bentele, G.,2015, Handbuch der Public Relations. *Interne Unternehmenskommunikation In: Fröhlich, Springer VS Wiesbaden.*

Caravaca-Sánchez, F., Barrera-Algarín, E., Pastor-Seller, E. y Sarasola-Sánchez-Serrano, J.L.,2019, Prevalencia y factores de riesgo asociados al síndrome de burnout entre los profesionales del trabajo social en servicios sociales municipales de España. *Trabajo Social Global – Global Social Work*, 9(17), 89-109.

Chen C.Q., Zheng L., Zhou J.L., Zhao H.,2017, Persistence and risk of antibiotic residues and antibiotic resistance genes in major mariculture sites in Southeast China. *Science of the Total Environment*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.075>.

Chen T.K., Ni C.H., Chan Y.C., Lu M.C., 2005. MBR/RO/ozone processes for TFT-LCD industrial wastewater treatment and recycling, *Water Science Technology*. 51(6-7):411-9.

Chung S., Brooks BW.,2019, Identifying household pharmaceutical waste characteristics and population behaviors in one of the most densely populated global cities, *Resources, Conservation & Recycling*, 140 p.(267- 77).

Feng X., Thompson SE., Woods R., Porporato A.,2019, Quantifying Asynchronicity of Precipitation and Potential Evapotranspiration in Mediterranean Climates, *Geophysical Research Letters*; vol 46, issue 24, p: 14692- 14701.

Focazio M.J., Kolpin D.W., Barnes K.K.,2008, A national reconnaissance for pharmaceuticals and other organic wastewater contaminants in the United States — II) Untreated drinking water sources. *Science of Total Environment*, p 201- 216.

Guercini S., Milanesi M., Mir-BernalP., Runfola A., 2020, Surfing the Waves of New Marketing in Luxury Fashion: The Case of Online Multi-brand Retailers, Spain. *Advances in Digital Marketing and e-Commerce*, p: 203-210.

Keriş, ÜD.,2008. *Yüksek koi içeriğine sahip ilaç sanayi atıksularının arıtılabilirlik çalışmaları*. Yüksek Lisans. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen bilimleri Enstitüsü.

Kilroy A.C., Gray N.F.,1992, The toxicity of four organic solvents commonly used in the pharmaceutical industry to activated sludge, *Water Research*, 1992; volume 26, Issue 7, July, p 887-892.

Levibond SDI Test Kit Instruction Manual, https://www.lovibond.com/ix_pim_assets/Wasseranalytik/Instruction_Manuals/Schnelltests/Standard_Test_Kits/56I013401_SDI/56I013401_gb.pdf Erişim Tarihi: 12.01.23.

Miller J.A.,1999, Ground water atlas of the United States: introduction and national summary.Hydrolic Atlas730, U.S. *Geological Survey, Office of ground Watwe*, Reston.

Morone, A., Mulay, P., & Kamble, S. P.,1999, Removal of pharmaceutical and personal care products from wastewater using advanced materials. *Pharmaceuticals and Personal Care Products: Waste Management and Treatment Technology*,173-212.

Mostafa, A.E.A., Ouf, M.S.,2018, Abdel Fatah, H.H. Evaluation of Using Waste Road Construction Materials with Additives in Warm Mix Asphalt. In: Struble, L., Tebaldi, G. (eds) *Materials for Sustainable Infrastructure. GeoMEast*, https://doi.org/10.1007/978-3-319-61633-9_22.

Noble J., GE ZeeWeed MBR., 2006, Technology for pharmaceutical wastewater treatment. *Membrane Technology*; vol 2006, issue 9, p 7-9. [https://doi.org/10.1016/S0958-2118\(06\)70790-X](https://doi.org/10.1016/S0958-2118(06)70790-X).

Oral ,Ö.,2018. *Sentetik ilaç atıksularının kesikli ve sürekli akımlı reaktörlerde fenton prosesi ile arıtımı: kinetik*, Yüksek Lisans, Çanakkale Onsekiz Mart Fen Bilimleri Enstitüsü.

Papadakis, E., Pedersen, S., Tula, A. K., Fedorova, M., Woodley, J. M., & Gani, R.,2017, Model-based design and analysis of glucose isomerization process operation, *Computers & Chemical Engineering*,98, 128-142. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2016.12.016>.

