

# Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2017

Henrik Roms

## APUKOAGULANTIN OPTIMOINTI PARAISTEN NORRBYN JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLE

Henrik Roms

## APUKOAGULANTIN OPTIMOINTI PARAISTEN NORRBYN JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLE

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia uuden kemiallisen komponentin lisäämisen vaikutusta Paraisten Norrbyn jätevedenpuhdistamon kemiallisen jätevedenpuhdistusprosessiin. Tavoitteena on pystyä vähentämään jäteveden epäpuhtauksia nykyistä tehokkaammin kemiallisen puhdistusprosessin aikana. Nykyisellään kemiallisen prosessin jälkeinen biologinen puhdistusprosessi kärsii suuresta epäpuhtauskuormituksesta. Suuri kuorma haittaa jätevedenpuhdistusta niin biologisessa puhdistusyksikössä kuin koko jätevedenpuhdistamollakin.

Työssä tutkitaan kemiallisen puhdistusprosessin jäteveden laatua vertailemalla anionisella polymeerillä polymeroimatonta ja polymeroitua jätevettä keskenään. Jätevedenpuhdistamolla suoritetaan koeajoja laitosmittakaavassa, jonka aikana pyritään todentamaan anionisen polymeerin vaikutusta ja tehokkuutta jäteveden laatuun.

Koeajojakson tulosten perusteella voidaan todeta polymeroinnilla olevan positiivinen vaikutus jäteveden laatuun kemiallisessa jätevedenpuhdistusprosessissa. Polymeroidun jäteveden tulokset olivat noin kolmanneksen paremmat kuin polymeroimattoman jäteveden. Polymeerin lisääminen prosessiin tehostaa kemiallista puhdistusprosessia, mahdollistaen kuormituksen keventymisen biologisessa puhdistusprosessissa.

Positiivisten tulosten pohjalta tehtiin päätös anionisen polymeerin lisäämisestä jätevedenpuhdistamon prosessiin.

### ASIASANAT:

Kemiallinen jätevedenpuhdistus, Apukoagulantti, Polymeeri

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and Environmental Engineering

2017 | 41+2

Henrik Roms

# THE OPTIMIZING OF COAGULANT AID AT THE WASTEWATER TREATMENT PLANT OF PARAINEN

The goal of this thesis was to study the effects of a new chemical component added to the chemical wastewater treatment process at the Norrby wastewater treatment plant in Parainen. The goal was to be able to reduce impurities more effectively during the chemical treatment process. Currently the biological treatment process, which follows the chemical process, suffers from unnecessarily heavy impurity loads. These heavy loads disturb the biological treatment process as well as the process within the whole treatment plant.

This thesis studies the quality of wastewater within the chemical treatment process by comparing values of wastewater with and without an anionic polymer component added to it. Trial runs were conducted at the wastewater treatment plant at full scale to determine the effects and effectiveness of the anionic polymer to the wastewater.

The results of the trial runs show that adding anionic polymer to the wastewater treatment process has positive effects on the quality of the wastewater within the chemical treatment process. The measured values between polymerized and non-polymerized wastewater were on average one third better in favor of the polymerized wastewater.

The decision of adding the anionic polymer as a permanent component to the wastewater treatment process was made based on the results of this thesis.

KEYWORDS:

Chemical wastewater treatment, Coagulant aid, Polymer.

# SISÄLTÖ

<b>KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 YHDYSKUNTAJÄTEVESI</b>	<b>9</b>
2.1 Talousjätevesi	9
2.2 Teollisuusjätevesi	9
2.3 Hule- ja vuotovedet	10
2.4 Muut kuormitukset	10
<b>3 JÄTEVEDEN EPÄPUHTAUDET</b>	<b>12</b>
3.1 Orgaaniset epäpuhtaudet	12
3.2 Epäorgaaniset epäpuhtaudet	13
<b>4 KEMIALLINEN JÄTEVEDENPUHDISTUS</b>	<b>15</b>
4.1 Jäteveden liuostyyppi	15
4.2 Kolloidiset hiukkaset	16
4.3 Koagulointi	16
4.4 Kolloidisen systeemin destabilointi	17
4.5 Flokkulointi	17
4.6 Flokkaus polymeerillä	18
<b>5 NORRBYN JÄTEVEDENPUHDISTAMON PROSESSIKUVAUS</b>	<b>20</b>
5.1 Mekaaninen puhdistusprosessi	20
5.2 Kemiallinen puhdistusprosessi	21
5.3 Biologinen puhdistusprosessi	22
5.4 Lietteenkäsittely	23
<b>6 APUKOAGULANTIN VALINTA</b>	<b>25</b>
6.1 Laskeutuskokeet	26
6.1.1 Kationisen polymeerin laskeutuskoe	26
6.1.2 Anionisen polymeerin laskeutuskoe	27
6.2 Laskeutuskokeiden tulokset	27
<b>7 KOEAJOT JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLA</b>	<b>28</b>

7.1 Koeajojen valmistelut	28
7.1.1 Polymeerin valmistus ja syöttö	28
7.1.2 Esiselkeytys- ja flokkausaltaat	29
7.1.3 Koeajon mittaukset	31
7.2 Koeajojen tulokset	31
7.2.1 Näkösyvyys	33
7.2.2 Liukoinen fosfori	35
7.2.3 Tuleva jätevesi	37
<b>8 HUOMIOITAVAA POLYMEERIPROSESSIN SUUNNITTELUSSA</b>	<b>38</b>
8.1 Polymeerin valmistus	38
8.2 Polymeerin syöttö	39
<b>9 JOHTOPÄÄTÖKSET</b>	<b>40</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>41</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Jätevedenpuhdistamon PI-kaavio  
Liite 2. Koeajojen pöytäkirja

## KUVAT

Kuva 1. Epäpuhtauksien jako koon perusteella. (Stendahl, 1.)	12
Kuva 2. Hiukkasten kasvaminen polymeerin avulla. (Karttunen, 2004, 136.)	19
Kuva 3. Mekaaninen puhdistusprosessi. (Roms, 2017.)	21
Kuva 4. Kemiallinen puhdistusprosessi. (Roms, 2017.)	22
Kuva 5. Biologinen puhdistusprosessi. (Roms, 2017.)	23
Kuva 6. Lietteenkäsittely. (Roms, 2017.)	24
Kuva 7. Kationinen polymeeri, 0,5g – 2,5g / m <sup>3</sup> . (Roms, 2017.)	26
Kuva 8. Anioninen polymeeri, 0,6g – 2,4g / m <sup>3</sup> . (Roms, 2017.)	27
Kuva 9. Polymeerin valmistusyksikkö. (Roms, 2017.)	29
Kuva 10. Esiselkeytysallas. (Roms, 2017.)	30
Kuva 11. Flokkausallas, polymeerin syöttö. (Roms, 2017.)	31

## KUVAAJAT

Kuvaaja 1. Altaiden näkösyvydet, cm. (Roms, 2017.)	34
Kuvaaja 2. Liukoinen fosfori, mg/l. (Roms, 2017.)	36
Kuvaaja 3. Tuleva jätevesi, m3. (Roms, 2017.)	37

## TAULUKOT

Taulukko 1. Altaiden näkösyvydet, cm. (Roms, 2017.)	33
Taulukko 2. Liukoinen fosfori, mg/l. (Roms, 2017.)	35

# KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

**Anioninen:** Elektroneja vastaanottanut atomi tai molekyyli, varaukseltaan negatiivinen

**COD:** Kemiallisten aineiden hapentarve orgaanisen aineen hajotuksessa

**Esiselkeytys:** Jätevedenpuhdistusprosessin osa, jossa jätevedessä olevaa kiinteää ainesta laskeutuu altaan pohjalle

**Flokkulointi:** Prosessi, jossa mikroflokkeja yhdistämällä saadaan makroflokkeja

**Jäteveden epäpuhtaudet:** Orgaaniset ja/tai epäorgaaniset aineet jätevedessä

**Kantoaines:** Bakteerien ja mikrobien kiinnittymispinta biologisessa puhdistusprosessissa

**Kationinen:** Elektroneja luovuttanut atomi tai molekyyli, varaukseltaan positiivinen

**Koagulointi:** Prosessi, jossa kolloideja yhdistämällä saadaan mikroflokkeja

**Kolloidi:** Homogeenisen ja heterogeenisen seostyyppin välimuoto

**Liete:** Pienten hiukkasten ja nesteen muodostama seos

**Liukoinen fosfori:** Epäorgaanista fosforia, esiintyy jätevesissä liukoisessa muodossa

**Makroflokki:** Useampien mikroflokkien muodostama kokonaisuus, joka on riittävän iso poistettavaksi jätevedestä

**Mikroflokki:** Lietepartikkeleiden muodostama kokonaisuus

**Polymeeri:** Samanlaisten molekyylien muodostama keinotekoinen molekyyliketju

**Rejktivesi:** Lietteen sakeutus- ja kuivausvaiheessa syntyvää vettä

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää apukoagulantin vaikutus jätevedenpuhdistamon kemiallisen prosessin puhdistustulokseen. Tehtävänä on löytää apukoagulantiksi sopiva kemikaali ja määrittää sopiva määrä kemikaalia suhteessa jäteveeseen. Tavoitteena on tehostaa Norrbyn jätevedenpuhdistamon kemiallista puhdistusprosessia, jonka myötä kuormitus biologisessa puhdistusprosessissa pienenee. Biologinen puhdistusprosessi on kärsinyt liian likaisesta tulevasta jätevedestä, joka on haitannut biologisen prosessin toimintaa. Biologisen prosessin ongelmana on ollut jäteveden kiintoaineksen kiinnittyminen kantoainemassaan. Kiinnittymisestä seuraa kantoainemassan painon kasvu, jonka seurauksena kantoainemassa epätarkoituksenmukaisesti huuhtoutuu pois biologisten altaiden pesujen yhteydessä. Kemiallisen prosessin tehostamisen myötä kuormitus biologisessa prosessissa kevenee, mahdollistaen paremman toiminnan ja tuloksen biologisessa prosessissa.

Työssä selvitetään kyseiselle jätevedenpuhdistamolle sopiva apukoagulantti ja määritetään sen sopiva määrä. Kemikaalivalinnan jälkeen suoritetaan laitosmittakaavan koeajajakso, jossa seurataan kemikaalin vaikutusta jäteveden laatuun kemiallisessa puhdistusprosessissa. Koeajajakson aikana seurataan rinnakkaislinjan jäteveden laadun eroja, kun toiseen linjoista lisätään apukoagulanttina toimivaa anionista polymeeriä. Lopuksi pohditaan ratkaisuja saada apukoagulantti mukaan osaksi jätevedenpuhdistamon prosessia niin, että sen osuus olisi automatisoitu mahdollisimman pitkälle.

Apukoagulantin optimoinnin onnistuessa saadaan jätevedenpuhdistamon prosessia vakautettua ja automatisoitua ja puhdistustulosta parannettua.



## 2 YHDYSKUNTAJÄTEVESI

Jätevedenpuhdistamolle tulevan jäteveden määrä ja laatu vaihtelevat riippuen veden käyttäjistä sekä luonnosta. Jätevesi koostuu kotitalouksien jätevesistä, teollisuuslaitosten jätevesistä sekä hule- ja vuotovesistä. Jätevedenpuhdistamolla puhdistettava jätevesi koostuu osaksi myös laitoksen omista rejektivesistä, jotka ovat vesiä, joita kierrätetään laitoksen puhdistusprosessissa. Jätevedet vaihtelevat puhdistamokohtaisesti riippuen edellä mainituista tekijöistä ja niiden suhteista sekä ominaisuuksista. (Laitinen ym. 2014, 26.)

