

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇAMURUNUN  
YOĞUNLAŞTIRILMASINDA FARKLI  
POLİELEKTROLİTLERİN KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Onur AKDOĞAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Asude ATEŞ**

**Temmuz 2019**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİYOLOJİK ATIKSU ARITMA TESİSİ ÇAMURUNUN  
YOĞUNLAŞTIRILMASINDA FARKLI  
POLİELEKTROLİTLERİN KULLANIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Onur AKDOĞAN

Enstitü Anabilim Dalı

:

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 02.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr.  
Saim ÖZDEMİR  
Jüri Başkanı



Doç. Dr.  
Asude ATEŞ  
Üye



Doç. Dr.  
Ömer Hulusi DEDE  
Üye

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Onur AKDOĞAN

02.07.2019

## TEŞEKKÜR

Lisans ve yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Asude ATEŞ'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam boyunca teknik sonuçları kullanmama imkân veren her konuda bana yardımcı olan Sayın Bedia HACIOSMANOĞLU'na teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Sayın Levent AKAR'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Ayrıca tez çalışması boyunca her zaman destekleyen aileme, çalışmalarım boyunca sürekli yanımda olan ve hiçbir zaman yardımını esirgemeyen Gülce Umay ÖZKAN'a, tez çalışması sırasında teknik verileri beraber oluşturmamıza yardımcı olan tüm tesis personeline teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ .....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY .....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
1.1. Polielektrolit Testi Yapılacak Tesis Tanıtımı .....	2
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Atıksu Arıtma Tesisine Ait Veri İncelemesi.....	5
2.2. Atıksu Arıtma Tesisine Ait Veri İncelemesi.....	6
2.3. Atıksu Arıtma Tesisine Ait Veri İncelemesi.....	7
2.3.1 Yoğunlaştırılan çamur çeşitleri.....	8
2.4. Santrifüj Tip Dekantör .....	9
2.5. Santrifüj Tip Dekantör Parametreleri .....	11
2.6. Konuyla İlgili Yapılmış Bilimsel Çalışmalar.....	12
BÖLÜM 3.	
MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal .....	17
3.2. Yöntem .....	17

3.2.1 Kullanılan araç-gereçler .....	18
3.2.2 Kullanılan kimyasal çözeltiler .....	18

#### BÖLÜM 4.

ARAŞTIRMA BULGULARI.....	20
4.1. Çamur Karakterizyon Verileri .....	20
4.2. Polielektrolit 1 Kullanılan Aya Ait Veriler.....	21
4.2.1. pH.....	21
4.2.2. Alkanite .....	21
4.2.3. UYA (uçucu yağ asidi) .....	22
4.2.4. KOI (kimyasal oksijen ihtiyacı).....	22
4.3. Polielektrolit 2 Kullanılan Aya Ait Veriler.....	23
4.3.1. pH.....	23
4.3.2. Alkanite .....	23
4.3.3. UYA (uçucu yağ asidi) .....	24
4.3.4. KOI (kimyasal oksijen ihtiyacı).....	24
4.4. Katı Madde Üzerinden Polielektrolit Sarfıyat Metodu .....	25
4.4.1. Polimer günlük tüketimi (kg) .....	26
4.4.2. Sentrant akm yükü hesaplanması.....	27
4.4.3. Sistemden çekilen çamur yükü (kg/gün).....	27
4.4.4. Susuzlaştırma dekantörü giriş konsantrasyonu (g/l).....	28
4.4.5. Susuzlaştırma dekantörü giren çamur yükü (kg/gün).....	28
4.4.6. Yoğunlaştırma dekantörü ton başına kullanılan polielektrolit miktarı (kg poli / ton katı madde) .....	29
4.4.7. Susuzlaştırma dekantörü ton başına kullanılan polielektrolit miktarı (kg poli / ton katı madde).....	29
4.4.8. Biyolojik çamuru yoğunlaştırmak için kullanılan tesisteki toplam ton başına kullanılan polielektrolit miktarı (kg poli / ton katı madde) .....	30
4.4.9. Polielektrolit 1'in kullandığı aya ait ton başı çamur için kg polimer tüketimi.....	31

4.4.10. Polielektrolit 2'nin kullandığı aya ait ton başı çamur için kg polimer tüketimi .....	36
--	----

## BÖLÜM 5.

TARTIŞMA VE SONUÇ .....	41
-------------------------	----

KAYNAKLAR.....	44
----------------	----

ÖZGEÇMİŞ .....	46
----------------	----

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AKM	: Askıda katı madde
DK	: Dakika
G	: Gram
KM	: Katı madde
Kg	: Kilogram
KOI	: Kimyasal oksijen ihtiyacı
L	: Litre
M <sup>3</sup>	: Metreküp
Mg	: Miligram
Sa	: Saat
UYA	: Uçucu yağ asidi



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. İleri biyolojik atık su arıtma tesisi akış şeması .....	3
Şekil 2.1. Çamur ve polimer dozlama noktaları.....	5
Şekil 2.2. Polimer hazırlama ünitesi .....	7
Şekil 2.3. Köpük oluşumu.....	7
Şekil 2.4. Yüksek polimer dozajı .....	8
Şekil 2.5. Optimal polimer dozlama .....	8
Şekil 2.6. Polimer ile floklaşan çamur yüzdesel oranı .....	8
Şekil 2.7. Santrifüj tip dekantör iç yatak bölgesi.....	10
Şekil 2.8. Gea ucd 360 2015 kullanılan dekantör .....	11
Şekil 4.1. Polielektrolit 1 ayna ait çamurun pH grafiği ve ortalama pH.....	21
Şekil 4.2. Polielektrolit 1 ayna ait alkanite değerleri .....	21
Şekil 4.3. Polielektrolit 1 ayna ait uçucu yağ asidi değerleri.....	22
Şekil 4.4. Polielektrolit 1 ayna ait kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri.....	22
Şekil 4.5. Polielektrolit 2 ayna ait çamurda pH ve ortalama pH değerleri .....	23
Şekil 4.6. Polielektrolit 2 ayna ait alkanite ve ortalama alkanite değerleri.....	23
Şekil 4.7. Polielektrolit 2 ayna ait uçucu yağ asidi değerleri.....	24
Şekil 4.8. Polielektrolit 2 ayna ait kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri.....	24
Şekil 5.1. Polielektrolit 1 Tüketim .....	42
Şekil 5.2. Polielektrolit 2 Tüketim .....	42

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Geri devir akm konsantrasyonu ve çekilen çamur miktarı .....	25
Tablo 4.2. Çekilen kütle (kg/gün) ve toplam çekilen çamur yükü (kg/gün) .....	26
Tablo 4.3. 1-2-3 nolu geri devirden çekilen çamur miktarı .....	26
Tablo 4.4. Beslenen çamur ve sarf edilen polimer miktarı .....	26
Tablo 4.5. Sentrant akm konsantrasyonu .....	27
Tablo 4.6. Sistemden çekilen net çamur yükü .....	28
Tablo 4.7. Susuzlaştırmaya giren çamur yükü .....	29
Tablo 4.8. Yoğunlaştırmada harcanan polielektrolit sarfıyatı.....	29
Tablo 4.9. Susuzlaştırmada harcanan polimelektrolit sarfıyatı .....	30
Tablo 4.10. Polielektrolit 1 geri devir akm konsantrasyonu ve çamur miktarı.....	31
Tablo 4.11. Polielektrolit 1 kullanılan aya ait çekilen kütle hesabı .....	32
Tablo 4.12. Polielektrolit 1 tüketimi ve filtrat akm konsantrasyonu.....	33
Tablo 4.13. Polielektrolit 1 kullanıldığı ay sistemden çekilen net çamur yükü.....	34
Tablo 4.14. Polielektrolit 1 kg polimer/ton katı madde .....	35
Tablo 4.15. Polielektrolit 2 geri devir konsantrasyonu ve çekilen çamur.....	36
Tablo 4.16. Polielektrolit 2 kullanılan aya ait çekilen kütle hesabı .....	37
Tablo 4.17. Polielektrolit 2 polimer tüketimi ve sentrant akm konsantrasyonu .....	38
Tablo 4.18. Polielektrolit 2 kullanılan aya ait sistemden çekilen net çamur yükü..	39
Tablo 4.19. Polielektrolit 2 kg polimer/ton katı madde .....	40
Tablo 5.1. Polielektrolit Maliyet Fark Tablosu .....	43

## ÖZET

Atık su arıtma tesislerinin işletilmesinde polielektrolit tüketimi önemli bir maliyet kalemidir. Çalışmamız sırasında iki katyonik polielektrolite ait tüketim verileri 2 ay boyunca incelenmiştir. Amacımız tüketim bazında en düşük tüketim ve en yüksek performansa sahip olan polielektrolit seçimini yaparak gerçek boyutta işlettiğimiz ileri biyolojik atık su arıtma tesisine polielektrolit seçimi yapabilmektir. Ülkemizde ki atık su arıtma tesislerinin çamur işletme ünitelerinde çamurun yoğunlaştırılması aşamasında kullanılan polielektrolit ithal bir üründür. Doğru polielektrolit seçimi ithal malzeme olması ve tüketim sarfiyatının yüksek olması sebebiyle maliyet anlamında tesis işletmeleri için önemli bir noktadır. Bu sebepten ötürü çalışmamız sırasında iki ay boyunca en optimum şartlarda ve bütün işletme koşulları altında katyonik polielektrolitlerin dozlama çalışması yapılmıştır.

2 ay sonunda oluşturduğumuz veriler ile ton başına çamur için polielektrolit tüketim hesabı yapılmıştır. Bu hesabı yaparken çekilen çamur katı maddesi ve polielektrolit sarfiyatı göz önünde bulundurulmuştur. Sentrant ile bir miktar polimer kaçıışı oluşacağından sentranta kaçan katı madde asıl çekilen çamur katı maddesinden düşülmüştür. Amacımız net çekilen çamur katı maddesi için harcanan polimer sarfiyatı olmuştur.

Çalışmamız sonucunda polielektrolit 1'in 7,57 kg polielektrolit / ton katı madde, polielektrolit 2'nin 6,77 kg polielektrolit / ton katı madde sarfiyatı oluşmuştur. Polielektrolit 2, polielektrolit 1'e göre 0,80 kg polielektrolit / ton katı madde maliyet avantajı sağlamıştır. Atık su arıtma tesisi işletmesinde polielektrolit 2 kullanımına başlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arıtma Çamuru, yoğunlaştırma, polielektrolit, katyonik polielektrolit

# **THE USAGE OF THE DIFFERENT POLYELECTROLYTES IN WASTEWATER TREATMENT PLANT**

## **SUMMARY**

Keywords: Polyelectrolytes, sludge, treatment, wastewater, decanter, thickening

Polyelectrolyte consumption is an important cost item in the operation of wastewater treatment plants. In our study, consumption data of two cationic polyelectrolytes were examined for 2 months. Our aim is to make the selection of polyelectrolyte which has the lowest consumption and highest performance on the basis of consumption of polyelectrolyte for the advanced biological wastewater treatment plant which we operate in real size. Polyelectrolyte is an imported product used in the sludge treatment units of the wastewater treatment plants in Turkey. Choosing the right polyelectrolyte is an important point in terms of cost due to the fact that it is imported material and high level of consumptions. For this reason, dosing of cationic polyelectrolytes was carried out under optimum and under all operating conditions for two months during our study.

At the end of 2 months, we calculated the polyelectrolyte consumption for per ton of sludge. In this calculation, dry solid content of sludge and polyelectrolyte consumption were taken into consideration. Since some polymer escape would occur with the centrant from decanters, the solid material escaping from the centrifuge was deducted from the actual dry solid content of sludge. Our aim was to consume the polymer used for the net excess sludge solid content.

As a result of our study, for Polyelectrolyte 1 7.57 kg polyelectrolyte consumption / ton dry solid and Polyelectrolyte 2 6.77 kg polyelectrolyte consumption / dry solid were formed. Polyelectrolyte 2 provides 0.80 kg polyelectrolyte / ton dry solid cost advantage over Polyelectrolyte 1. Polyelectrolyte 2 was started to be used in waste water treatment plant operation.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Evsel ileri biyolojik atık su arıtma sistemlerine dayalı arıtma çamurlarının gerçek koşullarda santifrj tip dekantörlerde ki tüketim verimi hesaplanmış, atık su endüstrisinde önemli bir gider kalemi olan katyonik polielektrolit 2 tip değerlendirilmiştir. Bilindiği üzere polielektrolit atık su arıtma tesislerinde en büyük maliyet kalemi olup maliyeti düşürücü ve çamur proses sistemine en uygun polielektrolit seçilmeye çalışılacaktır.

Günümüz de polielektrolit farklı alanlarda kullanımı olduğu gibi ham maddesi akril amiddir. Arıtma sektöründe genellikle anyonik ve katyonik polielektrolit kullanılmakta olup içme suyu arıtma tesislerinde anyonik, atık su arıtma tesislerinde katyonik polielektrolit tercih edilmiştir. Çamur yoğunlaştırma ve susuzlaştırma da kullanılan polielektrolit çamur yapısının flokleşmesini sağlamak ve sentrant suyu ile ayrışımı meydana getirmiştir.

