



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TAŞIT ENJEKTÖRÜ ÜRETEBİR FİRMADAN KAYNAKLANAN
ATIKSULARDA AZOT VE FOSFOR GİDERİM VERİMİNİN
ARTTIRILMASININ ARAŞTIRILMASI**

Şeyma CANBAZ

Doç. Dr. Taner YONAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2015

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Şeyma CANBAZ tarafından hazırlanan “Taşıt Enjektörü Üreten Bir Firmadan Kaynaklanan Atıksularda Azot Ve Fosfor Giderim Veriminin Arttırılmasının Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Taner YONAR

Başkan : Doç. Dr., Taner Yonar İmza
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. N. Kamil Salihoğlu İmza
Uludağ Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Üye : Yrd. Doç. Dr., Aşkın Birgül İmza
Bursa Teknik Üniversitesi
Doğa Bilimleri, Mimarlık ve
Mühendislik Fakültesi,
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR
Enstitü Müdürü
.././....(Tarih)

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

.././....

İmza

Şeyma CANBAZ

ÖZET

Yüksek Lisans

TAŞIT ENJEKTÖRÜ ÜRETEBİR FİRMADAN KAYNAKLANAN ATIKSULARDA AZOT VE FOSFOR GİDERİM VERİMİNİN ARTTIRILMASININ ARAŞTIRILMASI

Şeyma CANBAZ

Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Taner YONAR

İşletmenin atıksularında temel sorunları fosfor, azot ve yağ gres parametrelerinden kaynaklanmaktadır. Atıksu kaynakları ile ilgili değerlendirmeler yapıldığında en yüksek fosfor deşarj kaynağı fosfat kaplama tesisidir. Özellikle fosfat kaplamada kullanılan yoğun kimyasalların deşarjı bu sorunu daha da artırmaktadır. Diğer bir önemli fosfor kaynağı ise yağlı atıksulardır. Yağlı atıksular içerdikleri yağ-gres itibariyle hem fosfora hem yağ gres ve azot parametrelere olumsuz etki yaparak toplam giderim verimini düşürmektedir. Yağlı atıksular üretimde bulunan yıkama makinelerinden ve yemekhane atıksularından kaynaklanmaktadır. Evsel sularda bulunan el yıkama kimyasallarından da hem azot hem fosfor yükü gelmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucu mevcut sistemde $FeCl_3$ dozu olarak kullanılan 3000 ppm' in sisteme aşırı doz yüklemesi ve fosfor çöktürmesine negatif etkisi olduğu bulunmuştur. Demir III klorür ile yapılan çalışmalarda ham su giriş fosfor konsantrasyonu 402 mg/L iken 1500 ppm demir III klorür ile çöktürme sonucu %70-80 verim elde edilmiştir. PACS kimyasalı ile yapılan çalışmalarda ham su giriş fosfor konsantrasyonu 168 mg/L iken, 500 ppm PACS ile çöktürme sonucu %60-70 verim elde edilmiştir. Ayrıca alternatif kimyasal olarak denenen $MgCl_2$ ile çöktürme laboratuvar ortamında $FeCl_3$ ' ün verdiği verime yakın bulunmuş olup, ham su giriş fosfor konsantrasyonu 243 mg/L iken, $MgCl_2$, MgO , $Mg(OH)_2$ ile çöktürme sonucu sırasıyla %49, %33, %58 verim elde edilmiştir. Fakat sistemde kullanılmaya başlandığında istenilen verimliliğin sağlanmadığı gözlenmiş olup, gelen atıksu içerisinde amonyum miktarının değişkenlik gösterdiğinden bunun çökmeyi negatif etkilediği düşünülmektedir. Bu sebeple sistemde optimum $FeCl_3$ dozu ile işletilmesine karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Azot giderimi, fosfor giderimi, atık azaltımı, arıtma tesislerinde performans değerlendirmesi

2015, vii + 99 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

INVESTIGATION OF NITROGEN AND PHOSPHOROUS REMOVAL EFFICIENCY FROM VEHICLE INJECTOR FACTORY WASTEWATER

Şeyma CANBAZ

Uludağ University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Taner YONAR

The main problem of operation's waste water are caused by phosphorus, nitrogen and oil&grease parameters. According to reviews about waste water resources that the highest source of phosphorus discharge is the phosphate coating plant. Especially discharge of chemicals used in phosphate coating enhances this problem. Another important source of phosphorus is oily waste water. Oily waste water what contains oil-grease is making a negative impact on both phosphorus and nitrogen parameters reduces the overall removal efficiency. Oily waste water comes from washing machines in production system and canteen's waste water. Additionally, Nitrogen and phosphorus load comes from too domestic waste water that contains the hand-washing chemicals.

According to this research result, 3000 ppm that the dosage of FeCl_3 was found to be an overdose of system installation and the negative effect of phosphorus precipitation. The study about FeCl_3 , when the phosphorus concentration in the raw water was 402 mg/L, results precipitation of 1500 ppm FeCl_3 were obtained 70-80% yield. The study with PACS chemical when the phosphorus concentration in the raw water was 168 mg/L, results precipitation of 500 ppm PACS were obtained 60-70% yield. Also in the precipitation with MgCl_2 tested as an alternative chemical FeCl_3 's given by is found close to the yield, raw water inlet phosphorus concentration of 243 mg/L, while the MgCl_2 , MgO , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ respectively, 49%, 33% and 58% precipitation results was obtained. However, when introduced in the system, was not provide desired efficiency observed, it is considered that the negative effects that vary the amount of precipitation of ammonium in the waste water. Therefore, FeCl_3 optimum dosage take into operation.

Key words: Nitrogen removal, Phosphorus removal, waste reduction, wastewater treatment plant performance evaluation

2015, vii + 99 pages.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans ve tez çalışmam boyunca çok şey öğrendiğim, bana ve çalışmama bilgi birikimiyle katkıda bulunan, bende büyük emeği olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Taner YONAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen hocam Sayın Doç. Dr. N. Kamil SALIHOĞLU'na, laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımcı olan Araş. Gör. Özge SİVRİOĞLU'na en içten dileklerle teşekkürlerimi sunarım.

Proje kapsamında saha çalışmalarımı destekleyen, sayın Mustafa DRAMA'ya, Gülhan ÇAKAREL'e ve Özge EROL' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmem için bana her zaman destek olan aileme teşekkür ederim.

Ağustos 2015

Şeyma CANBAZ

Çevre Mühendisi

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	1
ABSTRACT	2
ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	4
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	7
ÇİZELGELER DİZİNİ	9
1. GİRİŞ	10
2. KAYNAK ÖZETLERİ	13
2.1. Atıksulardan Fosfor Giderme Yöntemleri	13
2.1.1. Fiziksel fosfor giderimi	15
2.1.2. Kimyasal fosfor giderimi.....	15
2.1.2.1. Kalsiyum tuzu şeklinde çöktürme	16
2.1.2.2. Demir tuzları ile çöktürme	18
2.1.2.3. Alüminyum tuzları ile çöktürme	19
2.1.2.4. Magnezyum amonyum fosfat (MAP, Struvit) çöktürmesi ile azot ve fosfor giderimi.....	20
2.1.3. Biyolojik fosfor giderimi.....	23
2.2. Atıksulardan Azot Giderme Yöntemleri.....	23
2.2.1. Fiziksel ve kimyasal azot giderimi	23
2.2.2. Biyolojik azot giderimi.....	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM	27
3.1. Arıtma Tesisi Mevcut Durumu	27
3.2. Deneysel Düzenek	40
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	41
4.1. Mevcut Kimyasal (FeCl ₃) ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları.....	41
4.2. PACS Kimyasalı ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları.....	48
4.3. Magnezyum Klorür (MgCl ₂) ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları.....	51
4.4. İşletmede Fosfor Ve Azot Parametrelerinin Kaynakları.....	59
4.4.1. Toplam fosfor parametresinin yüksek çıkmasına neden olan kaynaklar.....	59
4.4.2. TKN parametresinin yüksek çıkmasına neden olan kaynaklar	62

4.5. Tez Çalışması Kapsamında Önerilen İyileştirme Çalışmaları.....	73
4.5.1. Fosfor giderimi amacıyla yapılan çalışmalar	73
4.5.2. Azot giderimi amacıyla yapılan çalışmalar	77
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	89
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	99



KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
BOSB	Bursa Organize Sanayi Bölgesi
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Mg	Magnezyum
MgCl ₂	Magnezyum Klorür
MgO	Magnezyum Oksit
Mg(OH) ₂	Magnezyum Hidroksit
MAP	Magnezyum Amonyum Fosfat
NH ₄ -N	Amonyum Azotu
NH ₃ -N	Amonyak Azotu
PO ₄ -P	Fosfat Fosforu
TKN	Toplam Kjeldahl Azotu
FeCl ₃	Demir 3 Klorür
PACS	Polialüminyum Klorür Hidroksit Sülfat
AKM	Askıda Katı Madde

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.2. Kırılma noktası klorlaması eğrisi (Şengül ve Küçükgül, 1997)	25
Şekil 3.1. 1 nolu işletme atıksu arıtma tesisi P&I diyagramı.....	28
Şekil 3.2. 1 nolu işletme arıtma tesisi akım şeması	30
Şekil 3.3. 2 nolu işletme atıksu arıtma tesisi P&I diyagramı.....	33
Şekil 3.4. 2 nolu işletme arıtma tesisi akım şeması	34
Şekil 3.5. 4 nolu işletme atıksu arıtma tesisi P&I diyagramı.....	38
Şekil 3.6. 4 nolu işletme arıtma tesisi akım şeması	39
Şekil 4.1. FeCl ₃ için pH optimizasyon eğrisi	41
Şekil 4.2. Durulama suları (konsantre atıklar olmaksızın) yapılan jar test sonuçlarının şekilsel gösterimi (Ham su PO ₄ -P; 65,2 mg/L, pH:7,5).....	42
Şekil 4.3. Durulama sularında FeCl ₃ ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının gösterimi (soldan sağa, 100, 200, 300, 500, 1000 ve 3000 mg/L FeCl ₃ uygulanan beherler, pH:7,5)	42
Şekil 4.4. FeCl ₃ için pH optimizasyon eğrisi	44
Şekil 4.5. Konsantre + Durulama Sularında (0,5/1000 v/v oranında karışmış) yapılan Jar Test sonuçlarının şekilsel gösterimi (Ham su PO ₄ -P; 402 mg/L, pH:7,5)	44
Şekil 4.6. Konsantre + Durulama Sularında (0,5/1000 v/v oranında karışmış) FeCl ₃ ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının gösterimi (soldan sağa, 200, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000 mg/L FeCl ₃ uygulanan beherler (Ham su PO ₄ -P :402 mg/L, pH:7,5)	45
Şekil 4.7. FeCl ₃ ile yapılan çalışmalar sırasında çöktürme tankı görünümü	46
Şekil 4.8. Konsantre+durulama suyu 1500 mg/L FeCl ₃ tesis uygulaması çöktürme tankı görünümü	47
Şekil 4.9. Arıtma tesisi giriş çıkış suları arasındaki fark	48
Şekil 4.10. Durulama sularında PACS ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının gösterimi (soldan sağa, 25, 75, 100 ve 150 mg/L PACS uygulanan beherler, Ph:9).....	49
Şekil 4.11. Durulama sularında (konsantre atıklar olmaksızın) PACS ile yapılan jar test sonuçlarının şekilsel gösterimi (Ham su PO ₄ -P ; 80 mg/L)	49
Şekil 4.12. Konsantre+Durulama sularında PACS ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının gösterimi (soldan sağa, 250, 500 ve 750 mg/L PACS uygulanan beherler, pH:9-9,5)...	50
Şekil 4.13. Konsantre + durulama suyu 1500 mg/L PACS tesis uygulaması çöktürme tankı görünümü	51
Şekil 4.14. Çökeltmeler pH 9 – 9,5'ta Sırasıyla; MgOH ₂ – MgO (pH 11 de çökme sağlandı) – MgCl ₂ ile yapılmıştır	52
Şekil 4.15. Çökeltmeler pH 9'da sırasıyla MgCl ₂ – MgOH ₂ – MgO ile yapılmıştır	53
Şekil 4.16. Konsantre sularında MgCl ₂ için pH'a bağlı PO ₄ -P giderimi.....	54
Şekil 4.17. MgCl ₂ miktarına bağlı PO ₄ -P giderimi	55
Şekil 4.18. MgCl ₂ miktarına göre TKN giderimi	56
Şekil 4.19. İşletmenin fosfor kaynakları	59
Şekil 4.20. İşletmenin toplam kjeldahl azotu kaynakları.....	62

Şekil 4.21. 1 nolu işletmede bulunan yağ tutucu sistemi.....	63
Şekil 4.22. 2 nolu işletmede bulunan yağ tutucu sistemi.....	64
Şekil 4.23. Yemekhane yağ tutucu öncesi rögarda biriken yemek artıklarına ait görüntü	65
Şekil 4.24. ECM Atıksuyunun arıtma tesisine giriş akış şeması	69
Şekil 4.25. ECM prosesinde yapılan değişiklik	70
Şekil 4.26. ECM atıksuyunun arıtma tesisi çöktürme verimine etkisi.....	71
Şekil 4.27. ECM atıksuyunun arıtma tesisi çöktürme verimine etkisi.....	71
Şekil 4.28. Fosfat tesisinde kullanılan fosforik asitin bertarafa gönderilmesi.....	73
Şekil 4.29. Boş tambur otomasyonun 1 nolu işletme arıtma tesisi giriş suyu değerlerine etkisi	74
Şekil 4.30. Damlama süresi artışının damlama miktarına etkisi.....	75
Şekil 4.31. Kimyasal arıtmada yapılan program değişikliği ve kimyasal optimizasyonu	76
Şekil 4.32. Yemekhane giderlerine takılan süzgeçler.....	77
Şekil 4.33. HUBER katı atık ayırıcı sistemleri	78
Şekil 4.34. WAM Group TSF 3 yağ gres ve katı atık ayırıcı sistemi	79
Şekil 4.35. Yatay akışlı tambur elek görünümü.....	80
Şekil 4.36. Yağ ayırıcının boşaltılması işleminin fotoğrafla ve şematik gösterimi	81
Şekil 4.37. Vidanjör ile yağ ayırıcı temizliği	82
Şekil 4.38. Arıtma tesisi çıkışına klor dozajı şematik gösterimi.....	84
Şekil 4.39. Arıtma tesisi çıkışına klor dozajı şematik gösterimi.....	86
Şekil 5.1. 1 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında PO ₄ -P trend grafiği.....	90
Şekil 5.2. 2 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında PO ₄ -P trend grafiği.....	91
Şekil 5.3. 1 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında TKN trend grafiği.....	92
Şekil 5.4. 2 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında TKN trend grafiği.....	93
Şekil 5.5. 1 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında yağ gres trend grafiği	94
Şekil 5.6. 2 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında yağ gres trend grafiği	95

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1. Çeşitli arıtma proseslerinin fosfor giderimine etkileri (Tchonbanoglous ve Burton 1991)	14
Çizelge 3.1. 1 nolu işletme arıtma ve kanal çıkış mevcut durum	35
Çizelge 3.2. 2 nolu işletme arıtma ve kanal çıkış mevcut durum	35
Çizelge 4.1. FeCl ₃ ve konsantre asit pompası optimizasyonu fayda maliyet analizi.....	43
Çizelge 4.2. Jar testi ile yapılan çökeltim sonuçları(Ham Su : 243 mg/L PO ₄ -P,323 mg/L TKN)	52
Çizelge 4.3. Jar testi ile yapılan çökeltim sonuçları (Ham su : 550 mg PO ₄ -P, 39,5 mg/L TKN)	53
Çizelge 4.4. 500 ppm dozda pH 6-7-8-9 için PO ₄ -P değerleri (Ham su :1500 ppm PO ₄ -P)	54
Çizelge 4.5. pH 9'da farklı dozlarda PO ₄ -P, TKN değerleri.....	55
Çizelge 4.6. Fosfor Giderimi İçin Yapılan Doz Denemelerine Ait Sonuçlar	58
Çizelge 4.7. 1 nolu işletme durulama sularına ait 23.01.2014 tarihli akredite analiz sonucu	60
Çizelge 4.8. Fosfat tesisi banyoları analiz sonucu	61
Çizelge 4.9. Yağlı atıksu arıtma tesisi çıkış suları analiz sonucu	63
Çizelge 4.10. 1 nolu işletme yemekhane suları yağ tutucu çıkış suları analiz sonucu ...	66
Çizelge 4.11. 1 nolu işletme yemekhane yağ tutucu performansı	67
Çizelge 4.12. 1 nolu işletme yağlı atıksu arıtma tesisi giderim performansı	67
Çizelge 4.13. 1 nolu işletme durulama suyu atıksu arıtma tesisi giderim performansı ..	68
Çizelge 4.14. 1 nolu işletme durulama suyu atıksu arıtma tesisi giderim performansı ..	72
Çizelge 4.15. Katı atık tutucu önerilerin yatırım maliyetleri karşılaştırılması	81
Çizelge 4.16. Sodyum Hipoklorit Dozlaması Planlanan Yerler Ve Dozlama Miktarları	85
Çizelge 4.17. Sodyum hipoklorit dozlaması sonucu elde edilen çıkış değerleri ve giderim verimleri.....	85
Çizelge 4.18. İyileştirme çalışmaları kazanç maliyetleri	87
Çizelge 4.19. İyileştirme çalışmaları masrafları	87
Çizelge 4.20. 1 ve 2 nolu işletmelerde atıksuya ödenen bedeller	88
Çizelge 4.21. 1 ve 2 nolu işletmelerde yapılan iyileştirmeler	88

1. GİRİŞ

Planlı kalkınmanın bir gereği olarak geliştirilmiş olan Organize Sanayi Bölgeleri ülkemizde sanayileşmenin çevreye vereceği zararı en az zarara indirebilmek açısından en uygun modeldir. Organize Sanayi Bölgeleri modeli ülkemizin planlı kalkınma anlayışı içerisinde takip ettiği bir sanayileşme şeklidir. Her ne kadar kuruluş, tip ve organizasyon olarak farklılıklar görülse de sanayi bölgeleri belli bir coğrafi bölgede işletmelere yönelik belirlenmiş yargı ve yetki haklarını elinde bulunduran tek bir otorite tarafından yönetilen, çeşitli sanayiler tarafından oluşturulmuş bölgelerdir. Sanayi bölgeleri altyapı maliyetini düşürüp mahalli ve bölge ekonomisini hareketlendiren endüstriyel gelişim için etkili bir araçtır. Bu yönden bakılacak olursa sanayi bölgeleri toplumlara ekonomik ve sosyal yararlar sağlamaktadır. Fakat diğer yandan çevreye zararlı etkiler bırakarak toplumlara sağlık ve güvenlik tehlikeleri de yaratabilmektedirler (Toröz ve ark. 1995).

Sanayi tesislerinden çıkan atıksuları uzaklaştırmanın en basit yolu kanalizasyon sistemine boşaltmaktır. Bununla birlikte sanayi atıksularının deşarj edildikleri kanalizasyon şebekesine evsel ve endüstriyel atıksuların birlikte arıtıldığı arıtma tesislerine ve bu yapıları kontrol eden ve temizleyen personele zarar vermeyecek nitelikte olması gerekir. Bu hususlar dikkate alındığında sanayi atıksularının henüz kaynağında bir ön arıtma yapılması hem atıksu kaynağı hem de deşarj ortamı açısından fayda sağlayacaktır (Eroğlu ve ark. 1997).

Organize sanayi bölgelerinde bulunan endüstriler atıksularını, organize sanayi bölgelerinin belirlediği limitlere göre kanalizasyona verir ve bu atıksular organize sanayi bölgesi arıtma tesisinde tekrar arıtılarak yüzeysel sulara deşarj edilmektedir. Bursa organize sanayi bölgesinde bulunan Taşıt enjektörü üreten firma'de BOSB'nin deşarj limitlerine tabidir, bu değerler içerisinde fosfor, azot ve zaman zaman yağ gres parametrelerinde limit aşımı söz konusudur.

Taşıt Enjektörü üreten firmanın deşarj limitlerinden yüksek çıkan parametreler için ödenen atıksu bedelinde organize sanayi bölgesinin zamma gitmesi sonucu yıllık

ödenen bedelin çok yüksek olmasından ötürü, iyileştirme çalışması yapılarak bu bedelin düşürülmesinin araştırılmasını istemesinden dolayı bu proje başlatılmış olup, bu kapsamda;

- Taşıt Enjektörü üreten firma, Bursa lokasyonlarında bulunan 1 nolu işletme ve 2 nolu işletmelerinden kaynaklanan atıksuların deşarj limitlerinden yüksek çıkan başta azot ve fosfor olmak üzere tüm parametrelerin deşarj limitlerine indirilmesi için alınacak önlemlerin araştırılması,
- 1 nolu işletme ve 2 nolu işletme fabrikalarının bütün atıksu kaynaklarına ait mevcut envanterin tekrar değerlendirilerek oluşturulması,
- Mevcut atıksu kaynaklarıyla, sorun olabileceği düşünülen ve gözden kaçmış olabilecek atıksu kaynaklarının analiz edilmesi,
- İşletmede özellikle azot, fosfor ve yağ-gres parametreleri başta olmak üzere deşarjda dikkat çekebilecek diğer parametrelerin kaynağına yönelik girdilerin ortaya konması evsel kaynaklarla endüstriyel kaynakların irdelenmesi,
- Mevcut arıtma sistemlerinin incelenerek proseslerin verimliliğinin (özellikle fosfor, TKN ve yağ-gres başta olmak üzere) irdelenmesi, noktasal veya bütünsel yaklaşımların ortaya konabileceği alternatif çözümlerin belirlenmesi,
- İncelenmesi ve çözümü birincil olarak hedeflenen azot ve fosforun kaynak bazlı veya ortak çözüm yollarının belirlenmesi,
- Belirlenen yöntemlerin arıtılabilirlik çalışmalarının yapılması
- İrdelenen mevcut arıtma sistemlerinin incelenerek proseslerin (özellikle fosfor, TKN ve yağ-gres başta olmak üzere) optimize edilmesi,
- Fosfor deşarjının ana kaynaklarından olan Fosfat tesisindeki atıksu yükünün azaltılması, kullanılan kimyasal yükünün imkanlar dahilinde düşürülmesinin araştırılması ve fosfatın ticari bir ürün olarak geri kazanımının araştırılması,
- Ana azot kaynaklarından olan yemekhane çıkış sularının arıtma sisteminin optimizasyonunun sağlanması, yemekhane çıkış rögarlarında bulunan yemek

artıklarının kaynağında çözümü için öneride bulunmak yada kaynağında çözülemiyorsa mevcut rögarları düzenli olarak temizleyecek bir sistem önerilmesi,

- Üç işletme için, günümüz teknolojisi (Best Available Technology esasına dayalı olarak) ile en ekonomik ve en yüksek verimde sonuç verecek uygun çözüm veya çözümlerin ortaya konması çalışmaları yapılmış olup,

Tez kapsamında, öncelikle alternatif azot ve fosfor giderme yöntemleri hakkında kısaca bilgi sunulmuş daha sonra mevcut sistem anlatılmış ve deneysel çalışmalara geçilmiştir. Son bölümde ise sonuçlar değerlendirilmiştir.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

Atıksulardan nütrient (azot ve fosfor) giderimi her geçen gün önem kazanmaktadır. Azot ve fosfor, daha ucuz olması nedeniyle genel olarak biyolojik yöntemler ile giderilmektedir. Fakat azot ve fosforun biyolojik arıtma yöntemleri ile istenilen seviyelere düşürülmesinde ve bu sistemlerin işletilmesinde sorunlarla karşılaşmaktadır. Bu nedenle özellikle endüstriyel atıksuların arıtımında fiziko-kimyasal yöntemler önem kazanmıştır (Yiğit 2013).

2.1. Atıksulardan Fosfor Giderme Yöntemleri

Fosfor; ortofosfat, kondense fosfat ve organik fosfat formunda bulunmaktadır. Atıksuda ortalama toplam fosfor konsantrasyonu 5-20 mg P/l aralığındadır (Bitton 1994).

Ortofosfatlar parçalanma olmaksızın biyolojik metabolizmaya alınabilmelerine karşılık polifosfatlar, iki veya daha fazla fosfor, oksijen ve bazı durumlarda hidrojen atomlarıyla kompleks bir molekül şeklindedir (Tchonbanoglous ve Burton 1991).

Atıksudan fosfat giderimi için geliştirilmiş birçok yöntem mevcuttur. Fosfor giderimi; kimyasal çöktürme, biyolojik ya da kimyasal ve biyolojik yöntemlerin birlikte uygulanmasıyla sağlanabilir (Öztürk 2006). Atıksularda çözünmemiş halde olan fosforun %10'una karşılık gelen katı formdaki fosfor ön çöktürme ile giderilir (Öztürk vd. 2005).

Farklı arıtma sistemlerinin fosfor giderimine etkileri tabloda verilmiştir.

Çizelge 2.1. Çeşitli arıtma proseslerinin fosfor giderimine etkileri (Tchonbanoglous ve Burton 1991)

Arıtma İşlem ve Prosesleri	Fosfor Giderimi (%)
Konvansiyonel	
Birinci kademe	10-20
Aktif çamur	10-25
Damlatmalı filtre	8-12
Döner biyolojik disk	8-12
Yalnız Biyolojik Fosfor Giderimi	
Ana akımda arıtım	70-90
Yan akımda arıtım	70-90
Birleşik biyolojik azot ve fosfor giderimi	70-90
Kimyasal Giderim	
Metal tuzları ile çöktürme	70-90
Kireç ile çöktürme	70-90
Fiziksel Giderim	
Filtrasyon	20-50
Ters osmoz	90-100
Karbon adsorpsiyonu	10-30

Atıksuda fosfor gideriminde her sistem aynı oranda verim sağlamamaktadır. Kullanılacak maddelerin kolay elde edilebilir, optimum verim minimum maliyette olması istenir (Divriklioğlu 1994).

Fiziko-kimyasal yöntemlerin biyolojik yöntemlere göre en önemli avantajları; ilk yatırım maliyetlerinin az olması, kontrolünün daha kolay olması ve işletmeye alma süresinin çok kısa olmasıdır.

2.1.1. Fiziksel fosfor giderimi

Atıksulardan fiziksel fosfor giderme yöntemleri içerisinde; ters osmoz, elektroliz, ultrafiltrasyon, iyon değiştirme ve adsorpsiyon olarak sıralanabilir (Tchonbanoglous ve Burton 1991).

Özellikle toz alüminyum oksit (Huang 1977), cüruf (Yamada vd. 1986), uçucu kül (Tsitouridou ve Greorgiou 1988), yarı yakılmış dolomit (Roques vd. 1991) ve fındık kabuğundan hazırlanan aktif karbon (Bhargava ve Shalderkar 1993) ile yapılan çalışmalardan atıksudan fosfat gideriminde %60-70 verim elde edilmiştir (Öztürk 2006).