### 2.1 Talousjätevesi

Talousjätevesi koostuu kotitalouksista muodostuvista jätevesistä. Talousjätevedet koostuvat orgaanisesta aineksesta, bakteereista sekä ravinteista, joita ovat pääasiassa fosfori ja typpi. Orgaaniselle ainekselle ominaista on suuri hapenkulutus, joka vaikuttaa jätevedenpuhdistamon suunnitteluun ja toimintaan. Lisäksi talousjätevesi sisältää myös kemikaaleja, lääkeaineita sekä muita haitallisia aineita. Nämä aineet ja niiden ominaisuudet vaikuttavat jäteveden puhdistusprosessiin. Puhdistusprosessissa ne voivat hajota, haihtua tai kiinnittyä lietteeseen, jolloin ne saadaan poistettua. Osa aineista ei välttämättä saada poistettua puhdistetusta vedestä, ja ne päätyvät jäteveden purkuvesien mukana ympäristöön. (Laitinen ym. 2014, 27–28.)

### 2.2 Teollisuusjätevesi

Teollisuusjätevedet lisäävät puhdistuksen haastetta jätevedenpuhdistamoilla. Teollisuusjätevesille tyypillistä on niiden laadun ja kuormituksen vaihtelevuus, ja etenkin korkeat pitoisuudet pienilläkin virtaamilla voivat sekoittaa tai vahingoittaa jätevedenpuhdistamon puhdistusprosessia. Ympäristönsuojeluasetuksen ympäristöluvassa on teollisuuslaitoksen määriteltävä viemäroitaville aineille päästöraja-arvot. Näitä arvoja laadittaessa on kuultava ja otettava huomioon paikallisen jätevedenpuhdistamon vaatimukset ja rajoitukset, jotta teollisuusjätevedet eivät pääse vahingoittamaan puhdistusprosessia. Mikäli teollisuusjätevesi ylittää jätevedenpuhdistamon raja-arvot, joudutaan teollisuudesta päästettäviä jätevesiä

esikäsittelemään niin, että ne pysyvät asetettujen raja-arvojen sisällä. Esikäsitteilyn keinot ja tarpeet vaihtelevat teollisuuslaitoksen jätevesien koostumuksesta riippuen, myös suhteessa talousjätevesiin. Suuremmilla teollisuuslaitoksilla voidaan joutua käyttämään kokonaan omaa jätevedenpuhdistamoa, koska jätevesien johtaminen kunnalliselle puhdistamolle ei ole mahdollista. (Laitinen ym. 2014, 28–29.)

### 2.3 Hule- ja vuotovedet

Hulevedet ovat sade- tai sulamisvesiä, joista tulee vuotovesiä niiden päästessä viemäriverkostoon, joko suoraan huuhtoutumalla tai maaperään imeytymisen jälkeen. Hulevesien päätyminen jätevesiverkostoon johtuu useimmiten verkoston huonosta kunnosta, kuten vuotavista kaivojen kansista, rikkoutuneista putkista tai vuotavista putkiliitoksista. Hulevesien määrä vaihtelee runsaasti sääolojen ja vuodenaikojen mukaan. Hulevedet haittaavat jätevesien puhdistusprosessia, koska etenkin sulamisvesi on normaalia kylmempää, mikä haittaa biologista puhdistusta. Pitoisuuksiensa puolesta laimeat hulevedet haittaavat puhdistusprosessia ravinnevajauden ja suurten virtaamien myötä. Hulevesien mukana kulkeutuu paljon maan pinnalta huuhtoutunutta materiaalia, kuten orgaanista ainesta, hiekkaa tai kiviä, sekä haitallisia aineita. Hulevesiä pystytään ehkäisemään kunnostamalla viemäriverkostoa ja suunnittelemalla tasausaltaita, jotka viivyttävät hulevesien päätymistä jätevedenpuhdistamolle yhdellä kertaa. Mahdollisesti käytettävät tasausaltaatkaan eivät kuitenkaan riitä kuin muutaman päivän sadejaksojen varalle. Keväiset lumensulamiset kestävät viikkoja, mikä väistämättä johtaa jätevedenpuhdistamolle pääsevien vesimäärien suureen kasvuun. (Laitinen ym. 2014, 29–30.)

### 2.4 Muut kuormitukset

Edellä mainittujen kolmen pääkuormittajan lisäksi jätevedenpuhdistamoille tulee tai voi tulla kuormaa myös muuten. Puhdistusprosessin lietteenkäsittelyn rejektivedet, sako- ja umpikaivolietteet sekä kausiluontoiset ja epäsäännölliset vesikuormat lisäävät puhdistettavaa vesimäärää jätevedenpuhdistamolla. (Laitinen ym. 2014, 30.)

Rejektivedet tulevat usein puhdistamon sisäisesti, mutta näitä voidaan myös vastaanottaa muualta. Rejektivesiä syntyy lietteen mädätyksen, saostuksen ja

kuivauksen yhteydessä, kun vettä ja lietettä pyritään erottamaan toisistaan. Rejektiviedet palautetaan takaisin puhdistusprosessin alkupäähän, josta ne joutuvat uudestaan puhdistusprosessiin mukaan. Rejektiviedet ovat muuta jätevettä väkevämpää, ja tämä on huomioitava niiden prosessiin uudelleen syöttämisessä. Ne voidaan myös tarpeen mukaan esikäsitellä laimeammiksi. (Laitinen ym. 2014, 30.)

Sako- ja umpikaivolietteet ovat peräisin kiinteistöistä, jotka eivät ole liitettynä viemäriverkostoon. Näillä kiinteistöillä on omat jätevedenpuhdistusjärjestelmät, ja näistä syntyvät lietteet noudetaan ja tuodaan jätevedenpuhdistamolle käsiteltäväksi. Lietteet ovat tavallista jätevettä väkevempiä, koska lietemäärät suhteessa veteen ovat suuremmat, joten näiden kohdalla on huomioitava samat asiat kuin rejektiviesien kohdalla. Sako- ja umpikaivolietettä vastaanottaessa on huomioitava, ettei näiden joukossa tai sijasta vastaanoteta kiinteistöjen öljyn- tai hiekanerotuskaivojen lietteitä, sillä nämä voivat vahingoittaa prosessia. (Laitinen ym. 2014, 30.)

Kausiluontoiset ja epäsäännölliset tulokuormat tarkoittavat ylimääräistä jätevesimäärää, joka ei jatku samana ympäri vuoden. Esimerkiksi kesäisin kesämökkialueiden tai talvisin laskettelukeskusten jätevesimäärät lisääntyvät suuresti kausiluontoisesti, ja tämä on huomioitava kyseisen ajanjakson kohdalla jätevedenpuhdistamoilla. (Laitinen ym. 2014, 30.)

### 3 JÄTEVEDEN EPÄPUHTAUDET

Jätevedenpuhdistamoille tulevat jätevedet ovat epäpuhtaita, ja jäteveden likaisuusaste riippuu siitä, mihin vettä on käytetty ennen sen päätymistä viemäriin. Epäpuhtaudet ovat peräisin kotitalouksien tai teollisuuksien toiminnasta, tai hulevesien huuhtoutumisesta. Likaisuusaste vaihtelee ajoittain aina vuodenajoista tunteihin sekä sijainnin mukaan viemäriverkostoon liittyneiden yksiköiden perusteella. Jätevesien epäpuhtaudet voidaan jaotella niiden koon tai yhdisteiden mukaan. Koon mukaan epäpuhtaudet voidaan jakaa liukoisiin, kolloidisiin tai suspendoituneisiin (kuva 1). Yhdisteiden mukaan jaoteltuna epäpuhtaudet voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin yhdisteisiin, joista orgaaniset jakautuvat tasaisesti kaikkiin kolmeen kokoluokkaan, kun taas epäorgaaniset ovat pääasiassa liukoisessa muodossa. (Stendahl, 1.)

	Liukoiset	Kolloidiset	Suspendoit.	Laskeutuvat suspendoit.
Hiukkaskoko, $\mu\text{m}$	<0.08	0.08 - 1.0	1 - 100	> 100

Kuva 1. Epäpuhtauksien jako koon perusteella (Stendahl, 1).

#### 3.1 Orgaaniset epäpuhtaudet

Jätevesisen luokitellut orgaaniset epäpuhtaudet ovat pääasiassa hiilihydraatteja, proteiineja, orgaanisia-, amino- ja rasvahappoja sekä tensidejä. Likaisuusaste ilmaistaan epäpuhtauksien määränä tilavuusyksikköä kohti, esimerkiksi mg/l tai g/m<sup>3</sup>. Orgaanisen aineen pitoisuus jätevedessä ilmaistaan normaalisti neljällä termillä; biokemiallinen hapenkulutus, kemiallinen hapenkulutus, orgaaninen hiili sekä hehkutushäviö. (Stendahl, 1.)

**Biokemiallinen hapenkulutus** (BOD, biological oxygen demand) kuvaa bakteereiden hapentarvetta niiden hajottaessa orgaanista ainesta jätevedessä. BOD itsessään kuvaa vain hapentarvetta määrittelemättömällä ajanjaksolla. Ajan lisäämiseksi liitetään numeerinen arvo, BOD<sub>5</sub> tai BOD<sub>7</sub>, jossa numerot kuvaavat päivien lukumäärää. Hapenkulutuksen testaus suoritetaan siis 5 tai 7 päivän mittaisina jaksoina, jossa bakteerit hajottavat orgaanista ainesta 20 °C:n lämpötilassa. Näytteeseen lisätään nitrifikaatiota, hapellista typenpoistoa estäviä ainesosia, joka ehkäisee typen ainesosien

hajoamista. Tämä takaa hapentarpeen kuvaavan ainoastaan hajotusta orgaanista ainesta kohtaan, eikä typpiainesten hajotusta kohtaan. BOD-arvo ilmaistaan joko mg/l tai g/m<sup>3</sup>. (ChemEurope.)

**Kemiallinen hapenkulutus** (COD, chemical oxygen demand) kuvaa kemiallisten aineiden hapentarvetta niiden hajottaessa orgaanista ainesta jätevedestä. Kaikkia orgaanisia aineita ei voida, tai niitä on todella vaikeaa hajottaa biologisesti. Tällöin biologisen hajotuksen sijaan käytetään kemiallista hajotusta. Toimintaperiaate ja ilmaisutapa on sama kuin BOD:ssa, mutta testaus suoritetaan korkeassa lämpötilassa. (ChemEurope.)

**Orgaaninen hiili** (TOC, total organic carbon) kuvaa näytteen orgaanisen hiilen kokonaismäärää. TOC kuvaa ainoastaan orgaanisen hiilen osuutta, joten epäorgaanista hiiltä ei huomioida, kuten veteen liennuttua hiilidioksidia ja sen liuenneita ioneja. Tulos saadaan hapettamalla näyte, jolloin siitä vapautuu mitattavissa olevan hiilidioksidin määrä, joka esitetään muodossa mg/l. (ChemEurope.)

**Hehkutushäviö** (VSS, volatile suspended solids) kertoo näytteen orgaanisen aineen prosentuaalisen määrän kokonaismassasta. Näytteestä määritetään ensin kuiva-ainepitoisuus, jonka jälkeen näytteestä hehkutetaan orgaaninen aine pois. Ennen ja jälkeen hehkutuksen mitattu painon muutos kuvaa pois palanutta orgaanista ainesta. (Stendahl, 3.)

### 3.2 Epäorgaaniset epäpuhtaudet

Jätevesien epäorgaaniset ainesosat koostuvat pitkälti liukoisista suoloista. Käyttöveden suolojen määrä riippuu niiden suolapitoisuudesta ja ionitasapainosta. Suoloilla ei ole suurta merkitystä jäteveteen ja sen puhdistukseen, joten jäteveden puhdistus keskittyy poistamaan fosforia, typpeä ja raskasmetalleja, joilla on suurempi vaikutus ympäristölle. Kasviravinteina ne lisäävät levänkasvua, joka vuorostaan lisää hapenkulutusta vesistöissä. (Stendahl, 4.)