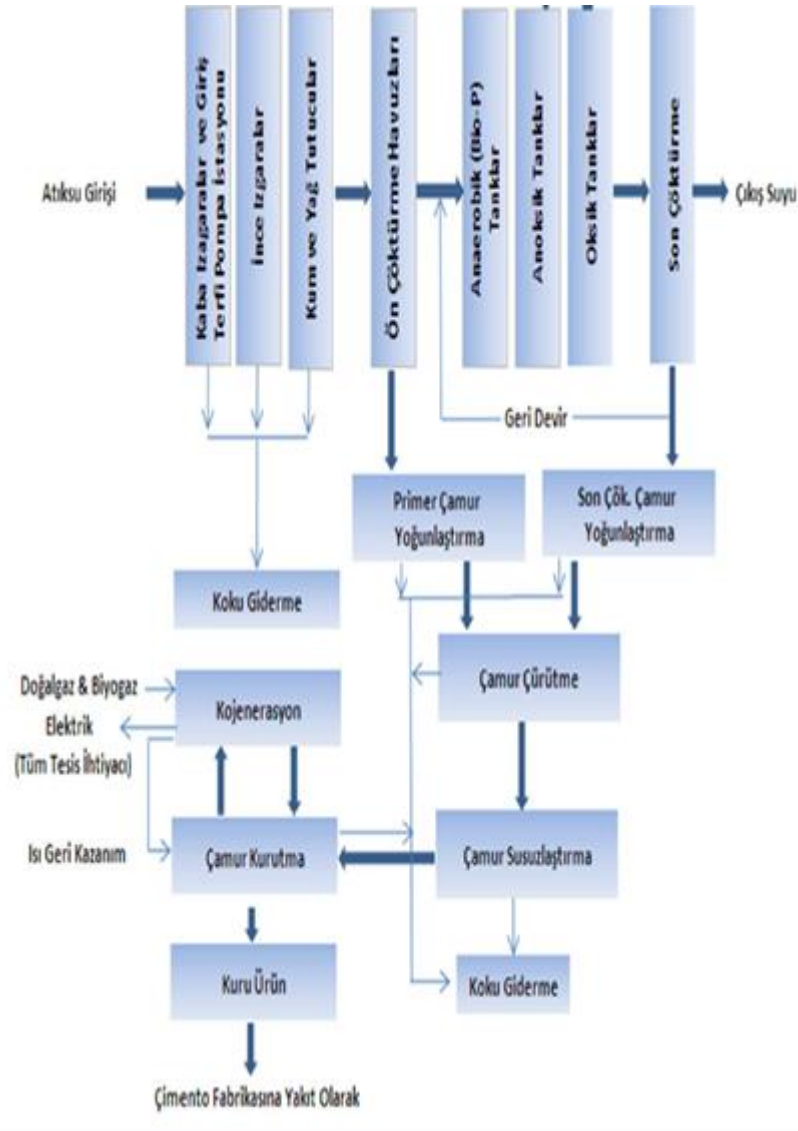
Bu çalışmada, 2 tip katyonik polielektrolit gerçek boyutta ki evsel ileri biyolojik atıksu arıtma tesisinde gerçek boyutta uygulanacak verim analize göre seçim yapılacaktır. Çamur prosesi için en verimli olan polielektrolit seçimi yapılarak gerçek boyutta ki hesaplamalar ile tüketim ve verim açısından kıyaslanarak uygulaması yapılacaktır. 100 ton kuru ürün/gün kapasiteli tesiste santrifrj tip dekantörlerde 7/24 sentrant numunesi alınacak, polielektrolit tüketimleri anlık olarak kaydedilecektir. Atık su arıtma tesisinde oluşan çamurun dekantörleri çamur giriş yoğunlukları, dekantör devir sayıları, dekantör çamur besleme yükleri, polielektrolit tüketimi, çekilen çamur miktarları, filtrat akm konsantrasyonu filtrat akm yükü, dekantörlere beslenen çamur yükleri hesaplanarak son aşamada kuru ürün ton başına polielektrolit sarfiyatı hesaplanacak ve 2 polielektrolit arasından en uygunu seçilecektir.

### 1.1. Polielektrolit Testi Yapılacak Tesis Tanıtımı

İleri Biyolojik Arıtma Tesisinde, biyolojik arıtım sonrası oluşan yaklaşık %1,3 yoğunluktaki fazla çamur son çökeltim tanklarından çekilir. Fazla çamur pompaları 3+3 olarak tasarlanmış 250 m<sup>3</sup>/saat kapasiteli pompalardır. Son çökeltim tanklarından toplam 230 ton/gün çamur, 80 m<sup>3</sup> hacimli fazla çamur depolama tankına basılabilir. Çamur, depolama tankından 13 adet pompa ile ( Toplamda 14 adet pompa bulunmaktadır, fakat primer çamur yoğunlaştırmaya basan pompalar aynı anda çalışmamaktadır.) yoğunlaştırma dekantörlerine basılabilir. Bu pompalardan 12 tanesinin kapasitesi 54 m<sup>3</sup>/saat, primer çamur yoğunlaştırma dekantörlerine basan pompanın kapasitesi 30 m<sup>3</sup>/saattir. Toplamda 211 ton/gün (678 m<sup>3</sup>/saat, %1,3'lük çamur) çamur yoğunlaştırma dekantörlerine basılabilmektedir.

Tesiste 14 adet yoğunlaştırma dekantörü bulunmaktadır. Bunlardan 13 tanesi aynı anda kullanılabilir. 2 primer çamur yoğunlaştırma dekantörünün, ikisi aynı anda kullanılamamaktadır. Aynı anda çalışabilen 13 dekantörün 9 tanesinin kapasitesi 690 kg/saat, 3 tanesinin kapasitesi 550 kg/saat, primer çamur yoğunlaştırma dekantörlerinin kapasitesi ise 390 kg/saattir. Yoğunlaştırma dekantörlerinin toplam kapasitesi 200 ton/gündür. Dekantörlerde %8,5 - 9 yoğunluğa ulaşan çamur, dekantörlerden sonra ham çamur deposuna 9 adet pompa ile basılabilmektedir. 9 adet pompanın kapasitesi 11 m<sup>3</sup>/saat, toplam kapasite yaklaşık olarak 200 ton/gündür. Ham çamur deposunun hacmi 200 m<sup>3</sup> 'tür.

Ham çamur deposuna gelen çamur, 3 (3+3) adet pompa ile çürütücülere basılmaktadır. Her bir pompanın kapasitesi 45 m<sup>3</sup>/gün, toplam kapasite 275 ton/gündür. Fakat yoğunlaştırma ünitelerinin ve ham çamur deposuna basan pompaların kapasiteleri nedeniyle 200 ton/gün (2400 m<sup>3</sup>/gün, %8,5'lik çamur) çamur çürütücülere beslenebilmektedir. Çürütücülerde çürüyen çamur daha sonra cazibe ile çürümüş çamur deposuna gelmektedir. Bu deponun hacmi 48 m<sup>3</sup>'tür.



Şekil 1.1. İleri biyolojik atık su arıtma tesisi akış şeması

Çamur çürümüş çamur tankından, susuzlaştırma dekantörlerine pompalar ile basılabilmektedir. Dekantörlerin katı madde kapasitesi 1,2 ton/saattir ve 6 adet dekantör bulunmaktadır. Dekantörlere beslenebilecek katı madde miktarı 173 ton/gündür. Dolayısı ile 24 m<sup>3</sup>/saat kapasiteli 6 adet pompa ile %5'lik çamur dekantörlere beslenebilmektedir. Çamur susuzlaştırma dekantörlerinden sonra direk kurutma ünitesine gitmektedir.

Tesiste 6 adet çürütücü bulunmaktadır. 10.000 m<sup>3</sup> hacimli çürütücüler, 2'şerli gruplar olarak birbirlerine bağlıdır. Çürütücüler 20 dakika besleme ve 10 dakika karıştırma prensibi ile çalışmaktadırlar. Normal şartlarda çürütücülerden beslendiği kadar taşma

alınması beklenmektedir. Çürümüş çamur daha sonra çürümüş çamur haznesine gelmektedir. Çürümüş çamurun geldiği hazne ve filtratın toplandığı hazne yan yana bulunmaktadır.

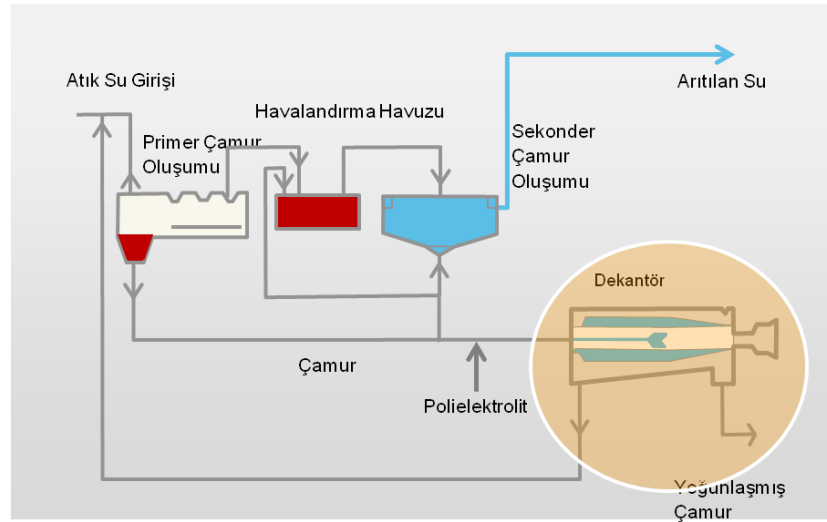
Çürütücülerden gelen taşkan çürümüş çamur haznesine beslendikten sonra 6 adet susuzlaştırma dekantöründe polielektrolit yardımıyla yüksek devirde yoğunlaştırılmaktadır. Daha sonra kendi cazibesi ile her susuzlaştırma dekantörünün altında bulunan akışkan yataklı disk tipi kurutucuya geçişi sağlanmaktadır. 200 derece kızgın yağ ile çalışan kurutucularda %25'lik çamur yoğunluğu %93-95'e çıkarılarak silolara gönderilmektedir.



## BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

### 2.1. Atıksu Arıtma Tesisine Ait Veri İncelemesi

Polielektrolitin kullanılacağı atıksu arıtma tesisine ait çamur üniteleri dekantörleri ve kompozit analizörler sürekli olarak takip edilmiştir. Ulaşılan veriler ışığında gerekli denemeler yapılmıştır. Tesis işletme diyagramı olarak;



Şekil 2.1. Çamur ve polimer dozlama noktaları

Çamur üniteleri yoğunlaştırma çamur girişi tesis tasarımına göre 9600 mg/L olup tesis işletimi sırasında 11000–14000 mg/L bandında hareket etmektedir. Değişen çamur üniteleri çamur giriş yoğunluğu ile ilgili sürekli analiz yapılmıştır. Son çöktürme ünitelerinde oluşan çamur yoğunlaştırma dekantörlerine beslenmiştir. Çamur yoğunluk giriş standart hale getirilmiş olup dekantörler kapasiteleri dâhilinde çamur beslemesi yapılmıştır. 690 kg/sa katı madde yüküne sahip dekantörler sınır limitlere kadar besleme yapılmıştır. Çamur yoğunlaştırma üniteleri çıkışında %5-6 yoğunlukta çamur elde edilmiştir. Çıkan çamur ham çamur tankına transfer

edilmiştir. Çıkan sentrant suyu düzenli olarak 15 dakika da 1 kompozit numune cihazı ile analiz edilmiştir.

Yoğunlaştırma dekantörlerinden çıkan çamur ham çamur tankında primer çamur ile karıştırılarak homojenize sağlanmış daha sonra oluşan %4,5-5'lik çamur susuzlaştırma dekantörlerine beslenerek 1200 kg/sa katı madde kapasiteli dekantörlerden düzenli olarak veriler takip edilmiştir. Çıkış çamur yoğunluğu ve sentrant düzenli olarak analiz edilmiştir.

## **2.2. Polielektrolit Hazırlama Koşulları**

Alınan kuru toz polielektrolit için kullanılmak üzere 3 adet 6000 litre 3 göz polielektrolit tankı bulunmaktadır. Her tankın her bölümünde sabit devir sayısına sahip mikserler ile çekilen toz polielektrolit ile su karıştırılarak çözelti hazırlanmıştır.

Çamur Yoğunlaştırma; Hazırlanan binde 2'lik çözelti belli bekleme süresinden sonra polimer dozajlama pompaları ile her bir dekantöre ait 1 adet polimer pompası vasıtasıyla polimer dekantör girişine dozlanmıştır. Çamur besleme pompası ile de çamur dekantör girişine dozlanmakta ve (1700 devir/dk. - 690 kg/sa) dekantörde floklaşması sağlanmıştır.

Çamur susuzlaştırma; 2 adet 6000 litre 3 göz polimer hazırlama ünitesi bulunmaktadır. Her tankın 3 bölümü ve her bölme için mikser bulunmaktadır. Hazırlanan binde 4 lük polielektrolit tank girişinden dozlanmakta ve su ile birleşerek tank içi karışım sağlanmıştır. Polimer besleme pompaları ile polimer dekantör girişine dozlanmakta ve (3500 devir/dk. -1200 kg/sa) dekantörde çamur floklaşması sağlanmıştır.

Yapılacak hesaplarda ton kuru madde başına polielektrolit tüketimi göz önüne alınmış ve verim diyagramları hesapları yapılmıştır.



Şekil 2.2. Polimer hazırlama ünitesi

### 2.3. Polielektrolit Dozlama Aralığı

Çamur yoğunlaştırma performansı oluşan kek ve sentrant kalitesine göre uygun değer seviyede dozlama buldukça artar. Optimum koşullar üstünde ki her dozlama artışı oluşan çamur keki ve sentrant kalitesini değiştirmemiştir.