2.1.2. Kimyasal fosfor giderimi

Kimyasal fosfor giderimi bir çökeltme işlemine dayanır. Çökeltme işleminin gerçekleşmesi için önemli bazı parametreler ortamın pH'sı ve sudaki fosfor miktarıdır.

Kimyasal çökeltmede ilk etki ortofosfatın metal katyonlarıyla birleşmesi şeklinde olmaktadır. Polifosfatlar ve organik fosfor bileşikleri flok partikülleri üzerinde adsorblanarak giderilmektedir (Henze vd. 1996).

Çeşitli organik ve/veya inorganik kimyasallar ekleyerek kolloid parçacıkların durağan hallerinin bozulması ve sonuçta tek başına çökmeyen bu parçacıkların bir araya gelerek kolayca çökebilen kümeler haline dönüşmesi işleminin bütünü koagülasyon ve flokülasyon olarak tanımlanır (Faust ve Aly 1980).

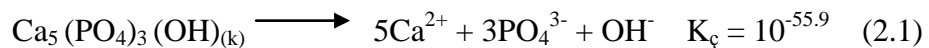
Kolloidler, tanecik yapıyı oluşturan moleküllerin uç kısmında bulunan reaktif grupların ayrışması veya su ortamında bulunan iyonların tanecik yüzeyinde adsorplanması ile

meydana gelen ve birincil yük olarak adlandırılan bir elektriksel yüke sahiptir. Atıksu arıtımında karşılaşılan kolloidlerin çoğunun birincil yükü negatiftir. İçinde kolloid parçacıkların bulunduğu bir su kütesinin net bir elektrik yükü yoktur. Bu nedenle (-) yüklü kolloid parçacıklar su kütesi içerisindeki (+) yüklerle dengelenmektedir. Bu denge nedeniyle, kolloidler birbirlerine yaklaşamaz ve durağan halde kalırlar. Koagülasyon işlemi, parçacıkların birbirlerinden uzak durmasını sağlayan bu kuvvetlerin nötralize edilmesiyle kolloid stabilizasyonunun bozulmasıdır. Katyonik koagülantlar atıksu ortamında pozitif elektrik yükü sağlayarak kolloidler üzerindeki negatif yükü (zeta potansiyeli) azaltırlar. Sonuçta, kolloid parçacıklar flok olarak adlandırılan daha büyük parçacıklar oluşturmak üzere çarpışırlar. Koagülasyon işlemi, atıksu arıtma tesislerinin en önemli aşamasıdır ve sadece kolloidlerin destabilizasyonunu değil, aynı zamanda bazı ağır metallerin ve florürün uzaklaştırılmasını da sağlar (Ali ve Jain 2005).

Fosfor gideriminde en yaygın kullanılan metal tuzları demir klorür ve alüminyum sülfat yanı sıra polimerlerde metal tuzları ile kullanılabilir. Kireç çok daha fazla çamur oluşturduğu için metal tuzları kadar yaygın kullanılmaz (Öztürk 2008, Demirbaş 2012).

2.1.2.1. Kalsiyum tuzu şeklinde çöktürme

Fosfor gideriminde kullanılan en yaygın yöntem, kalsiyum tuzu şeklinde çöktürmedir. Suyu katıldığında hidroksiapatit oluşur (Tchobanoglous ve ark. 2003). Kalsiyum, fosfat ile birlikte çok sayıda çözünmeyen tuz oluşturmaktadır (Tünay ve Kabdaşlı 2011). Oluşan tuzlardan pH 7'nin üstünde termodinamik olarak kararlı yapıda olanlar kalsiyum hidroksiapatitlerdir.



Kalsiyum hidroksiapatitin çözünürlüğü çok azdır. Bu nedenle su ve atıksularda bulunan fosfor konsantrasyonu hidroksiapatit ile kolayca uzaklaştırılabilir (Tünay ve Kabdaşlı 2011).

Su ve atıksuda bulunan farklı maddeler çökelen katı fazın oluşumunda inhibisyon yapabilmektedir. Bu etkinin yüzey kompleksleri sebebi ile oluştuğu düşünülmektedir. Kalsiyumun fosfat ve çeşitli organik maddelerle yaptığı fosfatlar fosfat çözünürlüğünü artırmaktadır. Suyun alkalitesi, ilave edilen kalsiyumu kalsiyum karbonat olarak çöktürür ve kireç ihtiyacını artırabilmektedir. Bu oluşumlar fosfat çöktürmesinde dikkate alınması gereken oluşumlardır. Yüksek verim sağlanması için kalsiyum dozajının artırılarak aşırı doygunluğun artırılması ve yüksek pH'larda çalışılması (genelde pH 10 ve üzerinde) kullanılan yaygın uygulamalardır (Tünay ve Kabdaşlı 2011).

Çöktürme amacıyla sönmüş kireç kullanıldığında öncelikle, atıksuda bulunan CO_2 , NH_4^+ , H_2PO_4 ve HCO_3^- kirece karşı asidik reaksiyon verip nötrale olurlar. Reaksiyonların gerçekleşmesi için gereken kireç miktarı 300 - 400 mg/L CaO olarak belirtilmiştir. pH'nın artması çöktürme verimini etkileyeceği için fosfor giderme verimi hidroksil iyonu artışına göre değişmektedir. Çökeltme 8-11 pH aralığında gerçekleşir (Tchobanoglous ve ark. 2003).

Ca(OH)_2 kullanılarak uygulanan hidroksit çöktürmesi metal içeren endüstriyel atıksuların arıtılmasında oldukça sık kullanılan bir yöntemdir. Düşük maliyeti, arıtmadaki etkinliği ve pompalanabilir olmasından dolayı, Ca(OH)_2 yaygın olarak kullanılmaktadır. Büyük miktarda oluşan Ca(OH)_2 çamuru sistemin başlıca dezavantajı olarak ortaya çıkmaktadır. NaOH kullanılarak uygulanan hidroksit çöktürmesi ise Ca(OH)_2 ile çöktürmeye göre daha pahalı olup, oluşan çamurun bertarafı daha kolaydır (Palmer ve ark. 1987).

2.1.2.2. Demir tuzları ile çöktürme

Fosfor çöktürümünde kullanılan diğer kimyasal demir tuzlarıdır. Demirin hem II hem III değerlikli tuzları, fosfat çöktürmesi için kullanılabilir (Tünay ve Kabdaşlı 2011). Demir III fosfat ile farklı katı fazlar oluşturulmaktadır. Oluşan katı faz pH ve demir dozajına bağlıdır.



Demir III halinde fosfor bağlanması alüminyuma göre daha etkin olduğundan, demirle çöktürme daha verimli kabul edilmektedir (Tünay ve Kabdaşlı 2011).

Amuda ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada mezbaha atıksularının koagülasyon-flokülasyon yöntemi ile arıtımını incelemişlerdir. Arıtma performansları KOİ, AKM ve Toplam Fosfor parametreleri üzerinden izlenmiştir. Koagülant olarak alüm, demir (III) klorür ve demir sülfat kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda koagülant olarak kullanılan alüm toplam fosfor ve askıda katı madde gideriminde daha etkili olurken, demir sülfat KOİ gideriminde en etkili sonucu vermiştir. Alüm 750 mg/L dozda %45 toplam fosfor giderimi sağlamıştır.

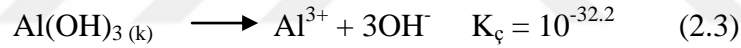
Şanlı (2006) çalışmasında, deri sanayilerine ait olan merkezi atıksu arıtma tesisinin ön çöktürme atıksuyunda farklı kimyasal koagülant maddeler kullanılarak kimyasal koagülasyon ile arıtılabilirlik çalışmalarının yanında, ön çöktürme ve son çöktürme havuz çıkış atıksuları elektrokimyasal metodlardan biri olan elektrokoagülasyon ile arıtılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla kimyasal koagülasyon deneylerinde $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ tuzları koagülant olarak kullanılmıştır. Arıtım verimi üzerine koagülant dozajı ve pH etkisi incelenmiştir. Elektrokoagülasyon’ da demir elektrodlar kullanılarak; COD, TS, TCr, $\text{NH}_3\text{-N}$, AKM giderimi üzerine akım yoğunluğu ve zaman gibi parametrelerin etkisi araştırılmıştır. Elektrokoagülasyon uygulamaları sonunda ön çöktürme atıksuların da %60 AKM ve %30 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Son çöktürme atıksuyun da ise %85 AKM ve %35 KOİ giderim verimi elde edilmiştir. Her iki atıksuda da %20’lerde amonyak azotu

(NH₃-N) giderimi elde edilmiştir. Son çöktürme havuzu çıkış atıksuları bir zeolit türü olan clinoptilolit kullanılarak farklı zaman ve pH değerlerinde NH₃-N giderimi araştırılmıştır. Atıksu pH = 7-9 ve 15 dakikalık bir adsorpsiyon süresinde yaklaşık 16 mg NH₃-N /g zeolit adsorpsiyonu sağlanmış olup, son çöktürme atıksuyu NH₃-N' nun %40'ı giderilmiştir.

2.1.2.3. Alüminyum tuzları ile çöktürme

Bir diğer fosfor çöktürmek için kullanılan kimyasal alüminyum tuzlarıdır. Alüminyum tuzları suya eklendiğinde Al³⁺ iyonu yanında su ile reaksiyona girerek çok sayıda hidroksokompleks oluşturmaktadır (Tünay ve Kabdaşlı 2011).

Monomer türlerin yanında polimer yapıda alüminyum hidroksokompleksleri de oluşturmaktadır. Polimer yapıda oluşan alüminyum hidroksokomplekslerden bazıları AlOH²⁺, Al(OH₄)⁻, [Al₆(OH)₁₅]³⁺, [Al₇(OH)₁₇]⁴⁺ dir. Bunların yanında Al(OH)₃ amorf katı fazı çökmektedir.



Amorf yapıda olan alüminyum hidroksitin çözünürlüğü kompleks oluşumu ile artarken, katı hidroksit fazı ile azalmaktadır (Tünay ve Kabdaşlı 2011). Kompleks oluşumu başta pH olmak üzere çözelti koşullarına bağlıdır. Alüminyum fosfat ile çözünürlüğü az olan alüminyum fosfat katı fazını oluşturmaktadır.



Bu katı fazın oluşumu düşük pH'larda gerçekleşmektedir. Bu nedenle pH 5'in üstünde yürütülen alüminyum ile fosfat çöktürülmesinde AlPO₄ katı fazının oluşumu rol oynamaktadır (Tünay ve Kabdaşlı 2011). Alüminyum hidroksit orto ve kondanse fosfatları adsorplama özelliğine sahiptir (Tünay ve Kabdaşlı 2011).

2.1.2.4. Magnezyum amonyum fosfat (MAP, Struvit) çöktürmesi ile azot ve fosfor giderimi

Azot ve fosfor gideriminde diğer yöntemlere göre uygulama kolaylığı olan, yüksek oranda amonyak azotu ve fosfat giderebilen MAP çöktürmesi iyi bir alternatiftir (Schuilling ve Andrade 1999).

Magnezyum, amonyum ve fosfatın eşit molar konsantrasyonundan oluşan MAP ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), beyaz renkli, kristal yapıda, inorganik bir maddedir. MAP oluşum denklemi aşağıdaki gibidir:



Bu denklem karmaşık MAP çöktürmesini basit olarak göstermektedir (James ve Simon 2002).

MAP prosesi sonucu oluşan çamur, magnezyum, amonyum ve fosfatın eşit molar derişiminde oluşan beyaz renkli, kristal yapıda inorganik bir maddedir (Kıvanç 2011). MAP'ı oluşturan iyonların konsantrasyonları pH'ın bir fonksiyonudur ve bu çöktürme pH'a bağlı bir prosestir (Özcan 2001). MAP çöktürmesi ile yapılan çalışmalarda pH'ın proses verimini hem amonyum ve fosfat iyonlarının çözeltideki konsantrasyonlarındaki değişim nedeniyle hem de MAP dışındaki diğer katı fazların çöktürülmesini etkiler (Kuşçuoğlu 2008). Amonyum ve fosfat iyonları pH değişiminden farklı şekilde etkilenmektedir. Amonyum iyonu konsantrasyonu pH'ın artmasıyla azalırken fosfat konsantrasyonu pH artmasıyla artmaktadır. Bu etkiler nedeniyle pH'ın minimum 7 olması gerekmektedir (Burns ve Finlayson 1982). Çöktürme veriminin optimum pH aralığı 9-9,5 civarındadır (Kabdaşlı ve ark. 2004).

Çöktürme verimini etkileyen diğer faktör sıcaklıktır (Durrant ve dig. 1999; Öztürk 2006). MAP çözünürlüğü sıcaklığın düşmesiyle azalmaktadır (Öztürk 2006). Sıcaklığın 0°C'den 20°C'ye yükselmesi ile MAP çözünürlüğü de maksimum seviyeye çıkmaktadır (Schulze-Rettmer 1991). Sıcaklık pH veya konsantrasyon gibi faktörlerle karşılaştırıldığında etkisi daha azdır (Öztürk 2006). Yapılan çalışmalarda genelde optimum sıcaklık 25°C olarak bulunmuştur (Maekawa ve ark. 1995).

Atıksudaki çözünür formdaki amonyak yüksek ise iyonik güç çok yüksek düzeylere çıkmaktadır (Öztürk, 2006). Bu nedenle çöktürmenin uygulandığı atıksulardaki giriş amonyak konsantrasyonu çok yüksek olduğu durumda MAP çöktürmesi sonrası çıkış amonyak konsantrasyonu artmaktadır (Tünay ve ark. 1995).

Zydbiewska ve Kula (1991) tarafından yapılan çalışmada farklı magnezyum dozlarında MAP çöktürmesi, azot ve kok endüstrisi atıksularına uygulanmıştır. Kok endüstrisi atıksularında stokiyometrik dozda magnezyum ve fosfat ilave edildiğinde verim %47 iken, stokiyometrik dozdan fazlası kullanıldığında amonyak giderme verimi %85'e çıkmıştır. Azot endüstrisi atıksularında ise verim, stokiyometrik dozda %63, stokiyometrik üstü dozda %82 bulunmuştur. Schulze-Rettmer (1999) ise yürüttüğü çalışmada MAP çöktürmesi için yüksek verimin, molar oranı; $NH_4:Mg:PO_4 / 1:1:1$ iken sağlandığı sonucuna varmıştır (Öztürk 2006).

Başka bir çalışmada, anaerobik çürütücü üst fazında uygulanan farklı bir MAP çalışmasında $Mg:NH_4:PO_4$ oranları 1,3:1:1 olacak şekilde pH 9'da dozlama yapıp, magnezyum kaynağı olarak magnezyum oksit, fosfor kaynağı olarak fosforik asit kullanılmıştır. Siegrist (1996) tarafından yapılan bu çalışmada % 85 - 90 oranında amonyak giderimi elde edilmiştir. Tünay ve ark. (1995) tarafından sentetik olarak hazırlanmış numunelerde ve deri endüstrisi atıksularında yapılan çalışmalarda, giriş amonyak değeri 200 mg/L, pH 8,5, 9,3 ve 10 değerlerinde, çıkış konsantrasyonları 25, 24 ve 67 mg/L ölçülmüştür.

MAP çöktürmesi yapılabilmesi için farklı magnezyum kaynakları kullanılabilir. Seçim yaparken, yüksek verim ve düşük maliyet göz önüne alınmalıdır (Öztürk, 2006).

MAP çöktürmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda çoğunlukla magnezyum oksit ve magnezyum klorür tercih edilmektedir. Zydbiewska ve Kula (1991) tarafından yapılan çalışmalarda, magnezyum kaynağı olarak magnezyum klorür ve magnezyum oksit kullanılmıştır. Çalışma sonunda magnezyum klorürün daha yüksek bir amonyak giderimi sağlandığı görülmüştür. Shin ve Lee (1997)'nin yaptığı çalışmada kok endüstrisi atıksularında uygulanan MAP çöktürmesinde magnezyum klorür, kuş gübresi ve deniz suyu kullanılmış ve giderim verimleri karşılaştırılmıştır. Amonyak giderimi sırasıyla, %83, %72, %62, fosfor giderimi ise %97, %99, %95 olarak bulunmuştur.

Schulze-Rettmer (1991)'in yaptığı çalışmada, MAP çözünürlüğünün, atıksuda bulunan kompleks yapıcılardan etkilenerek arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, reaksiyona giren maddelerden bir veya diğerinin fazla dozlanmasıyla önlenebilmektedir.

Shin ve Lee (1997) tarafından yapılan çalışmada MAP çöktürmesi için reaksiyon süresi 1-60 dakika arasında seçilmiş ve nütrientlerin giderimi için 10 dakikalık reaksiyon süresi yeterli olduğu belirlenmiştir. Straful ve ark., (2001)'nin yaptığı çalışmada ise reaksiyon süresinin 1 dakikadan 180 dakikaya çıkartılması ile kristal büyüklüğünün 0,1 mm'den 3 mm'ye yükseldiği fakat bunun giderime fazla bir etkisi olmadığı belirlenmiştir.

MAP çöktürmesinin en büyük avantajı aynı anda hem amonyak hem fosfat giderebiliyor olmasıdır. Yüksek verime sahip olması ve sistemin atıksudaki mevcut zehirli maddelerden etkilenmemesi MAP çöktürmesinin en önemli özelliğidir. Bir diğer özelliği ise işlem sonucunda oluşan çökeltinin nütrientlerce zengin olması ve zararsız bileşen içermediği durumda gübre olarak kullanılabilmesidir (Tünay ve ark. 1999).

Magnezyum kaynağı olarak $MgCl_2$ ve MgO kullanılabilir (Etter ve ark. 2011). $MgCl_2$ ve MgO 'ın maliyeti ucuz olmasına rağmen, nakliye giderleri ciddi bir maliyet oluşturmaktadır. İnsan idrarından fosfor giderimi ile ilgili yapılan bir çalışmada, 1 mol P için 1,1 mol Mg dozlanması ile %90 verim sağlandığı bulunmuştur (Udert 2010).

2.1.3. Biyolojik fosfor giderimi

Kimyasal arıtma alternatif olarak birçok biyolojik fosfor giderim prosesleri geliştirilmiştir. Fosforun biyolojik olarak giderilmesi, ortofosfat, polifosfat ve organik bağlı fosforun mikroorganizma hücre dokusuyla bağlanması esasına dayanır. Toplam giderilen miktar ortamdaki çamur miktarı ile bağlantılıdır. Mikroorganizma hücre yapısındaki fosfor içeriği, azot bileşeninin beşte biridir. Ancak evre şartlarına bağlı olarak bu oran üçte bir ile yedide bir arasında değişebilmektedir. Ortalama olarak biyolojik arıtım esnasında atılan çamur ile birlikte fosforun giderimi de % 10 - 30 arasında değişmektedir. Sistemin geliştirilmesi ile birlikte daha yüksek giderim verimlerine de ulaşılabilir (Demirbaş 2012).

2.2. Atıksulardan Azot Giderme Yöntemleri

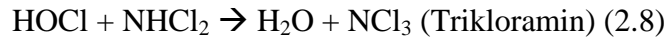
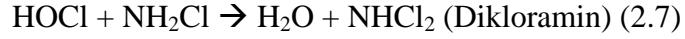
Azotun tabii sulardan ve atıksulardan giderimi birka şekilde yapılabilir:

1. Fiziksel ve kimyasal azot giderimi
2. Biyolojik azot giderimi

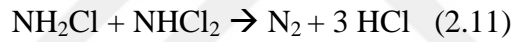
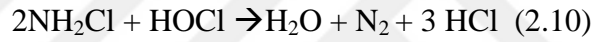
2.2.1. Fiziksel ve kimyasal azot giderimi

Fiziksel ve kimyasal azot giderme, hava ile sıyırma, kırılma noktası klorlaması ve iyon değişimi yöntemleri ile yapılmaktadır.

Kırılma noktası klorlaması tamamen stokiyometrik olarak organik azotun serbest azota indirgenmesidir. Klor amonyak içeren suya dozlandığında şu reaksiyonlar gerçekleşir;

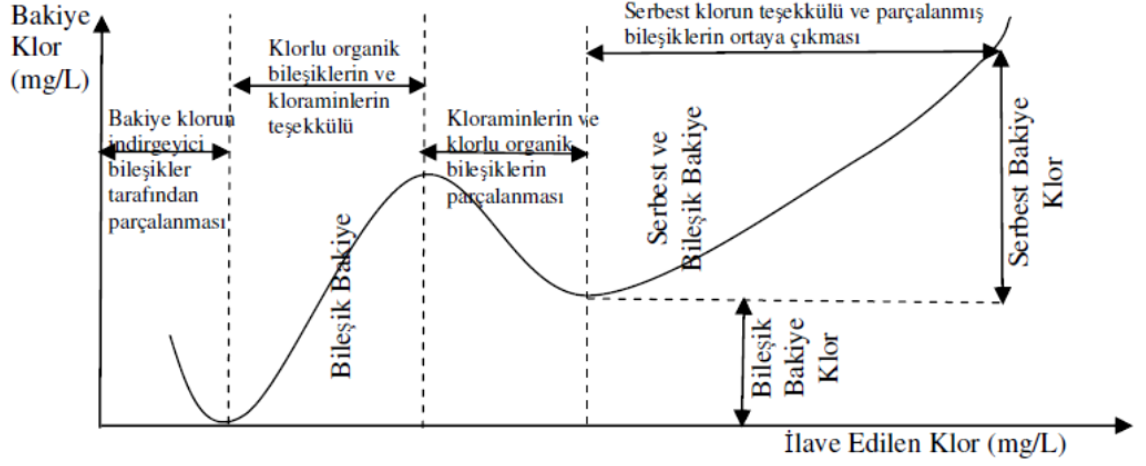


Bu reaksiyonlar diğer reaksiyonlarla aşağıdaki gibi devam ederek serbest azota kadar sürebilir.



Denklemlerden de görüleceği gibi reaksiyon tamamen stabil ürün olan azota veya azot protoksite kadar gidebilmektedir. Bunun yanında oluşan kloraminler de yine dezenfektan özellikli olup sadece reaksiyon hızları daha düşüktür.

NH_2Cl ve NHCl_2 diğerlerine göre daha fazla bulunmaktadır ve bu bileşiklerde bulunan klor 'bileşik klor' denir. Serbest klor sadece amonyak ile reaksiyon veren bir madde olmadığı gibi kuvvetli bir oksitleyicidir. Amonyak ihtiva eden su numunesine klor ilave edildiği zaman oluşan reaksiyon Şekil 2.2.'de açıklanmıştır (Şengül ve Küçükgül, 1997).



Şekil 2.2. Kırılma noktası klorlaması eğrisi (Şengül ve Küçükgül, 1997)

Literatür araştırmalarında Cl_2/NH_3-N stokiyometrik oran 8:1 olarak bulunmuştur. Atıksuya klor ilave edilerek amonyak azot gazına ve diğer kararlı bileşiklere oksitlenir. Bu yöntemin en büyük avantajı atıksudaki tüm amonyağın N_2 gazına oksitlenmesidir. Optimum pH 6-7 arasında olup, bu yöntem tek başına veya diğer prosesler ile birlikte kullanılır (Karakuş, 2001).

İyon değişimi, bir çözeltideki farklı iyonların bu çözelti içinde çözünmeyen bir iyon değiştirici materyal üzerindeki iyonlarla yer değiştirmesi işlemidir.

İyon değiştirici reçineler, çözeltideki iyonların değişimine bağlı olarak bu iyonlar için belli ölçüde seçicilik veya tercih gösterirler. Daha yüksek değerlikli, daha büyük atom ağırlığına ve daha küçük çapa sahip iyonlar tercihen iyon değiştirici reçine tarafından öncelikli olarak değiştirilirler. Bazı anyonların reçineler tarafından tercih edilme sırası şu şekildedir; $PO_4^{3-} > SO_4^{2-} > HPO_4^{2-} > NO_3^- > HCO_3^-$ (Demir ve ark.,1993).

İyon değiştirme işletmede uygulama olanağı yüksek olan seçeneklerdendir. Özellikle arıtma tesisinde asıl olarak bulunan kolonlar dönüştürülerek bu ünite işler hale getirilebilir. Ancak buradaki sorun da amonyak sıyırma ile benzerdir. Çünkü bu proseste de amonyum azotunun katyonik olarak tutularak uzaklaştırılması hedeflenmektedir. Diğer bir sorun ise rejenerant kütleinin bertarafında yaşanabilecek zorluklardır.

2.2.2. Biyolojik azot giderimi

Atıksulardan azot giderimi için genellikle biyolojik yöntemler tercih edilmektedir. Organik azot bileşikleri (proteinler, amin ve amidler) organizmalar tarafından parçalanarak amonyuma dönüştürülür. Amonyumun bir kısmı organizmalar tarafından asimile edilerek hücrel proteine dönüştürülür. Amonyumun büyük bir kısmı da nitrifikasyon bakterileri tarafından önce nitrite sonrada nitrata dönüştürülür. Oluşan nitrat iyonları denitrifikasyon bakterileri ile önce nitrit, sonrada azot gazına dönüştürülür. Azot, atmosferde %79 oranında bulunan ve doğa tarafından kabul edilebilir bir gazdır. Su ve toprakta bulunan azot bağlayıcı mikroorganizmalarla azot gazını amonyum halinde tutarlar. Azot döngüsü bu şekilde devam eder (Karakuş, 1999).

Bu yöntemler içerisinde en yaygın kullanılan proses biyolojik süreçlerle azotun nitrifikasyonu ve denitrifikasyonu prosesleridir. Bu noktada işletmede sorunlu olan parametre TKN olup nitrifiye edilmesi yeterlidir. Çünkü nitrat bir deşarj parametresi olarak karşımızda bulunmamaktadır. Ancak bu metodun en önemli sorunu işletme içerisinde hem yer sıkıntısı yaşanması hem de ekstra ve sorunlu bir prosese yatırım yapılacak olmasıdır. Bazı durumlarda işletmenin bazı bölgelerine etkin mikroorganizmaların dozlanması ile bu sorunun giderilebileceği bazı firmalarca dile getirilse de burada şu asla unutulmamalıdır. Biyolojik süreçler detaylı tasarlanan ve uygun şartlarda işletilen kompleks reaktörlerde istenen verimini vermektedir. İşletmede rögarlara veya herhangi bir altyapı birimine beslenen mikroorganizma bulunduğu yerde bir biyolojik ayrışma yapsa da suyun akışı ile sistemden uzaklaşacak ve işlevini kaybedecektir. Bu tip mikroorganizmaların sisteme sürekli olarak beslenmeleri durumunda ise kimyasal sarf malzemeleri için geçerli olan işletme ve maliyet koşulları oluşacaktır. Diğer yandan da çıkış suyuna ilave edilecek mikrobiyal kütle ile ortamda inkübe olarak yeni oluşacak mikrobiyal kütle başta AKM olmak üzere KOİ ve diğer sorunlu organik parametrelerin de yüksek çıkmasını tetikleyecektir. Bu tür mikroorganizmalar ancak lokal ve anlık çözümler için kullanılabilir özellikte görünmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Deneyleerde kullanılan atıksular Bursa Organize Sanayi Bölgesinde bulunan Taşııt Enjektörü üreten bir firmanın 1 nolu işletme ve 2 nolu işletmelerinin arıtma tesisi giriş sularıdır. Bu işletmeler ana iş kolu olarak dizel araçlar için enjektör üretimi yapmakta olup, 4 nolu işletme benzinli araçlar için enjektör üretimi yapmaktadır. Bu tesisler ağırlıklı olarak talaşlı imalat ve bu imalata müteakiben kimyasal işlemler ve montaj kademelerini barındırmaktadır.