**Fosfori** jätevesissä on joko orgaanisessa tai epäorgaanisessa muodossa. Orgaaninen fosfori on sitoutuneena kiintoaineisiin, ja epäorgaaninen fosfori on jätevedessä liukoisessa muodossa, poly- tai ortofosfaatteina. Ortofosfaatti on kasvien fosforinsitomisen kannalta helpoimmassa muodossa, ja ortofosfaattia muodostuu biologisessa puhdistusprosessissa hydrolysoitumisen seurauksena. Fosforimäärä

ilmaistaan muodossa mg/l, joko kokonaisfosforina ( $P_{\text{kok}}$ ) tai fosfaattifosforina, eli ortofosfaattina ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ). Fosfori voitaisiin osittain poistaa jo ennen sen joutumista jäteveeteen. (Stendahl, 4.)

**Typpi** esiintyy jätevesissä myös joko orgaanisesti sidottuna tai epäorgaanisena typpenä. Jäteveden kolme eri tyypin muotoa ovat ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ), nitriitti ( $\text{NO}_2^-$ ) sekä nitraatti ( $\text{NO}_3^-$ ). Typpi toimii sellaisenaan ravinteena leväntuotannolle, mutta ammoniumtyppi kuluttaa lisäksi happea vesistöissä bakteerien hajottaessa ammoniumia nitraatiksi. Orgaanisesti sitoutuneesta tyyppistä noin 60 % on ammoniummuodossa, ja epäorgaaninen on lähes täysin ammoniumtyppenä. Suurin osa tyyppistä on siis ammoniumina, eli hapenkulutukselle sopivassa muodossa. Hapettumisprosessi, jossa ammoniumista tulee nitraattia, kutsutaan nitrifikaatioksi. Nitrifikaatioprosessi vaatii lähes viisinkertaisen määrän happea suhteessa ammoniumiin, eli suuri ammoniummäärä vaatii suuren määrän happea. Typpipitoisuus ilmoitetaan muodossa mg/l, ja kuvaa orgaanisen, ammonium-, nitriitti- sekä nitraattityypen määrää. Toinen ilmoitustapa on niin sanottu *Kjeldahl-typpi*, joka sisältää ainoastaan orgaanisen- sekä ammoniumtyypen. (Stendahl, 5.)

**Kuiva-ainepitoisuus** (TS, total solids) on tapa ilmaista jäteveden epäpuhtauksien määrää. Kuiva-ainepitoisuuteen sisältyy sekä kiinteät että liuenneet aineet. Ilmaisutapana on prosentuaalinen osuus kokonaismäärästä. Kuiva-ainepitoisuuden lisäksi voidaan myös puhua **kiintoainepitoisuudesta** (SS, suspended solids), joka kuvaa ainoastaan kiintoaineen määrää jätevedessä. Kiintoainepitoisuuden ilmaisutapa on mgSS/l tai gSS/l. (Stendahl, 5.)

## 4 KEMIALLINEN JÄTEVEDENPUHDISTUS

Kemiallisesta jätevedenpuhdistuksesta puhutaan silloin, kun jäteveden laatuun vaikutetaan kemiallisin käsittelykeinoin, kuten lisäämällä kemikaaleja tai antamalla kemikaalien reagoida. Kemiallisilla käsittelykeinoilla pyritään vähentämään ravinteiden määrää jätevedessä sekä erottamaan vettä ja lietettä toisistaan jätevedenpuhdistuksessa. Jätevesi sisältää runsaasti suspendoituneita aineita, kolloideja, ja liuenneita aineita. (Karttunen 2004, 133.)

### 4.1 Jäteveden liuostyyppi

Jäteveden liuostyyppi riippuu siinä olevien epäpuhtauksien hiukkasten koosta. Jätevesi voi olla puhdas liuos, kolloidinen liuos tai suspensio. Puhtaassa liuoksessa hiukkaskoko on  $<10^{-9}\text{m}$ , kolloidisessa liuoksessa  $10^{-9}\text{m} - 10^{-7}\text{m}$ , ja suspensiossa  $>10^{-7}\text{m}$ . (Stendahl, 86.)

Suspensio tarkoittaa heterogeenistä seosta, johon on sekoittunut kiinteää saostuvaa ainetta. Suspensio muodostuu mineraaleista tai orgaanisesta aineksesta. Suspensio muodostuu kolloideista sekä liukoisesta aineesta aiheuttaen veteen väriä sekä sameutta. (Karttunen 2004, 133.)

Kolloidit laskeutuvat pienen kokonsa vuoksi vedessä todella hitaasti, jopa vasta vuosikymmenten kuluessa. Kolloideja ei pitkän laskeutumisaikansa takia voida poistaa jätevedenpuhdistuksessa sellaisenaan, vaan kolloidien kokoa on saatava kasvatettua keinotekoisesti. Kolloidien koon kasvatuksessa käytetään apuna kemiallis-fysikaalisia prosesseja. (Karttunen 2004, 133.)

Puhtaassa aineessa liuenneet aineet ovat kooltaan vielä kolloidejakin pienempiä, vain muutaman nanometrin kokoisia. Myöskään liuenneita aineita ei voida poistaa jätevedestä sellaisenaan, vaan ensin niitä on käsiteltävä kemiallisesti, ja vasta tämän jälkeen voidaan käyttää kemiallis-fysikaalisia menetelmiä niiden poistamiseen. Orgaaninen aines voi olla liukoisessa muodossa, ja liuenneet aineet sisältävät usein myös kaasuja. (Karttunen 2004, 133.)

## 4.2 Kolloidiset hiukkaset

Mitä pienempi jätevedessä oleva hiukkanen on, sitä suuremmin siihen vaikuttavat pintakemialliset voimat. Nämä voimat mahdollistavat hiukkasten niin sanotun leijumisen jätevedessä sekä samalla estävät hiukkasia sitoutumasta toisiinsa. Nämä pienet sitoutumiskyvyttömät hiukkaset ovat kolloidisesti stabiilissa tilassa. Jotta hiukkasten liittyminen toisiinsa mahdollistuu, täytyy hiukkasten ja niiden stabiili tila destabilisoida, eli purkaa. Kolloidisesti stabiileja tiloja on kaksi, ja tila riippuu siinä olevien kolloidihiuksien tyypeistä. Hydrofiiliset ja hydrofobiset kolloidiset hiukkaset muodostavat omat stabiilit tilansa. (Stendahl, 86–87.)

**Hydrofiiliset kolloidiset hiukkaset** sitovat mieluummin vesimolekyylejä itseensä kuin toisia hiukkasia. Vesimolekyylejä sitovat voimat ovat voimakkaampia kuin muita hiukkasia sitovat voimat, joten hiukkasten liittyminen toisiinsa ei tapahdu. Hydrofiilisten hiukkasten liittyminen toisiinsa on mahdollista vain muuttamalla hiukkasmolekyylien liukoisuusominaisuuksia veden suhteen. (Stendahl, 86–87.)

**Hydrofobiset kolloidiset hiukkaset** eivät myöskään sitoudu keskenään. Näiden hiukkasten kesken kyse ei ole siitä, että ne liittyvät mieluummin vesimolekyylien kanssa, vaan näiden välillä vallitsee sähköstaattinen repulsio, eli hylkiminen. Molekyyli-pintojen varaukset ovat useimmiten negatiivisia, jolloin ne työntävät toisia saman varauksen molekyylejä pois. Samanaikaisesti nämä molekyylit hylkivät myös vesimolekyylejä. Tavallisia hydrofobisia hiukkasia jätevedessä ovat savi- tai rasvahiukkaset. Koaguloinnin myötä hydrofobiset hiukkaset peittyvät jäteveden muusta hydrofiilisestä aineksesta, joka antaa hydrofobisille hiukkasille hydrofiilisiä ominaisuuksia. (Stendahl, 86–87.)

## 4.3 Koagulointi

Koagulaatio on jätevedenpuhdistuksen yksi oleellisimmista prosessivaiheista. Koagulaatio mahdollistaa epäpuhtauksien poistamisen jätevedestä neutraloimalla kolloideja, ja näin mahdollistaen niiden koon kasvun liittymällä toisiinsa. Koagulaatiolla tehdään kolloideista mikroflokkeja, joista saadaan lisätoimenpiteillä laskeutumiskelpoisia makroflokkeja. (Karttunen 2004, 133.)

Kolloideihin vaikuttavat kaksi eri päävoimaa, Van der Waalsin vetovoima sekä elektrostaattinen työntövoima. Kolloidisten hiukkasten välillä vallitsevat elektrostaattiset



työntövoimat ovat normaalitilanteessa Van der Waalsin vetovoimaa suuremmat, joten hiukkaset eivät pääse liittymään toisiinsa. (Karttunen, 2004, 134.) Zeta-potentiaali kuvaa elektrokemiallista tasapainoa rajapintojen välillä. Siihen vaikuttavat molekyylin pinnan ominaisuudet, sekä nesteen, eli jäteveden ominaisuudet. Zeta-potentiaali määrittää partikkeleiden välistä elektrostaattista hylkimisvoimaa. (Dispersion technology.) Kolloidiset hiukkaset saadaan liittymään toisiinsa, kun kolloidien zeta-potentiaali on riittävän lähellä nollaa. (Karttunen 2004, 134.)

#### 4.4 Kolloidisen systeemin destabilointi

Destabilointireaktiot ovat nopeita, alle sadasosasekunnin kestäviä kemiallisia reaktioita. Destabilointi vaatii paljon energiaa, koska vaikuttava kemikaali on sekoitettava nopeasti ja teknisesti tehokkaasti, oikeissa olosuhteissa. (Stendahl, 88–89.)

Stabiili kolloidinen systeemi voidaan purkaa, eli destabiloida kemiallisilla reaktioilla. Kolloidisysteemiin lisätään metalli-ioneja, kuten rautaa tai alumiinia, joilla on korkea varaus. Korkean varauksen myötä ne kykenevät adsorboitua, eli kiinnittyä kolloidihukkasten pinnalle. Adsorboituminen tapahtuu vain, jos jäteveden hiukkaset ja metalli-ionit sopivat kemiallisesti toisiinsa. Jotkin muut jätevedessä olevat ionit, kuten kalsiumin tai magnesiumin ionit voivat haitata haluttujen metalli-ionien reagoimista kolloidihukkasten kanssa, kilpaillen näiden kanssa ja heikentäen niiden tehoa. Adsorboituminen vaatii myös jätevedeltä sopivan pH-arvon suhteessa käytettäviin metalli-ioneihin. pH-arvo vaikuttaa stabiliteetin muodostaviin molekyyliin, säättäen niiden vesiliukoisuutta, joka taas vaikuttaa kolloidihukkasten leijumiseen jätevedessä. pH-arvo vaikuttaa myös jäteveden kolloidihukkasten lisäksi käytettävien metalli-ionien yhdisteiden muodostamiseen kemiallisen varauksen ja molekyyliipitoisuuden kautta. Jotta koagulointivaiheen jälkeen alkava flokkausvaihe onnistuu, vaaditaan koaguloinnilta onnistunutta kolloidihukkasten destabilisointia, sekä näiltä hiukkasilta niukkaliukoisten hydroksidisaostumien muodostamista. (Stendahl, 88–90.)

#### 4.5 Flokkulointi

Koagulointiprosessissa destabilisoitiin kolloidihukkaset, ja poistettiin niiden välillä vallitsevat elektrostaattiset hylkimisvoimat, jotka korvautuivat Van der Waalsin vetovoimalla (Karttunen, 2004, 134.) Koagulointiprosessissa kolloidihukkaset

muodostavat mikroflokkeja toisten kolloidihiuksien kanssa. Flokkausprosessissa näitä kolloidihiuksien muodostamia mikroflokkeja yhdistetään muiden mikroflokkien kanssa, jolloin ne muodostavat jätevedestä poistettavassa koossa olevia makroflokkeja. (Mazille & Spuhler.)

Yhteen liittyneet hiukkaset muodostavat suurempia, tiheässä olevia flokkeja. Flokit eivät muodostu itsestään, vaan niihin on tuotava ulkopuolista energiaa edesauttamaan flokkautumista. Flokkausprosessi vaatii sekoitusta, eli ulkopuolista energiaa. Flokin ollessa pientä voi sekoitus olla voimakasta, mutta flokkikoon kasvaessa sekoitusvoimaa on laskettava, jotteivät jo muodostuneet suuremmat flokit hajoa. Flokkien koon kasvaessa niiden laskeutuminen altaan pohjalle mahdollistuu ja tapahtuu, ja ovat näin poistettavissa jätevedestä. (Stendahl, 90.)