Aşırı ve düşük polimer dozlama sonucunda; düşük yoğunlukta çamur oluşumu, düşük yoğunlukta çamur oluşumu, polielektrolit hazırlama ünitesinde köpürme problemi, çamurda oluşacak flok kalitesinde düşme ve düşük floklaşma, zayıf bağlı çamur keki meydana gelir. Ancak yüksek dozlaması sonrasında yüksek maliyetler oluşabilir. Sentrant çıkışına polimer karışabilir. Bu sebeplerden ötürü yapılması uygun değer dozlama aralığını en iyi şekilde belirlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 2.3. Köpük oluşumu

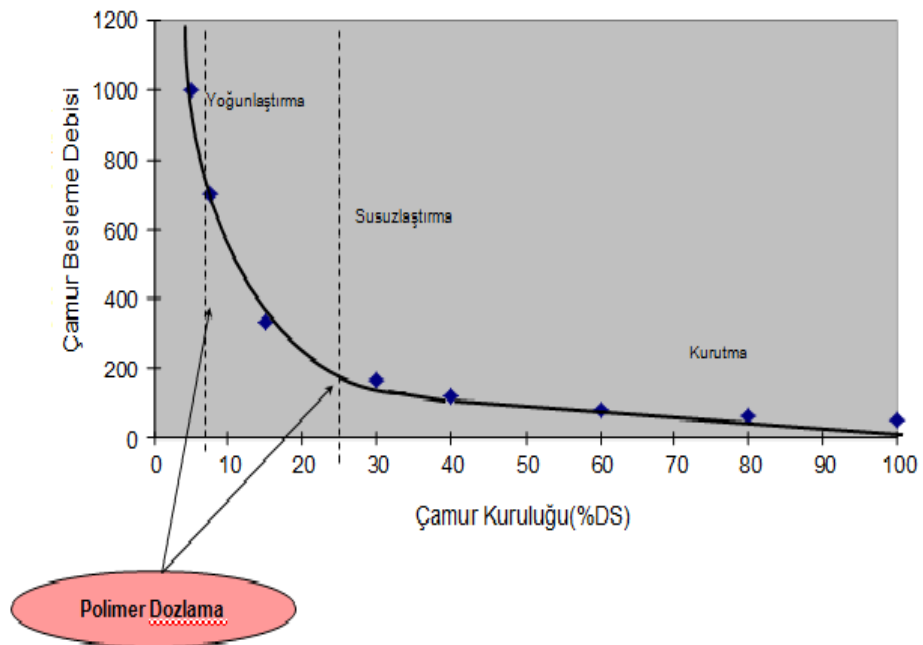


Şekil 2.4. Yüksek polimer dozajı



Şekil 2.5. Optimal polimer dozlama

### 2.3.1. Yoğunlaştırılan çamur çeşitleri



Şekil 2.6. Polimer ile floklaşan çamur yüzdesel oranı

## 2.4. Santrifüj Tip Dekantör

Santrifüj tip dekantör çalışma prensibi olarak merkez kaç kuvveti ile çamur ve sentrantı birbirinden ayırmaktadır. Santrifüj tip dekantörlerde merkez kaç kuvveti rotor tarafında çamuru oluşturmaktadır. Sentrant ayrıştırılarak dekantör sistemden uzaklaştırılır. Konik yapıda ki bu tip santrifüjler dekantör olarak adlandırılmıştır.

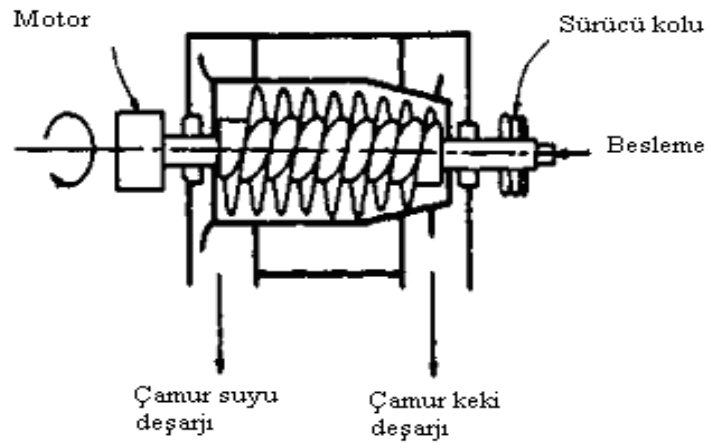
Santrifüj tip dekantörler hem çamuru floklaştırır hem de sentrant suyunu ayrıştırmaktadır. Atık aktif çamur için kullanımları genellikle sınırlıdır. Santrifüjleme ile dekantöre giren çamur floklaştırarak partiküller güçlü bağlar oluşur ve sentrant sistemden ayrılmaktadır.

Son zamanlarda dünya üzerinde kullanılan dekantörler helezon tambur yataklı katı madde dekantör tipi santrifüjlerdir. Bunun ana nedeni katı madde dekantör tipi santrifüjlerin sürekli bir işleme sahip olması ve düzenli çalışma prensibidir. Dekantör içerisinde dış gövde de yatay olarak monte edilmiş bir yatak bulunur. Bu yatak içinde uzun bir silindirik tambur ve tamburun içinde dönen bir helezondan oluşmaktadır. Dekantör içine sürekli stabil çamur girişi mevcuttur. Katı maddeler yatay silindirin etrafında toplanmaktadır. Oluşan çamur keki helezon vasıtasıyla yüksek devirde kürenerek dekantör ürün çıkış ağzına düşer. Buradan da helezon tip konveyörler vasıtası ile çıkış çamuru aktarımı tamamlanır. Çamur floklaşması sırasında oluşan sentrant sıvı tarafında aktarılır ve dekantörden uzaklaştırılır. Böylece devamlı ve tam zamanlı bir proses sağlanmaktadır. Tambur ve helezon ayrı ayrı tahrik eden ana ve yardımcı motorlar bulunur. Bu motorların devir sayıları farklıdır. Helezonun oluşan çamuru küremesi sırasında floklaşan çamurun içindeki sentrantın bir kısmı daha uzaklaştırılmıştır.

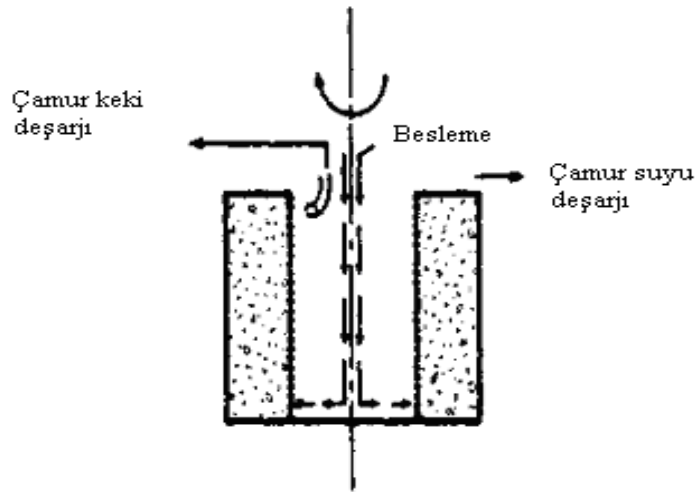
Süspansiyondaki işlenecek olan katı içerik yüksek bir seviyeye ulaşır ulaşmaz dekantör devreye girer. Bu makineler, katıların eş-zamanlı ayrıştırılması ile birlikte sıvıların separasyonunun yanı sıra yüksek arıtma verimi ve maksimum susuzlaştırma sağlamaktadır. Bu bağlamda ana gereklilikler, yüksek tambur hızı, helezon için güçlü

bir tahrik sistemi ve beslemedeki katı madde yüklemesine otomatik olarak adapte olan helezon hızıdır.

Arıtıcı dekantörler, fiilen katı madde içermeyen, arıtılmış sıvı elde etmek amacıyla katı partikülleri bir süspansiyondan ayırmak için kullanılmıştır. Susuzlaştırma dekantörleri, katı maddeleri mümkün olduğunca kurutmak için bunların maksimum konsantrasyonunu sağlamaktadır. Ayırıcı dekantörler, birbirine karışmayan iki kimyasal sıvıyı katıların eş-zamanlı separasyonu ile ayırmaktadırlar.



(a)



(b)

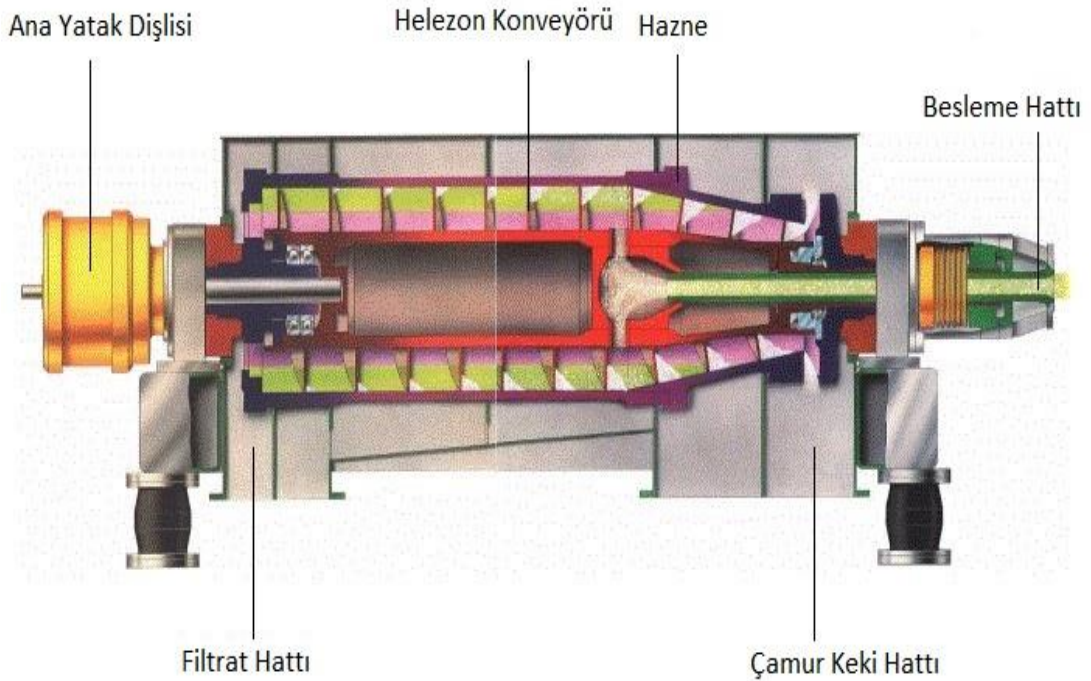
Şekil 2.7. Santrifüj tip dekantör iç yatak bölgesi

Santrifüjler için temel işletme parametreleri; santrifüj dönme hızı, hidrolik yükleme, santrifüjdeki sıvı derinliği, verimi artırmak için kullanılan polimer miktarı ayarlamak, diferansiyel hız farkı ayarları sayılabilir.

Bu parametreler arasındaki ilişki, bölgesel olarak farklılaşacaktır, tasarım için özel değerler vermek mümkün değildir. Gerçekte bazı çalışmalar yaparak gerekli izinler ile gerçek boyutta denemelerimizi gerçekleştirilmiştir.

Santrifüjlerin verimini artırmak amacıyla suyu alınacak çamura polielektrolitler ilave edilmiştir. Dekantörlerin kapasiteleri 690 kg/sa ile 1200 kg/sa arasında değişmektedir. Çamur giriş yoğunluğuna göre ihtiyaca uygun dekantör parametre girişi seçildikten sonra, kullanılan polimerler ve dozları işletme sırasında denenmiştir.

## 2.5. Santrifüj Tip Dekantör Parametreleri



Şekil 2.8. Gea ucd 536 kullanılan dekantör

Çamur Besleme Debisi: Çamur besleme debisi dekantörün ait olduğu katı madde yüküne göre değişmektedir. Dekantörün katı madde yükü çamur giriş yoğunluğu ve besleme debisi çarpımı olarak hesaplanmaktadır.

Polimer Dozlama Konsantrasyonu: Çamur karakterine göre dozlama konsantrasyonu belirlenir düşük çamur yoğunluklarında yüksek, yüksek çamur yoğunluklarında düşük polimer konsantrasyonu tercih edilir. Çamur karakterizasyonuna göre konsantrasyon değiştirilebilmektedir.

Sentrant Kalitesi: Dekantör çıkışında sentrant suyu elde edilir. Oluşan sentrant AKM cinsinden çıkış değerini temsil eder. Sentrant kalitesi ne kadar artarsa tesiste oluşabilecek ekstra yük o kadar az olmuştur.

Dekantör devir hızı: Giriş çamur yoğunluğu ve çıkış çamur yoğunluğuna göre dekantörler istenilen devirlerde çalıştırılabilir. Stabil dekantör devri ile maksimum verim elde etmeye çalışılmıştır.

Dönme momenti: Dekantörde ki bulunan helezon ve tambur arasında ki istenilen dönme fark oranıdır.

Dekantör Torku: Dekantör giriş çamur yoğunluğunun stabil olması sonucunda dekantörde belli yükte tork oluşur. Düşük tork proseste bozunmaya, yüksek tork dekantörde tıkanmaya sebebiyet vermektedir.

## **2.6. Konuyla İlgili Yapılmış Bilimsel Çalışmalar**

Günümüzde insan nüfusunun artması ile orantılı olarak atık su arıtma tesislerinin sayısı günden güne artış göstermektedir. Atık su arıtma tesislerinin nihai ürünü olarak da arıtma çamuru miktarı günden güne artmıştır. Literatür çalışmalarının büyük bölümünde çamurun şartlandırılıp susuzlaştırılarak katı madde oranını artırılması konusu işlendiği görülmüştür. Çoğunlukla mekanik veya kimyasal ile çamurun işlendiğini, maliyet çıktılarının yüksek olması sebebiyle iyileştirmeci ve yenilikçi yaklaşımlar üzerinde durulduğu görülmüştür.



Tan Phong Nguyen ve ark., (2008) yaptıkları bu çalışmada, katyonik polielektrolitlerin, sentetik ve aktif çamurun nihai özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Aktif çamur, bir atık su arıtma tesisinden canlı aktif çamurla beslenen laboratuvar ortamında, sürekli akışlı bir reaktörde üretilmiştir. Çamur susuzlaştırma davranışını değerlendirmek için kılcal emme süresi (CST) kullanılmıştır. Katyonik polielektrolitlerin, çökeltme, susuzlaştırma ve çamur koşullandırma gibi sonuçtaki nihai çamur özellikleri üzerindeki etkileri, hem sentetik hem de aktif çamur için ölçülmüş ve karakterize edilmiştir. Deneylerden elde edilen sonuçlar, katyonik polielektrolitlerin, çamur susuzlaştırma üzerinde kritik bir etkisi olduğunu ve çamurun nihai özelliklerinde bir iyileştirme yaptığını göstermiştir [6].

V. Lito ve ark., (1990) yaptıkları çalışmada, şartlandırma ve susuzlaştırmanın atıksu çamurunun işlenmesi için çok önemli adımları olduğunu ve takip eden adımlar üzerinde ciddi bir etkiye sahip olduğunu söylemiştir. Polielektrolit dozajının ve özelliklerinin susuzlaştırma parametreleri üzerindeki etkileri incelemiştir. Çalışmada, santrifüjleme için, flok dayanım ölçümleri ile tanımlanan santrifüjlemeye spesifik direnci bir susuzluk parametresi olarak eklenmiştir. Sonuçlar, polielektrolit molekül ağırlığının, dikkate alınan diğer özelliklerle karşılaştırıldığında ihmal edilebilir bir etkisi olduğunu ve orta ve yüksek yük yoğunluklu polimerlerin filtreleme yoluyla susuzlaştırmada tercih edildiğini, orta olanlar ise santrifüjlemede en iyisi olduğunu göstermiştir [7].