- Sánchez-Martín J., Beltrán-Heredia J., Gibello-Pérez. P.,2011, Adsorbent biopolymers from tannin extracts for water treatment,*Chemical Engineering Journal*, 1681241–1247.
- Sanderson, J.G., Diamond, J. & Pimm, S.L.,2011, Response to Collinset al., *Journal of Biogeography*; 38, 2397.
- Shi X., Lefebvre O, Ng KK, Ng HY., 2014, Sequential anaerobic–aerobic treatment of pharmaceutical wastewater with high salinity, *Bioresource Technology*; 153, 79–86.
- Shi X., Leong KY., Ng HY.,2017, Anaerobic treatment of pharmaceutical wastewater: A critical review, *Bioresource Technology*, volume 245, Part A, Pages 1238-1244. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.08.150>.
- Sismondo S.,2015, Ontological turns, turnoffs and roundabouts. *Social Studies of Science*;; 45(3):441-448.
- Strade, E., Kalniņa, D., Kulczycka, J. ater., 2020, Efficiency and Safe Re-use of Different Grades of Water - Topical Issues for the Pharmaceutical Industry. *Water Resources and Industry*, vol. 24.
- T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü, 2020, *İlaç Sektörü Raporu, Sektörel Raporlar ve Analizler Serisi*, [https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/IlaçSektorRaporu\(2020\).pdf](https://www.sanayi.gov.tr/assets/pdf/plan-program/IlaçSektorRaporu(2020).pdf), (Ziyaret tarihi: 14 Kasım 2022).
- Üstün Odabaşı, S., 2017, Fenton ve Fotofenton Prosesleri ile Atıksudaki Aspirinin Giderim Verimliliğinin Karşılaştırılması, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Cilt 6(ICOCEE 2017 Özel Sayı) 326-332 2017 DOI: 10.17100/nevbiltek.322564.
- Walter, WG., 1961. Standard methods for the examination of water and wastewater, *American Public Health Association*, Vol 51 No 6.
- Wang D.S., Zhu X.M., Yang X.F., Jiao R.Y., Zhao S., Song R.N., Lü M.H., Yang M.,2019, VOCs and odors control and development in pharmaceutical fermentation industry. *Huan Jing Ke Xue*, Apr 8;40(4):1990-1998. Chinese. doi: 10.13227/j.hjkx.201807107. PMID: 31087946.

Wu D.,Sui Q., Mei X.,YuX., Gu Y.,Zhao W.,2022, Non-antibiotics matter: Evidence from a one-year investigation of livestock wastewater from six farms in East China, *Science of The Total Environment*, vol 846.

Yeh, H. H., & Ghosh, I.M.1981, Selecting polymers for direct filtration, *Journal-American Water Works Association*; 73(4), 211-218.



EKLER

ÖZGEÇMİŞ



2601150417-Ender OZTURK

Yazar Elif ALTUNSU

Gönderim Tarihi: 12-Oca-2023 10:14AM (UTC+0300)

Gönderim Numarası: 1698682674

Dosya adı: EnderOzturkYITez.pdf (645.03K)

Kelime sayısı: 8461

Karakter sayısı: 52473

%9

BENZERLİK ENDEKSİ

%4

İNTERNET KAYNAKLARI

%0

YAYINLAR

%6

ÖĞRENCİ ÖDEVLERİ

BİRİNCİL KAYNAKLAR

1	Submitted to Istanbul Aydin University Öğrenci Ödevi	%4
2	acikbilim.yok.gov.tr İnternet Kaynağı	%2
3	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%1
4	Submitted to Canakkale Onsekiz Mart University Öğrenci Ödevi	<%1
5	Xia Yu, Qian Sui, Shuguang Lyu, Wentao Zhao, Jianguo Liu, Zhenxiao Cai, Gang Yu, Damia Barcelo. "Municipal Solid Waste Landfills: An Underestimated Source of Pharmaceutical and Personal Care Products in the Water Environment", Environmental Science & Technology, 2020 Yayın	<%1
6	repositorio.unesp.br İnternet Kaynağı	<%1

7	www.scribd.com İnternet Kaynağı	<% 1
8	oidp.net İnternet Kaynağı	<% 1
9	www.emo.org.tr İnternet Kaynağı	<% 1
10	www.sanayi.gov.tr İnternet Kaynağı	<% 1
11	dspace.balikesir.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
12	www.coursehero.com İnternet Kaynağı	<% 1
13	www.essays.se İnternet Kaynağı	<% 1
14	acikerisim.omu.edu.tr İnternet Kaynağı	<% 1
15	Kolb. Encyclopedia of Business Ethics and Society Yayın	<% 1

Alıntılarını ıkart

Kapat

Eşleşmeleri ıkar

Kapat

Bibliyografyayı ıkart

üzerinde