İşletmelerin birer adet atıksu arıtma tesisi mevcut olup tesise ait detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1. Arıtma Tesisi Mevcut Durumu

Taşııt enjektörü üreten firma Bursa Organize Sanayi Bölgesi Yeşil cadde de bulunan 1 nolu işletmenin arıtma tesisi 1997 yılında kurulmuş olup, tesisin maksimum kapasitesi 8 m³/saat ve mevcutta 5 m³/saat debi ile çalışmaktadır.

Atıksu arıtma tesisleri işletme içerisinde gelen suları almakta olup ağırlıklı olarak fizikokimyasal arıtma şeklinde hizmet vermektedir.

Mevcut 1 nolu işletme arıtma tesisi dengeleme, nötralizasyon, flokülasyon, ön çökeltim, lamelli çöktürme, pH son kontrol, çamur yoğunlaştırma, filtre pres, yağ ön ayırma ve ultrafiltrasyon ünitelerinden oluşmaktadır. 1 nolu işletme atıksu arıtma tesisi P&I diyagramı Şekil 3.1.'de verilmiştir.

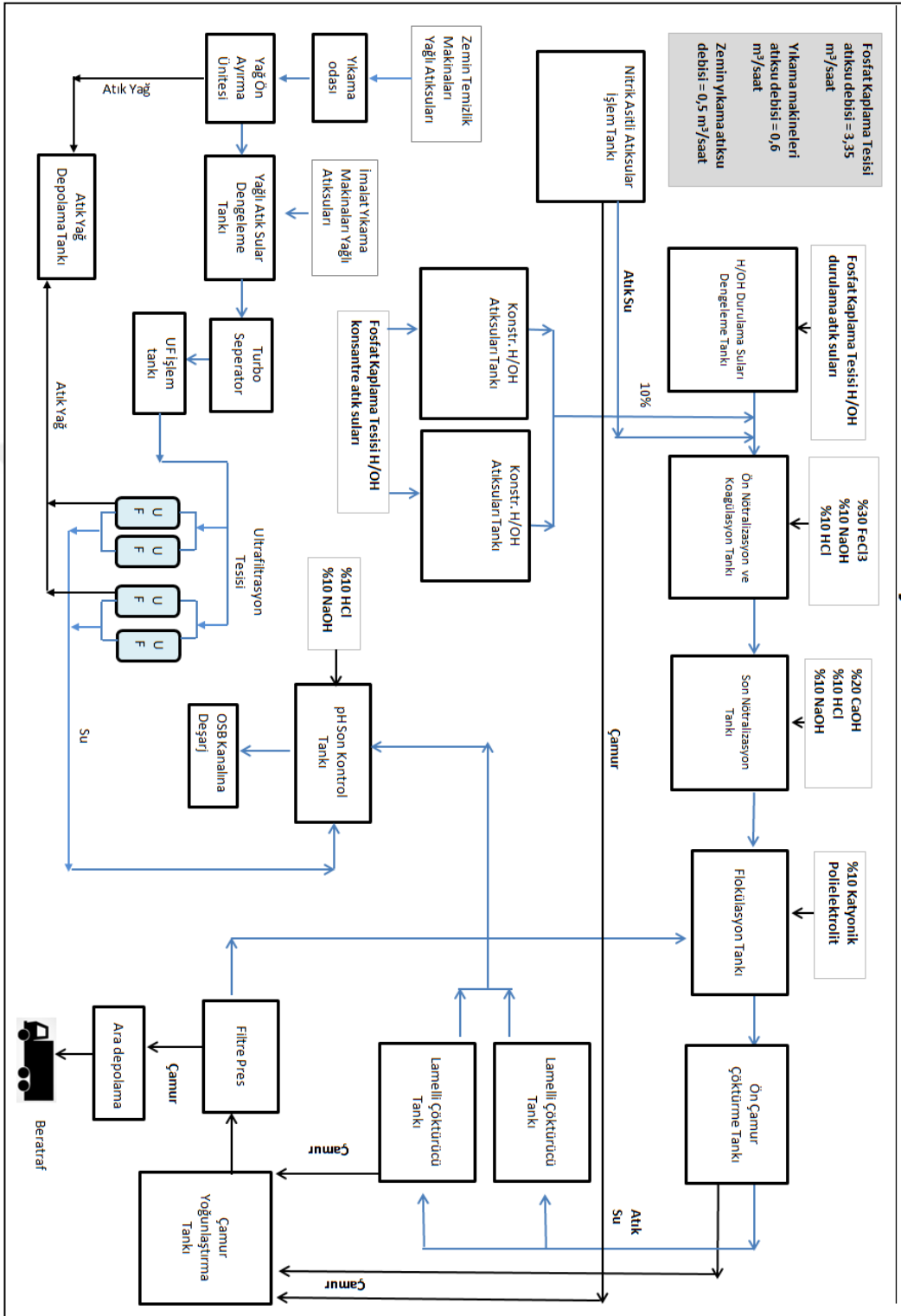
1 nolu işletme arıtma tesisine temel olarak 4 tip atıksu girişi söz konusudur;

1. Yağlı atıksuların arıtıldığı hat (Yıkama makineleri atıksuları, zemin temizliği ve yıkama odası hattı)
2. Durulama ve konsantre atıksuların geldiği hat
3. ECM çamuru hattı
4. Nitrik asitli atıksu hattı

Enjektör üretiminin bir parçası da fosfat kaplama prosesidir. Fosfat kaplama tesisinden çıkan konsantre H/OH atıksuları arıtma tesisinde Konsantre H/OH Dengeleme Tankı'na gelmektedir. Fosfat kaplama tesisi H/OH durulama atıksuları ise arıtma tesisindeki H/OH Durulama Suları Dengeleme Tankı'na gelmektedir. Bu sular konsantre asit %1, durulama suyu %99 olacak şekilde Ön Nötralizasyon ve Koagülasyon Tankı'na gelmektedir. Bu tankta pH 3-3,5'a ayarlanarak, koagülant olarak %30'luk FeCl₃ dozlanmaktadır. Sonrasında Son Nötralizasyon Tankı'na gelen suyun pH'ı 8-8,5'a ayarlanıp, flokülasyon tankına gönderilmektedir. Flokülasyon tankında çöktürme amaçlı suya polielektrolit kimyasalı dozlanmaktadır. Sonrasında atıksu Ön Çamur Çöktürücüye gelmekte, buradaki çamur alttan çekilerek Çamur Yoğunlaştırıcıya alınmakta, üst suyu ise Lamelli Çöktürücüye gönderilmektedir. Lamelli Çöktürücü üst suyu pH son kontrol tankına gelir ve pH'ı gerekliyse ayarlanarak OSB kanalına deşarj edilir. Lamelli çöktürücüden çıkan çamur, çamur yoğunlaştırıcıya gönderilmektedir. Çamur yoğunlaştırıcıdan çıkan çamur da filtre prese pompalanmakta, buradan da bir konteynerde biriktirilerek bertarafa gönderilmektedir.

İmalattan gelen nitrik asit içerikli atıksular, Nitrik Asitli Atıksular İşlem Tankı'nda kesikli arıtmaya tabi tutulur. Çıkan çamur, çamur Yoğunlaştırıcıya, su ise Ön Nötralizasyon ve Koagülasyon Tankı'na gelerek kimyasal arıtmaya tabi tutulur.

1 nolu işletme arıtma tesisi akım şeması Şekil 3.2'de verilmiştir



Şekil 3.2. 1 nolu işletme arıtma tesisi akım şeması

İmalatta bulunan yıkama makinelerinden gelen yağlı atıksular direkt olarak arıtma tesisindeki Yağlı Atıksular Dengeleme Tankı'na gelmektedir. Zemin temizlik makineleri yağlı atıksuları ise yıkama odasına getirilerek buradaki ızgaralara boşaltılır. Bu sular yağ ön ayırma ünitesine girer ve içindeki yağ ayrılarak Atık Yağ Depolama tankına, atıksuyu ise arıtma tesisindeki Yağlı Atıksular Dengeleme Tankı'na gönderilir. Yağlı Atıksular Dengeleme Tankı'nda toplanan atıksular bir santrifüj sisteminden geçirilerek ayrılan yağlı atıksu Ultrafiltrasyon İşlem Tankı'na, çamur ise bertarafa gönderilir. Ultrafiltrasyon İşlem Tankı'ndaki atıksu ultrafiltrasyon sistemi ile devir daim yapar. Devir daim sonucunda atıksudaki yağ konsantre hale gelir ve buradan Atık Yağ Depolama Tankı'na gönderilir. Yağı ayrılmış atıksu da pH son kontrol tankına gönderilir ve pH'ı ayarlanarak OSB kanalına deşarj edilir.

Üretimde kullanılan çeşitli yağlar tanklarda toplanarak geri kazanıma gönderilmektedir. Bunların dışında oluşan evsel-insani atıksular evsel atıksu olarak herhangi bir arıtmaya tabi tutulmadan direk çıkış hattı kanalına verilmektedir. Soğutma suları da kule suyu olarak herhangi bir arıtmaya tabi tutulmadan çıkış hattına verilmektedir.

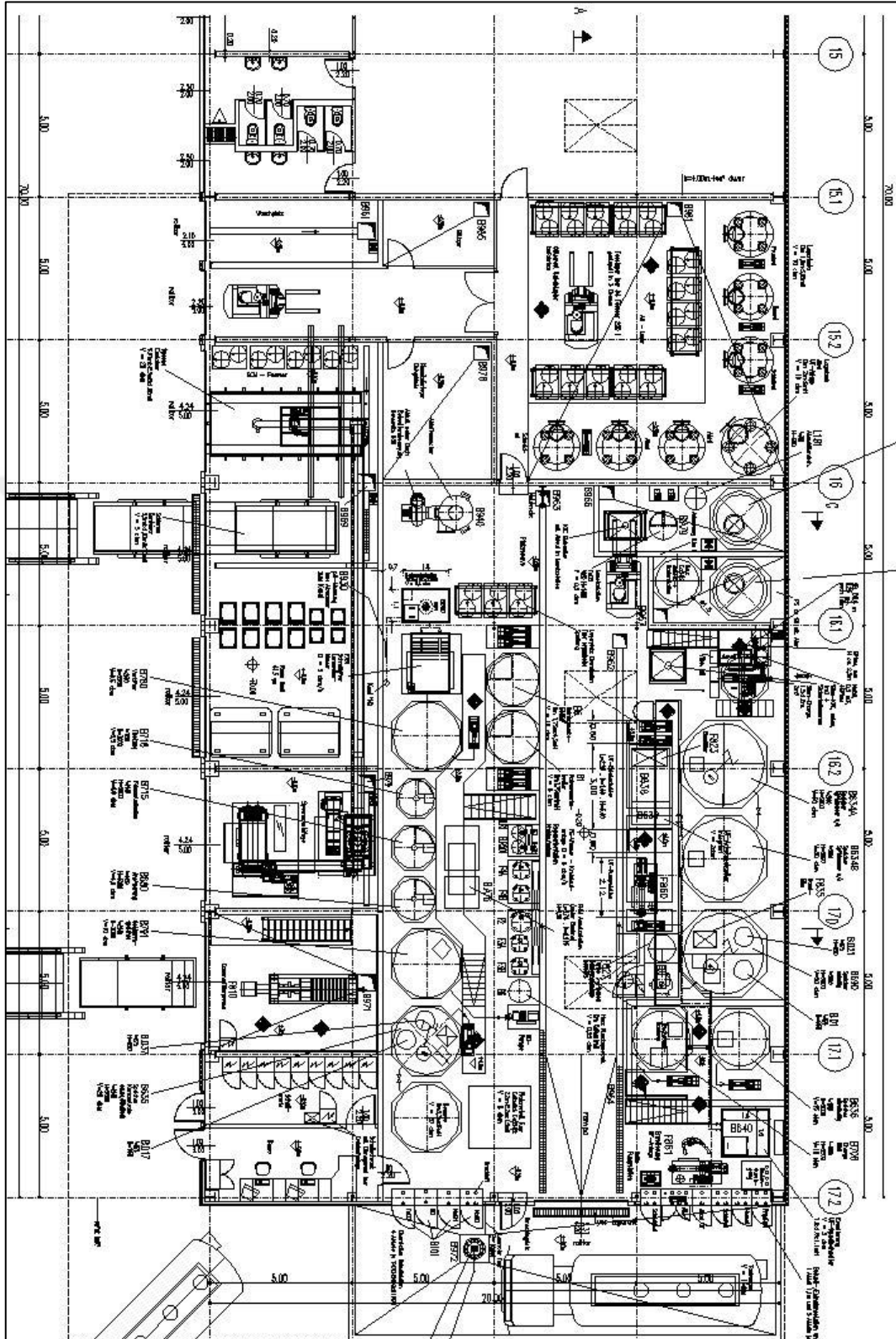
Taşıt enjektörü üreten firma Bursa Organize Sanayi Eflatun cadde de bulunan 2 nolu işletmenin arıtma tesisi 2001 yılında kurulmuştur. Fosfat banyolarından gelen durulama suyunun arıtıldığı kesiksiz arıtma sistemi bulunan tesisin maksimum kapasitesi 6 m³/saattir. Yıkama banyoları ve zemin yıkama makinelerinden gelen atıksuların arıtıldığı ultrafiltrasyon sistemi maksimum kapasitesi ise 3 m³/saat'tir. Mevcutta durulama suyu 3 m³/saat debi ile ultrafiltrasyon sistemi ise 2 m³/saat debi ile çalışmaktadır.

Mevcut 2 nolu işletme arıtma tesisi dengeleme, nötralizasyon, flokülasyon, ön çökeltim, lamelli çöktürme, pH son kontrol, çamur yoğunlaştırma, filtre pres, yağ ön ayırma, ultrafiltrasyon ve silan atıksuyu arıtma ünitelerinden oluşmaktadır. Fiziksel ve kimyasal arıtma aşamaları 1 nolu işletme ile aynı olup, ek olarak silan arıtma kısmı mevcuttur.

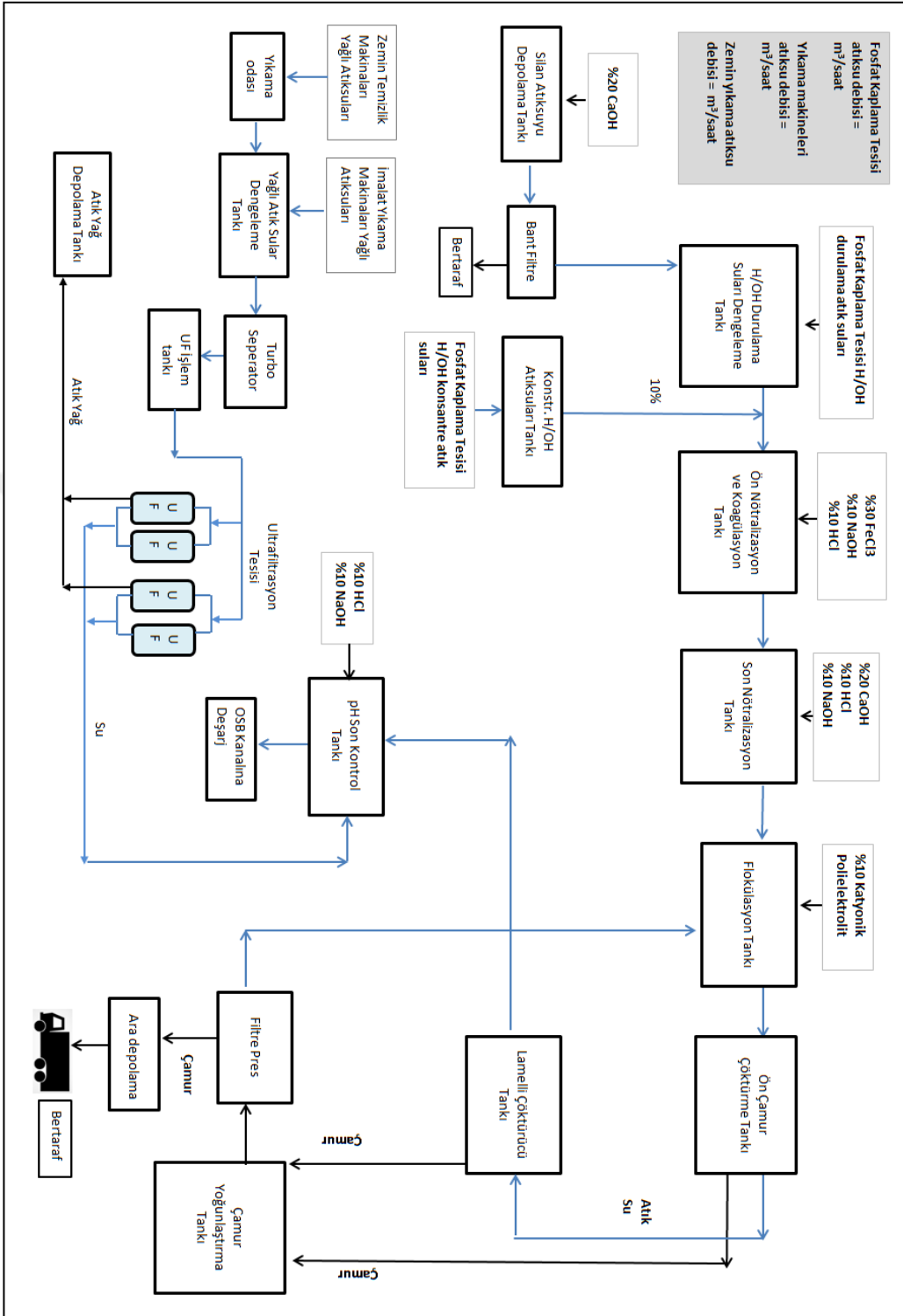
Üretimden gelen silan atıksuları da silan atıksuyu depolama tankında toplanıp bant filtreden geçirilerek arıtılmış suyu durulama tankına verilmektedir. Oradan da kimyasal arıtmaya tabi tutulmaktadır. 2 nolu işletme atıksu arıtma tesisi P&I diyagramı Şekil 3.3’de arıtma tesisi akım şeması Şekil 3.4’te verilmiştir.

1 nolu işletme ve 2 nolu işletme arıtma tesisleri ve kanal çıkış değerleri Çizelge 3.1 ve 3.2’de gösterilmiştir.





Şekil 3.3. 2 nolu işletme atıksu arıtma tesisi P&I diyagramı



Şekil 3.4. 2 nolu işletme arıtma tesisi akım şeması

Çizelge 3.1. 1 nolu işletme arıtma ve kanal çıkış mevcut durum

	1 nolu işletme Arıtma tesisi girişi	1 nolu işletme Atıksu kanal çıkışı	OSB EK-2 Limit Değerleri
pH	1,56 ± 0,05	6,92 ± 0,02	6-9
KOİ (mg/L)	597 ± 75	455 ± 32	1200
AKM (mg/L)	257 ± 22	84,0 ± 0,2	500
YAĞ ve GRES (mg/L)	55 ± 5	106 ± 5	100
T-FOSFOR (PO ₄ -P) (mg/L)	28124 ± 773	25,8 ± 1,3	12
TKN (mg/L)	52,9 ± 3,1	32,38 ± 6,48	65
Krom (VI) (mg/L)	< 0,01	< 0,01	0,5
Toplam Siyanür (mg/L)	< 0,29	< 0,32	1
Florür (mg/L)	0,39 ± 0,06	< 0,03	15
Sülfat (mg/L)	5250 ± 802	219 ± 10	1500
Renk (Pt-Co)	25	75	1500
Toplam Krom (mg/L)	1,56 ± 0,03	< 0,1	2
Kurşun (mg/L)	0,91 ± 0,01	< 0,1	2
Kadmiyum (mg/L)	< 0,1	< 0,1	0,1
Demir (mg/L)	429,5±1,8	5,2 ± 0,2	10
Bakır (mg/L)	0,22±0,01	< 0,1	3
Çinko (mg/L)	209,1±1,6	0,57 ± 0,02	5
Civa (mg/L)	< 0,02	< 0,02	0,05

Çizelge 3.2. 2 nolu işletme arıtma ve kanal çıkış mevcut durum

	2 nolu işletme arıtma tesisi girişi	2 nolu işletme arıtma kanal çıkışı	OSB EK-2 Limit Değerleri
pH	1,48 ± 0,04	7,1 ± 0,2	6-9
KOİ (mg/L)	677 ± 85	< 8	1200
AKM (mg/L)	120 ± 10	4,8 ± 0,4	500
YAĞ ve GRES (mg/L)	29 ± 2	< 10	100
T-FOSFOR (PO ₄ -P)(mg/L)	28118 ± 773	67 ± 2	12
TKN (mg/L)	259 ± 4	1,48 ± 0,01	65
Krom (VI) (mg/L)	< 0,01	< 0,01	0,5
Toplam Siyanür(mg/L)	< 0,29	< 0,29	1
Florür (mg/L)	< 0,32	1,39 ± 0,22	15
Sülfat (mg/L)	4981 ± 761	50,9 ± 7,8	1500
Renk (Pt-Co)	10	< 5	1500
Toplam Krom (mg/L)	1,16 ± 0,02	< 0,1	2
Demir (mg/L)	114,2 ± 0,5	0,14 ± 0,01	10
Bakır (mg/L)	< 0,1	< 0,1	3
Çinko (mg/L)	831,4 ± 6,5	0,18 ± 0,01	5
Kadmiyum (mg/L)	< 0,1	< 0,1	0,1
Civa (mg/L)	< 0,02	< 0,02	0,05
Kurşun (mg/L)	0,23 ± 0,01	< 0,1	2

4 nolu işletme çıkış değerlerinde mevcut debi ile limit aşımı söz konusu olmadığından laboratuvar çalışması yapılmamıştır. Ancak, 2015 yılı sonunda 4 nolu işletme Krom tesisi iki kat büyümesi beklenmekte olup, bu artış aynı şekilde atıksuya da, yemekhaneye de yansiyacaktır. 1 nolu işletme ve 2 nolu işletme lokasyonlarında karşılaşılan sorunlar debi artışı ile birlikte 4 nolu işletme fabrikasında da olması muhtemeldir. 1 nolu işletme ve 2 nolu işletme lokasyonları için önerilen önlemler 4 nolu işletme lokasyonu için de gereklidir.

Taşıt enjektörü üreten firmanın 4 nolu işletme arıtma tesisi 2010 yılında kurulmuştur. Krom arıtma tesisi maksimum kapasitesi 6 m³/gün, ultrafiltrasyon sistemi maksimum kapasitesi ise 2 m³/saat'tir.

Arıtma tesisine krom kaplama banyolarından 1,5 m³/gün, yıkama banyolarından 0,75 m³/saat, zemin yıkama makinelerinden 0,5 m³/saat debi ile atıksu gelmektedir.

Tesiste krom arıtma ve ultrafiltrasyon sistemleri kurulu olup işletme içerisinde gelen endüstriyel atıksular ağırlıklı olarak fiziksel arıtmaya tabi tutulmaktadır.

Mevcut 4 nolu işletme arıtma tesisi krom atıksuyu depolama tankı, krom atıksuyu reaksiyon tankı, çamur yoğunlaştırma, filtre pres, temiz su tankı, pH son kontrol, yağlı atıksular dengeleme tankı, turbo seperatör ve ultrafiltrasyon ünitelerinden oluşmaktadır. Krom kaplama tesisinden gelen atıksular, krom atıksuyu depolama tankında toplanarak, buradan krom atıksuyu reaksiyon tankına alınıp reaksiyon gerçekleştirilir. Reaksiyon tankının üst suyu temiz su tankına, çamuru ise çamur yoğunlaştırmaya oradan filtre pres, ara depolama ve bertarafa gönderilmektedir. Temiz su tankındaki su pH son kontrol tankında pH ayarlanarak OSB kanalına deşarj edilir.

İmalatta bulunan yıkama makinelerinden gelen yağlı atıksular direkt olarak arıtma tesisindeki Yağlı Atıksular Dengeleme Tankı'na gelmektedir. Zemin temizlik makineleri yağlı atıksuları ise yıkama odasına getirilerek buradaki ızgaralara boşaltılır. Bu sular yağ ön ayırma ünitesine girer ve içindeki yağ ayrılarak Atık Yağ Depolama tankına, atıksuyu ise arıtma tesisindeki Yağlı Atıksular Dengeleme Tankı'na gönderilir. Yağlı Atıksular Dengeleme Tankı'nda toplanan atıksular bir santrifüj sisteminden geçirilerek ayrılan yağlı atıksu Ultrafiltrasyon İşlem Tankı'na, çamur ise bertarafa gönderilir. Ultrafiltrasyon İşlem Tankı'ndaki atıksu ultrafiltrasyon sistemi ile devirdaim yapar. Devirdaim sonucunda atıksudaki yağ konsantre hale gelir ve buradan Atık Yağ Depolama Tankı'na gönderilir. Yağı ayrılmış atıksu da pH son kontrol tankına gönderilir ve pH'ı ayarlanarak OSB kanalına deşarj edilir. 4 nolu işletme atıksu arıtma tesisi P&I diyagramı Şekil 3.5'te akım şeması Şekil 3.6'da verilmiştir.

3.2. Deneysel Düzenek

Deneysel alışmalarda Velp Scientifica marka jar test cihazı kullanılmıştır. Deneylede 600 ml'lik beherler kullanılmış olup, 500 ml hacminde çalışılmıştır. Hazırlanan atıksu numuneleri 3 dakika 100 rpm'de hızlı, 5 dakika 30 rpm'de yavaş karıştırılıp, 1 saat okt rmeye bırakılmıştır. okt rme sonrası üst sularından alınan örnekler gerekli seyreltme yapılarak toplam fosfor, toplam kjeldahl azotu parametrelerine standart metodlara dayanarak bakılmıştır.

Deneylelerin yürütülmesi sırasında, spektrofotometre olarak Hach Lange marka DR5000 model (şekil 3.4), termoreaktör olarak da Hach Lange marka LT200 model termoreaktör ve pH metre olarak da yine Hach Lange pH metre kullanılmıştır.