Hans Saveyn ve ark., (2005) yaptıkları çalışmada, aktif çamur şartlandırma ve susuzlaştırmanın değişik derecelerde önemi olan birçok farklı parametreyi içeren karmaşık bir işlem olduğunu söylemiştir. Aynı numune üzerinde zaman içinde kapsamlı testler yapılmasını engelleyen çamurun biyolojik yapısı nedeniyle, test için parametre değerlerinde bir kısıtlama yapılmıştır. Polielektrolit moleküler ağırlık ve şarj yoğunluğunun susuzlaştırma performansı üzerindeki hem filtrasyon hem de aktif çamurun ifadesi açısından etkilerini detaylı bir şekilde araştırmışlardır. Böylece çamur numuneleri zamanla farklı katı konsantrasyonları ve yüzey yükü özellikleri ile toplanmıştır. Bu çalışma sonucunda, daha yüksek moleküler ağırlıklı polielektrolitlerin, hali hazırda düşük dozlarda daha çok flokülasyon sağladığı, ancak

basıncın serbest bırakılmasından sonra filtre keki tarafından gösterildiği gibi, muhtemelen yüksek iç elektrostatik itme nedeniyle elastik kekler oluşturma eğiliminde oldukları gösterilmiştir. Bu yüksek iç itmenin bir başka sonucu olarak, toprakların su tutması yüksek olduğu; bu da sıkıştırma ve sınırlı su alma kabiliyetine karşı yüksek bir duyarlılığa neden olmuştur. Düşük moleküler ağırlıklı polielektrolitler etkili topraklanmalar haline gelmek için daha yüksek dozlar gerektirmiştir. Yeterli dozda, filtrasyon fazını arttırarak çamurdan kayda değer miktarda su salınmasını sağlamıştır. Yüksek şarj nötralizasyon derecesi sayesinde, oluşan topraklar daha az elastik filtre keki oluşturma eğiliminde olmuştur. Dahası, bir yük nötralizasyon mekanizmasının, oluşturulan polimerlerin daha az su tutmasına ve daha katı bir yapıya yol açtığını, bu polielektrolitlerin de ekspresyon fazında en iyi performansı gösterdiği görülmüştür [8].

Bien ve Bien, (2014) çalışmalarında atık su arıtma çamurlarının şartlandırılması için kullanılan inorganik koagülantlar ile polielektrolitlerin, arıtma çamuru susuzlaştırılması üzerindeki etkilerini ortaya koymuşlardır. Çalışma sonuçları, yüksek oranda ince fraksiyonlar ve koloidal süspansiyonlar içeren çamurların, çamur susuzlaştırmada suyun tahliye edileceği bölümleri tıkadığını, arıtma çamurunun özgül filtre direncini yükselttiğini ortaya koymuştur. Bunun yanında çamurların susuzlaştırılma derecesini iyileştirmek için koagülantlar ve polielektrolitlerin uygun oranda ve koşullardaki kullanılmasının zorunlu olduğu görülmüştür [9].

C.P Chu ve D.J Lee, (2001) yaptıkları bu çalışmada, katyonik polielektrolit floklaşmasına maruz bırakılan aktif çamurdan nemin santrifüjlü ayrılmasını deneysel olarak araştırmışlardır. Çalışmada, santrifüjlenmiş çamurun bütün ara yüzlerinin tüm pozisyonlarında zamanın fonksiyonu olarak yerinde tespit edilmesini sağlayan bir santrifüj kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, çamur floklaşmasının, santrifüjlemenin ilk aşamasında önemli bir çökeltme etkisi sağlayacağını ortaya koymuştur. Bu nedenle, geleneksel santrifüjlü filtrasyon modellerinde önerildiği gibi değildir, en önemli nem giderme aşaması, ıslak bir çamur kekinin süzüntü suyudur. Ayrıca, nem giderme oranının maksimum bir değere ulaştığı optimum bir dönme hızı mevcuttur.

Polielektrolit floklaşmış çamurun santrifüj susuzlaştırılmasını tanımlamak için yeni teoriler / korelasyonlar gerekli olduğu ortaya koyulmuştur [10].

Hans Saveyn ve ark., (2008), özel bir model kullanarak, farklı çamur ve polielektrolit değişkenlerinin, çamur basıncının susuzlaştırma açısından göreceli önemi konusunda bir değerlendirme yapmışlardır. Çalışmada, polielektrolit özelliklerinin ve dozunun, çamur keki kuru madde muhtevasına hâkim olduğu, çamur özelliklerinin daha az önemli olduğu, özellikle 10 aylık örnekleme dönemi boyunca sınırlı bir doğal değişkenlik gösteren çamurun elektroforetik hareketliliği olduğu görülmüştür. Bu çalışmada geliştirilen kuadratik model, çamurun basınç susuzlaştırma özelliklerini kantitatif olarak tahmin etmek için uygun görülmüş ve en iyi susuzlaştırma sonucunu veren doz ve polielektrolit tipinin seçimine izin vermiştir. Ayrıca, optimum polielektrolit dozundan nispeten küçük sapmaların kek kuru madde değerlerinde sadece küçük değişikliklere neden olduğu gösterilmiştir. Son olarak, model aynı zamanda (basitleştirilmiş) bir ekonomik değerlendirmeye izin verilmiş, bu da yüksek çamur keki bertaraf maliyetleri için, yüksek dozlarda uygulanması gerekse bile en iyi susuzlaştırma sonuçlarını garanti eden polielektrolitin alınması gerektiğini göstermiştir [11].

Morten Lykkegaard Christensen ve ark. (2015) biyolojik atık su arıtımı, sıvıdan bir arıtıcıda veya bir zarla ayrılan mikrobiyal biokütle (aktif çamur, biyofilm, granüller) kullanarak atık maddelerden organik maddeleri, azot ve fosforu uzaklaştırılması üzerine araştırmalar yapmışlardır. Bu biokütlenin (fazla çamur) bir kısmı, biyoenerji üretimi için çürütücülere taşınır ve sonra susuzlaştırılır, daha sonra bantlı filtreler, santrifüj dekantörler kullanılarak veya çamur mineralizasyon yatakları ile susuzlaştırılmıştır. Bu çalışma, çamur susuzlaştırmayı, yani filtrasyon ve konsolidasyonu etkileyen anahtar parametrelere genel bir bakış sunmuştur. En iyi su alma kabiliyeti, tek hücreler ve çözünmüş hücre dışı polimerik maddeler içermeyen güçlü, kompakt parçalar içeren aktif çamur için gözlenmiştir. Kalsiyum iyonları gibi çok değerlikli iyonlar flok mukavemetini ve su alma kabiliyetini artırırken, sodyum iyonları (örneğin yol tuzu, deniz suyu girişi ve endüstriden) sulanma kabiliyetini azalmıştır, çünkü floklar yüksek iletkenlikte parçalanmıştır. Suda çözünebilirlik, flok

parçalanmasından dolayı yüksek pH'da çarpıcı şekilde azalmıştır. Anaerobik koşullar altında depolama, nem alma kabiliyetini azaltmıştır. Yüksek kesme seviyeleri, diskleri tahrip etmiş ve su alma kabiliyetini azaltmıştır [12].

R.Hogg (2000), bu çalışmasında flokleştirme işlemlerinin tasarımı ve işletilmesi, çökeltme ve süzme gibi susuzlaştırma sistemlerinin özel gereksinimleri bağlamında tartışmıştır. Kimyasal koşullar, reaktif seçimi ve işletme koşulları, partikül kararsızlaştırma ve flok gelişiminde rol oynayan temel mekanizmalara dayanarak değerlendirilmiştir. Flok özelliklerinin uygun proses tasarımı ile kontrol edilmesine yönelik fırsatlar tanımlanmıştır. Farklı susuzlaştırma işlemleri için özel şartlar tartışılmıştır. Yüksek moleküler ağırlıklı polimerler flokleştiriciler, daha önce dengesizleştirilmiş süspansiyonlarda topak büyümesini teşvik etmede son derece etkili olabilmiştir. Polimer eklenmesi / karıştırılması koşulları flokleştirme performansının belirlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Flok büyüme oranları, çözelti içindeki polimerin mevcudiyetine bağlı gibi gözükse de, kırılma oranları ve flok bütünlüğü, flokların içindeki iç polimer içeriği ile belirlenmiştir. Sedimentasyon ve filtrasyon gibi susuzlaştırma işlemleri topaklaşmadan derinden etkilenmiştir. Farklı işlem ve hatta aynı işlemdeki farklı aşamalar, flok büyüklüğü ve yapısı üzerinde farklı gereksinimler getirebilmiştir [13].

## **BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM**

### **3.1. Materyal**

Araştırmada, çamur üniteleri girişinde bulunan 3 adet debimetreden günlük metreküp cinsinden çamur besleme debisi takip edilmiştir. Bütün pompalara ait debimetre bulunmakta olup çamur akış diyagramı takip edilmiş elde edilecek hesaplamalar da kullanılmıştır. Çamur dekantöre giriş ve filtrat analizleri sürekli olarak takip edilmiştir. Elde edilen veriler tablolar halinde sunulmuştur.

### **3.2. Yöntem**

Araştırmamız boyunca tez çalışması gerçek boyutta ki atık su arıtma tesisinde yapılmıştır. Çamur üniteleri girişinde bulunan 3 ayrı hat üzerinde ki 3 ayrı debimetre ile çamur giriş debisi 2 ay boyunca gün gün hesaplanmıştır. Her bir dekantör için ayrı ayrı çamur besleme ve polimer besleme hatları bulunmaktadır. Çamur besleme pompaları ile çamur dekantörlere aktarılmıştır. Polimer hazırlama ünitelerinde belirli bekleme süresinde polielektrolit çözelti haline getirilmiş ve aktarma pompaları ile dekantörlere aktarımı sağlanmıştır. Yüksek devirde çalışan santrifüj tip dekantörler de çamur ile polielektrolit buluşturularak merkez kaç kuvveti etkisiyle çamurun floklaşması sağlanmıştır. Floklaşan çamur santrifüj dekantörün katı tarafında ki haznede toplanmıştır. Hazne çıkışında ki pompa ile yüksek hacimli depoya aktarılmıştır.

Polielektrolit sarfiyat miktarı incelenirken sıvı tarafında oluşan filtrat akm konsantrasyonu ve dekantör çıkış çamur yoğunluğunun optimum olmasına dikkat edilmiştir. Filtrat akm konsantrasyonu kompozit numune cihazı ile 7/24 takip edilmiş ve stabil durumda olması sağlanmıştır. Dekantör üzerinde ki panelden polielektrolit

sarfıyatı bu iki değişkene göre anlık artırılıp azaltılmıştır. Oluşan polimer sarfıyatı 2 ay boyunca güncel olarak her gün takip edilmiştir. Her iki polimer için de optimum koşullar sağlanmış ve her bir polimer birer ay teste tabi tutulmuştur. Çalışma sırasında işletme de oluşabilecek aksaklıklar da göz önüne alınmış ve çalışma gerçek boyutlu bir tüketim analize tabi tutulmuştur.

Çalışma sırasında ki amaç ton kuru madde başına polielektrolit sarfıyatı olmuştur. Çamur nitelerinde net çekilen çamur miktarı karşısında harcanan polielektrolit güncel olarak takip edilmiştir. En son oluşan net katı madde hesaplandıktan sonra aylık bazda iki polimere ait ortalama tüketim verileri çıkarılmıştır.

### **3.2.1. Kullanılan araç-gereçler**

Çalışmada kullanılan başlıca ekipmanlar; çamur yoğunlaştırma tankı giriş debimetreleri, çamur yoğunlaştırma besleme pompaları, çamur yoğunlaştırma polimer pompaları, çamur yoğunlaştırma besleme pompaları debimetreleri, çamur yoğunlaştırma besleme polimer pompaları debimetreleri, çamur yoğunlaştırma dekantörleri (Gea ucd 536 tip), çamur susuzlaştırma besleme pompaları, çamur susuzlaştırma polimer pompaları, çamur susuzlaştırma polimer pompaları debimetreleri çamur susuzlaştırma dekantrleridir.

### **3.2.2. Kullanılan kimyasal çözeltiler**

Çalışmada kullanılan polielektrolit 1 ve polielektrolit 2 olup aşağıda ki çözeltiler polielektrolit hazırlama tanklarında otomatik olarak hazırlatılmıştır;

%0.02'lik Polielektrolit kuru toz halinde su ile çözelti oluşturmak için 6000 litrelik/sa 3 bölmeli tankın ilk bölmesinden 6 bar basınçlı şebeke suyu ve polimer tankın ilk bölmesinde mikser ile karıştırılarak homojen karışım elde edilme işlemi başlamıştır. Tankın ilk gözünde ki karışımdan sonra aynı hacme sahip 2 nolu bölmeye polimer alınmış, mikser ile burada da karıştırıldıktan sonra 3 nolu bölmeye geçen polimer yaklaşık 45 dakika bekleme ve çözelti oluşması ile monopompalar vasıtası ile dekantörlere dozlanmıştır.

%0.03'lük Polielektrolit kuru toz halinde su ile çözelti oluşturulmak için 6000 litre/sa 3 bölmeli tankın ilk bölmesinden bar basınçlı şebeke suyu ve polimer tankın ilk bölmesinde mikser ile karıştırılarak homojen karışım elde edilmeye başlanmıştır. Tankın ilk gözünde ki karışımdan sonra aynı hacme sahip 2 nolu bölmeye polimer alınmış mikser ile burada da karıştırıldıktan sonra 3 nolu bölmeye geçen polimer monopompalar vasıtası ile dekantörlere dozlanmıştır.

## **BÖLÜM 4. ARAŞTIRMA BULGULARI**

### **4.1. Çamur Karakterizyon Verileri**

Tesisin akredite laboratuvarında her gün düzenli olarak yapılan analizler tez çalışmamızda kullanılması için tarafımız ile paylaşılmıştır. Alınan çamurdan pH, Alkanite, UYA, KOİ ölçümleri yapılmaktadır. 2 aya ait verileri incelediğimiz de ise aşağıda ki sonuçları elde ettik.