#### 4.6 Flokkaus polymeerillä

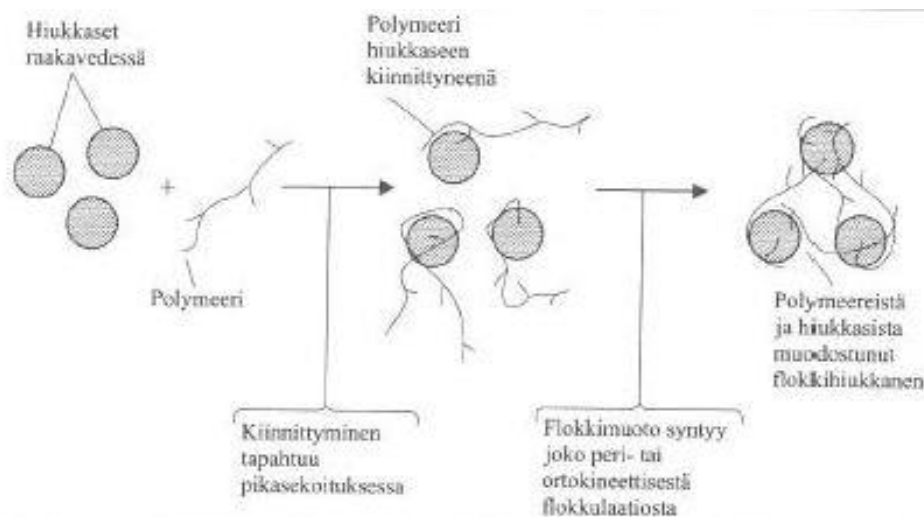
Kaikille jätevesityypeille ei riitä pelkkä koagulanttikemikaalien tuoma hiukkasia flokkaava teho. Tällaisissa tapauksissa flokkaamisen tehoa ja flokkien kestävyttä voidaan parantaa polymeereillä, synteettisillä orgaanisilla polyelektrolyyteillä (Kuva 2.). Flokkien kestävyden lisäämisen kautta tehostuu niiden laskeutuminen, sillä suuret ja hyvin laskeutuvat flokit eivät pääse hajoamaan pienemmiksi. Polymeerejä on neljää erilaista, ja luokittelu tapahtuu niiden ionisoivien ryhmien perusteella. Polymeerit voivat olla happamia, emäksisiä, näiden sekoitusta, tai ilman ionisoivia ryhmiä. (Stendahl, 90.)

Happamia ryhmiä sisältävistä polymeereistä saadaan hajoamisessa negatiivinen varaus, jolloin kyseessä on anionaktiivinen polymeeri. Emäksisiä ryhmiä sisältävät polymeerit ovat vastaavasti hajoamisen jälkeen varaukseltaan positiivisia, eli kationaktiivisia polymeerejä. Jos polymeeri sisältää sekä happamia että emäksisiä ryhmiä, on kyseessä polyamfolyytti. Polymeeri ilman mitään ionisoivia ryhmiä on varaukseton, eli nonioninen polymeeri. (Stendahl, 90.)

Polymeerit ovat apuna myös kolloidihiuksien destabiloinnissa. Polymeerien destabilointikeinoja ovat varausneutralointi sekä niin sanottu sillanrakennusmekanismi. Varausneutralointi on sama kuin koagulaatioprosessissa käytettävä kolloidihiuksien destabilointiprosessi. Sillanrakennusmekanismi puolestaan muodostaa helminauhamaisen rakenteen, jossa polymeeri toimii lankana, ja kolloidihiuksien hiukkaset ovat kiinnittyviä helmiä. Sillanrakennusmekanismin destabiloiva vaikutus ei toteudu, mikäli

polymeeriketjuun ei tartu useampia hiukkasia. Jotta useamman hiukkasen tarttuminen on mahdollista, täytyy polymeerillä olla sellainen ulottuvuus jätevedessä, että se kykenee sitomaan useamman hiukkasen näiden keskinäisistä sähköisistä hylkimisvoimista huolimatta. Polymeeri ei myöskään saa peittää sitomaansa hiukkasta kokonaan, vaan hiukkaselle on jätävä vapaata pintaa, jotta se voi sitoa toisen polymeeriketjun itseensä, muodostaen flokkia. (Stendahl, 92.)

Polymeerien adsorptio eli sitoutuminen kolloidihukkasten pintaan tapahtuu nopeasti, kuten koagulaatioprosessissakin. Tästä syystä riittävä sekoitus on tärkeä huomioida, kun polymeeri liitetään jäteveden suspensioon eli heterogeeniseen seokseen. Mikäli sekoitus on liian heikkotehoista, voi suspensioon tulla paikallinen yliannostus, joka johtaa kolloidihukkasten uusiutuvaan stabiloitumiseen. Sekoitusvaiheessa turbulenssin tulee siis olla suuri, mutta flokkausvaiheessa taas pieni, jotteivat muodostuneet flokit hajoa. (Stendahl, 92.)



Kuva 2. Hiukkasten kasvaminen polymeerin avulla (Karttunen 2004, 136).

## 5 NORRBYN JÄTEVEDENPUHDISTAMON PROSESSIKUVAUS

Paraisten kaupungin jätevedenpuhdistamo on vuonna 1974 valmistunut ja käyttöön otettu kemiallinen jätevedenpuhdistamo. Laitoksen ensimmäinen suuri saneeraus on tehty vuonna 1989, jolloin prosessia on tehostettu ja uudistettu. Vuonna 1998 kemiallisen puhdistusprosessin lisäksi jätevedenpuhdistamolle rakennettiin biologinen puhdistusprosessi, jolloin laitoksesta tuli kemiallis-biologinen jätevedenpuhdistamo. Viimeisimmän saneerauksen yhteydessä jätevedenpuhdistamo mitoitettiin vuoden 2020 asukasvastineluvun mukaan, jonka oletetaan olevan 12 000. (Suunnittelukeskus 1998, 1–2.)

### 5.1 Mekaaninen puhdistusprosessi

Tasausallas kerää tulevan jäteveden kahdelta pääpumppaamolta, josta jätevesi jatkaa painovoimaisesti matkaa tulopumppaamolle (Koski 2016, 1).

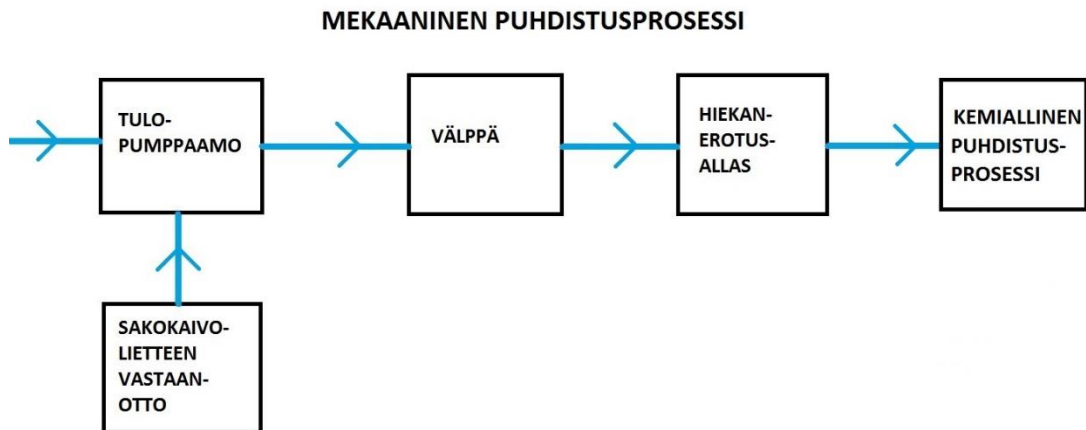
Sako- ja umpikaivolietteen vastaanottorakennuksessa on oma erillinen välppä ja välpepuristin. Välppä siivilöi suurikokoiset roskat ja jätteet pois lietteestä, ja välpepuristin puristaa ne tiiviiksi ja siirtää jätelavalle. Välppätty jätevesi pumpataan tulopumppaamolle pinta- tai kello-ohjatusti rakennuksen alla olevan säiliön kautta. (Koski 2016, 1.)

Tulopumppaamolle johdetaan myös rejektivedet lietteenkuivauksesta, sakeuttamolta sekä hiekkapesurista. Tulopumppaamolta jätevesi pumpataan puhdistamorakennuksen tulokanavaan. (Koski 2016, 1–2.)

Tulokanavan pinnan noustua riittävän korkealle, käynnistyy välppä, joka poistaa suurimmat roskat ja jätteet. Ruuvipuristin tiivistää välpejätteen ja kuljettaa sen jätelavalle. Välppäyksen jälkeen mitataan jätevedestä COD-arvo, minkä jälkeen jätevesi jatkaa matkaansa hiekanerotusaltaaseen. (Koski 2016, 2.)

Hiekanerotusaltaassa veden virtaus hidastuu, jolloin hiekka ehtii painua altaan pohjalle, eikä pääse jatkamaan matkaansa puhdistusprosessissa. Hiekanerotusaltaassa on esi-ilmastus nostamassa jäteveden happipitoisuutta. Samalla ilma laskee veden tiheyttä, mikä edesauttaa epäorgaanisen aineksen laskeutumista altaan pohjalle, koska veden ja

epäorgaanisen aineksen tiheysero kasvaa. Altaan alkupäässä, johon suurin osa hiekasta kertyy, on pumppu, joka kuljettaa hiekkaa hiekkapesuriin. Hiekkapesurin rejektivedet johdetaan tulopumppaamolle ja takaisin puhdistusprosessiin. (Koski 2016, 2–3.)



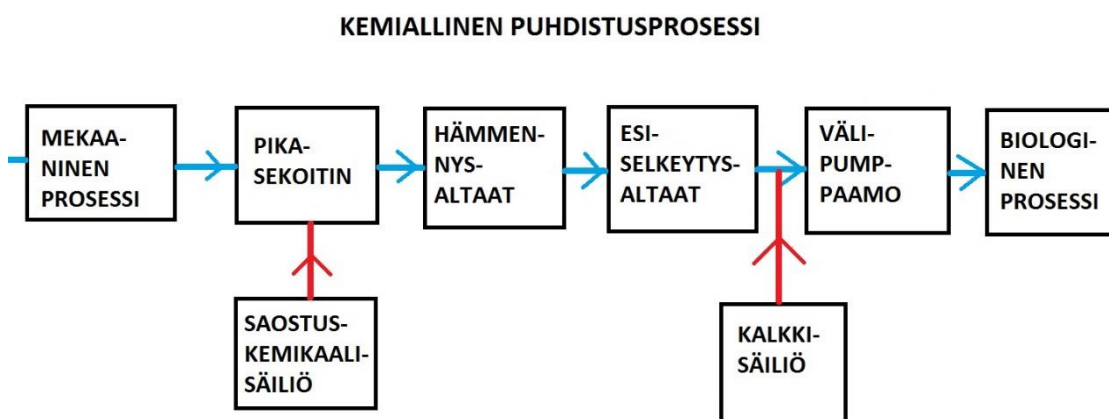
Kuva 3. Mekaaninen puhdistusprosessi (Roms, 2017).

## 5.2 Kemiallinen puhdistusprosessi

Hiekanerotusaltaasta jätevesi jatkaa matkaansa pikasekoittimeen, jossa jäteveteen lisätään saostuskemikaalina polyalumiinikloridia (PAX). Saostuskemikaalin syöttömäärää säädetään jätevedenpuhdistamolle tulevan jäteveden määrän mukaan. Lisäksi väljän jälkeen mitatun COD-arvon nousu kasvattaa saostuskemikaalin syöttömäärää. COD-arvon lasku vastaavasti pienentää saostuskemikaalin syöttömäärää. (Koski 2016, 3–4.)