Atıksuyun pH'ını ayarlamak için fabrikada mevcut koagülant olarak kullanılan $FeCl_3$, pH ayarlamak için NaOH, H_2SO_4 , flokülant olarak da polielektrolit temin edilmiştir. Deneyleler mevcut sistemde kullanılan koagülant $FeCl_3$ optimizasyonu ile başlatılmış olup, sonrasında verimi arttırmak amaçlı PACS, $MgOH_2$, MgO, $MgCl_2$ kimyasalları ile denemeler yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

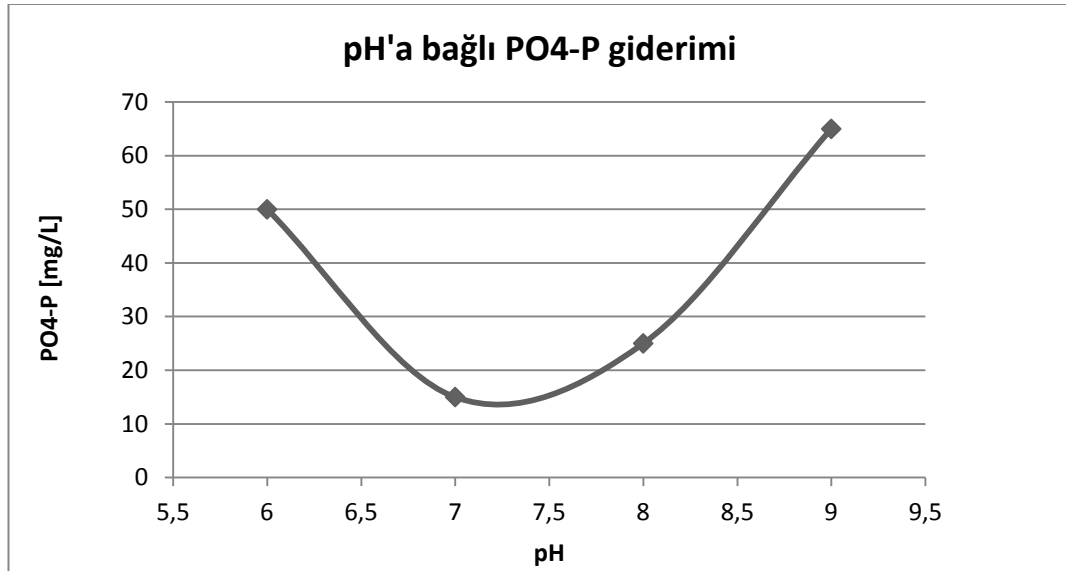
4.1. Mevcut Kimyasal (FeCl₃) ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları

Arıtılabilirlik çalışmaları temelde iki yaklaşımla, fosforun giderimi ve azotun giderimi olarak yürütülmüştür.

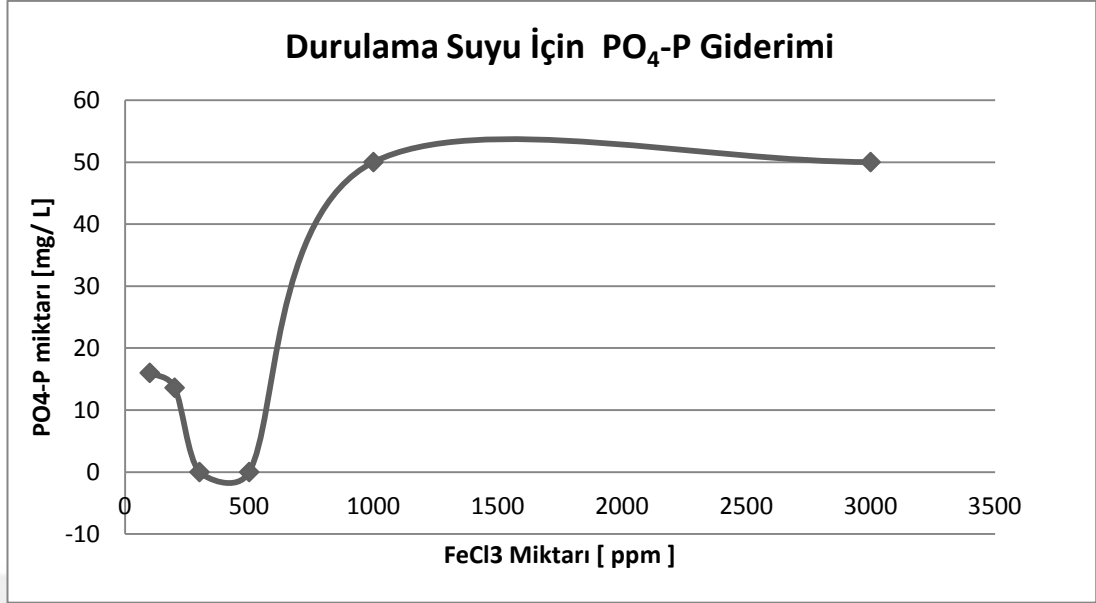
Fosfor giderimi için en önemli fosfor kaynağı olan durulama sularında konsantre atıklarla ve konsantre atıklar olmadan arıtılabilirlik çalışmaları yürütülmüştür. Bu çalışmalar mevcut kimyasal (FeCl₃) ve alternatif kimyasallar ile yürütülmüştür.

Bu noktadaki en önemli sorun konsantre atıkların beraber bertaraf edilemeyeceği noktasıdır. Buna karar vermenin en önemli noktası ise maliyet analizi yapılmasıdır.

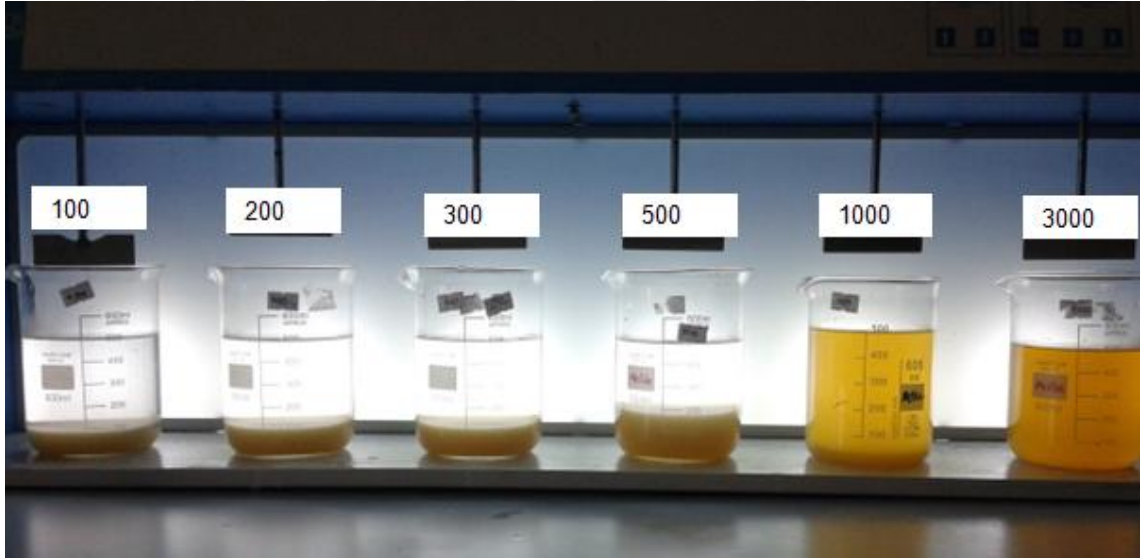
Fosfor giderimi için mevcut 1 nolu işletme atıksuyunda hem durulama suları ve hem de durulama + konsantre suları ile arıtılabilirlik çalışmaları yapılmış ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur (Şekil 4.1, Şekil 4.2, Şekil 4.3).



Şekil 4.1. FeCl₃ için pH optimizasyon eğrisi



Şekil 4.2. Durulama suları (konsantre atıklar olmaksızın) yapılan jar test sonuçlarının şekilsel gösterimi (Ham su PO₄-P; 65,2 mg/L, pH:7,5)



Şekil 4.3. Durulama sularında FeCl₃ ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının gösterimi (soldan sağa, 100, 200, 300, 500, 1000 ve 3000 mg/L FeCl₃ uygulanan beherler, pH:7,5)

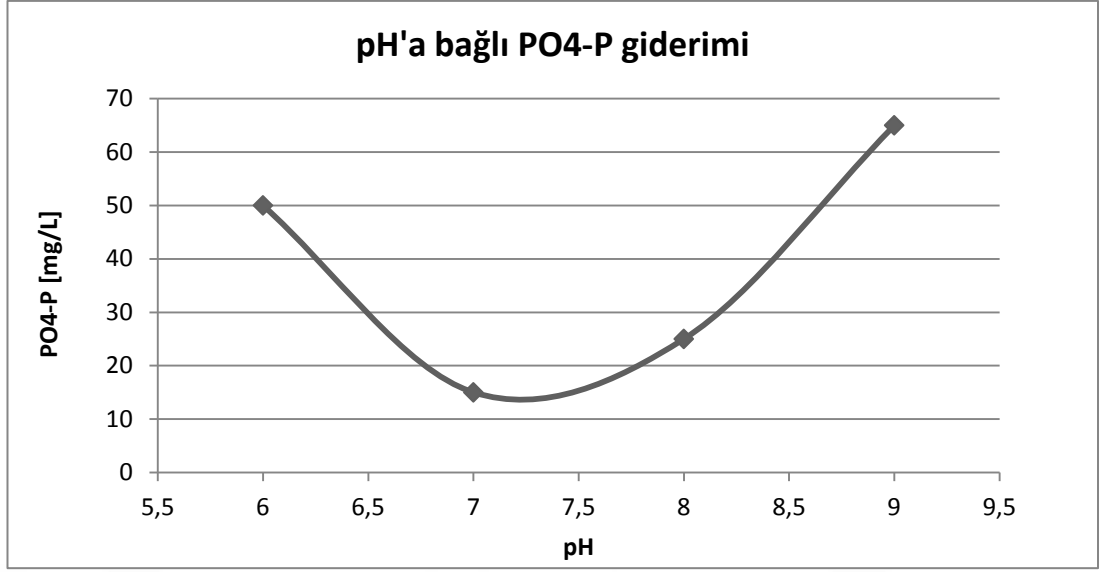
Deneysel sırasında pH mevcut sistemde 3,5 olduğundan aynı şekilde devam edilmiş olup, sistem için optimum doz belirleme çalışmaları yapılmıştır.

Tüm veriler ışığında mevcut tesisin konsantre atık gurupları girmeksizin performansının ne olacağı değerlendirildiğinde mevcut kullanılan koagülant olan demir (III) klorür ile denemeler yapılmış ve optimum kimyasal dozu 300 mg/L olarak tespit edilmiştir. Ancak mevcut sistem bu şekilde işletilmemektedir. Durulama suları sürekli gelmekte, konsantre sular ise ağırlıklı olarak hafta başında sistemde birikmekte ve arıtma tesisine alınmaktadır. Konsantre atık gurupları birden ve çok kısa sürede sisteme beslenerek arıtmaya çalışılmaktadır. Böylece bu durumda sistemin koagülant ihtiyacı artmakta ve daha fazla demir (III) klorür (3000 mg/L) beslenmektedir. Oysa ki konsantre atıklar bittiği zaman doz azaltılmamakta ve hem Şekil 4.2’de hem de Şekil 4.3’de görülen fazla koagülant nedeniyle verim düşmektedir. Böylece hem sistem verimsiz olarak işlemekte hem de gereksiz kimyasal sarf edilmektedir. Bu durumun fayda-maliyet analizi Çizelge 4.1’ de verilmiştir.

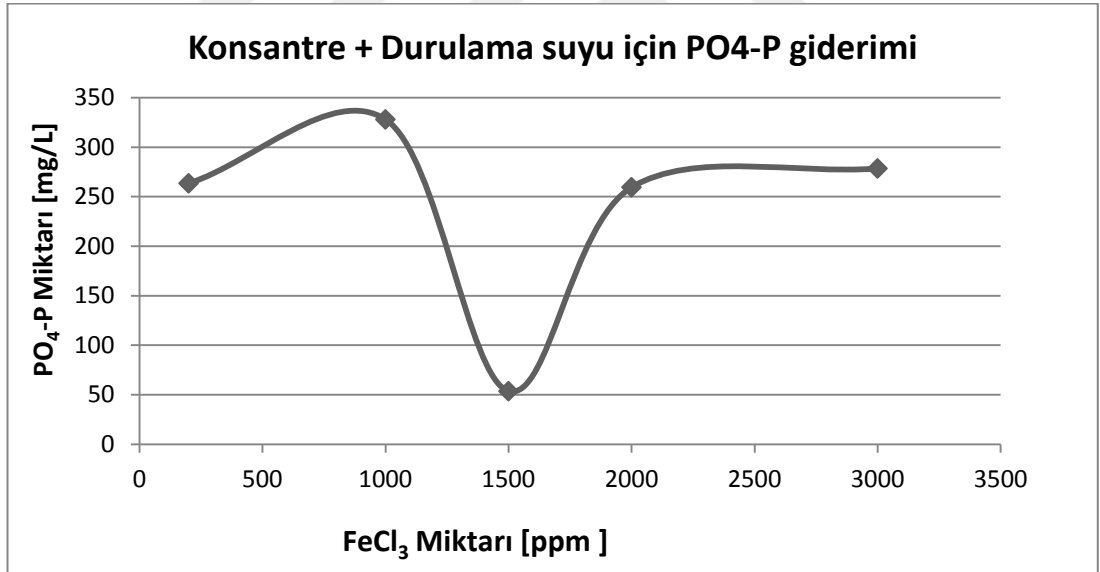
Çizelge 4.1. FeCl₃ ve konsantre asit pompası optimizasyonu fayda maliyet analizi

Giriş Fosfor Konsantrasyonu [mg/L]	Önlem	Çıkış Fosfor Konsantrasyonu [mg/L]	Yatırım [EUR]	Getiri [EUR/ Yıl]
200	FeCl ₃ optimizasyonu+ konsantre asit pompası program optimizasyonu	100	3.000	25.000

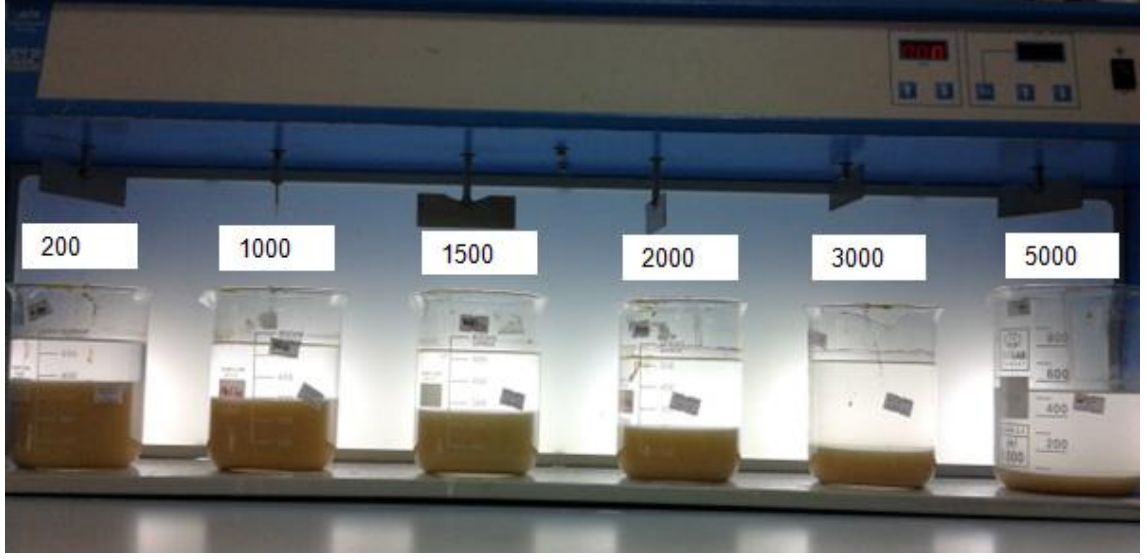
Bu durumun önüne geçmek adına konsantre atıklarının birden ve kısa sürede sisteme alınması yerine bir sonraki (genelde haftada bir) sisteme gelmesine kadar geçecek sürede arıtma tesisine beslenerek bertaraf edilmesi düşüncesi gelişmiş ve buna göre volumetrik olarak 1 L durulama suyuna 0,5 ml konsantre suyu olacak şekilde karışımla konsantre + durulama suyu karışımı üzerinde aynı durum test edilmiştir. Yapılan çalışmaya ait veriler Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da sunulmuştur.



Şekil 4.4. FeCl₃ için pH optimizasyon eğrisi



Şekil 4.5. Konsantre + Durulama Sularında (0,5/1000 v/v oranında karışmış) yapılan Jar Test sonuçlarının şekilsel gösterimi (Ham su PO₄-P; 402 mg/L, pH:7,5)



Şekil 4.6. Konsantre + Durulama Sularında (0,5/1000 v/v oranında karışmış) FeCl₃ ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının gösterimi (soldan sağa, 200, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000 mg/L FeCl₃ uygulanan beherler (Ham su PO₄-P :402 mg/L, pH:7,5)

Bu sonuçlarda açıkça göstermektedir ki, konsantre suları sisteme belli oranlarda ve düzenli olarak beslenirlerse sistem belli ölçüde arıtım yapabilmektedir. Ancak burada da mevcut arıtma tesisinde kullanılan dozun (3000 mg/L) yüksek olduğu tekrar tespit edilmiştir. Uygulanması gereken doz bu koşullarda 1500 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yine 2 katlık bu doz farklılığı hem işletme maliyetini, çamur oluşum miktarını hem de arıtma verimliliğini olumsuz olarak etkilemektedir.

Diğer yandan ortaya çıkan bir diğer unsur ise arıtma sisteminde kullanılan yardımcı kimyasallar olmuştur. Mevcut tesiste kullanılan poli elektrolitin hem dozunun hem de türünün istenilen şartlarda uygun olduğu tespit edilmiştir. Diğer yandan sisteme az bir miktar (pH'ın 7'den 8'e yükseltilmesi için) kireç ilavesi verimliliği ciddi oranda etkilemektedir. Bu durumda 25 kg kadar günlük bir kireç ilavesi ortaya çıkmaktadır. Bu durumda çamur miktarının artacağı düşünülse de demir (III) klorür miktarının ½ veya 1/6 oranlarında azalabilecek olması bu artışı önemsiz kılmaktadır.

Elde edilen bu verilen doğrulaması için arıtma tesisi aynı koşullarda işletilmeye çalışılmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan denemelerde 207 mg/L olarak çalışılan durulama suyu giriş fosfor değerinde ve 500 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde çıkış fosfor değeri 74 mg/L olarak bulunmuştur. %65'lik bir giderim verimi

söz konusu olup durulama suyunun çalışılan sudan yüksek olması sonuçları bir miktar saptırsa da tüm işletme sularının karışımı halinde istenilen (12 mg/L'den küçük PO₄-P) değerin yakalanması mümkün görülmektedir. Tesisin bu koşullarda işletildiği durum Şekil 4.7' de sunulmuştur.



Şekil 4.7. FeCl₃ ile yapılan çalışmalar sırasında çöktürme tankı görünümü

Şekilden de görüleceği gibi tesis bu koşullarda rahatlamış çöktürme tankı olsun lamelli çöktürücüler olsun herhangi bir çamur kabarması flok kaçıışı gözlenmemiştir.

Benzer durum konsantre + duruma suları ile de tekrar edilmiş ve yapılan denemelerde 422 mg/L olarak çalışılan konsantre + duruma suyu giriş fosfor değerinde ve 1500 mg/L demir (III) klorür dozu eşliğinde çıkış fosfor değeri 213 mg/L olarak bulunmuştur. %50'lik bir giderim verimi elde edilmiştir. Bu koşullarda ve işletme sularının karışımı halinde istenilen (12 mg/L'den küçük PO₄-P) değerinin yakalanması mümkün olamayabilecektir. Tesisin bu koşullarda işletildiği durum da Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Konsantre+durulama suyu 1500 mg/L FeCL₃ tesis uygulaması çöktürme tankı görünümü

Resimden de görüleceği üzere tesis yine rahatlamış ve herhangi bir çamur kabarması veya flok kaçağı gözlenmemiştir. Ancak bu noktada şu alternatif tartışılmaya başlanmıştır. Konsantre atıkların arıtma tesisinde bertarafının yapılması veya bu atıkların lisanslı bir firma aracılığı ile bertarafı alternatifini tartışılmaya başlanmıştır. Buna karar vermenin en önemli aracı da fayda - maliyet analizidir.

Arıtma tesisi giriş ve çıkış suları arasında Şekil 4.9' dan da görüleceği üzere ciddi bir fark bulunmaktadır.



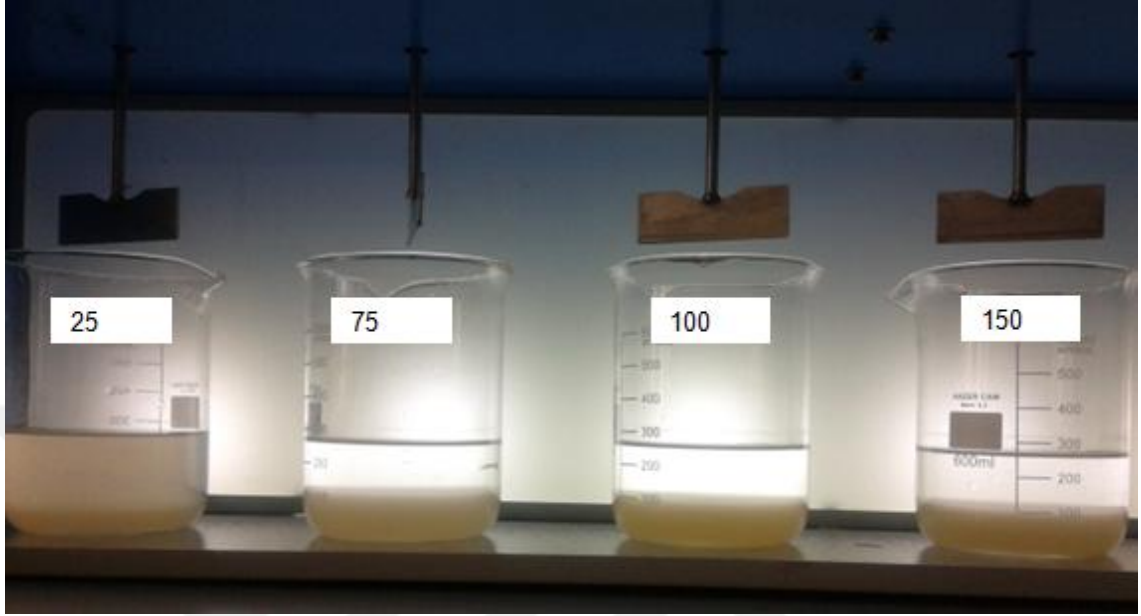
Şekil 4.9. Arıtma tesisi giriş çıkış suları arasındaki fark

4.2. PACS Kimyasalı ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları

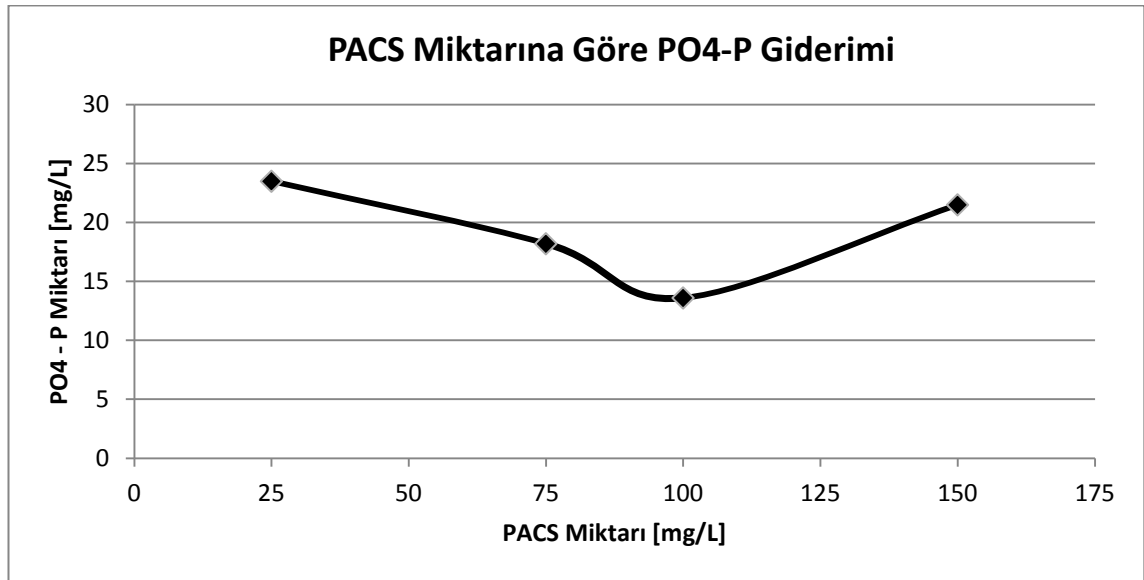
Mevcut arıtma kimyasalının yanında diğer alternatif kimyasallarla da denemeler yapılmış ve çeşitli bulgular elde edilmeye çalışılmıştır. En yaygın koagülant olan alüminyum sülfat denenmiş ve çok yüksek dozlarda (5000 mg/L) düşük fosfor giderim verimleri (%45) elde edilebilmiştir. Yine demir sülfat ile denemeler yapılmış ve demir (III) klorüre benzer sonuçlar elde edilmiştir (2500 mg/L %53 giderim verimi). Kireçle yapılan çalışmalarda aşırı dozlar kullanımı ve paralelinde de yüksek çamur oluşumu söz konusu olmuştur.

Son yıllarda yaygın olarak kullanılan Polialüminyum Klorür Hidroksit Sülfat denemeleri de çok iyi sonuçlar vermemiştir. PACS olarak adlandırılan kimyasalla yapılan çalışmalar ise diğerlerine nazaran daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır.

Fosfor giderimi için mevcut atıksularda hem durulama suları ve hem de durulama + konsantre suları ile arıtılabilirlik çalışmaları yapılmış ve sonuçlar aşağıda sunulmuştur.