Kimyasal olarak oksitlenebilen organik maddelerin oksijen ihtiyacı KOİ ile ifade edilmiştir. KOİ asit ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyici (potasyum di-kromat gibi) vasıtasıyla ölçülmüştür. Kimyasal olarak oksitlenebilecek bileşikler, biyolojik olarak oksitlenebileceklerden daha fazla olduğundan, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacından daha büyüktür. Tasfiye edilmemiş atıksular için  $BOİ5/KOİ = 0,4-0,8$  (ortalama 0,65) alınabilmektedir.

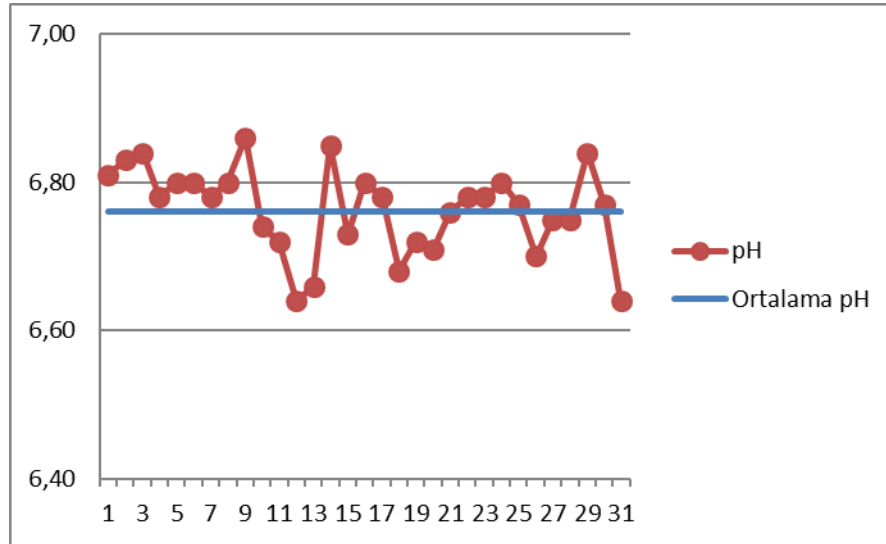
pH çamurun karakterizasyon için belirlenmesinde kullanılır genellikle pH arıtma çamurunda 7 ve civarındadır. pH takip edilerek çamurun asidik baziklik oranı incelenmiştir.

UYA tesis geneli takibi yapılarak pH denge faktörleri izlenimi yapılmıştır. Dengede ve eşit şartlarda prosesin çalışması takip edilmiştir.



## 4.2. Polielektrolit 1 Kullanılan Aya Ait Veriler

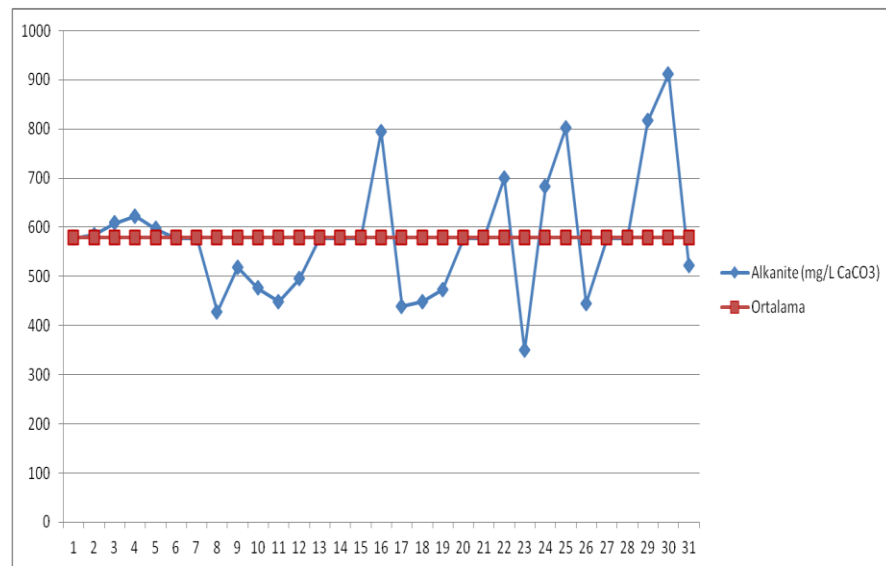
### 4.2.1. pH



Şekil 4.1. Polielektrolit 1 aya ait çamurun pH grafiği ve ortalama pH

Aylık ortalama çamur pH değeri 6,50–7,50 istenilen değerler aralığındadır.

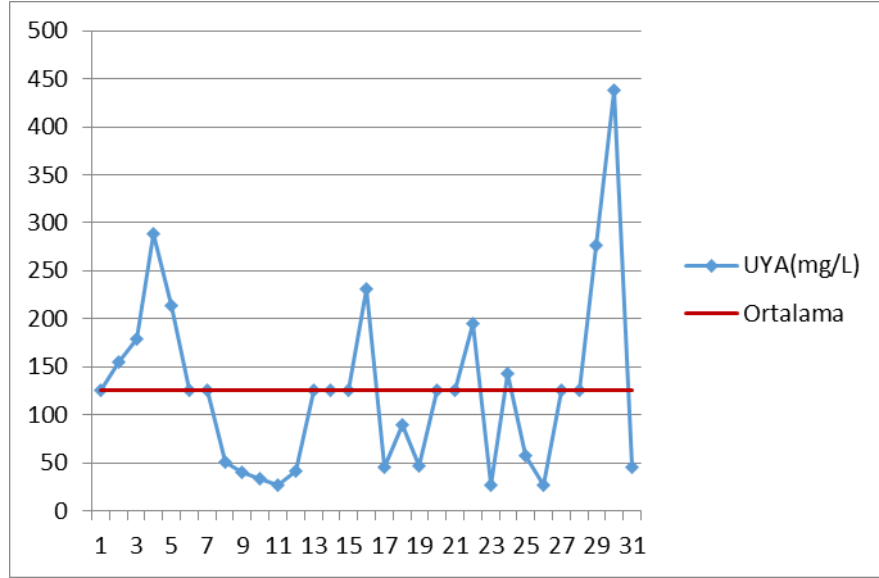
### 4.2.2. Alkanite



Şekil 4.2. Polielektrolit 1 aya ait alkanite değerleri

Alkanite her gün takip edilmiş olup çamur karakterizasyonu takip edilmiştir.

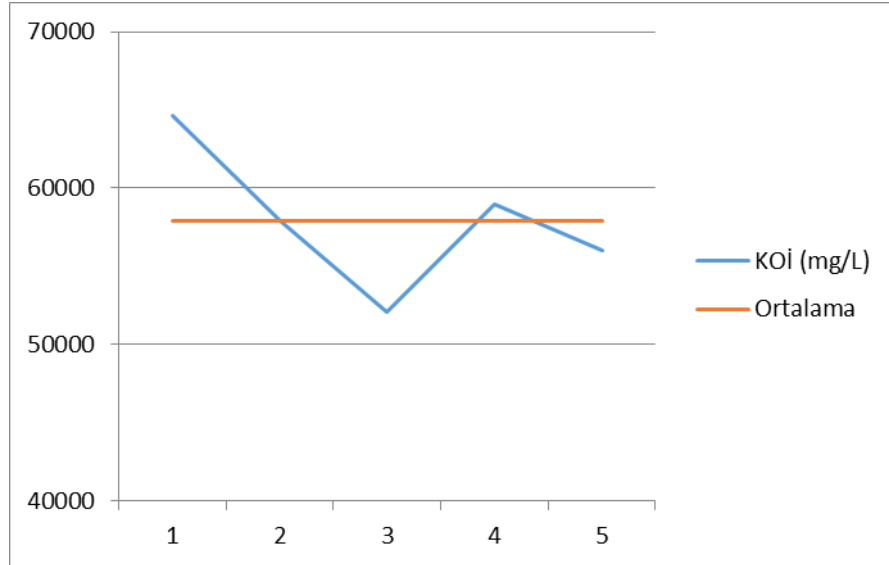
#### 4.2.3. UYA (uçucu yağ asidi)



Şekil 4.3. Polielektrolit 1 aya ait uçucu yağ asidi değerleri

UYA miktarında ki günlük değişimler polielektrolit tüketimini etkilememiştir.

#### 4.2.4. KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı)

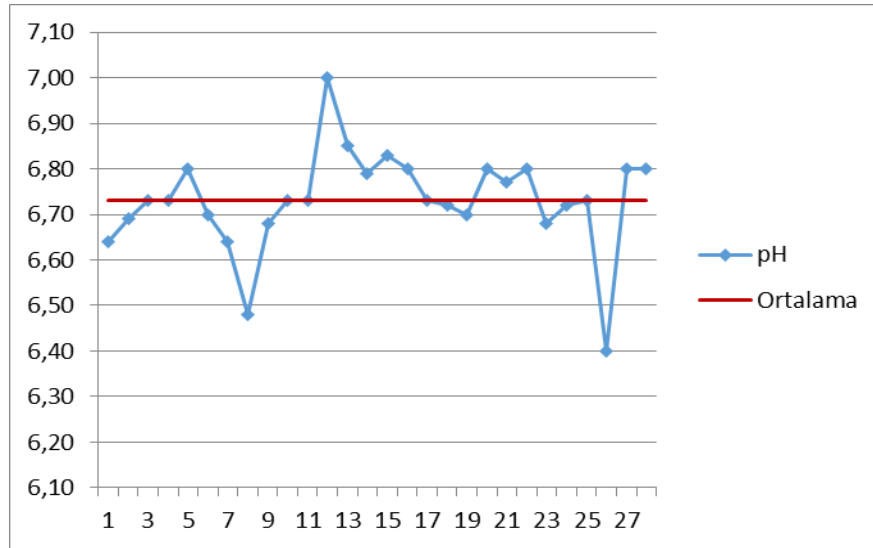


Şekil 4.4. Polielektrolit 1 aya ait kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri

Kirlilik parametrelerini ve çamur karakterizasyonu KOİ ölçümü ile takip edilmiştir.

### 4.3. Polielektrolit 2 Kullanılan Aya Ait Veriler

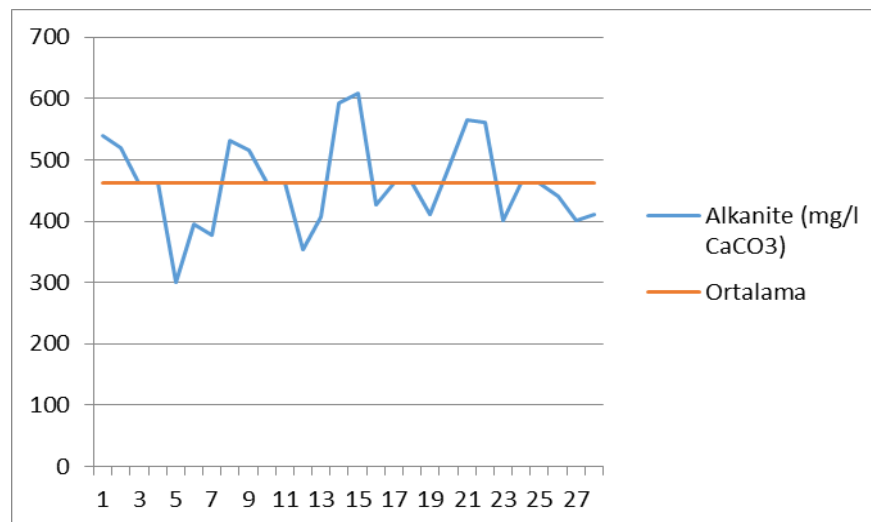
#### 4.3.1. pH



Şekil 4.5. Polielektrolit ayına ait çamurda pH ve ortalama pH değerleri

Aylık ortalama çamur pH değeri 6,50–7,50 istenilen değerler aralığındadır.

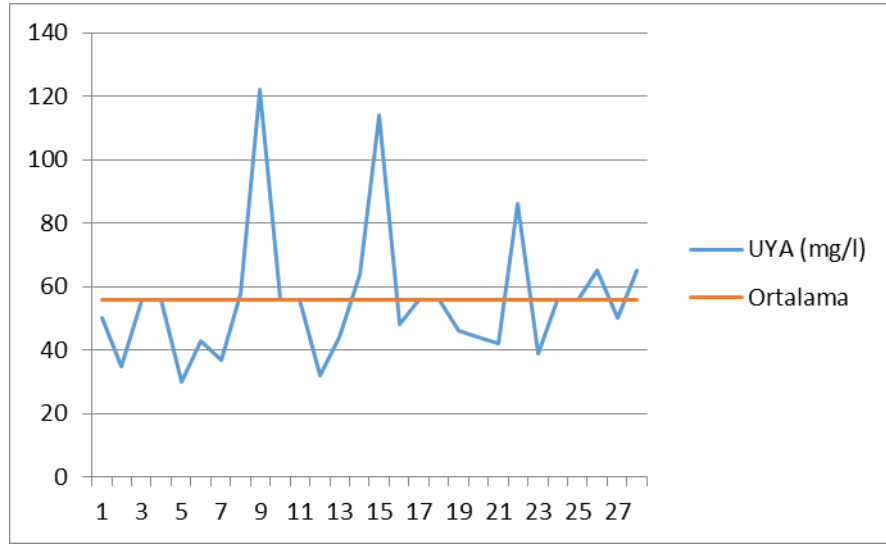
#### 4.3.2. Alkanite



Şekil 4.6. Polielektrolit 2 ayına ait alkanite ve ortalama alkanite değerleri

Alkanite her gün takip edilmiş olup çamur karakterizasyonu takip edilmiştir.