Pikasekoittimesta jätevesi kulkee kahteen rinnakkaiseen esiselkeytysaltaaseen hämmennysaltaiden kautta. Hämmennysaltaissa pyritään kemiallisesti muodostuneiden flokkien kokoa kasvattamaan, jotta ne laskeutuvat tehokkaasti selkeytysaltaiden pohjalle. Kummankin selkeytysaltaan pohjalla kulkevat lietelaahaimet, jotka kuljettavat pohjalle painunutta lietettä altaan alkupäässä oleviin lietetaskuihin. Lietetaskujen pohjalta lietteet pumpataan lietteen sakeuttajaan. Esiselkeytysaltaiden loppupäässä on niin sanottu ryyppyruuvi, joka kerää jäljelle jääneen pintalietteen ja kuljettaa sen rejektivesien mukana takaisin tulopumppaamolle. Esiselkeytysaltaiden loppupäässä kirkas jätevesi valuu ylivuotona kouruihin ja jatkaa matkaansa puhdistusprosessissa. (Koski 2016, 3–4.)

Esiselkeytyksestä jätevesi kulkee kalkinsyötön kautta välipumppaamoon. Välipumppaamon jälkeisellä pH-mittarilla ohjataan kalkinsyötön määrää, jotta jäteveden alkaliteetti on sopiva seuraavaa puhdistusprosessin osaa, nitrifikaatiota varten. Välipumppaamosta johdetaan osa jätevedestä kalkinsyötön liuotusastiaan, jossa kalkkia liuotetaan jäteveteen nostamaan sen alkaliteettia pH-mittauksen asetuksen mukaan. Kalkittu jätevesi sekoittuu muun jäteveden kanssa välipumppaamossa ja jatkaa matkaansa biologisen puolen nitrifikaatioprosessiin eli hapelliseen typenpoistoon. (Koski 2016, 3–5.)



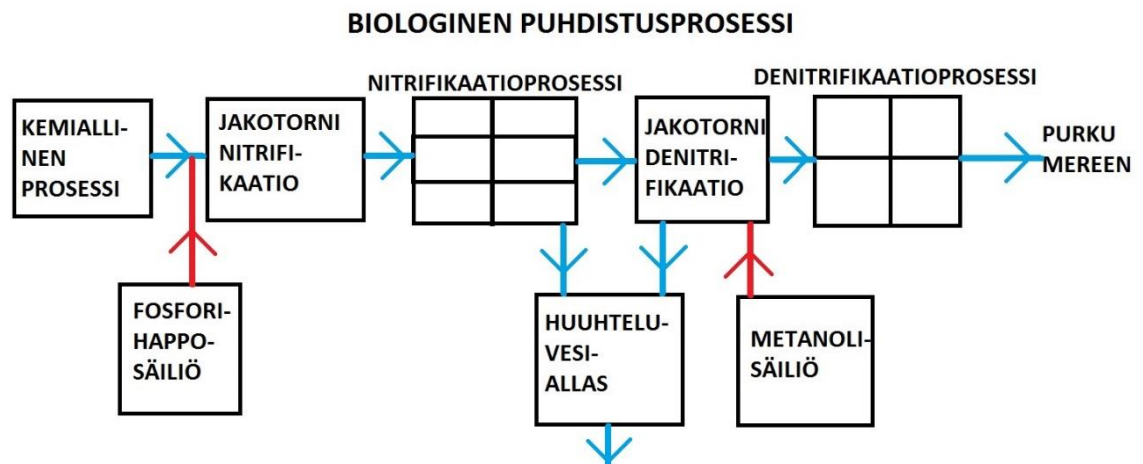
Kuva 4. Kemiallinen puhdistusprosessi (Roms, 2017).

### 5.3 Biologinen puhdistusprosessi

Biologisen prosessin tarkoitus on poistaa vedestä typpeä ja jäljelle jäänyt BOD. Välipumppaamosta pumpattu jätevesi kerätään biologisen prosessin jakotorniin, josta jätevesi jakautuu tasaisesti kuuteen kantoainesoluun. Jokaisen solun yläosassa on suutinpohja, jota vasten styroksinen kantoainemassapatja lepää. Bakteerit ja mikrobit kiinnittyvät tämän kantoaineen pinnalle. Soluissa virtaussuunta on alhaalta ylöspäin. Jokaisen solun pohjalle johdetaan ilmaa ilmastuskompressorilla. Näin veden suuri happimäärä saa bakteerit ja mikrobit hajottamaan jäteveden ammoniumtypen nitraatin kautta nitriitiksi. Altaiden nitrifikaatiotasoa säädetään prosessiosan poistokanavassa olevan ammonium-analysointilaitteen mittasignaalin avulla. Mikäli nitrifikaatiotaso ei ole haluttu, ohjautuu hapensyöttö automaattisesti pienemmälle tai suuremmalle tarpeen mukaan. (Koski 2016, 5–6.)

Nitrifikaatiosoluista jätevesi pumpataan denitrifikaation, hapettoman typenpoiston vedenjakotorniin. Tornista jätevesi jakautuu neljään kantoainesoluun, joiden tekninen rakenne on samanlainen kuin nitrifikaatiosolujen. Matkalla vedenjakotorniin jäteveteen lisätään metanolia parantamaan denitrifikaation toimintaa. Metanoli toimii ulkoisena hiililähteenä, ja varmistaa mikrobien riittävän ravinnonsaannin sekä varmistaa denitrifikaation tapahtumisen. Metanolin syöttömäärä riippuu jäteveden määrästä, puhdistusprosessin läpikäyneen purkuveden nitraattipitoisuuden sekä nitrifikaatiosolujen jälkeisen jäännöshapen määrästä. Denitrifikaatioprosessin loppupäässä olevista kouruista valuu puhdistettu jätevesi purkuputkeen ja siitä mereen. Biologiseen osaan tulevaan veteen voidaan tarvittaessa syöttää fosforihappoa ylläpitämään riittävää liukoisen fosforin tasoa. Jos liukoisen fosforin pitoisuus jätevedessä on liian pieni, häiriintyvät nitrifikaatio- ja denitrifikaatioprosessit. (Koski 2016, 5–7.)

Biologisen puhdistusprosessin solut pestään tasaisin väliajoin, yksi solu kerrallaan. Pesujen käynnistyessä katkeaa jäteveden tulo pestävään soluun. Pesu koostuu ilma- ja vesihuuhtelusykleistä. Ilman tarkoituksena on irrottaa kiintoainesta kantoainemassasta. Likainen pesuvesi johdetaan soluista huuhteluvesialtaaseen. Huuhteluvesialtaasta pohjaliete pumpataan lietteen sakeuttajaan. (Koski 2016, 7–9.)



Kuva 5. Biologinen puhdistusprosessi (Roms, 2017).

#### 5.4 Lietteenkäsittely

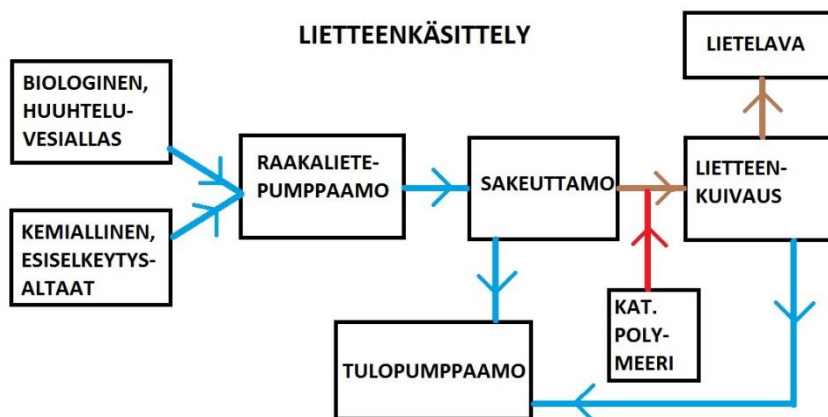
Kemiallisen puhdistusprosessin esiselkeytysaltaiden lietetaskuista poistettavan lietteen pumppaus on ajastettu ja sameusohjattu. Käyntivuorossa oleva lietepumppu käy niin kauan, kunnes pois pumpattava lietteinen jätevesi on kirkkaudeltaan ennakkoon

asetetun säädön mukainen. Lietteenpumppaus tapahtuu kuudesti tunnissa. Liete pumpataan raakalietepumppaamon kautta sakeuttamolle. (Koski 2016, 8–9.)

Biologisen prosessin pesuvedet kulkevat huuhteluvesialtaaseen, ja tulevan pesuveden määrää mitataan ultraäänimittarilla. Pesuvesi seisoo huuhteluvesialtaassa rauhallisessa sekoituksessa, josta rauhoitettu pesuvesi päästetään valumaan takaisin välipumppaamoon. Välipumppaamon pohjalla on lietteenpoistoputki, josta pesuvedet pumpataan kello-ohjatusti raakalietepumppaamon kautta sakeuttamolle. (Koski 2016, 7–9.)

Sakeuttamon tarkoitus on painaa lietteet altaan pohjalle hämmentimen avulla, joka myös siirtää pohjaan painunutta lietettä pyöreään altaan keskusta, jossa on lietteenpoistoputki. Liete pumpataan lietteenpoistoputkea pitkin lietteenkuivaukseen. Sakeuttamon kirkastevedet valuvat altaan yläreunojen yli kouruun, josta ne palautetaan rejektivesinä tulopumppaamolle. (Koski 2016, 7–9.)

Sakeuttamolta pumpattava liete johdetaan lietteenkuivaukseen, jonka määrää mitataan virtausmittarein. Matkalla sakeuttamolta lietteenkuivaukseen lisätään lietteeseen kationista polymeeriä, jonka tarkoitus on sitoa lietettä tiiviimmäksi. Lietteenkuivan puristaa lietettä tiiviiksi ja erottaa samalla vettä lietteestä. Kuivattu liete siirretään ruuvikuljettimella lietelavoille jatkokäsittelyä varten. Lietteestä puristettu rejektivesi ohjataan tulopumppaamoon ja takaisin puhdistusprosessiin. (Koski 2016, 7–9.)



Kuva 6. Lietteenkäsittely (Roms, 2017).



## 6 APUKOAGULANTIN VALINTA

Jätevedenpuhdistamon prosessia haluttiin vakauttaa sekä tehostaa sisäistä puhdistustulosta turhan ainehävikin välttämiseksi. Jätevedenpuhdistamolla suuri ongelma oli biologisen puhdistusprosessin kantoaineen karkaaminen nitrifikaatioprosessin pesuvesien mukana. Kemiallisesta puhdistusprosessista tullut jätevesi oli liian liikaista, eli se sisälsi liikaa epäpuhtauksia saapuessaan biologiseen puhdistusprosessiin. Epäpuhtauksien suuren määrän takia ne kiinnittyivät voimakkaasti kantoainemassaan, ja pesuvaiheessa näitä ei enää saanut erotettua toisistaan tehokkaasti, vaan kantoainemassa poistui lietteisen jäteveden mukana. Kantoainemassan väheneminen nitrifikaatioprosessissa heikensi sen toimintaa, ja samalla kantoainemassaa päätyi paljon sakeuttamolle sekä lietteenkuivausprosessiin. Näihin ongelmiin haluttiin löytää ratkaisu joka samalla lisäisi automatisointia jätevedenpuhdistamolla. (Henkilökohtainen tiedonanto, Koski J, 10/2016.)