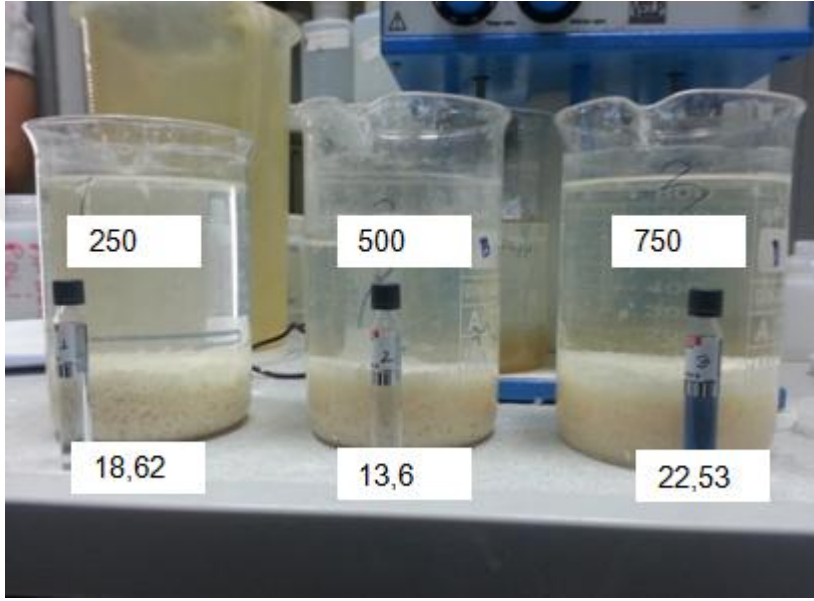


Şekil 4.10. Durulama sularında PACS ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının gösterimi (soldan sağa, 25, 75, 100 ve 150 mg/L PACS uygulanan beherler, Ph:9)



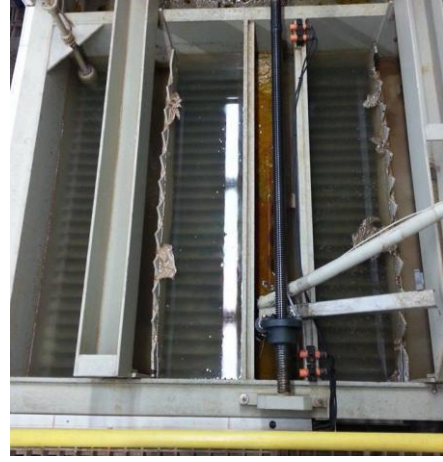
Şekil 4.11. Durulama sularında (konsantre atıklar olmaksızın) PACS ile yapılan jar test sonuçlarının şekilsel gösterimi (Ham su PO₄-P ; 80 mg/L)

Şekillerden de görülebileceği gibi konsantre atık girişi olmaması halinde çok düşük dozlarla sistemi işletebilmek mümkün görülmektedir. Bu da hem çıkış suyu güvenliğini hem de işletme maliyetini olumlu olarak etkileyebilecek bir faktördür. Yine bir önceki çalışmaya paralel olarak konsantre + durulama suları birlikte çalışılarak denemeler sürdürülmüş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. (Şekil 4.12)



Şekil 4.12. Konsantre+Durulama sularında PACS ile yapılan arıtılabilirlik sonuçlarının gösterimi (soldan sağa, 250, 500 ve 750 mg/L PACS uygulanan beherler, pH:9-9,5)

Yukarıdaki verilerden de görülebileceği gibi durulama sularında yapılan denemelerde giriş suyu fosfor değeri 168 mg/L olarak girilmiş ve 13,6 mg/L'ye kadar 500 mg/L'lik doz ile inilebilmiştir. Bu durum bize açık bir doz düşüşü getirebilmektedir. Bu kimyasalın performansının görülebilmesi için tesis işletmeye alınmış ve bir müddet (2 hafta kadar) bu kimyasalla işletme yapılmıştır. Bu değerleri sağlayacak bir işletme koşulları oluşmamış olsa da 1230 mg/L'lik giriş fosfor konsantrasyonunun 220 mg/L'ye kadar düşürülebilmesi mümkün olmuştur. Ancak unutulmamalıdır ki bu durum işletme maliyetini olumsuz olarak etkileyecek bir faktördür. Kimyasalın tesiste deneme sonucu durumu Şekil 4.13'de görülmektedir.

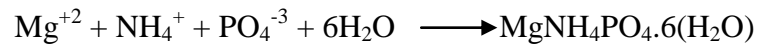


Şekil 4.13. Konsantre + durulama suyu 1500 mg/L PACS tesis uygulaması çöktürme tankı görünümü

4.3. Magnezyum Klorür ($MgCl_2$) ile Yapılan Arıtılabilirlik Çalışmaları

Yapılan çalışmalara alternatif olarak, yüksek oranda amonyak azotu ve fosfor giderebilen, ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) magnezyum amonyum fosfat çöktürmesi denenmiştir.

MAP ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$), magnezyum, amonyum ve fosfatın eşit molar konsantrasyonundan oluşan beyaz renkli, yavaş serbestleşen, kristal yapıda inorganik bir maddedir. MAP oluşumunu veren genel reaksiyon aşağıda verilmiştir [James ve Simon, 2002].



MAP çöktürmesi diğer giderim yöntemleri ile karşılaştırıldığında;

- Aynı anda amonyak ve fosfat giderebilmesi,
- Yüksek verime sahip olması,
- İşlem sonucunda oluşan çökeltinin nütrientlerce zengin olması ve zararsız bileşen içermemesi durumunda bu atığın gübre olarak kullanılabilmesi MAP'ın avantajlı yönleridir [Tünay ve ark. 1999].

MAP Çökeltmesini sağlamak için $MgCl_2$, MgO , $Mg(OH)_2$ ile denemeler yapılmıştır.

1 nolu işletme fabrikasından alınan su numunesi ile yapılan jar testi görüntüsü Şekil 4.14'te gösterilmiştir.



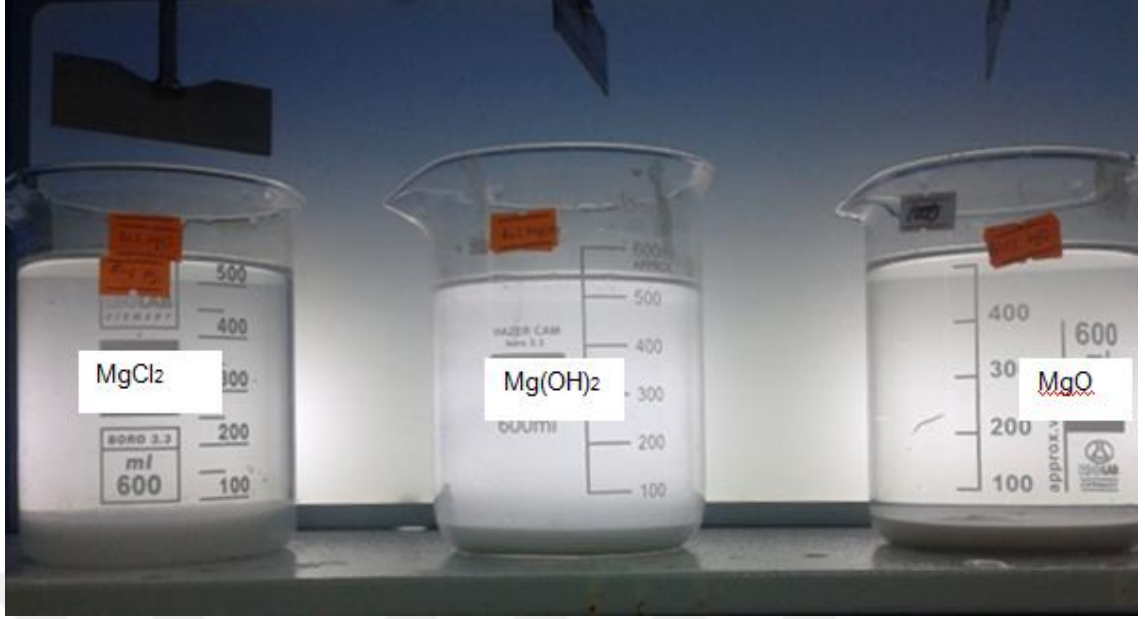
Şekil 4.14. Çöktelmeler pH 9 – 9,5'ta Sırasıyla; $Mg(OH)_2$ – MgO (pH 11 de çökme sağlandı) – $MgCl_2$ ile yapılmıştır

Alınan 500 ml atıksu numunelere, %10'luk hazırlanan çözeltilerden 1500 ppm MgO , $MgCl_2$, $Mg(OH)_2$ eklenerek yapılan jar testi sonuçları Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2. Jar testi ile yapılan çöktelim sonuçları(Ham Su : 243 mg/L PO_4 -P,323 mg/L TKN)

NUMUNE	$PO_4 - P$ [mg/L]	TKN [mg/L]
MgO ile çöktelim	162	197
$MgCl_2$ ile çöktelim	122	199
$Mg(OH)_2$ ile çöktelim	100	200

2 nolu işletme fabrikasından alınan su numunesi ile yapılan jar testi görüntüsü Şekil 4.15'te gösterilmiştir.



Şekil 4.15. Çöktelmeler pH 9’da sırasıyla MgCl₂ – Mg(OH)₂ – MgO ile yapılmıştır

Alınan 500 ml atıksu numunelerine, %10’luk hazırlanan 1500 ppm MgO, MgCl₂, Mg(OH)₂ çözeltilerinden eklenerek yapılan jar testi sonuçları Çizelge 4.3’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.3. Jar testi ile yapılan çöktelim sonuçları (Ham su : 550 mg PO₄-P, 39,5 mg/L TKN)

NUMUNE	PO ₄ -P [mg/L]	TKN [mg/L]
MgO ile çöktelim	426	< 0,15
MgCl ₂ ile çöktelim	439	< 0,15
Mg(OH) ₂ ile çöktelim	427	< 0,15

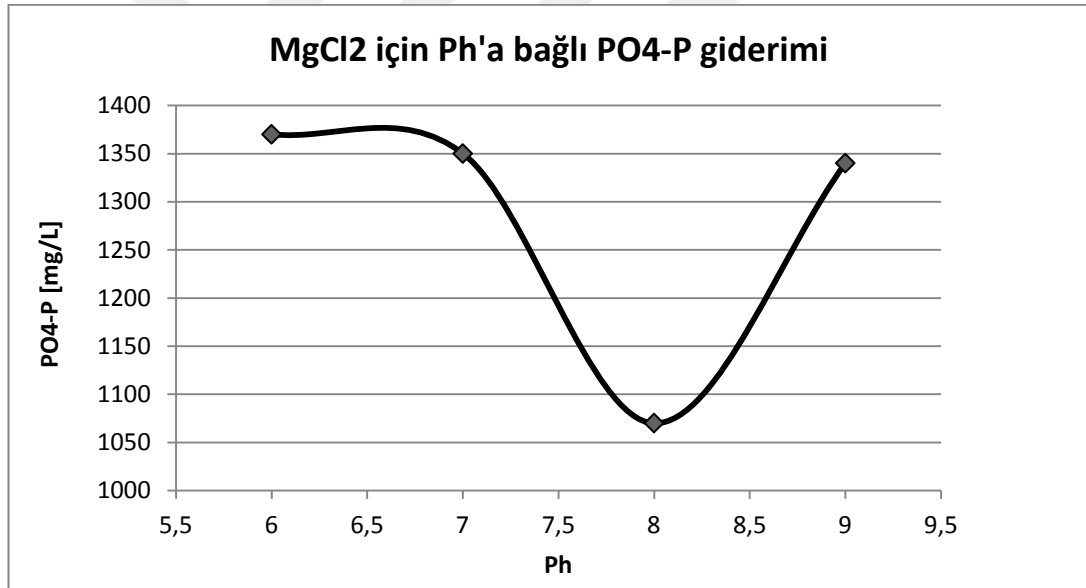
Yapılan deneyler sonucu magnezyum klorürün diğerlerinden daha iyi verim verdiği gözlenmiş olup, MgCl₂ ile detaylı çalışma yapılmıştır.

Çalışmalar 500 ppm dozaj ile pH 6–7–8-9'a ayarlanarak, PO₄-P bakılarak optimum pH belirlenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.4'te verilmiştir. 500 ppm dozajda en iyi verim pH 8'de elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. 500 ppm dozda pH 6-7-8-9 için PO₄-P değerleri (Ham su :1500 ppm PO₄-P)

NUMUNE	PO4-P [mg/L]
MgCl ₂ 500 ppm pH 6	1370
MgCl ₂ 500 ppm pH 7	1350
MgCl ₂ 500 ppm pH 8	1070
MgCl ₂ 500 ppm pH 9	1340

MgCl₂ için pH'a bağlı fosfor giderim verimi Şekil 4.16'da gösterilmektedir.



Şekil 4.16. Konsantre sularında MgCl₂ için pH'a bağlı PO₄-P giderimi

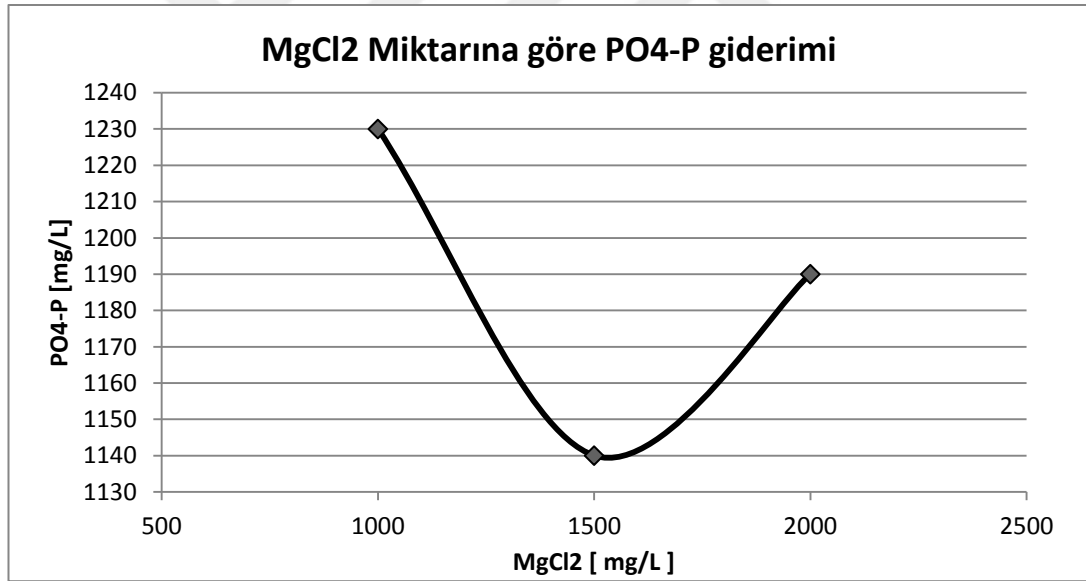
Mevcut 2 nolu işletme suyunda farklı dozlarda (1000 – 1500 – 2000 – 5000 ppm) MgCl₂ uygulanmış olup, PO₄ –P ve TKN sonuçları Çizelge 4.5'te gösterilmiştir. (

Çizelge 4.5. pH 9’da farklı dozlarda PO₄-P, TKN değerleri

NUMUNE	PO ₄ -P [mg/L]	TKN [mg/L]
Atıksu Giriş	1450	170
Atıksu Çıkış	1190	*
MgCl ₂ 1000 ppm - pH 9	1230	10,9
MgCl ₂ 1500 ppm - pH 9	1140	93
MgCl ₂ 2000 ppm - pH 9	1190	33
MgCl ₂ 5000 ppm - pH 9	1130	*

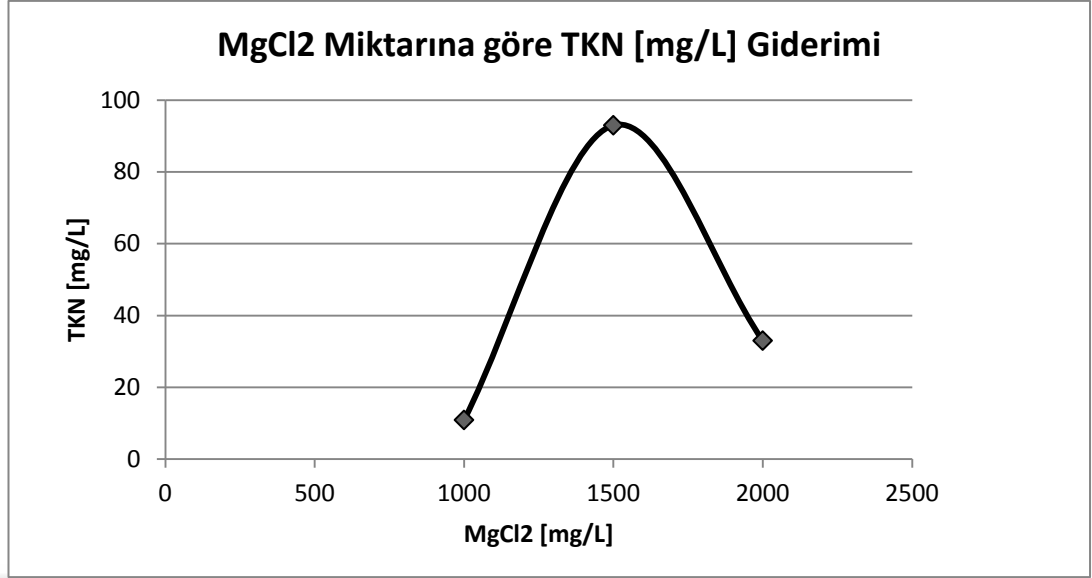
(* ile gösterilen kısımlarda TKN değeri okunmamıştır)

MgCl₂ dozuna bağlı fosfor giderimi Şekil 4.17’de gösterilmektedir. En yüksek verim 1500 ppm’de elde edilmiştir.



Şekil 4.17. MgCl₂ miktarına bağlı PO₄-P giderimi

MgCl₂ dozuna bağlı TKN giderimi Şekil 4.18’de gösterilmektedir. En yüksek verim 1000 ppm’de elde edilmiştir.



Şekil 4.18. MgCl₂ miktarına göre TKN giderimi

Yapılan laboratuvar çalışmalarında mevcut tesisten alınan konsantre ve durulama atıksuları sistemde karıştığı oran ile (0,5/1000 - v/v) karıştırılarak denemeler yapılmış olup, denemelerde koagülant olarak FeCl₃, kireç, PACS-ETA-2316 (Al₂O₃ %23, yoğunluk: 1,320 g/cm³), MgCl₂, MgO, Mg(OH)₂ flokülant olarak polielektrolit kullanılmıştır.

Mevcut sistemde kullanılan demir III klorür ile laboratuvarında optimum doz belirleme çalışmaları ile sisteme verilen dozun (3000 ppm) aşırı doz olduğu belirlenmiş ve uygun doz olarak 1500 ppm bulunmuştur. Bu doz azaltımı hem kimyasal sarfiyatında, hem de oluşacak çamur miktarında azalmaya sebep olacaktır. Buradaki bir sorun da konsantre asitli suların birden ve çok kısa sürede sisteme beslenerek arıtmaya çalışılmasıdır. Bunun içinde pompa optimizasyonu yapılarak sürekli sabit bir fosfor konsantrasyonunu arıtmaya beslenerek verimin düşmesi engellenebilir. Demir III klorür ile yapılan çalışmalarda ham su giriş fosfor konsantrasyonu 402 mg/L iken 1500 ppm demir III klorür ile çöktürme sonucu %70-80 verim elde edilmiştir. Sisteme kireç ilavesi verim artışı sağlamaktadır.

Ham su giriş fosfor konsantrasyonu 168 mg/L iken koagülant olarak 500 ppm PACS ile çöktürme sonucu %60-70 verim elde edilmiştir.

Çalışmalara alternatif olarak, yüksek oranda amonyak azotu ve fosfor giderebilen, (MgNH₄PO₄.6H₂O) magnezyum amonyum fosfat çöktürmesi denemesi için koagülant olarak MgCl₂, MgO, Mg(OH)₂ kullanılmıştır.

Ham su giriş fosfor konsantrasyonu 243 mg/L iken, MgCl₂, MgO, Mg(OH)₂ ile çöktürme sonucu sırasıyla %49, %33, %58 verim elde edilmiştir. Magnezyum hidroksit verimi iyi olmasına rağmen çamur oluşumu fazla olduğundan tercih edilmemiş, MgCl₂ hem çamur oluşumu hem de maliyet açısından tercih edilmiştir. Fakat tesiste devreye alındığında çökeltmenin tam olarak sağlanmadığından çamur oluşmadığı gözlenmiş olup sebebinin ham sudaki amonyum konsantrasyonunun sabit olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Durumun daha iyi anlaşılması için konsantre ve durulama suyu için karşılaştırmalı doz ve verim değerleri Çizelge 4.7'de özetlenmiştir.

Çizelge 4.6. Fosfor Giderimi İçin Yapılan Doz Denemelerine Ait Sonuçlar

Proses	FeCl₃ [mg/L]	Kireç [mg/L]	Polimer [mg/L]	PACS [mg/L]	MgCl₂ [mg/L]	Fosfor giderim verimi
Durul. Suyu	500	250	1	-	-	% 60-90
Kons.+Durul	1500	250	1	-	-	% 60-95
Durul. Suyu	-	250	1	100	-	% 80-90
Kons.+Durul	-	250	1	500	-	% 70-80
Durul. Suyu	-	-	1	-	500	% 60- 70
Kons.+Durul	-	-	1	-	1500	%45-60
Kons.+Durul [Mevcut Durum]	3000	-	1	-	-	%40-45

Bu noktada fosfor deşarjı da iki şekilde söz konusu olmaktadır:

1. Fosfat kaplama işlemine tabi tutulan ürünlerin yüzey yıkaması yapılan tankların durulama sularının savaklanması sonucu (sürekli olarak)
2. Fosfat kaplama (6 ayda bir) ve sıyırma asidi (haftada bir) deşarjı sonucu cereyan etmektedir.

Fosfat kaplama tesisinden kaynaklanan bu her iki atıksu kaynağının karakteristiği birbirinden çok büyük farklılıklar arz etmektedir. Bu durumun daha iyi anlaşılabilmesi için Çizelge 4.7’de durulama sularına ait analiz sonuçları Çizelge 4.8’de ise fosfat kaplama tanklarının deşarj edildiği atıksuların analiz sonuçları sunulmuştur.

Çizelge 4.7. 1 nolu işletme durulama sularına ait 23.01.2014 tarihli akredite analiz sonucu

Parametre	Birim	Değer	Deşarj Limiti	
			2 saat komp	24 saat komp
pH	--	7,64	6-9	6-9
KOİ	mg/L	146	400	300
AKM	mg/L	18,3	200	100
Yağ-gres	mg/L	17	20	10
Top Fosfor (PO4-P)	mg/L	344	2	1
TKN	mg/L	13,9	20	15

Çizelge 4.8. Fosfat tesisi banyoları analiz sonucu

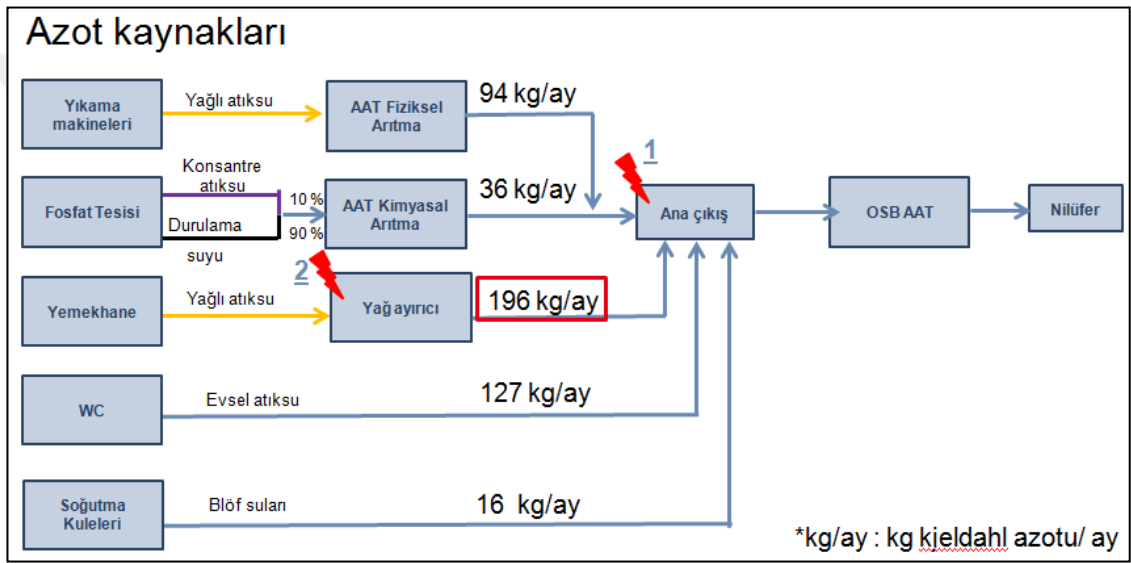
Banyo	Toplam Fosfor (PO₄-P) [mg/L]
Deoxidine Super C	140.000 - 200.000
US yıkama 23	611,5
Sıcak yağ alma 24	633,5
Aktivasyon 22	291,4
Pasivasyon 14	2833,0
Pas alma 30	122672,4
Pas alma 31	5274
Fosfat 19-20-21	8500
Fosfat sonrası yıkama 17	1920

Yukarıdaki tablolardan da görülebileceği gibi yüksek fosforik asit içerikli kimyasallar işletmenin ana fosfor kaynaklarından başlıcasını oluşturmaktadırlar. Bunun yanında bu kaynakların diğer parametrelere (pH hariç) etkisi nispeten daha düşüktür. Özellikle durulama sularının fosfor dışında önemli bir sorunu yok gibi görünmektedir.

Buna ek olarak fosfat tesisi çalışma şekli irdelenirken, enjektörleri taşıyan tamburların boş olarak asit banyolarına girip çıktıkları gözlemlenmiş olup, bu kapsamda boş tamburların taşıdıkları asit miktarı belirlenmesi için çalışma yapılmış ve iyileştirme önerisinde bulunulmuştur.

4.4.2. TKN parametresinin yüksek çıkmasına neden olan kaynaklar

TKN (Toplam Kjeldahl Azotu) parametresi toplam fosfor parametresinin tersine ana kaynağı ağırlık olarak organik kökenli kirliliklerdir. Bu noktada işletme içerisindeki kaynaklar da etkin olabileceği gibi özellikle yemekhane atıksuları ile evsel nitelikli (lavabo, tuvalet, duş vb.) kaynaklar da bu parametrenin yüksek çıkmasına etki edebilmektedir. Şekil 4.20’ de işletmenin ana toplam kjeldahl azotu kaynakları görülmektedir.



Şekil 4.20. İşletmenin toplam kjeldahl azotu kaynakları

İşletme içerisindeki en önemli azot kaynağı olarak yağlar karşımıza çıkmaktadır. İşletmede imalatta kullanılan yağlar temizlik vb. yollarla toplanmakta ve arıtma tesisinde yağlı atıksuların arıtıldığı bir separatör ve ultrafiltrasyon ünitelerinden oluşan tesise gelmektedir. Bu tesiste önemli ölçüde arıtılan sular daha sonra diğer hatlardan gelen atıksularla birleşerek deşarj edilmektedirler. Yağlı atıksulara ait deşarj değerlerini Çizelge 4.9’ da görülmektedir.

Çizelge 4.9. Yağlı atıksu arıtma tesisi çıkış suları analiz sonucu

Parametre	Birim	Değer	Deşarj Limiti	
			2 saat komp	24 saat komp
KOİ	mg/L	20100	400	300
Yağ-gres	mg/L	560	20	10
Top Fosfor (PO4-P)	mg/L	140	2	1
TKN	mg/L	73	20	15

Yağlı atıksular esasen azot içeriği yüksek sular olmakla birlikte 1 nolu işletmede fosfor değeri de yüksek çıkan sulardır.