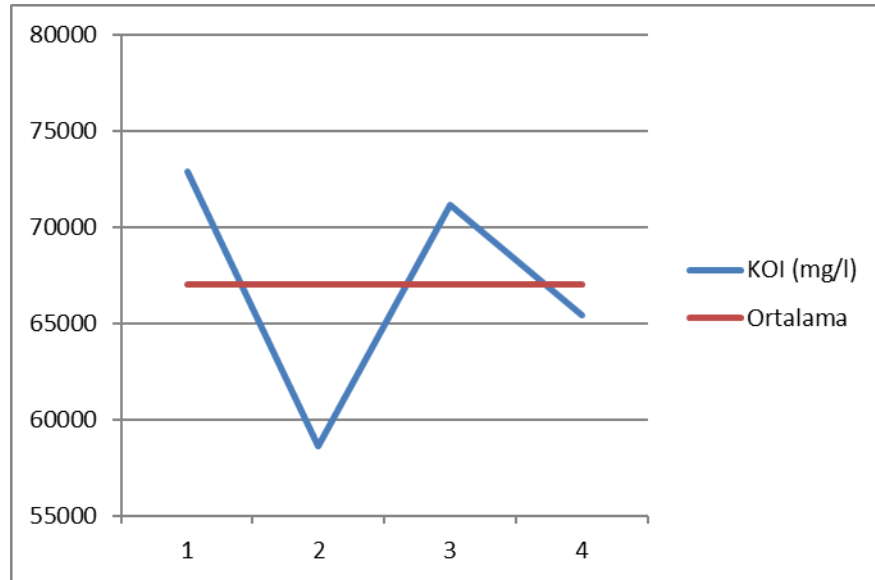
### 4.3.3. UYA (uçucu yağ asidi)



Şekil 4.7. Polielektrolit 2 ayna ait uçucu yağ asidi değerleri

UYA miktarında ki günlük değişimler polielektrolit tüketimini etkilememiştir.

### 4.3.4. KOİ (kimyasal oksijen ihtiyacı)



Şekil 4.8. Polielektrolit 2 ayna ait kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri

Kirlilik parametrelerini ve çamur karakterizasyonu KOİ ölçümü ile takip edilmiştir.

#### 4.4. Katı Madde Üzerinden Polielektrolit Sarfiyat Metodu

Çamur üniteleri 2 ay boyunca 1 er ay olmak üzere aynı polielektrolit ile işletilmiş sonuçlar gözlemlenmesi için her bir polielektrolit 1 ay boyunca kullanılmıştır. Tüketim ve kuru ürün olarak en uygun koşullar elde edilmeye çalışılmıştır. Gerçek boyutta bir çalışma olduğu için mekanik ve prosessal arızalar da göz önüne alınmıştır. Hesaplamalar sırasında en uygun şartlarda eşit verilerde tamamen otomasyonel plc sistemi üzerinden dozlama ve dekantör ayarları yapılmıştır. Elde edilen bulgular 2 ay boyunca sürekli olarak takip edilmiştir. Bütün veri analizleri günü gününe işlenmiş ve reel ölçekli çalışma da bütün dış faktörler göz önüne alınmıştır. Hesaplama metot tablo yönteminin oluşturulması esasına yönelik tablo gün ve gün olarak aşağıda belirtilmiştir. İki polielektrolit arasında ki tüketim farkı ton kuru madde başına polielektrolit tüketimi üzerine olacağından katı madde yükü hesaplamalarda kullanılmıştır.

Tablo 4.1. Geri devir akm konsantrasyonu ve çekilen çamur miktarı

Geri Devir AKM Kons. (mg/L)			Çekilen Fazla Çamur ( m <sup>3</sup> )		
Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3	Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3
14230	10510	10050	2.275	3.871	4.672

3 adet geri devir istasyonundan mg/L cinsinden çamur AKM konsantrasyonları ölçülmüştür. 24 saatlik çekilen çamur m<sup>3</sup> cinsinden debimetreler ile yardımıyla hesaplanmıştır. Katı madde hesabı yapılması için;

$$\begin{aligned} &\text{Geri devir 1 AKM konsantrasyonu} * \text{Geri Devir 1 Çekilen Çamur miktarı} && (4.1) \\ &= 14230 \text{ mg/L} * 2275 \text{ m}^3 \\ &= 32373 \text{ kg/gün katı madde} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Geri devir 2 AKM konsantrasyonu} * \text{Geri Devir 2 Çekilen Çamur miktarı} && (4.2) \\ &= 10510 \text{ mg/L} * 3871 \text{ m}^3 \\ &= 40684 \text{ kg/gün katı madde} \end{aligned}$$

$$\text{Geri devir 3 AKM konsantrasyonu} * \text{Geri Devir 3 Çekilen Çamur miktarı} \quad (4.3)$$

$$= 10050 \text{ mg/L} * 4672 \text{ m}^3$$

$$= 46954 \text{ kg/gün katı madde}$$

Toplam Çekilen Çamur Yüğü kg/gün

$$= 32373 \text{ kg/gün} + 40684 \text{ kg/gün} + 46954 \text{ kg/gün}$$

$$= 105011 \text{ kg/gün toplam geri devirden çekilen çamur yüğü}$$

Tablo 4.2. Çekilen kütle (kg/gün) ve toplam çekilen çamur yüğü (kg/gün)

Çekilen Kütle, kg/gün			Toplam Çekilen Çamur Yüğü (kg/gün)
Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3	
32373	40684	46954	105011

Çekilen Fazla Çamur Toplam Debisi (4.4)

$$= 2275 \text{ m}^3 + 3871 \text{ m}^3 + 4672 \text{ m}^3$$

$$= 10818 \text{ m}^3$$

Tablo 4.3. 1-2-3 Nolu geri devirden çekilen çamur miktarı

Çekilen Kütle, kg/gün			Fazla Çamur Debisi (m <sup>3</sup> /gün)
Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3	
32373	40684	46954	10818

#### 4.4.1. Polimer günlük tüketimi (kg)

Tablo 4.4. Beslenen çamur ve sarf edilen polimer miktarı

Fazla Çamur Debisi (m <sup>3</sup> /gün)	Yoğunlaştırma Polielektrolit Sarfıyatı (Kg)	Polimer	Susuzlaştırma Debisi (m <sup>3</sup> /gün)	Susuzlaştırma Polielektrolit Sarfıyatı (Kg)	Polimer	Toplam Poli Sarfıyatı (Kg)
10818	250	1	2365	550	1	800

Debimetreler ile günlük çekilen fazla çamur ve susuzlaştırma besleme debisi hesaplanmıştır. Polielektrolit sarfıyatı 2 yoğunlaştırma ünitesi için de ayrı ayrı takip edilir ve gün sonunda harcanan toplam polielektrolit sarfıyatı kg cinsinden kaydedilmiştir.

#### 4.4.2. Sentrant akm yükü hesaplanması

Tesiste bütün dekantörlerin sentrant hatları birleşerek 300 metreküp kapasiteli bir depoya dolmuştur. Bu depo sentrant deposu olarak adlandırılmıştır. Sentrant deposu üzerinde bulunan kompozit numune cihazı ile her 15 dakika da 1 numune alınarak gün boyunca online takip yapılmıştır. Sentrant kalitesini yüksek (1000–2000 mg/L) çamur çıkış kekinin %25 olması en önemli değerlendirme parametreleri olarak 7/24 takip edilmiştir.

Sentrant AKM konsantrasyonu = 1413 mg/L

$$\text{Sentrant Yükü (kg/gün)} = (\text{Fazla Çamur Debisi (m}^3\text{/gün)} * \text{Sentrant Akm Konsantrasyonu (mg/L)}) / 1000 \quad (4.5)$$

$$= 1413 \text{ mg/L} * 10818 \text{ m}^3\text{/gün}$$

$$= 15289 \text{ kg/gün sentrant yükü}$$

Tablo 4.5. Sentrant akm konsantrasyonu

Sentrant AKM Kons. (mg/L)	Sentrant Yükü (kg/gün)
1413	15289

#### 4.4.3. Sistemden çekilen çamur yükü (kg/gün)

Sistemden çekilen toplam çamur yükünü hesaplamak için gerçek ölçekli bir tesiste çekilen toplam çamur yükünden oluşan sentrant konsantrasyonu çıkarılmıştır. Çünkü sentrant tesisi tekrar yük olarak giriş terfi ünitesine yük olarak giriş yapacağından dolayı tekrar prosese katılacaktır. Bu sebepten dolayı sentrant yükü oluşacak katı madde hesabından çıkarılarak gerçek bir tüketim yaklaşım hesabı yapılmıştır.

$$\text{Sistemden Çekilen Çamur Yükü (kg/gün)} = \text{Toplam Çekilen Çamur Yükü (kg/gün)} - \text{Sentrant Yükü (kg/gün)} \quad (4.6)$$

$$= 105011 \text{ kg/gün} - 15289 \text{ kg/gün}$$

$$= 89722 \text{ kg/gün Sistemden Çekilen Gerçek Çamur Yüğü}$$

Tablo 4.6. Sistemden çekilen net çamur yüğü

Toplam Çekilen Çamur Yüğü (kg/gün)	Filtrat Yüğü (kg/gün)	Sistemden Çekilen Çamur Yüğü (kg/gün)
105011	15289	89722

#### 4.4.4. Susuzlaştırma dekantörü giriş konsantrasyonu (g/L)

Susuzlaştırma dekantörü giriş konsantrasyonu yapılan toplam katı madde analizi sonucu bulunan konsantrasyonlar her gün not edilmiş ve hesaplama metotlarında kullanılmıştır.

$$\text{Susuzlaştırma Giriş Konsantrasyonu} = 44,90 \text{ g/L}$$

#### 4.4.5. Susuzlaştırma dekantörü giren çamur yüğü (kg/gün)

Susuzlaştırma dekantörüne giren çamur yüğü hesaplanırken susuzlaştırma giriş debisi ile giriş çamur yoğunluğu çarpımından yük hesabı yapılmıştır. Çıkan yük susuzlaştırma dekantörüne giren çamur yükünü kg/gün cinsinden ifade etmiştir.

$$\text{Susuzlaştırma dekantörüne Giren Çamur Yüğü (kg/gün)} = \text{Susuzlaştırma Dekantörüne Besleme Debisi (m}^3\text{)} * \text{Susuzlaştırma Dekantörü Giriş Konsantrasyonu (g/l)} \quad (4.7)$$

$$= 2365 \text{ m}^3/\text{gün} * 44,9 \text{ g/L}$$

$$= 106189 \text{ kg/gün}$$



Tablo 4.7. Susuzlaştırmaya giren çamur yükü

Susuzlaştırma Debisi (m <sup>3</sup> /gün)	Susuzlaştırma Giriş Konsantrasyonu (mg/L)	Susuzlaştırmaya Giren Çamur Yükü (kg/gün)
2365	44,90	106189

#### 4.4.6. Yoğunlaştırma dekantörü ton başına kullanılan polielektrolit miktarı (kg polielektrolit / ton katı madde)

Yoğunlaştırma dekantörlerinde harcanan polielektrolit sarfiyatı ton katı madde başına hesaplanmıştır. Yoğunlaştırma dekantörlerinde günlük kullanılan kg polielektrolit miktarı sistemden çekilen çamur ton katı madde oranısının bize verdiği değer gerçek boyutlu bir tesisteki polimer sarfiyat miktarı olarak hesaplanmıştır.

Yoğunlaştırma Dekantörü Ton Başına Kullanılan Polielektrolit Miktarı (kg Polielektrolit/ Ton Katı Madde) = ( Yoğunlaştırma Dekantörü Polielektrolit Sarfiyatı (kg) / Sistemden Çekilen Çamur Yükü (ton katı madde) ) (4.8)

= ( 250 kg polimer) / (89,722 ton katı madde )

= 2,79 kg Polielektrolit / ton katı madde Yoğunlaştırma Polielektrolit Sarfiyatı

Tablo 4.8. Yoğunlaştırmada harcanan polielektrolit sarfiyatı

Yoğunlaştırma Polielektrolit Sarfiyatı (Kg)	Sistemden Çekilen Çamur Yükü (kg/gün)	Yoğunlaştırmada Ton Başına Kullanılan Polielektrolit Miktarı (kg Polielektrolit/ton KM)
250	89722	2,79

#### 4.4.7. Susuzlaştırma dekantörü ton başına kullanılan polielektrolit miktarı (kg polielektrolit / ton katı madde)

Susuzlaştırma dekantörlerinde harcanan polielektrolit sarfiyatı ton katı madde başına hesaplanmıştır. Susuzlaştırma dekantörlerinde günlük kullanılan kg polielektrolit miktarı susuzlaştırma dekantörüne giren çamur yükü ton katı madde oranısının bize verdiği değer gerçek boyutlu bir tesisteki polimer sarfiyat miktarı olacaktır.

Susuzlaştırma Dekantörü Ton Başına Kullanılan Polielektrolit Miktarı (kg Polielektrolit / Ton Katı Madde) = ( Susuzlaştırma Dekantörü Polielektrolit Sarfıyatı (kg/gün) / Susuzlaştırma Dekantörüne Giren Çamur Yüğü (kg/gün) ) (4.9)

= ( 550 kg polimer ) / (106,189 ton katı madde)

= 5,18 kg Polielektrolit / ton katı madde Susuzlaştırma Polielektrolit Sarfıyatı

Tablo 4.9. Susuzlaştırmada harcanan polielektrolit sarfıyatı

Susuzlaştırma Polielektrolit Sarfıyatı (Kg)	Susuzlaştırmaya Giren Çamur Yüğü (kg/gün)	Susuzlaştırmada Ton Başına Kullanılan Polielektrolit Miktarı (kg Poli/ton KM)
550	106189	5,18

#### 4.4.8. Biyolojik çamuru yoğunlaştırmak için kullanılan tesisteki toplam ton başına kullanılan polielektrolit miktarı (kg polielektrolit /ton katı madde)

Biyolojik çamur üretilen tesislerde tesiste kullanılan toplam polielektrolit tüketim sarfıyatını bulmak için yoğunlaştırma ve susuzlaştırma dekantörlerinde ki polielektrolit kullanımı ton başına olarak hesaplanmıştır. Oluşan hesaplar sonuçta iki ünite de ton başına kullanılan polielektrolit toplanarak toplam sonuç elde edilmiştir.