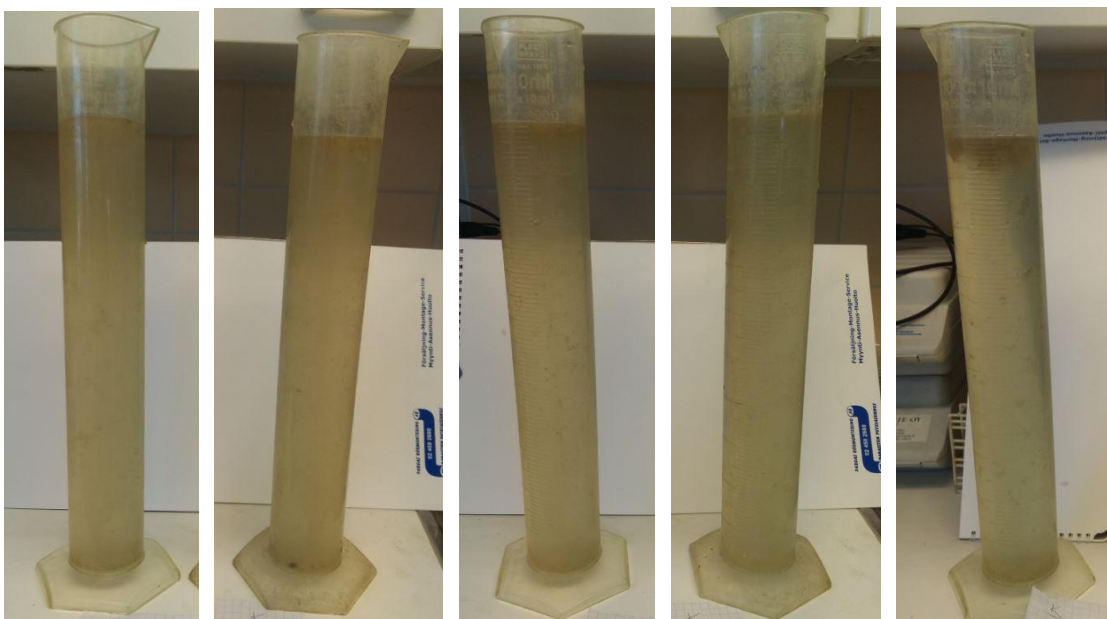
Edellisen suuren saneerauksen yhteydessä, jossa jätevedenpuhdistamosta tehtiin kemiallis-biologinen puhdistuslaitos, rakennettiin valmis polymeerin syöttölinja esiselkeytysaltaille sekä polymeerin valmistusta varten sekoitusaltat sekoittimeen. Polymeerin syöttöä ei kuitenkaan ole aiemmin otettu käyttöön kustannussyistä. Valmiutensa ansiosta tämä vaihtoehto otettiin testaukseen ensimmäisenä. Jätevedenpuhdistamolla käytetään lietteenkuivauksessa kationista kiteistä polymeeriä, jonka tarkoituksena on sitoa lietettä tiiviimmäksi, edesauttaen sen kuivaamista. Lietteenkuivausprosessin lisäksi kationista polymeeriä syötettiin testimielessä kemialliseen puhdistusprosessiin esiselkeytysaltaille. Lopputulos ei ollut riittävän hyvä, ja ongelmat ilmenivät etenkin lietteenkuivausprosessissa. Pelkästään kationisen polymeerin käyttäminen vaikutti rejektiveden ominaisuuksiin, tehden tästä liian paksua ja väkevää. Rejektivesien syöttäminen takaisin puhdistusprosessiin käsittelemättömänä haittasi prosessia. Rejektivesille ei haluttu rakentaa uutta esikäsitteilyjärjestelmää, vaan ratkaisu ongelmiin haluttiin hakea toisella tapaa. Kationisen polymeerin rinnalle tilattiin pieni erä anionista polymeeriä testausta varten. (Henkilökohtainen tiedonanto, Koski J, 10/2016.)

## 6.1 Laskeutuskokeet

Kationista ja anionista polymeeriä testattiin rinnakkain laskeutuskokeissa jätevedenpuhdistamon tiloissa. Tarkoituksena oli tutkia eroa flokin laskeutumisessa eri polymeeriä hyödyntäen, ja mahdollisesti löytää toimiva ratkaisu tätä kautta. Kummankin polymeerin kohdalla testattiin eri polymeeripitoisuuksia suhteessa jäteveden määrään. Molemmat polymeerit ovat kiteisessä muodossa, joten näistä piti valmistaa nestemäinen liuos käytettäväksi laskeutuskokeissa. Jo käytössä olevaa kationista polymeeriä oli valmiina liuksena 0,1 % vahvuisena. Anionista polymeeriä valmistettiin 0,12 % vahvuisena liuksena. Kokeet tehtiin samalla kertaa molemmille polymeereille, ja kokeissa käytetty jätevesi oli molemmille polymeereille samaa. Jokaisessa yksittäisessä laskeutuskokeessa käytettiin litra jätevettä, johon lisättiin tietty määrä polymeeriä.

### 6.1.1 Kationisen polymeerin laskeutuskoe

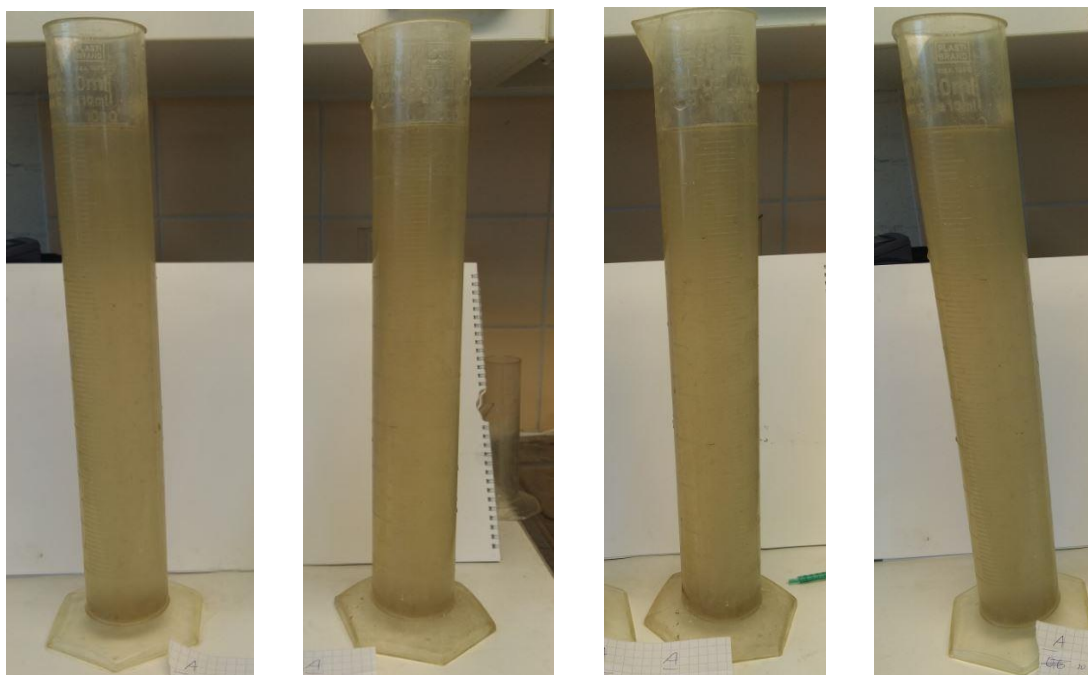
Kationisella polymeerillä tehtiin laskeutuskokeet viidellä eri polymeeripitoisuudella suhteessa litraan jätevettä. Testatut polymeerimäärät olivat 0,5g, 1g, 1,5g, 2g ja 2,5g polymeeriä suhteessa kuution jätevettä. Jokaisen kokeen kohdalla lisättiin jäteveeseen haluttu määrä polymeeriä, jonka jälkeen näyte sekoitettiin ja annettiin laskeutua kymmenen minuutin ajan.



Kuva 7. Kationinen polymeeri, 0,5g – 2,5g / m<sup>3</sup> (Roms, 2017).

### 6.1.2 Anionisen polymeerin laskeutuskoe

Anionisella polymeerillä laskeutuskokeet tehtiin neljällä eri pitoisuusmäärällä. Valmiin anionisen polymeeriliuoksen vahvuus poikkesi kationisen vahvuudesta, anionisella testatut pitoisuusmäärät olivat 0,6g, 1,2g, 1,8g ja 2,4g polymeeriä suhteessa kuution jätevettä. Molemmat laskeutuskokeet suoritettiin samalla tavalla.



Kuva 8. Anioninen polymeeri, 0,6g – 2,4g / m<sup>3</sup> (Roms, 2017).

### 6.2 Laskeutuskokeiden tulokset

Laskeutuskokeissa käytetyn jäteveden COD-arvo oli tavallista alhaisempi, joka saattoi osaltaan vaikuttaa tuloksiin. Molemmilla polymeereillä muodostui flokkia, mutta flokin käyttäytyminen oli erilaista. Kationisella polymeerillä muodostui suurikokoista ja huokoista flokkia, joka nousi pintaan. Samalla muodostui myös pienempää flokkia, joka laskeutui hitaasti pohjalle. Anionisella polymeerillä muodostui pienempää flokkia, ja kaikki flokit laskeutuivat näyteastioiden pohjalle. Molempien polymeerien kohdalla vesi kirkastui silmämääräisesti tarkasteltuna, ja molemmissa flokkia laskeutui pohjalle. Anionisen polymeerin tehokkuus laskeutuskokeissa johti siihen, että jätevedenpuhdistamolle tilatiin 100kg erä anionista polymeeriä laitosmittakaavan koeajoihin.

## 7 KOEAJOT JÄTEVEDENPUHDISTAMOLLA

### 7.1 Koeajojen valmistelut

Anionisen polymeerin laitosmittakaavan koeajot aloitettiin marras-joulukuussa 2016. Ensimmäiset koeajojen tilastoidut tulokset ovat joulukuun puolivälistä. Tulosten tilastointia jatkettiin huhtikuun puoliväliin, vaihtelevasti muutosten ja tarpeiden mukaan. Koeajojakson aikana tehtiin muutoksia jätevedenpuhdistamon laitteistoihin koeajoista riippumatta, kuten myös koeajokohtaisia muutoksia. Jätevedenpuhdistamo on jatkuvasti muuttuva kokonaisuus, joten pitkäkestoisen koeajojakson aikana tapahtuu väistämättä muutoksia ja vaihteluja, jotka saattavat vaikuttaa koeajojen tuloksiin. Pitkäkestoinen koeajojakso tuo mukanaan myös vuodenajoista riippuvia vaihteluita tuloksiin. Koeajoa suoritettaessa ja sen tuloksia tarkasteltaessa on pidettävä mielessä, että jokaista yksittäistä tilastointikertaa ei voi verrata täysin samalta pohjalta keskenään.

#### 7.1.1 Polymeerin valmistus ja syöttö

Koeajoissa käytetty polymeeri-vesi –sekoitus valmistettiin jätevedenpuhdistamolla kiteisestä anionisesta Superfloc A-125V polymeeristä. Jätevedenpuhdistamolla on polymeerin valmistukseen tarvittava laitteisto valmiina. Valmistuslaitteistoon kuuluu kaksi polymeeri-vesi –säiliöallasta, kummatkin tilavuudeltaan 4m<sup>3</sup>. Molemmilla altailla on omat moottoroidut hämmentimet altaan yllä, ja molempiin altaisiin on suora vedensyöttö. Kiteisen polymeerin punnitseminen ja lisääminen altaisiin tapahtuu vielä koeajovaiheessa käsin. Valmiin polymeerin prosessiin syöttämistä varten on olemassa pumpuin varustettu syöttölinja esiselkeytysaltaiden flokkausaltaisiin. Koeajovaiheessa polymeerin syöttö on säädetty niin, että sekä pitoisuus ja syöttömäärä pysyvät vakiona. Syöttömäärät on laskettu normaalitilanteen tarpeen mukaan, mutta todellinen tarve vaihtelee jatkuvasti.



Kuva 9. Polymeerin valmistusyksikkö (Roms, 2017).