Diğer önemli kaynak ise yemekhane çıkış sularıdır. 1 ve 2 nolu işletmelerin yemekhane çıkışlarında birer yağ tutucu bulunmaktadır (Şekil 4.21, Şekil 4.22).



Şekil 4.21. 1 nolu işletmede bulunan yağ tutucu sistemi



Şekil 4.22. 2 nolu işletmede bulunan yağ tutucu sistemi

1 nolu işletmenin yağ tutucu sistemi 2010 yılında yenilenmiş, istenilen koşullarda dizayn edilmiş olmakla birlikte verimli bir şekilde çalışabilmesi için önündeki ızgara ünitesinden yoksun haldedir. Bu nedenle rögarların içi yemek artıkları ve diğer atıklarla dolmaktadır. Bu durum yağ tutucunun önündeki rögarlardan Şekil 4.23'teki gibi görülebilmektedir.



Şekil 4.23. Yemekhane yağ tutucu öncesi rögarda biriken yemek artıklarına ait görüntü

Biriken katı atıklar nedeniyle yağ tutucu vazife görememekte, devre dışı kalarak işlevini yitirmektedir.

2 nolu işletmede bulunan ise tam olarak yağ tutucu olmayıp çarpıtmalı olarak gelen sudaki yağı ayıracak şekildedir. Her iki işletmede gözlenen genel sorun personel eksikliğinden dolayı buraların kontrollerinin yapılmayıp, biriken yağların düzenli alınmayarak kanala gitmesidir. Ayda bir vidanjör çağrılarak temizlik yaptırılmakta olup bu süre de yetersiz kaldığından Çizelge 4.10’ da görüldüğü gibi kanalda yağ gres

problemi başta olmak üzere diğer deşarj parametrelerinde de (TKN, Top-P vb.) sorunlar ile karşılaşılmaktadır.

Çizelge 4.10. 1 nolu işletme yemekhane suları yağ tutucu çıkış suları analiz sonucu

Parametre	Birim	Değer	Deşarj Limiti	
			2 saat komp.	24 saat komp.
KOİ	mg/L	5654	400	300
Yağ-gres	mg/L	1853	20	10
Top Fosfor (PO ₄ -P)	mg/L	8,7	2	1
TKN	mg/L	105	20	15

Yukarıdaki analizlerden de görüleceği üzere hem azot hem de fosfor için kaynaklar açıktır. Bu durumun çözümü için mevcut tesis performansı değerlendirilmiş ve buna göre öneriler ortaya konmaya çalışılmıştır.

Mevcut sistemlerin verimliliğinin irdelenmesi için sistemler kendi içerisinde değerlendirilmiş ve giriş çıkış değerleri arasındaki farktan tesis performansı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Buna göre arıtma tesisi için önemli olan azot ve fosfor parametrelerinin giderim verimleri ve diğer parametreler değerlendirilmiştir. Yemekhane çıkışındaki yağ tutucu için giderim verimi Çizelge 4.11' de sunulmuştur.

Çizelge 4.11. 1 nolu işletme yemekhane yağ tutucu performansı

Parametre	Birim	Giriş (Ham su)	Çıkış	Giderim verimi (%)
KOİ	mg/L	900.000	5654	%99
Yağ-gres	mg/L	223.000	1853	%99
Top Fosfor (PO ₄ -P)	mg/L	2,3	8,7	--
TKN	mg/L	225	105	%53

Çizelge 4.11’de görüleceği üzere okunan KOİ ve yağ gres değerleri çok yüksektir. İlk anda bu değerler yanlış veya manasız gibi görünse de bu değerlerin bu kadar yüksek olmasının nedeni yağ tutucunun önünde bulunan 2 rögarin da yiyecek ve yemekhane atıkları ile dolu olması ve düzenli temizlik de yapılmıyor olmasıdır. Bu sorunun çözümü yemekhane atıklarının atıksu kanallarına girmesini engelleyerek kaynağında en aza indirilmesi, ardından yüksek performanslı bir fiziksel bir ünite ile atık sudan ayrılmasıdır.

Diğer yandan atıksu arıtma tesisinin performansı irdelenecek olursa buradaki en önemli iki nokta yağlı atık suların arıtıldığı kısım ve durulama sularının arıtıldığı kısımlardır.

Çizelge 4.12’ de yağlı atık suların arıtıldığı hatta ait değerlendirme sunulmuştur.

Çizelge 4.12. 1 nolu işletme yağlı atıksu arıtma tesisi giderim performansı

Parametre	Birim	Giriş (Ham su)	Çıkış	Giderim verimi (%)
Yağ-gres	mg/L	5400	600	%88
Top Fosfor (PO ₄ -P)	mg/L	1350	633	%53
TKN	mg/L	180	143	%20

Yağlı atıksuların arıtıldığı ve Turbo Separatör ile Ultrafiltrasyon ünitelerinden oluşan bu sistem esasen yüksek verimliliğe sahiptir. Bununla birlikte sistemde kendi içerisinde kısa sürede çözülebilir, sorunlar bulunmaktadır. Turbo Separatör bir süredir devre dışı olup sorunun giderimi beklenmektedir. Ultrafiltrasyon ünitesi ise membran sorunu yaşamakla birlikte bu sorunlar önemli derecede giderilmiş bulunmaktadır. Bu sorunların tam çözümü halinde bu ünitelerin veriminin artması mümkündür. Ancak hali hazırda bu kısım hem azot hem de fosfor yüküne önemli katkı yapmaktadırlar. Bu suların toplam miktarı günde 24 m³ dolayındadır. Toplam su kütleindeki yeri düşüktür. Buradan gelen yük ne kadar düşürülürse toplam atıksu yüküne olan katkısı da o derece düşük olacaktır.

Diğer yandan durulama sularının arıtımı hattı ise başlı başına bir sorun yumağıdır. Bu tesisin performansı Çizelge 4.13'te sunulmuştur.

Çizelge 4.13. 1 nolu işletme durulama suyu atıksu arıtma tesisi giderim performansı

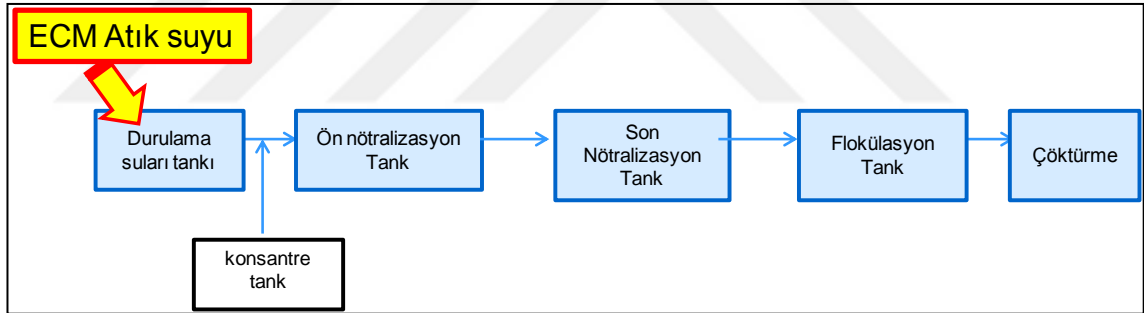
Parametre	Birim	Giriş (Ham su)	Çıkış	Giderim verimi (%)
Yağ-gres	mg/L	300	20	93%
Top Fosfor (PO ₄ -P)	mg/L	1500	340	%77
TKN	mg/L	220	50	%78

Yukarıdaki veriler göz önüne alındığında; arıtma tesisi giderim veriminin yeterli seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Bunun başlıca nedeni ve diğer sorunlardan biraz farklılık arz ettiği nokta; tesisin yapım amacının dışına çıkılarak ve ilk kurulum esnasında kabul edilen atıksu karakteristiğinin çok dışında işletilmesidir.

Diğer bir ifadeyle mevcut arıtma tesisi atıksu karakterizasyonu kapasitesi açısından düşük kirlilik değerlerindeki durulama sularını alacak kapasitededir. Oysa bu suların dışında, SOS, ECM vb. sular (bu sular yüksek kirlilik değerlerine sahip konsantre atıksulardır) durulama hattına, fosfat kaplama konsantre suları 20 tonluk konsantre

tankına depolanmak üzere arıtma tesisine gönderilmektedir. Bu noktada arıtma çalışanları ciddi ve olağan üstü bir çaba ile bu suları arıtmaya çalışmakta ve hem deşarj kriterleri hem de yüksek çamur oluşumu ile başa çıkmak zorunda kalmaktadırlar. Bu noktadaki bir diğer gözlem ise personel yetersizliğidir. İşletme sahasındaki personel sadece arıtma tesisi ile ilgilenmemekte, bununla birlikte talaş yağ geri kazanım, arıza vb. tüm durumlarla ilgilenmeleri gerekmektedir. Oysa arıtma tesisleri başlı başına bir sorumluluk sahası olup sürekli ve eğitimli personel gerektiren yerlerdir. Bu noktada her vardiyada tüm işlerle bir kişi ilgilenmektedir. Oysa ki arıtma tesisi için sadece bir işletmecinin bulunması ve gelen atık yüklerinin bu şekilde sürmesi halinde ciddi bir efor sarf ederek kontrol altında tutması mecburidir.

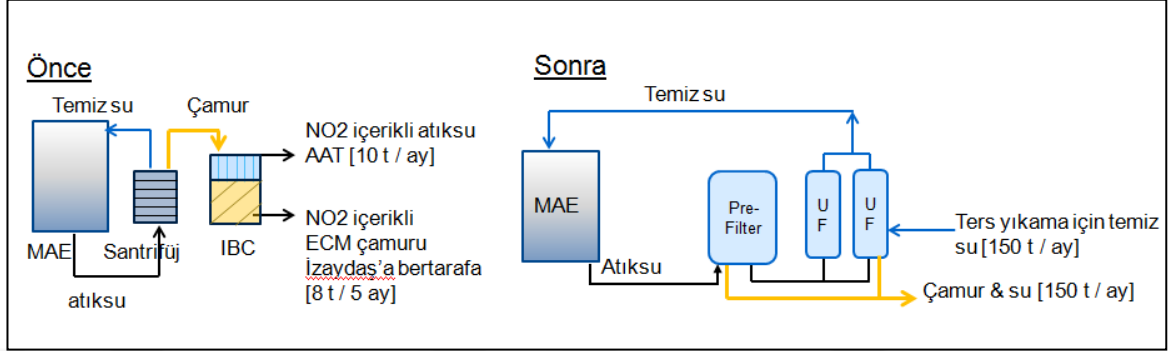
Diğer yandan 1 nolu işletme üretim kısmında ekstra bir proses olan nitritli ECM prosesi bulunmaktadır. Bu sistem kurulduğu zaman atık suları durulama hattına bağlanması kabul edilmiş ve sürekli beslenen hat ile arıtma tesisine gelmektedir (Şekil 4.24)



Şekil 4.24. ECM Atıksuyunun arıtma tesisine giriş akış şeması

ECM, Elektro Kimyasal İşleme prosesinin temeli elektroliz mantığına dayanmaktadır. Bir elektroliz hücresi anot, katot, iletken çözelti ve bir güç kaynağından meydana gelmektedir. Bu şekilde oluşan bir devreden akım geçirildiğinde anot malzemesi çözülmeye başlar ve oluşan pozitif metal iyonları Faraday kanununa göre geçen akımın miktarıyla doğru orantılı çözünerek çözeltiliye geçer. İşletmede elektrolit olarak sodyum klorür ve sodyum nitratın sulu çözeltileri kullanılmaktadır. ECM prosesi enjektörlerin yüzey iyileştirmesine dair çapak alma, yuvarlama, parlatma, işaretleme ve konturlama işlemlerinde kullanılır.

Üretim kısmı tarafından ECM prosesinde yapılan bir proje kapsamında mevcut sistemde bulunan santrifüj sistemi kaldırılarak yerine ultrafiltrasyon sistemi koyulmuştur (Şekil 4.25).



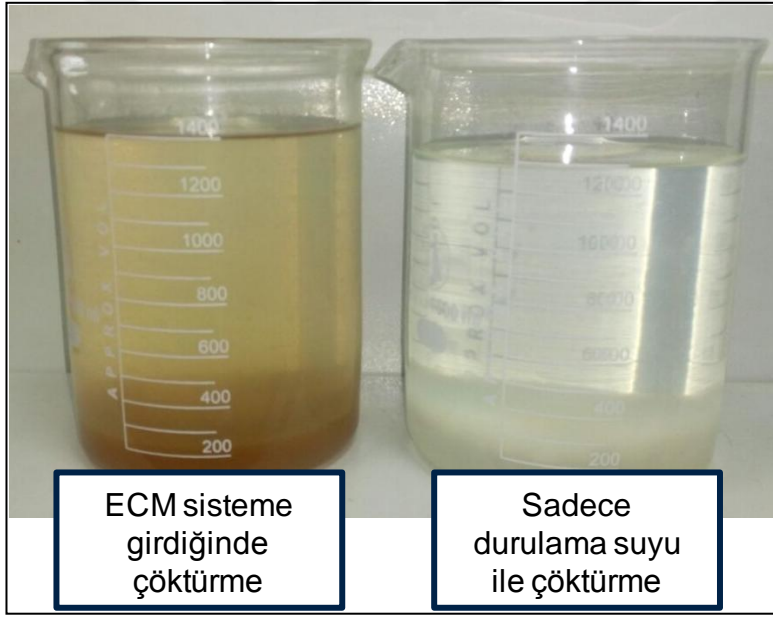
Şekil 4.25. ECM prosesinde yapılan değişiklik

Yapılan proje üretim kalite iyileştirme, iş yükü azaltmaya yönelik düşünüldüğünden atık kısmı hesaba katılmamıştır. Fakat bu tarz iyileştirme projeleri yapılırken öncelikli olarak oluşacak atık miktarı, bertaraf yöntemi belirlenip ona göre proje şekillenmelidir.

Proje öncesi santrifüj ile ECM çamuru kaynağında ayrılırken, proje sonrasında ECM çamuru ultrafiltrasyon sistemine verilip 10 kat ekstra su harcayıp sulandırılarak ters yıkama ile arıtma tesisine gönderilmektedir. Çamurun sulandırılarak arıtma tesisine gönderilmesi yanlış olmakla beraber ultrafiltrasyon sistemlerinin bu tarz çamurları arıtabilecek sistemler olmadığı da unutulmamalıdır. Nitekim UF filtreleri de bu kadar yoğun çamur karşısında 60 dakikada bir ters yıkama yapmakta ve filtreler buna dayanamayıp yırtılmaktadır. Bu şekilde sistem yüksek koagülant içeriği ve çamur yükü ile karşı karşıya kaldığından önemli işletme problemleri ve deşarj kriterlerinin aşılması sorunu ile karşı karşıya kalınmaktadır. ECM çamurlu atıksuyunun arıtma tesisi çöktümesine etkisi Şekil 4.26 ve Şekil 4.27' de görülmektedir.



Şekil 4.26. ECM atıksuyunun arıtma tesisi çöktürme verimine etkisi



Şekil 4.27. ECM atıksuyunun arıtma tesisi çöktürme verimine etkisi

Çöktürme verimine etkisini belirlemek amacı ile yapılan çalışma sonucu Çizelge 4.14'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. 1 nolu işletme durulama suyu atıksu arıtma tesisi giderim performansı

Numune	Arıtma Çıkış Toplam Fosfor [mg/L]
ECM dahil durulama suyu	290,41
Sadece durulama suyu	243

Bu durumun çözümü için en iyi alternatif ECM çamur yükünün kendi içinde çözülerek diğer çamurlarla karışmamasının sağlanmasıdır. Bu çamurlar için ayrı bir çamur pompası ve çamur susuzlaştırma ünitesinin (dekantör veya filtrepres) kullanımının uygun olacağı görüşü benimsenmiştir. Böylelikle çamurun atıksu arıtma sistemine yeniden beslenmesinden kaynaklı sorunlar çözülecektir.

4.5. Tez Çalışması Kapsamında Önerilen İyileştirme Çalışmaları

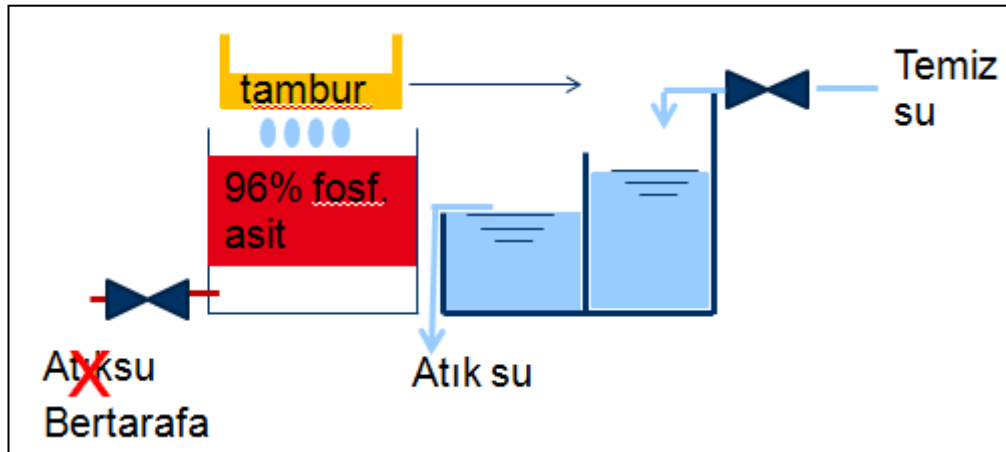
Bu çalışmanın başlangıç noktasındaki ortak amaç olarak, Taşıt Enjektörü üreten firmanın Bursa işletmelerinin atıksularının optimum (en yüksek verim ve en düşük maliyet ekseninde) çözümü hedeflenerek bu doğrultuda çalışmalar yapılmıştır.

Temel olarak azot ve fosfor ile ilgili olarak deşarj değerlerinin limit değerlerin altına indirilmesi hedeflenmiş ve bu yönde çalışmalar yoğunlaştırılmış. Buna göre aşağıda azot ve fosfor için değerlendirme ve öneriler ayrı ayrı sunulmuştur.

4.5.1. Fosfor giderimi amacıyla yapılan çalışmalar

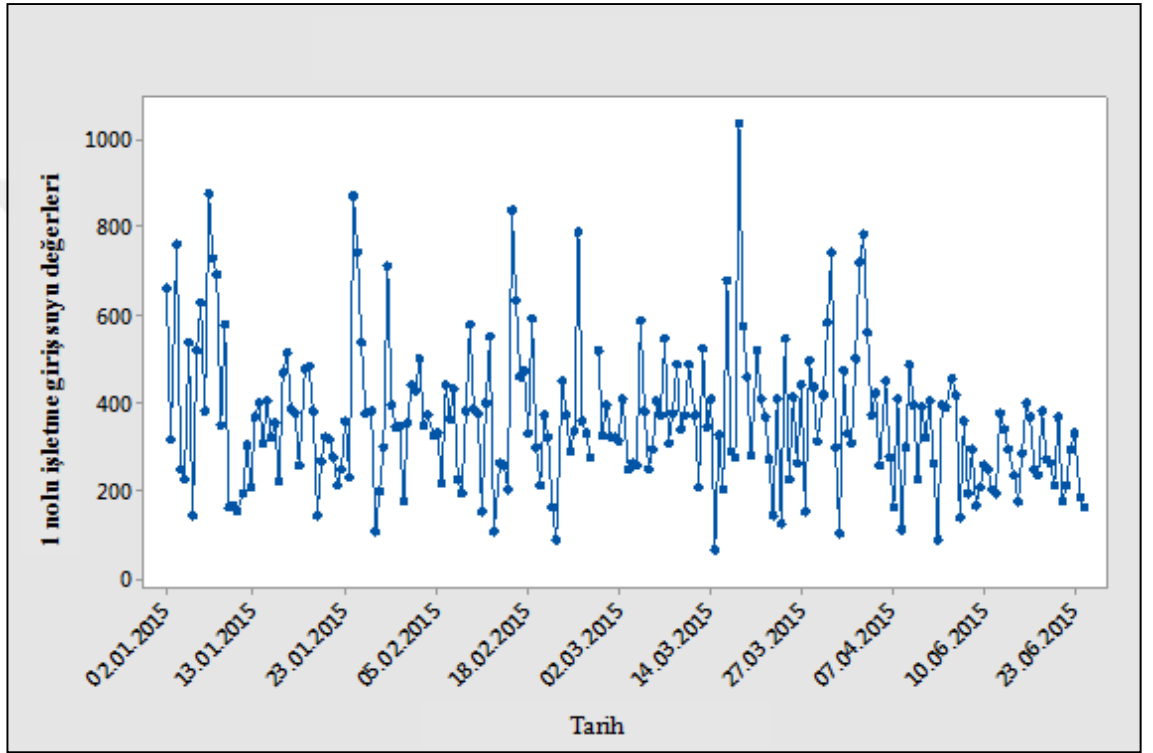
Fosfor parametresinin yüksek çıkmasının ana kaynakları 4.4.1. nolu kısımda anlatılmıştır. Bu kaynaklara yönelik yapılan iyileştirme çalışmaları;

- Fosfat tesisinde kullanılan konsantre fosforik asitin ve pH'ı 14 olan SOS kimyasalının bertarafa gönderilmesi, Şekil 4.28' akış şeması verilmiştir.



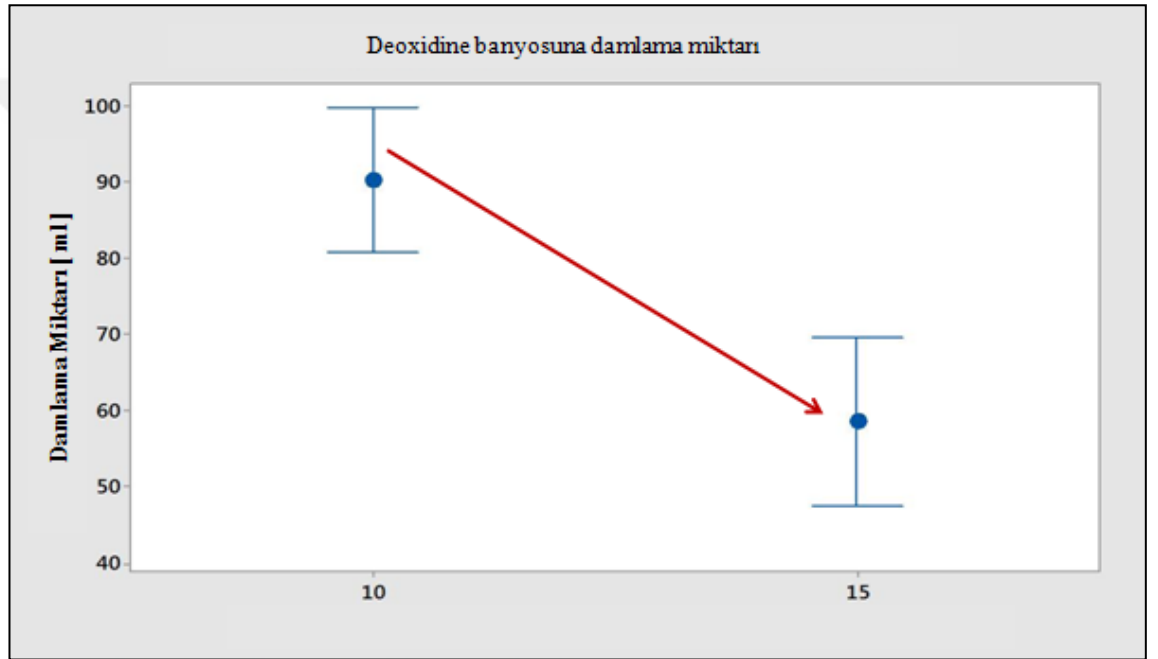
Şekil 4.28. Fosfat tesisinde kullanılan fosforik asitin bertarafa gönderilmesi

- Fosfat tesisinde boş olarak asit banyolarına giren boş tamburlar için otomasyon değişikliği ile yılda 2 ton asit taşınmasının önüne geçilmesi (toplamın %8'i), otomasyon değişikliği sonucu arıtma tesisi giriş suları fosfor değerleri takip edilmiş olup Şekil 4.29'de değerlerdeki düşüş gözlenmektedir,



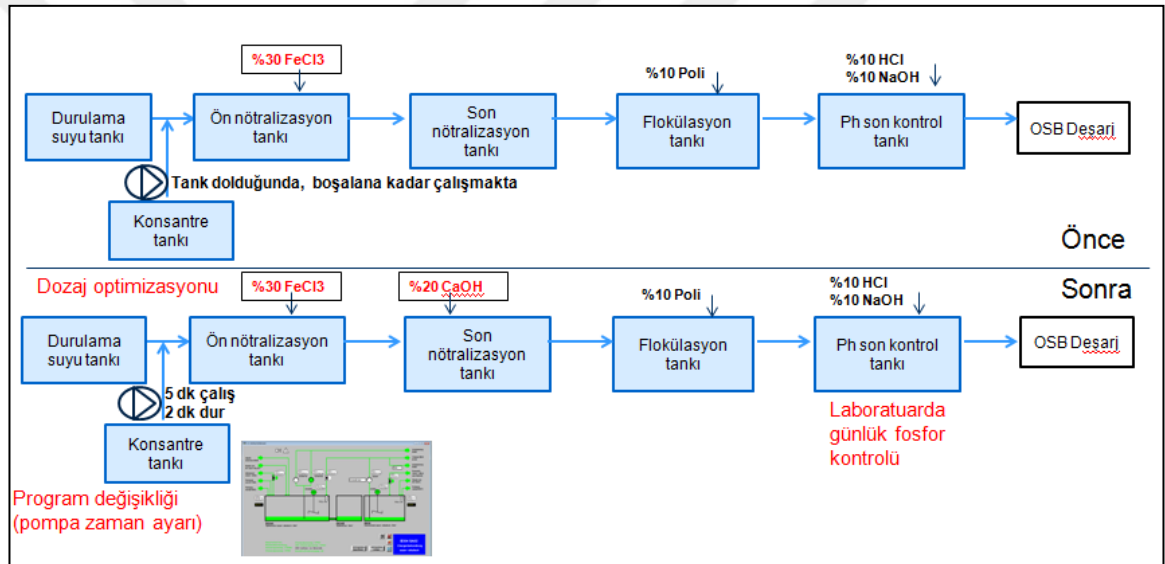
Şekil 4.29. Boş tambur otomasyonunun 1 nolu işletme arıtma tesisi giriş suyu değerlerine etkisi

- Fosfat tesisinde enjektörleri taşıyan tamburların banyolar üzerinde bekleme süresinin kalite problemi yaratmayacak şekilde arttırılması (bekleme süresi 10 saniyeden 15 saniyeye çıkartılarak yılda 1 ton asit taşınması önlenecek (toplamın %4'ü)), bu kapsamda yapılan çalışma sonucu tambur 10 sn beklediğinde ortalama damlama miktarı 90 ml iken, 15 sn beklemede damlama miktarı ortalama 55-60 ml olarak ölçülmüş olup sonuçlar Şekil 4.30'da gösterilmiştir,



Şekil 4.30. Damlama süresi artışının damlama miktarına etkisi

- Arıtma tesisi kimyasal arıtma kısmında konsantre asit pompasında program değişikliği yapılarak, konsantre asitin zaman ayarlı şekilde dozajlanması sağlanmıştır, bu şekilde sisteme sürekli az miktarda asit dozlanarak fosfor miktarı sabit tutulup arıtma tesisi fosfor çıkış değerleri stabil hale getirilmiştir. Ek olarak mevcut kimyasal olan FeCl_3 ' ün aşırı dozda verildiği (3000 ppm) laboratuvar çalışmaları ile belirlendikten sonra giriş suyu stabil hale getirildikten sonra, dozaj ayarı optimum 1500 ppm' e ayarlanmış ve sistem o şekilde işletilmeye başlanmıştır. Kimyasal arıtma tesisinde yapılan optimizasyon Şekil 31'deki akım şemasında verilmiştir.