Toplam Polielektrolit Sarfıyatı ( kg Polielektrolit / Ton Katı Madde) = Yoğunlaştırma Dekantörlerinde Kullanılan Polielektrolit Sarfıyatı ( kg Polielektrolit/ Ton Katı Madde) + Susuzlaştırma Dekantörlerinde Kullanılan Polielektrolit Sarfıyatı ( kg Polielektrolit / Ton Katı Madde) (4.10)

= 2,79 kg Polielektrolit / Ton Katı Madde + 5,18 kg Polielektrolit / Ton Katı Madde

= 7,97 kg Polielektrolit / Ton Katı Madde

#### 4.4.9. Polielektrolit 1'in kullandığı aya ait ton başı çamur için kg polielektrolit tüketimi

Tablo 4.10. Polielektrolit 1 geri devir akm konsantrasyonu ve çamur miktarı

GÜN	Geri Devir AKM Kons. (mg/L)			Çekilen Çamur(m <sup>3</sup> )		
	Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3	Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3
1	14230	10510	10050	2.275	3.871	4.672
2	14660	10230	10900	2.541	3.740	4.510
3	14850	11020	15400	3.004	3.439	4.161
4	12650	11220	10930	2.789	3.710	4.304
5	13120	10630	12230	2.908	3.824	3.309
6	12880	10680	10240	3.188	4.032	3.340
7	13190	11660	10400	3.541	3.758	3.241
8	13280	10950	13280	3.452	3.619	3.320
9	15490	11880	9710	3.263	3.619	3.159
10	10830	7800	11180	2.474	3.669	2.683
11	10130	19010	15780	3.375	4.317	2.733
12	12310	11550	8720	3.526	4.278	2.919
13	12360	12130	13060	2.158	3.249	2.541
14	13160	12230	11810	3.182	4.095	3.279
15	13840	12850	13700	1.712	2.236	1.627
16	10730	10620	12320	2.370	3.447	2.894
17	11970	14390	13610	2.988	4.192	3.243
18	13250	13760	15360	2.425	3.860	3.451
19	16210	12530	11050	3.305	3.396	3.246
20	16320	13830	12970	2.592	3.782	3.203
21	14650	11570	14640	2.595	3.403	3.169
22	11960	14920	12540	3.237	3.308	3.067
23	12980	15000	15340	2.696	3.916	2.743
24	10610	16130	14040	3.010	3.055	3.159
25	16870	17160	9410	3.102	4.447	2.683
26	17800	17280	14840	3.090	3.634	2.913
27	21750	16010	17240	3.378	3.722	3.242
28	14400	17420	17060	3.393	3.404	3.163
29	13960	17160	18940	3.027	3.166	2.863

Tablo 4.10. (Devamı)

30	15300	17840	16720	2.789	3.353	2.740
31	15960	15100	14040	2.977	4.120	3.116

Tablo 4.11. Polielektrolit 1 kullanılan aya ait çekilen kütle hesabı

Çekilen Kütle, kg/gün			Fazla Çamur Debisi (m <sup>3</sup> /gün)	Toplam Çekilen Çamur Yükü(kg/gün)	Fazla Çamur Debisi (m <sup>3</sup> /gün)
Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3			
32373	40684	46954	10818	105011	10818
37251	38260	49159	10791	109670	10791
44609	37898	64079	10604	131587	10604
35281	41626	47043	10803	108950	10803
38153	40649	40469	10041	104271	10041
41061	43062	34202	10560	103325	10560
46706	43818	33706	10540	109230	10540
45843	39628	44090	10391	114560	10391
50544	42994	30674	10041	109211	10041
26793	28618	29996	8826	70408	8826
34189	82066	43127	10425	144382	10425
43405	49411	25454	10723	103270	10723
26673	39410	33185	7948	84269	7948
41875	50082	38725	10556	115682	10556
23694	28733	22290	5575	59717	5575
25430	36607	35654	8711	82691	8711
35766	60323	44137	10423	125226	10423
32131	53114	53007	9736	123252	9736
53574	42552	35868	9947	116994	9947
42301	52305	41543	9577	121149	9577
38017	39373	46394	9167	108784	9167
38715	49355	38460	9612	111530	9612
34994	58740	42078	9355	120812	9355
31936	49277	44352	8830	110566	8830
52331	76311	25247	10232	138888	10232
55002	62796	43229	9637	146026	9637
73472	59589	55892	10342	173953	10342

Tablo 4.11. (Devamı)

48859	59298	53961	9960	147118	9960
42257	54329	54225	9056	135811	9056
42672	59818	45813	8882	133302	8882
47513	62212	43749	10213	138474	10213

Tablo 4.12. Polielektrolit 1 tüketimi ve filtrat akım konsantrasyonu

Yoğunlaştırma Polimer Sarfiyatı (Kg)	Polimer	Sus Debisi (m <sup>3</sup> /gün)	Sus Polimer Sarfiyatı (Kg)	Polimer Sarfiyatı (Kg)	Toplam Polimer Sarfiyatı (Kg)	Filtrat AKM Kons. (mg/L)
250	1	2365	550	1	800	1413
250	1	2281	525	1	775	1540
250	1	2049	475	1	725	1707
275	1	2352	600	1	875	1570
250	1	2284	525	1	775	1673
275	1	2598	550	1	825	1740
250	1	2646	600	1	850	1730
300	1	2760	650	1	950	1360
250	1	2817	625	1	875	1210
200	1	2513	600	1	800	1277
225	1	2472	575	1	800	1447
250	1	2601	500	1	750	1133
225	1	1915	425	1	650	1167
250	1	2508	525	1	775	927
150	1	1106	300	1	450	1520
175	1	2024	425	1	600	1113
300	1	2122	500	1	800	1213
225	1	2050	450	1	675	1133
275	1	2162	475	1	750	1203
250	1	2362	425	1	675	1100
275	1	2135	500	1	775	783
275	1	2111	500	1	775	857
275	1	2151	475	1	750	787
200	1	1785	375	1	575	937
275	1	2400	525	1	800	1367

Tablo 4.12. (Devamı)

275	1	2400	525	1	800	1367
225	1	2197	425	1	650	1207
275	1	2303	525	1	800	1710
250	1	2435	525	1	775	1950
250	1	1916	450	1	700	1640
225	1	1689	400	1	625	1853
225	1	2107	475	1	700	1740

Tablo 4.13. Polielektrolit 1 kullanıldığı ay sistemden çekilen net çamur yükü

Filtrat Yüğü (kg/gün)	Sistemden Çekilen Çamur Yüğü (kg/gün)	Susuzlaştırma Giriş (g/L)	Susuzlaştırmaya Kons. (kg/gün)	Susuzlaştırmaya Giren Çamur Yüğü (kg/gün)	Susuzlaştırmaya Giren Çamur Yüğü (kg/gün)
15289	89722	44,90	106189	91689	
16618	93052	46,90	106979	92479	
18097	113489	46,20	94664	80164	
16961	91989	45,55	107134	92634	
16802	87469	45,50	103922	89422	
18374	84950	48,80	126782	112282	
18234	90996	45,60	120658	106158	
14132	100428	45,80	126408	111908	
12150	97062	40,75	114793	100293	
11268	59140	48,65	122257	107757	
15082	129300	44,65	110375	95875	
12153	91117	42,70	111063	96563	
9273	74996	41,10	78707	64207	
9782	105900	44,30	111104	96604	
8474	51243	45,10	49881	35381	
9698	72993	47,40	95938	81438	
12647	112580	45,15	95808	81308	
11034	112218	46,40	95120	80620	
11970	105025	37,00	79994	65494	
10535	110615	34,40	81253	66753	
7181	101603	43,30	92446	77946	

Tablo 4.13. (Devamı)

8234	103296	41,95	88556	74056
7359	113452	38,10	81953	67453
8271	102295	47,10	84074	69574
13984	124905	43,95	105480	90980
11629	134398	43,40	95350	80850
17685	156268	38,00	87514	73014
19422	127696	43,70	106410	91910
14852	120959	48,30	92543	78043
16461	116841	44,15	74569	60069
17771	120703	51,15	107773	93273

Tablo 4.14. Polielektrolit 1 kg polimer/ton katı madde

Yoğunlaştırmada		Susuzlaştırmada		Toplam
Ton	Başına	Ton	Başına	
Kullanılan	Polimer	Kullanılan	Polimer	
Miktarı	(kg	Miktarı	(kg	
Polielektrolit	/ton	Polielektrolit/ton		
KM)		KM)		
2,79		5,18		7,97
2,69		4,91		7,59
2,20		5,02		7,22
2,99		5,60		8,59
2,86		5,05		7,91
3,24		4,34		7,58
2,75		4,97		7,72
2,99		5,14		8,13
2,58		5,44		8,02
3,38		4,91		8,29
1,74		5,21		6,95
2,74		4,50		7,25
3,00		5,40		8,40
2,36		4,73		7,09
2,93		6,01		8,94
2,40		4,43		6,83
2,66		5,22		7,88
2,01		4,73		6,74
2,62		5,94		8,56
2,26		5,23		7,49
2,71		5,41		8,12

Tablo 4.14. (Devamı)

1,67	4,46	6,13	
1,76	6,00	7,76	POLİELEKTROLİT
1,96	4,93	6,89	1 TÜKETİMİ (ay)
2,07	4,86	6,93	7,57 kg Polielektrolit
1,93	5,36	7,29	/ ton katı madde
1,86	4,41	6,27	

#### 4.4.10. Polielektrolit 2'nin kullandığı aya ait ton başı çamur için kg polimer tüketimi

Tablo 4.15. Polielektrolit 2 devir konsantrasyonu ve çekilen çamur

GÜN	Geri Devir AKM Kons. (mg/L)			Çekilen Çamur(m <sup>3</sup> )		
	Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3	Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3
1	14640	14560	12500	2833	3856	2919
2	15560	12950	9630	2759	4193	2958
3	14030	14020	11860	3237	3902	3228
4	14550	14780	15980	3120	4218	3241
5	14100	16510	14700	3018	4207	3191
6	13260	15420	12820	2664	4136	3192
7	16290	14640	16970	3341	3747	3193
8	15250	16330	18390	2904	3714	2966
9	13790	16270	14000	2837	4110	3142
10	16260	16580	17690	3049	4148	3389
11	14410	14790	19390	3197	3688	3119
12	14260	15740	18070	2832	3608	2902
13	13760	14800	17300	2932	3717	3477
14	14160	11650	15640	3446	3705	3294
15	17260	15360	13680	2976	4256	3140
16	14040	15700	15780	3025	4027	3193
17	14270	17020	15040	3525	3907	3455
18	14610	15190	16830	3486	3540	3351
19	12740	15610	14880	3440	3866	3537
20	20490	17960	19200	3140	4185	3360
21	15370	19650	17650	2523	3671	2908



Tablo 4.15. (Devamı)

22	19530	17050	19370	1484	4608	3559
23	18050	17240	21600	524	5201	3956
24	16820	18660	17800	2843	3108	2728
25	18470	18040	18320	3147	3550	2993
26	17220	16620	20140	3014	3502	2956
27	16090	17140	21890	2883	3288	2988
28	19010	18130	24270	3004	3113	2901

Tablo 4.16. Polielektrolit 2 kullanılan aya ait çekilen kütle hesabı

Çekilen Kütle, kg/gün			Fazla Çamur Debisi (m <sup>3</sup> /gün)	Toplam Çamur (kg/gün)	Çekilen Yüğü	Fazla Çamur Debisi (m <sup>3</sup> /gün)
Geri Devir 1	Geri Devir 2	Geri Devir 3				
41475	56143	36488	9608	119106		9608
42930	54299	28486	9910	110715		9910
45415	54706	38284	10367	123405		10367
45396	62342	51791	10579	144529		10579
42554	69458	46908	10416	143919		10416
35325	63777	40921	9992	125023		9992
54425	54856	54185	10281	148466		10281
44286	60650	54545	9584	144480		9584
39122	66870	43988	10089	134980		10089
49577	68774	59951	10586	163302		10586
46069	54546	60477	10004	146092		10004
40384	56790	52439	9342	134613		9342
40344	55012	60152	10126	140508		10126
48795	43163	51518	10445	128477		10445
51366	65372	42955	10372	144693		10372
42471	63224	50386	10245	141080		10245
50302	66497	51963	10887	153762		10887
50930	53773	56397	10377	146100		10377
43826	60348	52631	10843	141804		10843
64339	75163	64512	10685	189013		10685
38779	72135	51326	9102	147240		9102
28983	78566	68938	9651	161487		9651
9458	89665	85450	9681	169573		9681
47819	57995	48558	8679	139373		8679
58125	64042	54832	9690	161999		9690

Tablo 4.16. (Devamı)

51901	58203	59534	9472	154638	9472
46387	56356	65407	9159	153151	9159
57106	56439	70407	9018	168952	9018

Tablo 4.17. Polielektrolit 2 tüketimi ve sentrant akm konsantrasyonu

Yoğunlaştırma Polimer Sarfiyatı (Kg)	Polimer	Susuzlaştırma Debisi (m <sup>3</sup> /gün)	Susuzlaştı rma Polimer Sarfiyatı (Kg)	Polimer	Toplam Polimer Sarfiyatı (Kg)	Filtrat AKM Kons. (mg/L)
275	2	2222	450	2	725	1763
225	2	2241	525	2	750	1480
225	2	2206	500	2	725	967
300	2	2196	450	2	750	1430
250	2	2006	450	2	700	1813
250	2	2082	400	2	650	2013
225	2	2095	425	2	650	1527
225	2	1770	400	2	625	1663
275	2	2134	500	2	775	2103
250	2	2244	500	2	750	2263
250	2	2226	525	2	775	1740
275	2	1862	425	2	700	1790
225	2	2177	475	2	700	1593
250	2	2208	500	2	750	1353
275	2	2234	450	2	725	1427
225	2	2271	650	2	875	1683
250	2	2368	600	2	850	1807
250	2	2137	500	2	750	1597
300	2	2425	550	2	850	1737
275	2	2496	625	2	900	2097
225	2	2156	525	2	750	2247
225	2	1962	475	2	700	2097
275	2	2098	550	2	825	1857
175	2	1858	450	2	625	1777
250	2	2101	475	2	725	2000
250	2	2183	575	2	825	2107
275	2	2182	500	2	775	1927
250	2	1891	450	2	700	1237