### 7.1.2 Esiselkeytys- ja flokkausaltaat

Koeajojen kannalta oleelliset altaat ovat esiselkeytys- ja flokkausaltaat. Flokkausaltaissa sekoittuvat polymeeriliuos sekä jätevesi, ja esiselkeytysaltaissa annetaan flokille aikaa painua altaan pohjalle. Koeajojen näytteet ja tilastoinnit otetaan esiselkeytysaltaiden loppupäästä, jolloin lietteen laskeutumisaika on ollut riittävän pitkä. Esiselkeytysaltaat muodostuvat kahdesta rinnakkaisesta 310m<sup>2</sup> suorakaiteisen muotoisesta altaasta. Molemmat altaat ovat tilavuudeltaan 570m<sup>3</sup>, ja niiden viipymä normaalitilanteessa on 3,5 – 4 tuntia. Esiselkeytysaltaista poistetaan pohjaliete vaijerivetoisella kaavinkoneistolla, joka johtaa lietteen altaiden alkupäässä sijaitseviin lietetaskuihin. Kaavinkoneistossa on veden pinnalla kulkeva pintakeräin, joka siirtää pintaroskaa ja -lietettä molempien altaiden loppupään läheisyydessä sijaitseviin poikittaisiin poistokouruihin.

Ennen esiselkeytysaltaita on kummallakin altaalla oma flokkausaltaansa. Flokkausaltaat ovat tilavuudeltaan 125m<sup>3</sup>, ja kummankin flokkausaltaan viipymä on 30 minuuttia

normaalitilanteessa. Kummassakin flokkausaltaassa on oma hämmentimensä, joka sekoittaa jätevettä. Koeajojen aikana polymeerin syöttö tapahtuu flokkausaltaisiin.



Kuva 10. Esiselkeytysallas (Roms, 2017).



Kuva 11. Flokkausallas, polymeerin syöttö (Roms, 2017).

### 7.1.3 Koeajon mittaukset

Koeajojakson aikana syötettiin polymeeriä neljällä eri tavalla. Koeajojen alkuvaiheessa haettiin sopivaa polymeerimäärää jätevesikuutiota kohti. Koeajot aloitettiin syöttämällä polymeeriä yksi gramma per jätevesikuutio. Toisessa vaiheessa polymeerin määrä nostettiin 1,2 grammaan, jolla jatkettiin jakson loppuun asti. Ensimmäisessä ja toisessa vaiheessa anionista polymeeriä syötettiin vain toiseen esiselkeytysaltaaseen, jotta altaiden tuloksia pystyttiin vertailemaan keskenään. Kolmannessa vaiheessa polymeerin syöttö siirrettiin altaaseen, joka oli aiemmin ollut ilman polymeeriä. Tällä pystyttiin havainnoimaan mahdollisia allaskohtaisia eroja, mikäli sellaisia ilmenee. Koeajon neljännessä vaiheessa polymeeriä syötettiin molempiin altaisiin samanaikaisesti rinnakkaisten tulosten saamiseksi.

Näytteenotto ja mittaukset suoritettiin aina molemmista altaista samalla kertaa ja samoista kohdista. Tärkeimmät tulokset, jotka kertoivat polymeerin vaikutuksesta, olivat altaiden loppupään näkösyvyydet, jätevesinäytteiden liukoisen fosforin määrä, käytetyn saostuskemikaalin määrä, kemiallisen hapentarpeen määrä sekä jätevedenpuhdistamolle tulleen veden määrä. Näiden lisäksi jokaiselta mittauskerralta poimittiin jätevedenpuhdistamon seurantajärjestelmästä myös muita arvoja mukaan seurantaan, mutta ne luokiteltiin sekundäärisiksi arvoiksi seurannan kannalta. Seurannassa käytetyistä arvoista nostettiin tärkeimpinä esiselkeytysaltaiden näkösyvyydet, liukoisen fosforin määrä sekä tulevan jäteveden määrä.

### 7.2 Koeajojen tulokset

Näytteenotto- ja mittauskertoja koejakson aikana kertyi yhteensä 26 kappaletta. Näistä viisi toteutui siten, että polymeeriä syötettiin määrällisesti 1g / jätevesikuutio. 13 kertaa suoritettiin näytteenotto ja mittaukset niin, että polymeeriä syötettiin 1,2g / jätevesikuutio. Näiden 18 näytteenottokerran aikana polymeeriä syötettiin vain toiseen, ja aina samaan altaaseen. Seuraavan viiden näytteenottokerran aikana polymeerimäärä pysyi samana, mutta polymeerin syöttö vaihdettiin toiseen altaaseen. Kolme viimeistä näytteenottokertaa tehtiin niin, että polymeeriä syötettiin molempiin altaisiin ja sama määrä. Tämän mukaan koeajojakso voidaan jakaa neljään eri vaiheeseen, joissa

näytteenottokerrat olivat 5, 13, 5 ja 3. Tärkeimpinä mittaustietoina on käytetty altaiden näkösyvyyksiä senttimetreissä sekä liukoisen fosforin määrää kemiallisesta puhdistusprosessista lähtevässä jätevedessä. Näihin tuloksiin on testatun polymeerin tarkoitus vaikuttaa suoraan vähentämällä liukoista kuormaa sekä jäteveden sameutta. Näytteidenotto ja mittaukset tehtiin aina kello 12 ja 14 välillä, jotta vuorokaudenajasta riippuvat vaihtelut eivät pääse vaikuttamaan merkittävästi.



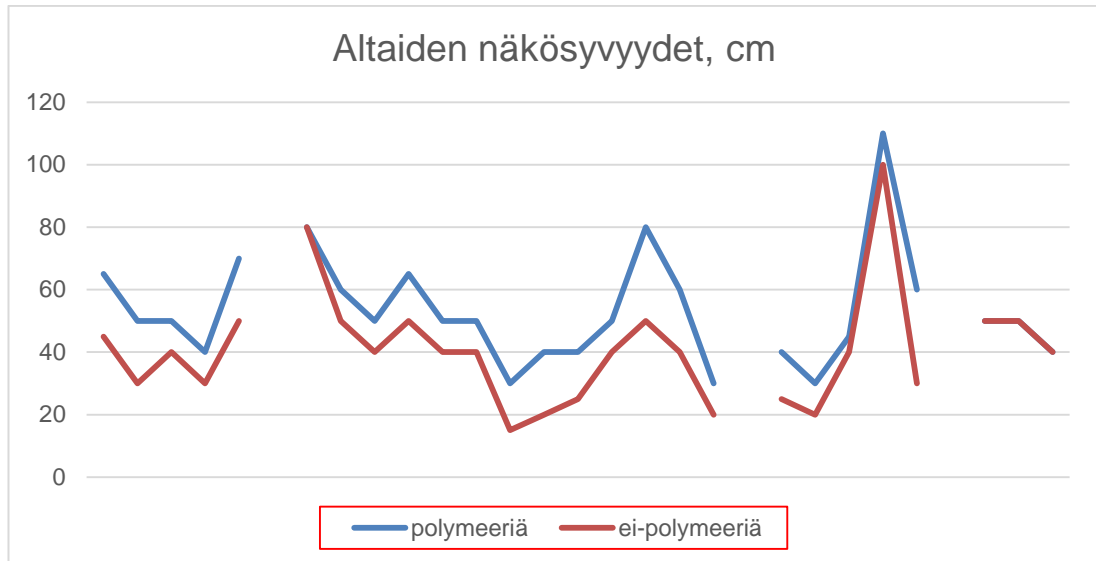
### 7.2.1 Näkösyvyys

Esiselkeytsaltaiden näkösyvyys mitattiin altaiden loppupäästä, jätevedenpuhdistamon omalla mittatikulla. Molemmista altaista otettiin omat mitat jokaisella keralla. Mitan asteikko on määritelty 10cm välein, joten saadut arvot on arvioitu mittaajan toimesta silmämääräisesti 5cm tarkkuudella.

Taulukko 1. Altaiden näkösyvydet, cm (Roms, 2017).

		Polymeeri		Ei-polymeeriä			
<u>1-vaihe</u>	<u>1-vaihe</u>	<u>2-vaihe</u>	<u>2-vaihe</u>	<u>3-vaihe</u>	<u>3-vaihe</u>	<u>4-vaihe</u>	<u>4-vaihe</u>
45	65	80	80	25	40	50	50
30	50	50	60	20	30	50	50
40	50	40	50	40	45	40	40
30	40	50	65	100	110	<b>47</b>	<b>47</b>
50	70	40	50	30	60		
<b>39</b>	<b>55</b>	40	50	<b>43</b>	<b>57</b>		
		15	30				
		20	40				
		25	40				
		40	50				
		50	80				
		40	60				
		20	30				
		<b>39</b>	<b>53</b>				

Taulukossa ovat koeajojen näkösyvyyden tulokset jaoteltuna neljään eri vaiheeseen polymeerin syöttötavasta riippuen. Sinisellä pohjalla olevat tulokset ovat jätevedestä, jossa on käytetty polymeeriä, ja oranssit ilman polymeeriä. Jokaisen pystyrivin alla on ilmoitettu kyseisen rivin keskiarvo. Altaiden näkösyvydet olivat lähes aina paremmat altaassa, johon polymeeriä syötettiin. Suurimmillaan ero näkösyvydessä oli kaksinkertainen, ja kun taas joinakin päivinä tulos saattoi olla sama. Tulokset kokonaisuudessaan ilmaisevat kuitenkin selvän eron altaiden näkösyvyyksissä, joka on merkki polymeerin toimivuudesta.



Kuvaaja 1. Altaiden näkösyvyydet, cm (Roms, 2017).

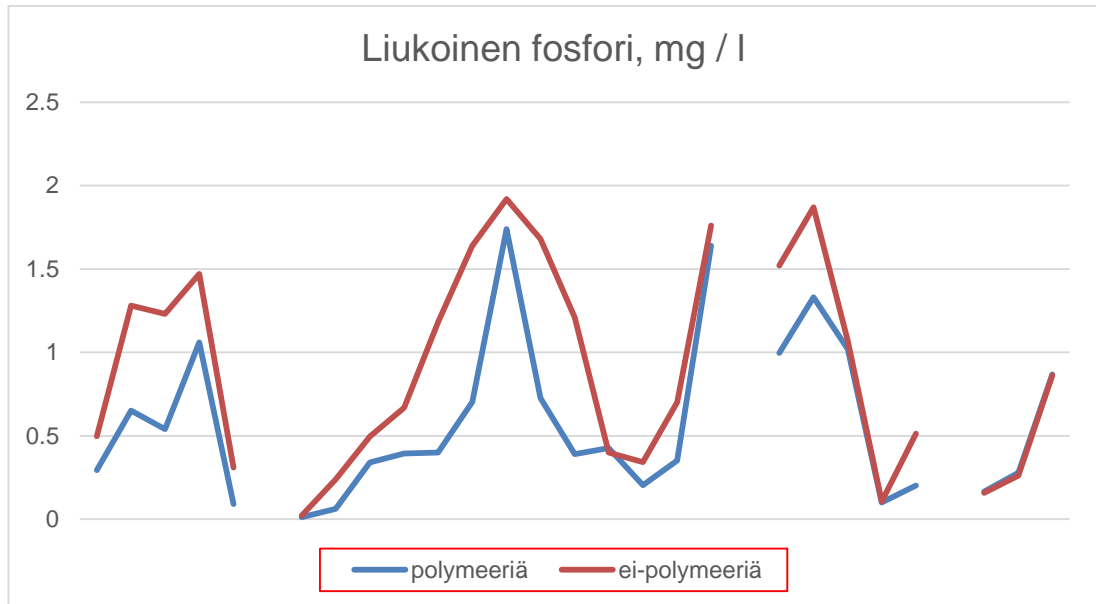
## 7.2.2 Liukoinen fosfori

Liukoinen fosfori määritettiin allaskohtaisesti kemiallisesta puhdistusprosessista lähtevästä jätevedestä otetulla vesinäytteellä. Näytteiden analysoinnissa käytettiin Hach:n LCK349 fosfaatinmittaukseen tarkoitettua kyvettipakettia, ja näytteet analysoitiin Hach:n DR3900 pöytäspektrofotometrillä. Liukoisen fosforin tulokset ilmaistaan milligrammoina litraa kohti.

Taulukko 2. Liukoinen fosfori, mg/l (Roms, 2017).