Şekil 4.31. Kimyasal arıtmada yapılan program değişikliği ve kimyasal optimizasyonu

4.5.2. Azot giderimi amacıyla yapılan çalışmalar

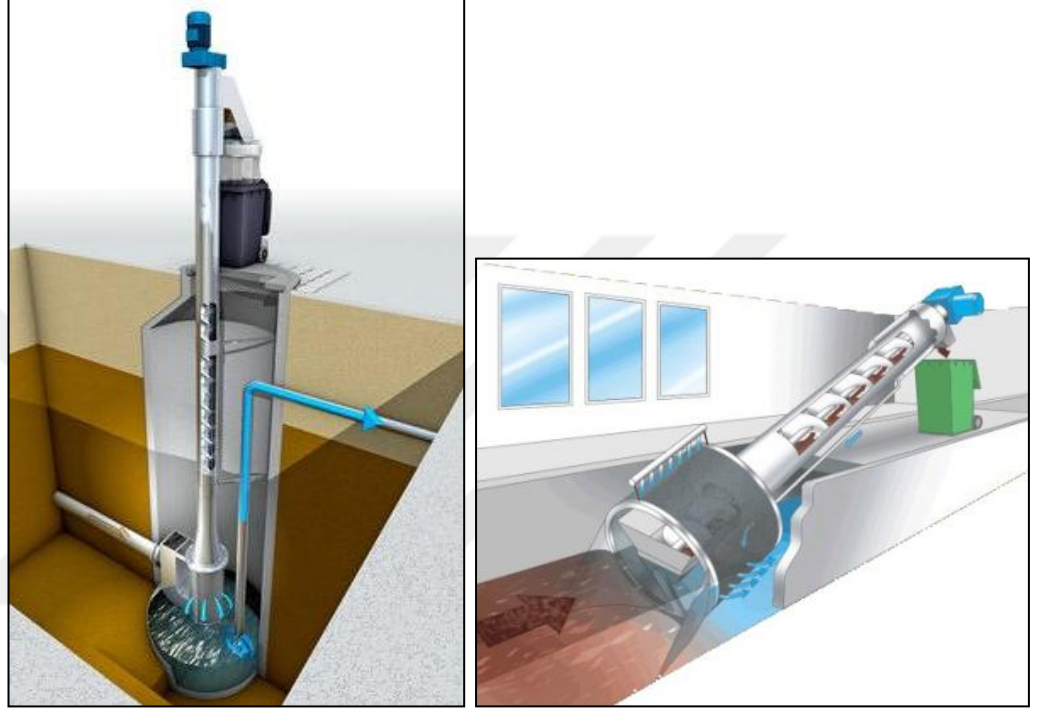
Azot parametresinin yüksek çıkmasına neden olan kaynaklar 4.4.2 nolu kısımda anlatılmıştır. İşletme içerisinde azot kaynakları araştırılırken aslında yağ gres parametresi ile ilgili ciddi sorunlar olduğu anlaşılmış olup bu kapsamda yapılan iyileştirmelerde bu kısımda verilmiştir,

- Yağ gres ve azot parametrelerinin temel kaynağı yemekhane olduğundan kaynağında azaltmak amacı ile açık olan bulaşık makinesi çıkışı ve yemekhane giderlerine süzgeçler takılmış olup gelen yük azaltılmıştır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Yemekhane giderlerine takılan süzgeçler

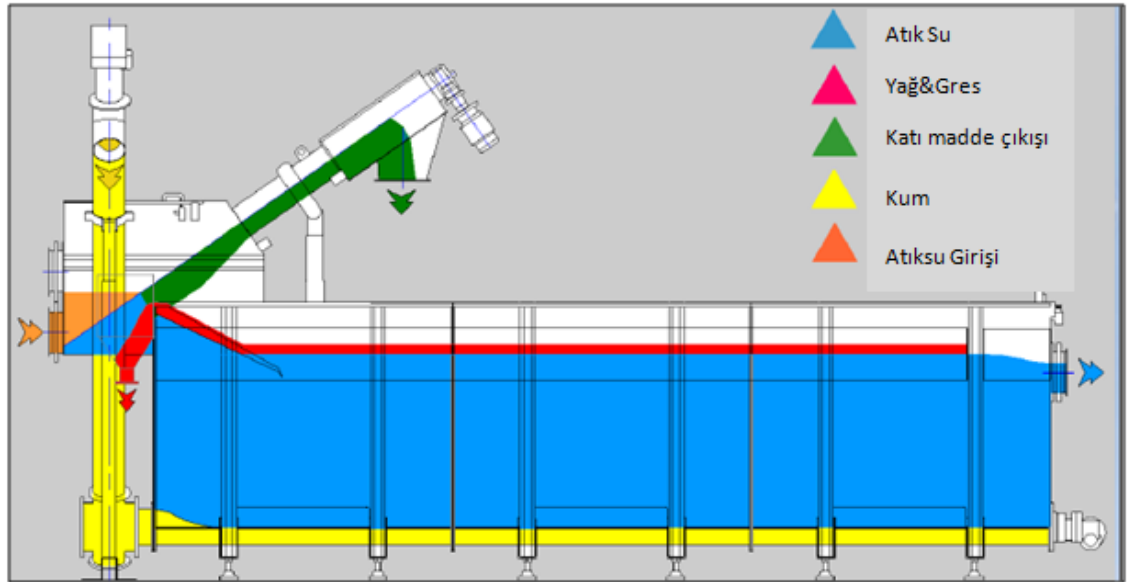
- Yemekhane çıkışında bulunan yağ ayırıcıların tıkanmasını önlemek amacı ile öncesinde katı atık ayırıcı sistem araştırılması yapılmıştır, bu kapsamda 1 nolu işletme için HUBER markasının katı atık ayırıcılarından yatay model Rotomat RoK9 ekonomi, 2 nolu işletmede alan sıkıntısından dolayı dik model RoK4 önerilmiştir (Şekil 4.33),



Şekil 4.33. HUBER katı atık ayırıcı sistemleri

İşletme tarafından her iki lokasyon için de aynı cihaz alınması kararı alınmıştır ancak HUBER firmasının istediği mesafeler mevcut rögarlarda sağlanamadığından cihaz alımı gerçekleşmemiştir,

Buna alternatif olarak hem yağ hem katı atık ayırıcı kompakt bir sistem olan WAM Group TSF 3 (Şekil 4.34) önerilmiştir ancak maliyeti çok yüksek olduğundan bu öneride uygulanamamıştır,



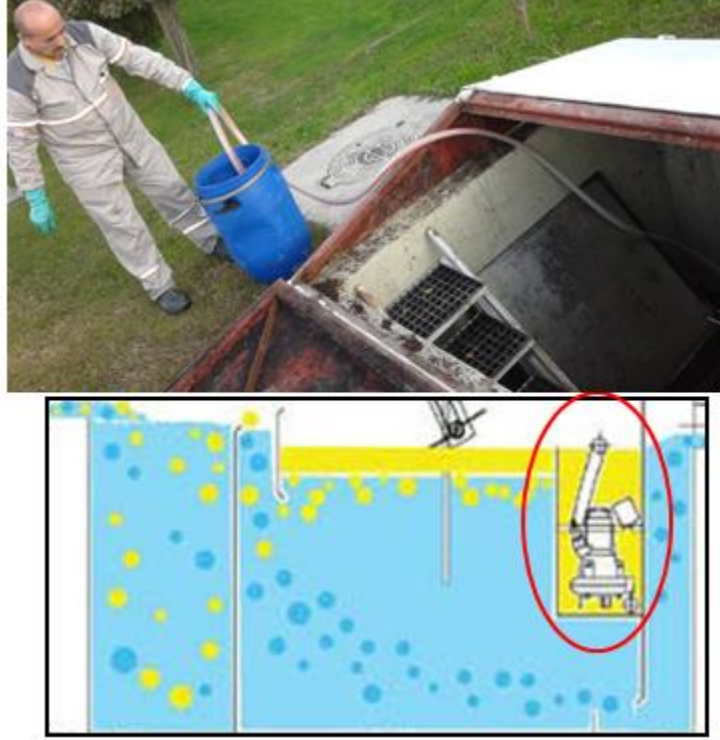
Şekil 4.34. WAM Group TSF 3 yağ gres ve katı atık ayırıcı sistemi

Daha basit bir sistem ile katı atık sorunun çözmek için de Şekil 4.35'te görüldüğü gibi tambur elek sistemi kurulması önerilmiştir fakat bu sistem rögar içerisine yerleştirilemeyeceğinden pompa ile beslenmesi gerekmektedir, ek olarak koyulacak her parça da işletme açısından ekstra yük getirmektedir,



Şekil 4.35. Yatay akışlı tambur elek görünümü

Ayrıca tambur elek sistemi uygulandığında yağ ayırıcısındaki yağın alınması için iş gücü gerekecektir. Günlük olarak bir kişinin yemekhane arkasına kurulan sistemi işletmesi gerekmektedir, Şekil 4.36' da yağ ayırıcıdan yağ boşaltılması görülmektedir, gelen atıksu debisi gün içerisinde salınım gösterdiğinden sistem otomatik olarak çalıştırılmamaktadır. Manuel çalıştırılması için ise personelin yağ ayırıcı içerisine girip pompayı çalıştırıp, ilk anda pompadan gelen suyu çıkışa verip yağ gelmeye başladığında bidona alması gerekmektedir, tüm bu işler ekstra personel ihtiyacı doğurmakta olup iş güvenliği açısından da risk oluşturmaktadır.



Şekil 4.36. Yağ ayırıcının boşaltılması işleminin fotoğrafla ve şematik gösterimi

Yağ & gres sorunu için tüm bu alternatifler sonucunda yatırım maliyetleri Çizelge 4.15'te görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.15. Katı atık tutucu önerilerin yatırım maliyetleri karşılaştırılması

Alternatif	Yatırım Maliyeti [EUR]
HUBER Rotomat	27.000
WAM TSF 3	60.000
Tambur elek	15.000

Tarafımızca bir yatırım yapılması mutlak olarak önerilmiş ancak işletme tarafından maliyetler değerlendirilerek şu an için yağ&gres sorununun haftalık olarak vidanjör ile yağ ayırıcıların temizlenerek çözülmesine karar verilmiştir (Şekil 4.37).



Şekil 4.37. Vidanjör ile yağ ayırıcı temizliği

Azotun tabii sular dan ve atıksulardan giderimi birkaç şekilde yapılabilmektedir:

1. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon içeren biyolojik arıtma prosesleri yardımıyla
2. Yüksek pH' da havalandırma ile (amonyak azotu için uygulanabilir)
3. İyon değiştirme
4. Kırılma noktası klorlaması

Bu yöntemler içerisinde en yaygın kullanılan proses biyolojik süreçlerle azotun nitrifikasyonu ve denitrifikasyonu prosesleridir. Bu noktada işletmede sorunlu olan parametre TKN olup nitrifiye edilmesi yeterlidir. Çünkü nitrat bir deşarj parametresi olarak karşımızda bulunmamaktadır. Ancak bu metodun en önemli sorunu işletme içerisinde hem yer sıkıntısı yaşanması hem de ekstra ve sorunlu bir prosese yatırım yapılacak olmasıdır. Bazı durumlarda işletmenin bazı bölgelerine etkin

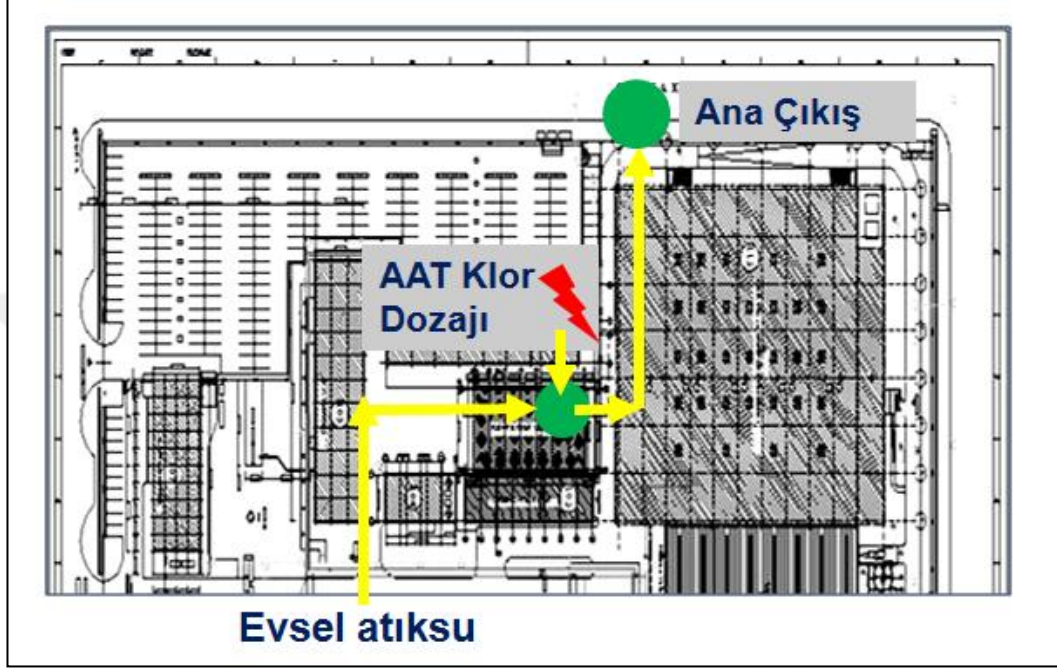
mikroorganizmaların dozlanması ile bu sorunun giderilebileceği bazı firmalarca dile getirilse de burada şu asla unutulmamalıdır. Biyolojik süreçler detaylı tasarlanan ve uygun şartlarda işletilen kompleks reaktörlerde istenen verimi vermektedir. İşletmede rögarlara veya herhangi bir altyapı birimine beslenen mikroorganizma bulunduğu yerde bir biyolojik ayrışma yapsa da suyun akışı ile sistemden uzaklaşacak ve işlevini kaybedecektir. Bu tip mikroorganizmaların sisteme sürekli olarak beslenmeleri durumunda ise kimyasal sarf malzemeleri için geçerli olan işletme ve maliyet koşulları oluşacaktır. Diğer yandan da çıkış suyuna ilave edilecek mikrobiyal kütle ile ortamda inkübe olarak yeni oluşacak mikrobiyal kütle başta AKM olmak üzere KOİ ve diğer sorunlu organik parametrelerin de yüksek çıkmasını tetikleyecektir. Bu tür mikroorganizmalar ancak lokal ve anlık çözümler için kullanılabilir özellikte görünmektedir.

Yüksek pH'ta havalandırma (amonyak sıyırma) işletmemiz için çok uygun bir proses olarak görünmemektedir. Bunun ana nedeni TKN parametresinin az bir kısmının amonyaktan oluşmasıdır. Diğer yandan yüksek miktarda hava ihtiyacı ve 6 saatlik bekleme süreleri yer sıkıntısı başta olmak üzere bizleri zorlayabilecek diğer faktörler olarak karşımıza çıkacaktır.

İyon değiştirme işletmede uygulama olanağı yüksek olan seçeneklerdendir. Özellikle arıtma tesisinde atıl olarak bulunan kolonlar dönüştürülerek bu ünite işler hale getirilebilir. Ancak buradaki sorun da amonyak sıyırma ile benzerdir. Çünkü bu proseste de amonyum azotunun katyonik olarak tutularak uzaklaştırılması hedeflenmektedir. Diğer bir sorun ise rejenerant kütlenin bertarafında yaşanabilecek zorluklardır. Ancak bu proses ileride yeniden değerlendirilmelidir.

Bölüm 2.2.1 denklem 2.6, 2.11'den de görüleceği gibi reaksiyon tamamen stabil ürün olan azota veya azot protoksite (Narkoz Gazı) kadar gidebilmektedir. Bunun yanında oluşan kloraminler de yine dezenfektan özellikli olup sadece reaksiyon hızları daha düşüktür.

Bu yaklaşımla işletmede arıtma tesisinin çıkışında bulunan son pH ayar tankına sodyum hipoklorit dozlanarak tesis performansı izlenmiştir. Dozajlama arıtma tesisi çıkışından yapılarak fabrika ana çıkışına kadar diğer atıksular ile karışarak azot değerini düşürmektedir (Şekil 4.38).



Şekil 4.38. Arıtma tesisi çıkışına klor dozajı şematik gösterimi

Sodyum hipoklorit dozlama hesabı Çizelge 4.16'da sunulmuştur.

Çizelge 4.16. Sodyum Hipoklorit Dozlaması Planlanan Yerler Ve Dozlama Miktarları

Numune	Debi [m ³ /gün]	NH ₃ -N [mg/L]	Klor dozajı	Dozlanacak klor hesabı	
				Kanal çıkışı	Evsel atıksu
Kanal çıkışı	473	52,5	420 ppm	$420 / 0,15 = 2,8$ L/m ³ $473 \text{ m}^3 / \text{gün} * 2,8$ L/m ³ = 1324 L/gün = 55 L/sa = 0,92 L/dk	$420 / 0,15 = 2,8$ L/m ³ $230 \text{ m}^3 / \text{gün} * 2,8$ L/m ³ = 644 L/gün = 26,8 L/sa = 0,45 L/dk
Aritma çıkışı	100	42	336 ppm	$336 / 0,15 = 2,24$ L/m ³ $100 \text{ m}^3 / \text{gün} * 2,24$ L/m ³ = 224 L/gün = 9,3 L/sa = 0,155 L/dk = 155 ml/dk	

Yapılan denemeler neticesinde aşağıda Çizelge 4.17’de verilen sonuçlar bulunmuştur.

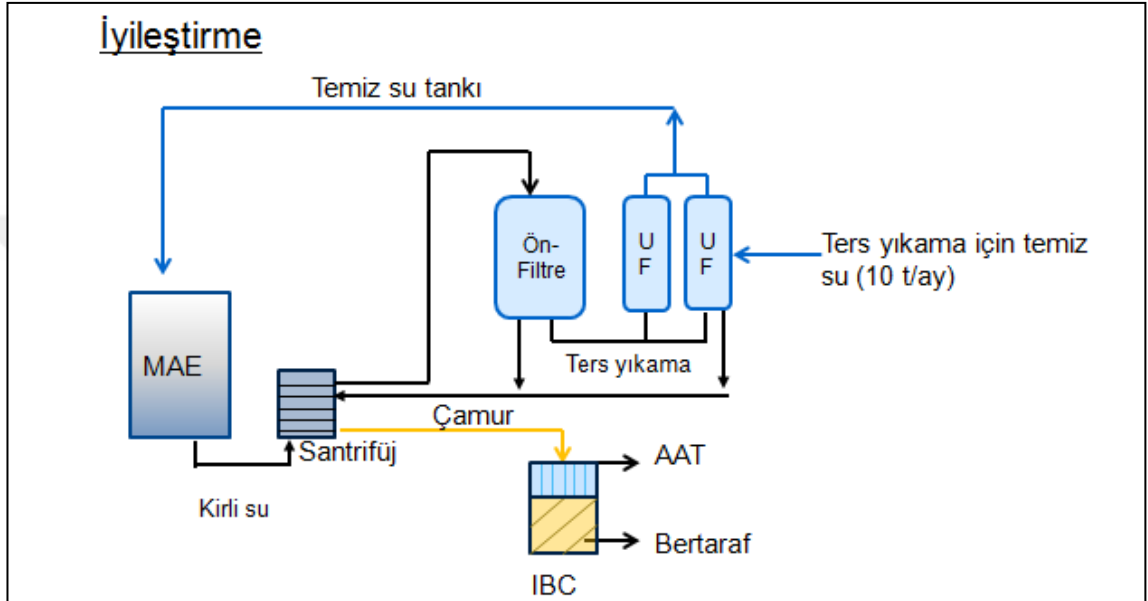
Çizelge 4.17. Sodyum hipoklorit dozlaması sonucu elde edilen çıkış değerleri ve giderim verimleri

Durum	Aritma Çıkış (pH Son Kontrol)		Kanal Çıkış	
	TKN [mg/L]	NH ₃ -N [mg/L]	TKN [mg/L]	NH ₃ -N [mg/L]
Mevcut	50	10	64,7	20
Klor dozlanarak, FeCl ₃ ayarlı, kireç açık	30,9	0	31,7	9,4
Verim %	%40	%100	%51	%53

Her iki tablodan da görüleceği üzere klor dozlanması sonuç vermiş, önemli giderim verimlerinin elde edilmiştir.

1 nolu işletme arıtma tesisinde bulunan nitirli ECM atıksuyu sorunu geçici olarak IBC’ler ile tuzlu ECM arıtma tesisine gelip koagülasyon ve flokülasyon işlemlerinden geçip atıksuyu kimyasal arıtma tesisine, çamuru ise çamur yoğunlaştırmaya gitmektedir. Fakat bu proseste nitrik asit içerdiğinden gelen atıksuyun içeriğinde bulunan nitrit

mevcut arıtma sistemi ile arıtılmadan diğer atıksular ile seyrelerek OSB kanalına deşarj edilmektedir. Bu durum geçici olup, iyileştirme çalışması olarak, üretim kısmında bulunan ultrafiltrasyon sistemlerine ek olarak Şekil 4.39’da görüldüğü gibi santrifüj sistemi kurularak suyu ultrafiltrasyona verilecektir. Çamur ise kaynağında ayrılarak bertarafa gönderilecektir.



Şekil 4.39. Arıtma tesisi çıkışına klor dozajı şematik gösterimi

Yapılan iyileştirme çalışmaları sonucunda kazanç ve masraf maliyetleri Çizelge 4.18, 4.19 ve 4.20’de verilmiştir.

İyileştirilmeler sonrası net kazanç (atıksu bedelleri hariç) 16.322 TL olup, yapılan masraflar 273.112 TL’dir.

Çizelge 4.18. İyileştirme çalışmaları kazanç maliyetleri

		Birim Fiyat	Toplam m³/kg/yıl	Toplam Tutar [TL]	
Kimyasal Kullanımında İyileştirme	FeCl₃	0,28	86.190	24.133	İyileştirme Öncesi
	FeCl₃	0,28	60.000	16.800	İyileştirme Sonrası
			Toplam Kazanç	7.333	
Çamur Bertaraf Bedelinde İyileştirme [1 ve 2 nolu işletme]	İzaydaş	0,45	120.540	54.243	İyileştirme Öncesi (2014)
	Bursa Çimento	0,30	49.520	14.856	
			Toplam Kazanç	69.099	
	İzaydaş	0,45	77.920	35.064	İyileştirme Sonrası (2015)
			Toplam Kazanç	60.110	
		Net	8.989		

Çizelge 4.19. İyileştirme çalışmaları masrafları

	Birim Fiyat	Miktar [ton/yıl]	Tutar [TL]
Deoxidine Asidi	1.020	120	122.400
SOS kimyasal	630	24	15.120
Aritma tesisi pompa optimizasyonu			15.792
Yağ ayırıcı vidanjör hizmeti [1 ve 2 nolu işletme]	300 TL/sefer	1/hafta	28.800
Fosfat tesisi boş tambur otomasyonu			10.000
Sodyum Hipoklorit [1 ve 2 nolu işletme]	0,45	180	81.000
		Toplam	273.112

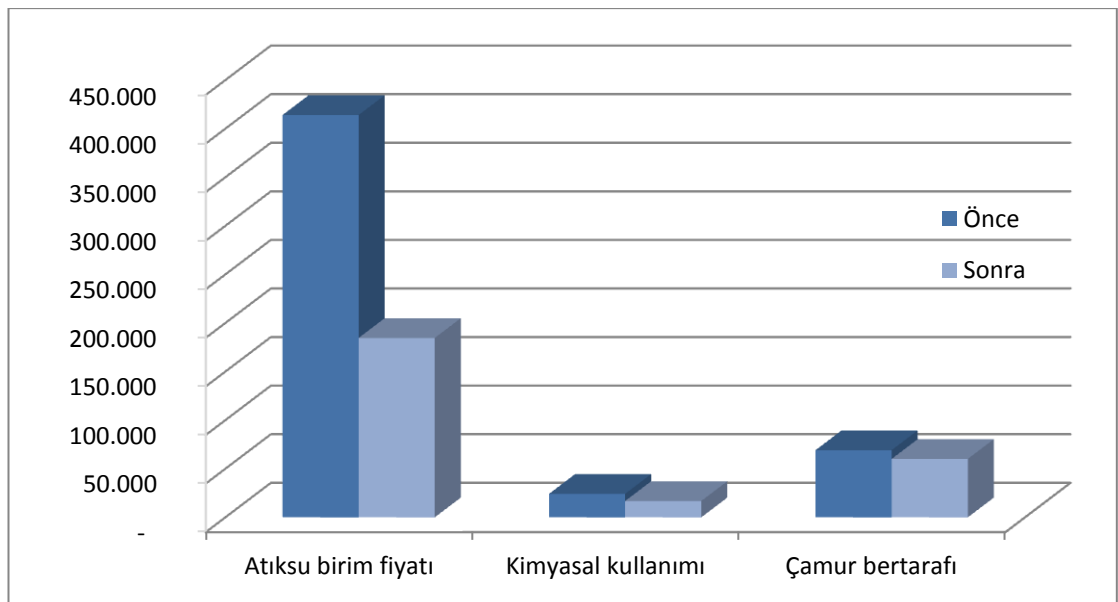
Ek olarak proje başlangıcındaki bir diğer amaç olan, Organize sanayi bölgesin atıksu birim fiyat tarifesi üzerinden ödenen atıksu maliyetlerini düşürme iyileştirilmesi sağlanmış olup, atıksuya ödenen maliyetler Çizelge 4.20'deki gibidir.

Çizelge 4.20. 1 ve 2 nolu işletmelerde atıksuya ödenen bedeller

	Lokasyon	Toplam m ³ /kg/yıl	Top.Tutar [TL]	
Atık Su Birim fiyatında iyileştirme	1	110.353,00	194.042	İyileştirme Öncesi (Nisan-Aralık 2014)
	2	74.585,00	219.947	
		Toplam Kazanç	413.989	
	1	84.147,00	87.101	İyileştirme Sonrası (Ocak-Temmuz 2015)
	2	78.832,00	97.496	
		Toplam Kazanç	184.597	
	Net Kazanç	229.392		

Sonuç olarak tüm masraf ve kazançlar toplandığında 42.532 TL net getiri elde edilmiştir fakat iyileştirmelerin tamamlanması hala devam etmekte olduğundan bu rakamlarda değişimler söz konusu olabilecektir. İyileştirmeler Çizelge 4.21’de verilmiştir.