Tablo 4.18. Polielektrolit 2 kullanılan aya ait sistemden çekilen net çamur yükü

Filtrat Yükü (kg/gün)	Sistemden		Susuzlaştırma		Susuzlaştırmaya		Susuzlaştırmaya	
	Çekilen Yükü (kg/gün)	Çamur (g/L)	Giriş Kons.	Giren Yükü (kg/gün)	Çamur (kg/gün)	Çamur (kg/gün)	Yükü	
16942	102164	46,65		103656		83656		
14667	96048	44,6		99949		79949		
10021	113384	50,7		111844		91844		
15128	129401	45,3		99479		79479		
18888	125031	49,45		99197		79197		
20117	104906	45,72		95189		75189		
15696	132771	53,1		111245		91245		
15941	128539	46,4		82128		62128		
21221	113759	47,2		100725		80725		
23960	139342	45,4		101878		81878		
17407	128685	47,3		105290		85290		
16722	117891	47,65		88724		68724		
16134	124374	48,3		105149		85149		
14136	114341	49,75		109848		89848		
14797	129896	43,75		97738		77738		
17246	123835	49,7		112869		92869		
19669	134093	51,3		121478		101478		
16569	129532	51,2		109414		89414		
18831	122974	48,4		117370		97370		
22403	166610	48,1		120058		100058		
20449	126791	47,15		101655		81655		
20235	141252	47,8		93784		73784		
17974	151599	49,8		104480		84480		
15420	123953	49,9		92714		72714		
19380	142619	45,6		95806		75806		
19954	134684	51,4		112206		92206		
17646	135505	49,15		107245		87245		
11152	157800	49,65		93888		73888		

Tablo 4.19. Polielektrolit 2 kg polimer/ton katı madde

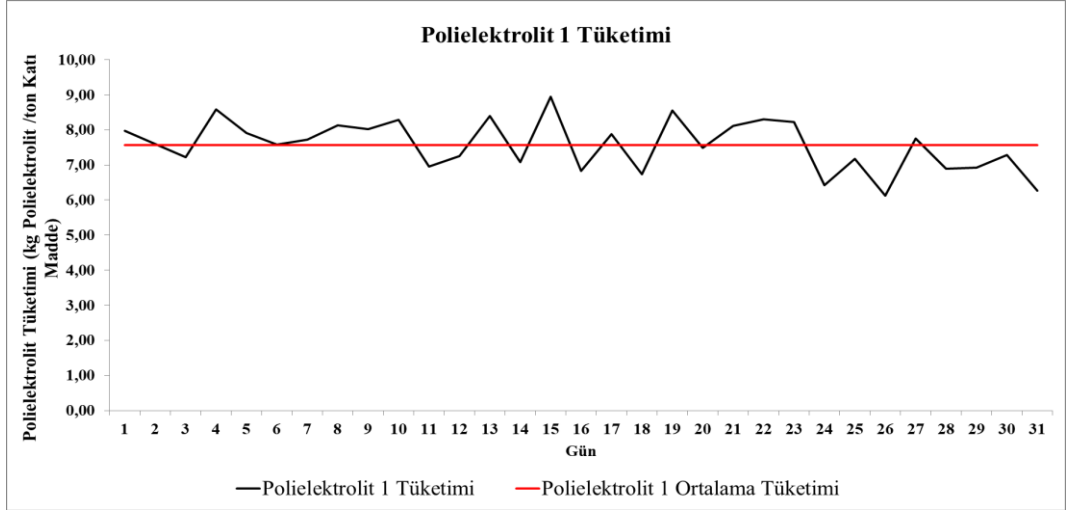
Yoğunlaştırmada		Susuzlaştırmada		TOPLAM
Ton Kullanılan Miktarı Polielektrolit KM)	Başına Polimer (kg /ton	Ton Kullanılan Miktarı Polielektrolit KM)	Başına Polimer (kg /ton	
2,69		4,34		7,03
2,34		5,25		7,60
1,98		4,47		6,45
2,32		4,52		6,84
2,00		4,54		6,54
2,38		4,20		6,59
1,69		3,82		5,52
1,75		4,87		6,62
2,42		4,96		7,38
1,79		4,91		6,70
1,94		4,99		6,93
2,33		4,79		7,12
1,81		4,52		6,33
2,19		4,55		6,74
2,12		4,60		6,72
1,82		5,76		7,58
1,86		4,94		6,80
1,93		4,57		6,50
2,44		4,69		7,13
1,65		5,21		6,86
1,77		5,16		6,94
1,59		5,06		6,66
1,81		5,26		7,08
1,41		4,85		6,27
1,75		4,96		6,71
1,86		5,12		6,98
2,03		4,66		6,69
1,58		4,79		6,38

POLİELEKTROLİT 2  
TÜKETİMİ (ay)  
6,77 kg Polielektrolit / ton  
katı madde

## **BÖLÜM 5. TARTIŞMA VE SONUÇ**

Dünya’da arıtma çamurunun işlenmesinde, farklı dönemlerde farklı yöntemler kullanılmıştır. 1970’lerde depolama en çok kullanılan yöntem olmuştur. 1993 yılından sonra işe biyokati ve yararlı kullanıma geçilmiştir. 2000’li yıllardan sonra ise biyoenerji üretimi en çok kullanılan yöntem olmuştur. 2010’dan sonra ise geri kazanım metodu yaygın olarak kullanılmıştır. Günümüzde arıtma çamuru işlenmesi işletme maliyetinin önemli kısmını oluşturmaktadır. Çamur arıtma yöntemi olarak çalışmamızda çamurun yoğunlaştırılması ve kullanılan polielektrolitlerin stabilizasyonu yapılmıştır.

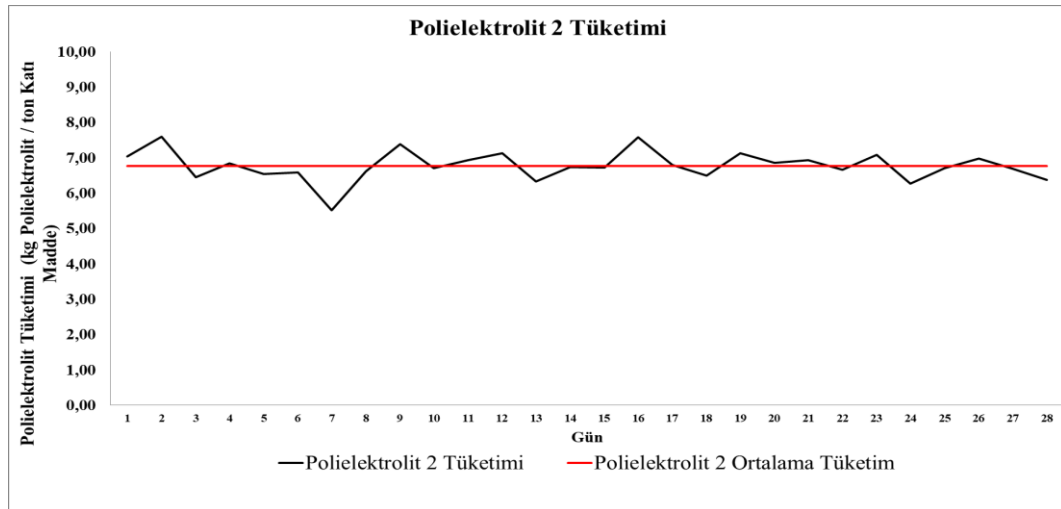
Yüksek kapasiteli arıtma tesislerinin çoğunda günümüzde yoğunlaştırma üniteleri bulunmaktadır. Çamur yoğunlaştırma ünitelerinde genellikle santrifüj tip dekantör kullanılmaktadır. Çalışmamız sırasında santrifüj tip dekantörlere polielektrolit hattından polimer, çamur hattından ise arıtma çamuru beslenerek yüksek devirde çalışan dekantörlere beslenmiştir.2 ay boyunca yapılan denemelerde 2 katyonik polielektrolit arasında ki en önemli farkın besleme hatları boyunca polielektrolit taşınımı sırasında polimer molekül kovalent bağlarının kırılması olduğu tespit edilmiştir. Besleme hattı ile dekantör giriş hattı arasında ki mesafeden dolayı polielektrolit 1’in bağlarında daha fazla kırılma olduğu gözlemlenmiştir. Polielektrolit besleme hattı üzerinde ki dirsekler, hattın uzun olması, dekantör girişine kadar polielektrolitin ile çamurun floklasmasını sağlayan kovalent molekül bağlarda kırılmalar meydana getirmiştir. Polielektrolit 1’in yüksek devirde ki dekantöre girişi sırasında hat boyunca polimer molekül kovalent bağlarının kırılması nedeni ile floklaşmayı sağlayamadığı tespit edilmiştir. Dekantör çıkışında düşük yoğunlukta çamur oluşumu ve düşük kalitede sentranta sebebiyet vermiştir. İstenilen çıkış değerleri elde edilememesi üzerine polielektrolit 1’in dozlaması kademeli olarak artırılmış ve çamurun floklaşması sağlanmıştır. Dekantör çıkışında sentrant ve çamur çıkış yoğunluğuna ulaşıldıktan sonra stabilizasyon işlemi yapılmıştır.



Şekil 5.1. Polielektrolit 1 Tüketim

Hesaplamalar sonucu oluşan değerler bir tablo halinde gün gün işlenmiştir. İşlenen sütunlar sonuçlarında 1 ay denemesi yapılan polielektrolit 1 için 7,57 kg Polielektrolit / ton katı madde sarfiyatı hesaplanmıştır.

Polielektrolit 2 için de gerekli çalışma 1 ay boyunca yapılmıştır. Polimer besleme hattına katyonik polielektrolit 2 dozlanmıştır. Düşük dozlama ile başlanan çalışma da çamur çıkış ve sentrant değerleri değerlendirilmiştir. Polielektrolit 1 e göre polielektrolit 2'nin kovalent molekül bağları dirsekli ve uzun hat boyunca daha az kırılma yaşadığı tespit edilmiştir. Dekantör çıkışında istenilen verimi daha az polimer sarfiyatı ile sağladığı görülmüştür. Her gün stabilizasyon işlemine devam edilmiştir.



Şekil 5.2. Polielektrolit 2 Tüketim

Polielektrolit prosesin de polimer tankında polimeri hazırlandıktan sonra dekantörlere giriş noktası ve hat uzunluklarının önem arz ettiği tespit edilmiştir. Genel olarak baktığımızda polimer transfer hattında ki dirsek sayısı ne kadar az ve polimer hazırlama tankından dekantör giriş noktasına kadar olan mesafe ne kadar kısa ise katyonik polielektrolit tüketiminin daha düşük olabileceği ön görülmüştür.

Hesaplamalar sonucu oluşan değerler bir tablo halinde gün gün işlenmiştir. İşlenen sütunlar sonuçlarında 1 ay denemesi yapılan polielektrolit 2 için 6,77 kg Polielektrolit/ ton katı madde sarfiyatı hesaplanmıştır.

2 katyonik polielektrolit için yapılan çalışma da 2 nolu polielektrolit 0,80 kg Polielektrolit/ ton katı madde maliyet avantajı sağlamıştır.

Tablo 5.1. Polielektrolit Maliyet Fark Tablosu

Polielektrolit 1 Tüketimi	Polielektrolit 2 Tüketimi	Ton Katı Madde Başına Polielektrolit Tüketim Farkı	100 Ton Katı Madde/ Gün Maliyet Avantajı
7,57 kg Polielektrolit / Ton Katı Madde	6,77 kg Polielektrolit / Ton Katı Madde	0,80 kg Polielektrolit / Ton Katı Madde	80 kg Polielektrolit / Gün

Güncel fiyatlandırması ve euro kuru göz önüne alındığında Polielektrolit 2 yaklaşık 40000 TL / Ay maliyet avantajı sağlamıştır. Tesis polielektrolit 2 kullanımına geçirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Metcalf & Eddy., Wastewater Engineering , 5.Baskı. McGraw Hill Education, 2015.
- [2] Öztürk, İ., Timur, H., Koşkan,U., Atıksu Arıtım Esasları .T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı 2005.
- [3] İSKİ Atık Su Arıtma Veri Analiz 2019.
- [4] www.google.com., Erişim Tarihi: 09.05.2018.
- [5] www.deu.edu.tr/atıksu/ana58/bolum,, Erişim Tarihi: 04.05.2019.
- [6] Tan Phong Nguyena, Nidal Hilal, Nicholas P.Hankins ve John T.Novak “Characterization of synthetic and activated sludge and conditioning with cationic polyelectrolytes”, Desalination Volume 227, Issues 1–3, 30 July 2008, Pages 103-110.
- [7] V. Lotito ve L. Spinosa, “Sewage sludge conditioning by polyelectrolytes” Filtration & Separation Volume 27, Issue 2, March–April 1990, Pages 122-125.
- [8] Hans Saveyn, Stijn Meersseman, Olivier Thas ve Paul Van der Meeren “Influence of polyelectrolyte characteristics on pressure-driven activated sludge dewatering” Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Volume 262, Issues 1–3, 15 July 2005, Pages 40-51.
- [9] Bień, Beata, and Jurand D. Bień. "Use of inorganic coagulants and polyelectrolytes to sonicated sewage sludge for improvement of sludge dewatering." Desalination and Water Treatment 52.19-21, 2014: 3767-3774.
- [10] C.P Chu ve D.J Lee, “Experimental analysis of centrifugal dewatering process of polyelectrolyte flocculated waste activated sludge” Water Research Volume 35, Issue 10, July 2001, Pages 2377-2384.
- [11] Hans Saveyn, Daan Curvers, Olivier Thas ve Paul Van der Meeren “Optimization of sewage sludge conditioning and pressure dewatering by statistical modelling” Water Research Volume 42, Issues 4–5, February 2008, Pages 1061-1074.



- [12] Morten Lykkegaard Christensen, Kristian Keiding, Per Halkjær Nielsen, Mads Koustrup Jørgensen, “Dewatering in biological wastewater treatment: A review” *Water Research* Volume 82, 1 October 2015, Pages 14-24.
- [13] R.Hogg “Flocculation and dewatering” *International Journal of Mineral Processing* Volume 58, Issues 1–4, February 2000, Pages 223-236.

## ÖZGEÇMİŞ

Onur Akdoğan, 20.02.1991'de İstanbul'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini İstanbul'da tamamladı. 2009 yılında Örfi Çetinkaya Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2009 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2013 yılında bitirdi. 2013 yılında Manisa'da 6 ay kısa dönem askerlik görevini tamamladı. 2014 yılında Va Tech Wabag firmasında İski Atık Su Arıtma Tesisinde biyolojik arıtma işletme sorumlusu olarak göreve başladı.2016 yılında Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında Kuzu Grup firmasında çamur üniteleri işletme sorumlusu olarak görevine başladı. Halen Kuzu Grup bünyesinde çamur üniteleri işletme sorumlusu olarak çalışmaktadır.