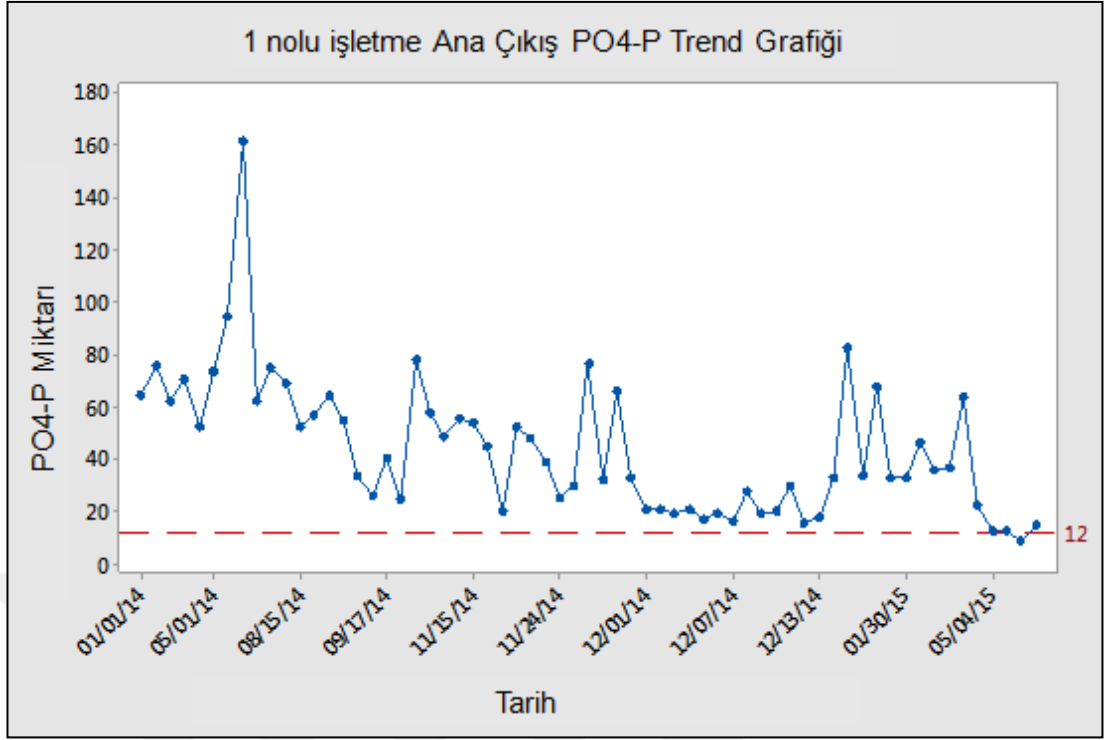
Çizelge 4.21. 1 ve 2 nolu işletmelerde yapılan iyileştirmeler



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

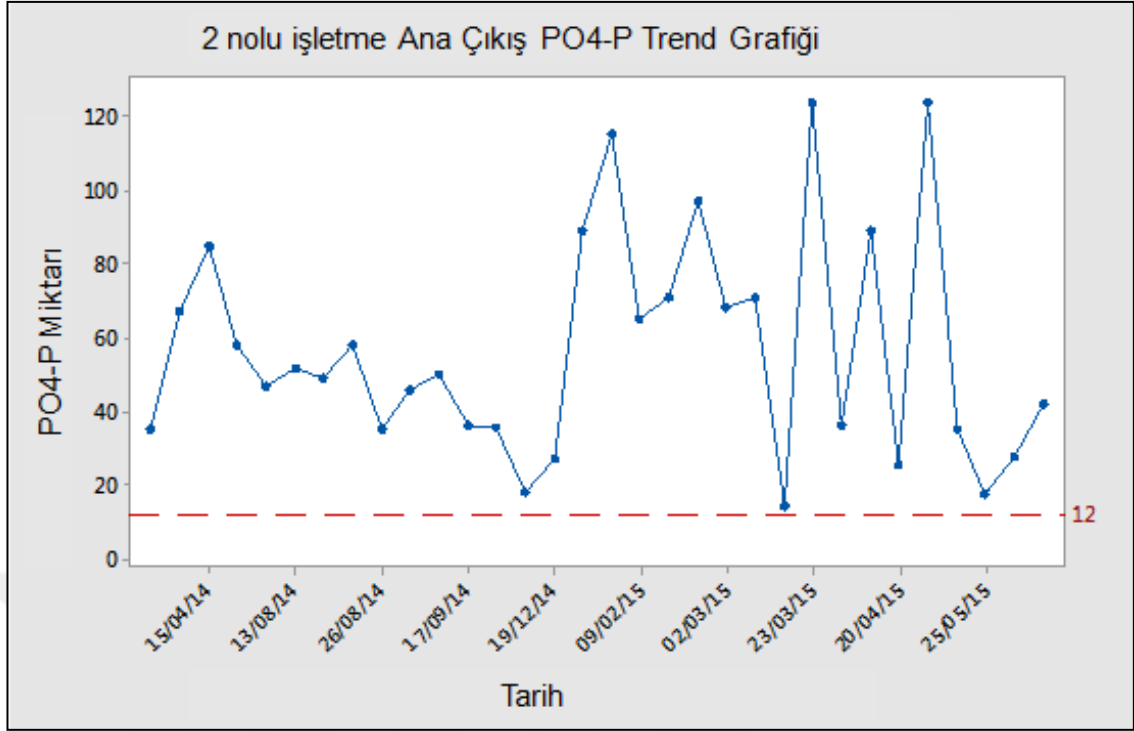
Çalışmada temel olarak azot ve fosfor ile ilgili olarak deşarj değerlerinin limit değerlerin altına indirilmesi hedeflenmiş ve bu yönde çalışmalar yapılmıştır.

Yukarıdaki bölümlerde de bahsedildiği üzere toplam fosfor hem organik hem de inorganik kaynaklardan gelebilmektedir. Fosfor parametresinin en büyük kaynağı, enjektör üretiminin bir parçası olan fosfat kaplama prosesinde bulunan fosfat ve asit banyolarıdır. Bu banyolar konsantre kimyasallar ile hazırlanmakta olup, belirli parametrelere göre boşaltımı arıtma tesisi konsantre tankına yapılmaktadır. Fakat fosfor içeriği 200.000 ppm' lerede olduğundan bu şekilde kimyasal banyoyu arıtmaya çalışmak doğru bir yaklaşım değildir. Diğer bir önemli fosfor kaynağı ise yağlı atıksulardır. Yağlı atıksular içerdikleri yağ-gres itibariyle hem fosfora hem diğer parametrelere olumsuz etki yaparak toplam giderim verimini düşürmektedir. Toplam fosfor parametresi ile ilgili yapılan iyileştirme çalışmaları devreye alındıktan sonra atık su fosfor değerleri kanal çıkışından takip edilmiş olup trend grafik Şekil 5.1'de verilmiştir.



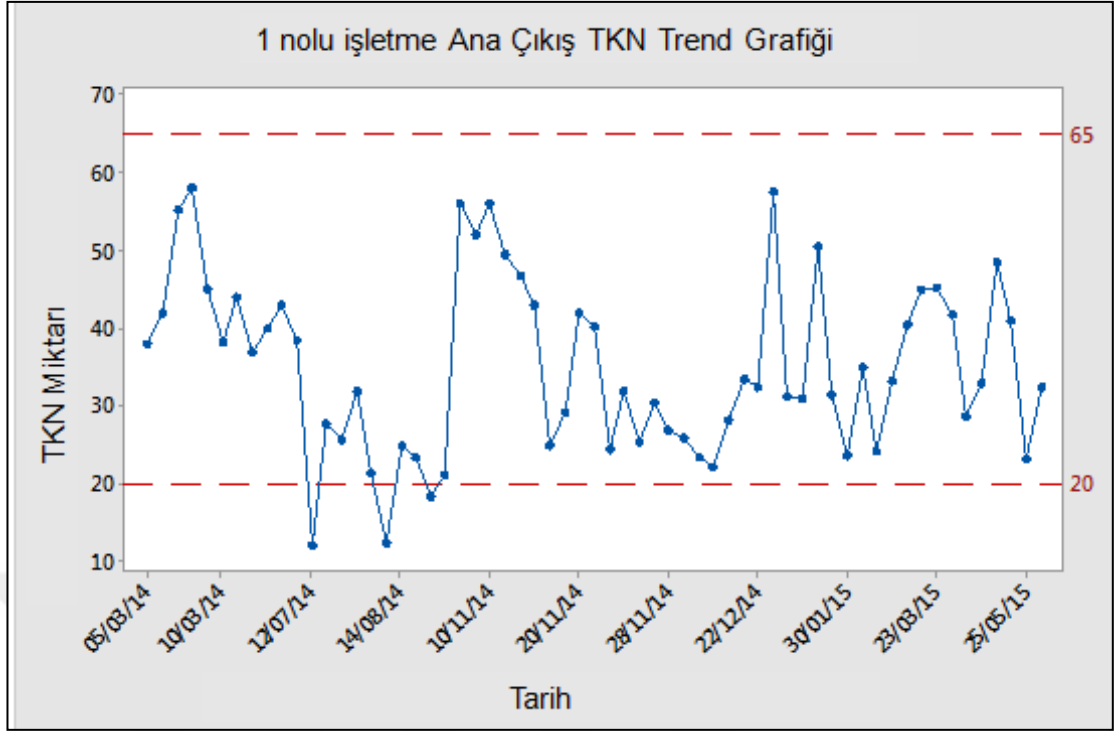
Şekil 5.1. 1 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında PO₄-P trend grafiği

OSB kanalına deşarj için istenen toplam fosfor limit değerleri 12 mg/L'dir. 2014 yılı başlarında bu değer sağlanamazken trend grafikte de görüldüğü üzere bu limit değer yakalanmıştır. İyileştirmeler tam olarak tamamlanamadığından bazen salınımlar olmakla beraber istenilen performans yakalanmıştır. ECM projesi tamamlandığında bu değerin daha stabil olması beklenmektedir.



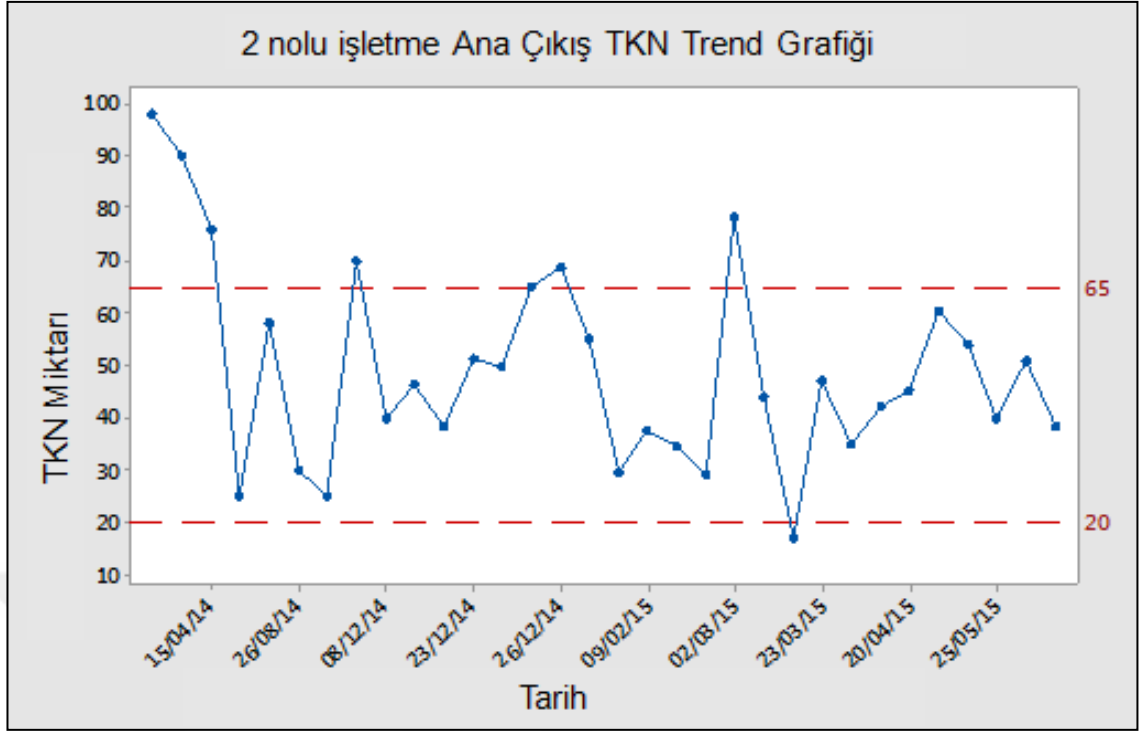
Şekil 5.2. 2 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında PO₄-P trend grafiği

Azot kaynakları yukarıda belirtildiği gibi yemekhane, evsel sular ve yıkama makinelerinden kaynaklanan yağlı sulardır. En büyük kaynak yemekhane olmakla birlikte, özellikle bulaşık makinesine sıyrılmadan koyulan tabaklardaki artıkların yemekhane çıkışında bulunan yağ ayırıcıya giderek burada tıkanmaya sebep olması ve buranın ayda bir çektirilmesi ile bir aylık süreçte azot oluşumuna zemin hazırlaması söz konusudur. Zemin temizliklerinde, el yıkama kimyasallarında bulunan azot miktarı kanalda ekstra bir yük oluşturmaktadır. Ek olarak üretimde zemin temizliğinde kullanılan makineler temizlik sonrası yağlı suları arıtma tesisinde bulunan yıkama odasına gelmekte olup ultra filtrasyon sistemi ile yağlı ayrılmaktadır. Fakat ultra filtrasyon sistemi çıkış suyunda kayda değer miktarda azot bulunmaktadır. Proje başlangıcında azot parametresi için limit değer 20 mg/L iken iyileştirme çalışmaları başladıktan sonra OSB tarafından 65 mg/L' ye çekilmiştir. 1 nolu işletmede değerler klor dozajı ile Şekil 5.3' te görüldüğü gibi kontrol altında tutulmaktadır.



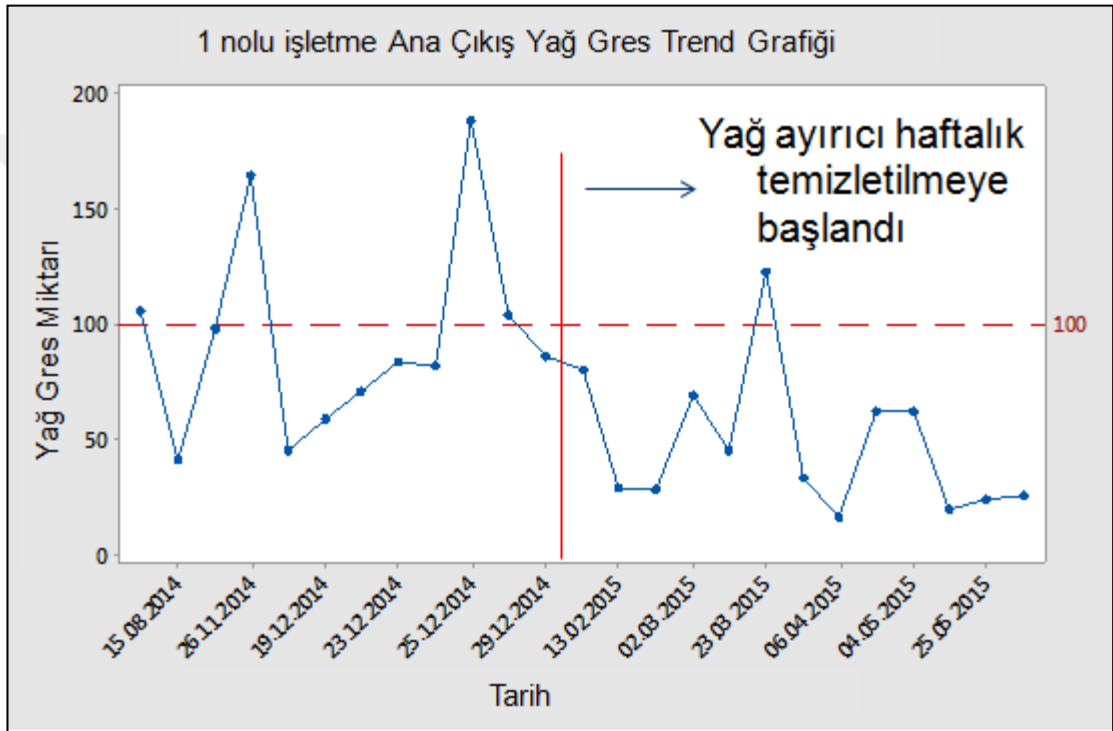
Şekil 5.3. 1 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında TKN trend grafiği

2 nolu işletmede klor dozajı devreye alındıktan sonraki TKN değerleri Şekil 5.4'deki gibi gözlenmiştir.



Şekil 5.4. 2 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında TKN trend grafiği

Yağ gres parametresi de yukarıda bahsedildiği üzere yemekhane çıkışında bulunan yağ ayırıcıya gelen yoğun yemek artıklarının yağ ayırıcıyı tıkararak çalışmasını engellemekte ve burada süzülen yağ kanala giderek yağ gres parametresinde artışa sebep olmaktadır. İyileştirme çalışmalarında yağ ve katı atık ayırıcı sistemler araştırılmış olup yatırım ve işletme maliyetleri sonucunda, haftalık vidanjör ile temizlik yaptırılmaya karar verilmiştir. Şekil 5.5'te de görüldüğü gibi düzenli temizlik ile 1 nolu işletme kanal çıkışında yağ gres miktarı düşüş göstermektedir.



Şekil 5.5. 1 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında yağ gres trend grafiği

2 nolu işletmede yağ gres miktarının 1 nolu işletmeye göre daha yüksek olmasının nedeni yemekhanede bulunan tüm giderlerin açık olmasından kaynaklanmaktaydı. Burada da giderlere süzgeç takılıp, haftalık yağ ayırıcı temizliğine başlandıktan sonra değerlerde sağlanan düşüş Şekil 5.6’da verilmiştir.



Şekil 5.6. 2 nolu işletme arıtma tesisi çıkışında yağ gres trend grafiği

Bu tez çalışması kapsamında yapılan tüm çalışmalar sonucunda yukarıda verilen trend grafiklerinden de anlaşılacağı üzere alınan önlemler ve iyileştirme çalışmaları olumlu sonuçlar vermiştir. Hedeflenen limit değerler yakalanmış, atıksu birim maliyetleri düşürülmüştür.

Bundan sonraki süreçte, tamamlanamayan iyileştirme çalışmaları devreye alınıp, çıkış değerleri düzenli şekilde takip edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ali, I., Jain, C.K. 2005.** Wastewater Treatment and Recycling Technologies. (J. LEHR ve J. KEELEY editör). Water Encyclopaedia, Wiley-Interscience, U.S.A, s.808-814.
- Amuda, O.S., Alade, A., 2006.** Coagulation/flocculation process in the treatment of abattoir wastewater. Desalination, 196:22-31.
- Bhargava, D. S., Sheldarkar, S. B., 1993.** Use of TSNAC in phosphate adsorption studies and effect of process variables, Wat. Res., Vol. 27, No:2, 303-312.
- Bitton, G. 1994.** Wastewater Microbiology, (Ed) Mitchel, Wiley-Lys, New York, US
- Burns, J. R., Finlayson, B. 1982.** Solubility product of magnesium ammonium phosphate hexahydrate at various temperatures. The Journal of Urology, 128:426-428.
- DEMİRBAŞ, Ö., 2012.** Adsorpsiyon Teorisi Ders Notları, Erişim: w3.balikesir.edu.tr/~ozkan/ads/adsorpsiyon01.pps
- Divrikoğlu, F. 1994.** Azotlu atıksuların arıtılması, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Ün., Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Durrant, A. E., Scrimshaw, M. D., Stratful, I., Lester, J. N., 1999.** Review of the feasibility of recovering phosphate from wastewater for use as a raw material by the phosphate industry. Environmental Technology, No: 20, s. 749-758
- Eroğlu V., Sarıkaya H.S.; Sevimli M.F. 1997.** “İstanbul’daki Sanayi Atıksularının Denetimi:Değerlendirme ve Gelişmeler” SKKD Cilt 7, Sayı 3, s. 7-16.
- Faust, S., Aly, O. M., 1980.** Chemistry of Water Treatment. Butterworth Publishers, USA, 717s.
- Henze, M, Harremoes, P., Jansen, J., C., Arvin, E., 1996.** Wastewater treatment biological and chemical processes, Chapter 8-10, Springer.
- Huang C. P., 1977.** Removal of Phosphate by Powdered Aluminium Oxide Adsorption, Journal, WPCF, No: 8, 1881-1887.
- James, D., D., Simon A.P. 2002.** Struvite Formation, Control and Recovery, Water Research, No: 36, s. 3925-3940.
- Karakuş, C.B., 2000.** Aktif çamur prosesinin biyomas eklenmesi ile nütrient giderimi için upgrade edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 80.
- Kuşcuoğlu, S. 2008.** K-strüvit çöktürmesinin uygulama esaslarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Maekawa, T., Liao, C., Freng, X. 1995. Nitrogen and pHospHorus removal for swine wastewater using intermittent aeration batch reactor followed by ammonium cyrstallization process. *Water Research*, 12:2643-2650.

Metcalf, Eddy, 1991. *Wastewater Engineering, Treatment, Disposal and Reuse*, McGraw-Hill international Editions.

Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan, U., 2005. *Atıksu Arıtımının Esasları*, 459.

Öztürk, İ., 2008. *Atıksu Arıtımının Esasları*, Erişim: <http://web.deu.edu.tr/atıksu/ana58/bolum01.pdf>

Öztürk, M. 2006. Magnezyum amonyum fosfat (MAP) çöktürmesi ile atıksulardan azot ve fosfor giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.

Özcan, P. 2001. Mezbaşa endüstrisi atıksularında magnezyum amonyum fosfat çöktürmesi ile azot giderimi. Yüksek Lisans Tezi, 53.

Palmer, S., M. Breton, T. Nunno, D. Sullivan, N. Surprenant. 1987. Technical Resource Document: Treatment Technologies for Metal/Cyanide-Containing Wastes. EPA.

Rice E.W., Baird R.B., Eaton A.D., Eaton L.S.x, 2012. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.

Roques, H., Nugroho-Jeudy, L., Lebugle, A., 1991. Phosphorus removal from wastewater by half-burned dolomite, *Wat. Res.*, Vol. 25, No:8, 959-965 p.

Schulling R.D., Andrade A. 1999. Recovery of struvite from calf manure. *Environmental Technology* 20(7), 765-768.

Shin, H. S., Lee, S. M. 1997. Removal of nutrients in wastewater by using magnesium salts. *Environmental Tech.*, 19, 283-290.

Shulze-Rettmer, R. 1991. The simultaneous chemical precipitation of ammonium and pHospHate in the form of magnesium-ammonium-pHospHate. *Wat.Sci.Tech.*21, 659-667.

Siegrist, H. 1996. Nitrogen removal from digester supernatant: comparison of chemical and biological methods. *Water Science Technology*, 34(1- 2):399-406.

Stratful, I., Scrimshaw, M., D., Lester, J., 2001. Conditions influencing the precipitation of magnesium ammonium pHospHate. *Water Research*, 35:4191-4199

Şanlı N. 2006. Deri Sanayi Atıksularının Kimyasal Koagülasyon ve Elektrokoagülasyon ile Arıtımı. T.c. Gebze yüksek teknoloji enstitüsü Mühendislik ve fen bilimleri enstitüsü Yüksek lisans tezi Çevre mühendisliği anabilim dalı Gebze.

Şengül, F., Küçükgül, E., 1997. Çevre Mühendisliğinde Fiziksel-Kimyasal Temel İşlemler ve Süreçler, D. E. Ü., Müh. Fak., Basım Ünitesi, İzmir.

Tchobanoglous, G., Burton, F.L., 1991. Wastewater Engineering Treatment and Reuse. Third Edition, McGraw Hill Book Company, 1334s.

Tchobanoglous, G., Burton, F.L., Stensel, H.D., 2003. Wastewater Engineering 'Treatment and Reuse' Fourth Edition, McGraw Hill Book Company s. 1819.

Toröz İ., Meriç S., Sarıkaya H., 1995. Organize Sanayi Bölgelerinde Çevre Kirliliğini Minimize Edici Teknolojilerin ve Maliyet Boyutlarının Belirlenmesi, Proje No DEBAG 126/6, TÜBİTAK.

Tsitouridou, R., Georigiou, J., 1988. A contribution to the study of phosphate sorption by three Greek fly ashes, Toxicological and Environmental Chemistry, Vol. 17, 129-138.

Tünay, O., Kabdaşlı, I., Orhon, D., Ates, E., 1995. Characterization and pollution profile of leather tanning industry in Turkey, Water Science Technology, Vol:32, No. 12, s.1-9.

Tünay, O., Kabdaşlı, I., Orhon, D., Kolçak, S., 1999. Ammonia removal by magnesium ammonium phosphate precipitation in industrial wastewaters. Water Science and Technology, 36(2-3):225-228.

Tünay, O., Kabdaşlı, I. 2011. Çevre Mühendisliğinde Kimyasal Prosesler Ders Notları, İ.T.Ü İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İstanbul.

Udert, K. M., Khadka R., Tilley, E., Etter B., 2010. Low-cost struvite production using source-separated urine in Nepal. Water Research, 1-11.

White, G.C. 1999. Handbook of chlorination and alternative disinfectants. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, New York.

Yamada, H., Kayama, M., Saido, K., Hara, M., 1986. A fundamental research on phosphate removal by using slag, Wat. Res., Vol. 20, No:5, 547-557.

Yiğit, İ., 2013. Magnezyum Amonyum Fosfat (Map) Çöktürmesi İle Atıksulardan Azot Giderimi, Yüksek Lisans Tezi

Zdybiewska, M. W., Kula, B. 1991. Removal of ammonia nitrogen by precipitation method, on the example of some selected wastewater, *Wat. Sci. Tech.*, 24 (7), 229-234.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şeyma CANBAZ

Doğum Yeri ve Tarihi : Bursa / 01.01.1990

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Nuri Erbak Anadolu Lisesi / 2004-2008

Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği / 2008-2013

Yüksek Lisans : Uludağ Üniversitesi Çevre Mühendisliği / 2013-2015

Çalıştığı Kurum ve Yıl : Bosch San. Ve Tic. A.Ş. / Nisan 2014- Ağustos 2015

İletişim (e-posta) : seyma_canbaz@outlook.com