Polymeeri				Ei-polymeeriä			
1-vaihe	1-vaihe	2-vaihe	2-vaihe	3-vaihe	3-vaihe	4-vaihe	4-vaihe
0,50	0,29	0,02	0,01	1,52	1,00	0,16	0,17
1,28	0,65	0,24	0,06	1,87	1,33	0,26	0,28
1,23	0,54	0,50	0,34	1,07	1,02	0,86	0,87
1,47	1,06	0,67	0,39	0,11	0,10	<b>0,43</b>	<b>0,44</b>
0,31	0,09	1,18	0,40	0,51	0,20		
<b>0,96</b>	<b>0,53</b>	1,64	0,70	<b>1,02</b>	<b>0,73</b>		
		1,92	1,74				
		1,68	0,73				
		1,21	0,39				
		0,40	0,43				
		0,34	0,20				
		0,70	0,35				
		1,76	1,64				
		<b>0,94</b>	<b>0,57</b>				

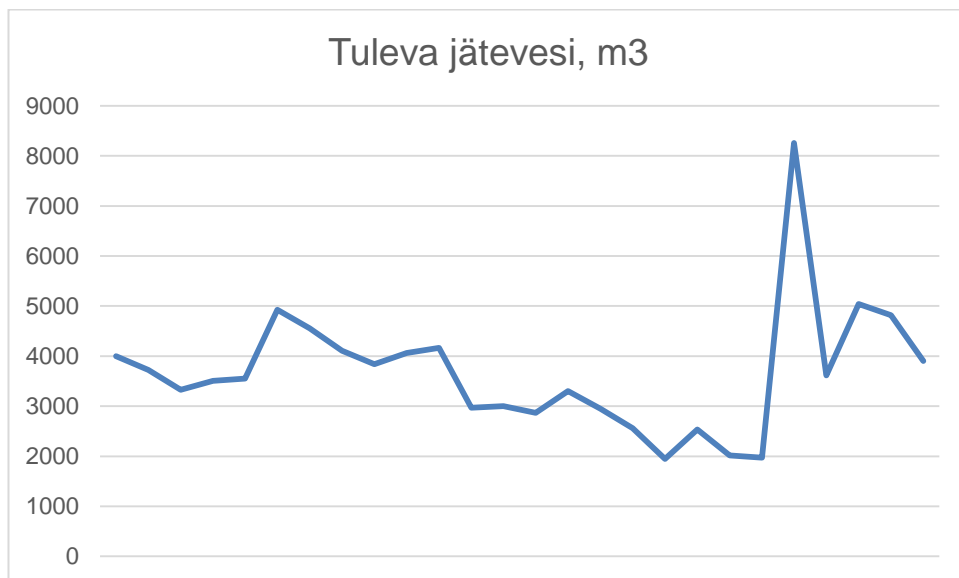
Liukoisen fosforin tulokset kertovat samaa kuin näkösyvyyden tulokset, eli polymeerin kanssa tulokset ovat lähes järjestään paremmat kuin ilman polymeeriä. Liukoisen fosforin tulokset ovat tarkempia kuin näkösyvyyden tulokset, koska näkösyvyys on mitattu ihmissilmällä ja liukoinen fosfori analyysilaitteella.



Kuvaaja 2. Liukoinen fosfori, mg/l (Roms, 2017).

### 7.2.3 Tuleva jätevesi

Tulevan jäteveden määrä mitataan tulopumppaamalla olevalla ultraäänimittarilla. Tulevan jäteveden määrät on poimittu suoraan jätevedenpuhdistamon lokitiedoista. Määrät on poimittu lokitiedoista näytteenottojen ja mittausten yhteydessä siten, että mukaan on otettu kuluvan päivän jätevesimäärä sekä koko edellisen päivän jätevesimäärä. Edellisen päivän tulokset otettiin mukaan siitä syystä, että viipymäaikojen takia edellisen päivän kuormituksella on suuri merkitys seuraavan päivän tuloksiin. Tulevan jäteveden määrä ja laatu vaikuttavat näyte- ja mittaustuloksiin merkittävästi. Tämä ilmeni etenkin ajanjaksoina, jolloin jätevedenpuhdistamolle tuli normaalia päiväkuormaa suurempia jätevesimääriä sateiden tai sulamisvesien takia. Päivittäiset jätevesikuormat saattoivat nousta jopa kolminkertaisiksi normaalitilanteeseen verrattuna. Mitatut tulevan jäteveden määrät on ilmaistu kuutiometreinä, edellisen 36–38 tunnin ajalta.



Kuvaaja 3. Tuleva jätevesi, m3 (Roms, 2017).

## 8 HUOMIOITAVAA POLYMEERIPROSESSIN SUUNNITTELUSSA

Tarkoituksena on liittää koeajoissa käytetty anioninen polymeeri osaksi jäteveden puhdistusprosessia. Vaatimuksena liittämislle on se, että polymeerin syöttöprosessi saadaan automatisoitua mahdollisimman pitkälle, ja että syöttöä varten on vakaat ja riittävät laitteet sekä ohjelmistot. Koeajotilanteessa käytetyt ratkaisut ovat väliaikaisia, jotka vaativat muutoksia ja kehitystä haluttuun lopputulokseen pääsemiseksi. Uusille laitteille on jo olemassa tilat jätevedenpuhdistamolla, mutta laitteet ja syöttölinjat vaativat suunnittelua ja muutoksia. (Henkilökohtainen tiedonanto, Koski J, 2/2017.)

### 8.1 Polymeerin valmistus

Polymeerin valmistusta ei voida automatisoida täysin, vaan se tulee jatkossakin vaatimaan manuaalista työtä. Tavoite on sellainen, että käyttöhenkilökunnan ei tarvitse kuin varmistaa polymeerikemikaalin riittävyys ja valmistuksen toimivuus. Polymeerin valmistusprosessin tulisi kyetä lukemaan itseään, ja valmistamaan riittävä määrä riittävän vahvaa polymeeriä syötettäväksi prosessiin. Valmistuksessa on huomioitava polymeerin käyttöikä, joka rajoittaa yhdellä kertaa valmistettavan polymeerin määrää. Polymeerin laatu heikkenee jatkuvasti valmistushetkestä, ja noin kolme päivää vanha polymeeri ei ole enää riittävän tehokasta jäteveden puhdistusprosessiin. Polymeeriä ei voida valmistaa esimerkiksi viikon annosta kerralla, vaan sitä on valmistettava tarpeen mukaan. Polymeerin valmistuksessa on myös vältettävä uuden ja vanhan polymeerin sekoittamista, eli kerralla valmistettu annos on myös käytettävä loppuun ennen uuden valmistusta.

Valmistusta varten on varattava kaksi erillistä säiliötä tai allasta, joissa polymeeriä valmistetaan ja joista polymeeri käytetään vuorollaan. Molemmilla altailla on oltava oma vedensyöttönsä, kuten myös omat hämmentimensä polymeeriliuoksen jatkuvaa sekoitusta varten. Valmistuksen automaation täytyy pystyä lukemaan altaiden täyttöasteita. Ensimmäisen altaan pinnankorkeuden laskiessa riittävän alas on toiseen altaaseen alettava valmistaa uutta polymeeriä, jotta se ei pääse loppumaan kesken. Valmistuksen ja syötön tulee tapahtua vuorotellen hyvälaatuisen polymeerin syötön takaamiseksi. Erityistilanteissa, kuten laiterikon kohdalla on tärkeää, että polymeerin

valmistusta voidaan kuitenkin jatkaa. Valmistus kahdella altaalla antaa mahdollisuuden siirtää valmistusvastuu kokonaan toiselle altaalle, kunnes normaalitila saadaan palautettua.

## 8.2 Polymeerin syöttö

Optimaalisesti toimiva polymeerin syöttöprosessi kykenee toimimaan itsenäisesti normaalitilanteessa. Syöttöprosessillekin on vaatimuksena sen automatisoitu toimiminen mahdollisimman pitkälle. Syöttökoneiston ja –linjan kapasiteetin tulee olla riittävän suuri tilapäisiin poikkeustiloihin, jolloin voidaan tarvita normaalia suurempia määriä polymeeriä. Syöttöpumppujen kohdalla on huomioitava niiden kuormitus, maksimikapasiteetti sekä riittävyys häiriötilanteiden varalle. Pumppujen suhteen pyritään siihen, että yksi pumppu kykenee hoitamaan syötön normaalitilanteissa. Varalle olisi hyvä hankkia pienempi pumppu, joka kykenee auttamaan ääritilanteissa sekä myös väliaikaisesti hoitamaan syötön kokonaan tarpeen vaatiessa. Syöttölinjoja tulee olemaan vain yksi, jonka täytyy pystyä jakamaan polymeeri tasaisesti molemmille altaalle.

Polymeerin valmistus ja syöttö ovat riippuvaisia polymeerin tarpeesta. Polymeerin syöttömäärä riippuu tulevan jäteveden määrästä ja ominaisuuksista, ja polymeerin valmistus riippuu kulutuksesta. Vaihteleviin tilanteisiin on helpompi vaikuttaa muuttamalla polymeerin syöttömäärää sen pitoisuuden säätämisen sijaan. Puhdistusprosessiin tulevan jäteveden määrä ohjaa polymeerin syöttömääriä, ja syöttömäärät tulevat ohjaamaan valmistusta. Nämä on saatava toimimaan keskenään optimaalisesti, jotta polymeeriprosessi saadaan mahdollisimman lähelle automaattista, joka on vaatimuksena koko suunnittelulle.

## 9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoituksena oli tutkia ja löytää ratkaisu jätevedenpuhdistamolla vallitsevaan ongelmaan, jossa kemiallisen puhdistusprosessin läpi pääsee liikaa epäpuhtauksia, mikä aiheuttaa turhaa kuormitusta biologiselle puhdistusprosessille. Ongelma itsessään ei ole biologisen puhdistusprosessin puolella, vaan ennen tätä olevassa kemiallisessa puhdistusprosessissa. Ongelmaan haettiin ratkaisua määrittämällä apukoagulantiksi sopiva kemikaali sekä sen määrä, jonka tarkoituksena oli tehostaa kemiallista puhdistusprosessia. Apukoagulantiksi valikoitui anionin polymeeri, jota lisättiin kemialliseen puhdistusprosessiin lähes puoli vuotta kestäneen koejakson ajan. Suoritettujen koeajojakson tulokset viittaavat siihen, että anioninen polymeeri vaikuttaa kemiallisen puhdistusprosessin jäteveden laatuun positiivisesti. Polymeerin lisäyksen myötä kemiallisen prosessin jäteveden sameus ja liukoinen fosfori muuttuvat noin kolmanneksella parempaan suuntaan.

Polymeerin lisäyksellä on pystytty vaikuttamaan kemiallisen puhdistuksen tuloksiin. Oletettavasti biologisen puhdistusprosessin kuormituksen tulisi keventyä polymeerin lisäyksen myötä. Tässä työssä resurssit rajattiin ainoastaan kemiallisen puhdistusprosessin tulosten arviointiin, ja sitä seuranneet vaikutukset biologisessa puhdistusprosessissa jätettiin ilman tarkastelua. Vaikutusta biologiseen puhdistusprosessiin pitää tutkia ja tarkkailla vielä lisää, mutta lähtökohdat ovat lupaavat.



## LÄHTEET

ChemEurope.com. BOD, COD, TOC and TOD – sum parameters in environmental analysis. Ei päivitystietoja. www-dokumentti, <http://www.chemeurope.com/en/whitepapers/126405/bod-cod-toc-and-tod-sum-parameters-in-environmental-analysis.html>. Luettu 2/2017.

Dispersion technology Inc. Zeta potential, short tutorial. Ei päivitystietoja. www-dokumentti, <http://www.dispersion.com/zeta-potential-short-tutorial>. Luettu 2/2017.

Chemicool. Definition of Suspension. Ei päivitystietoja. www-dokumentti, <https://www.chemicool.com/definition/suspension.html>. Luettu 2/2017.

Karttunen, Erkki 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Koski, Johannes, 2016. Norrbyn jätevedenpuhdistamon toiminnan ja automaation kuvaus. Luettu 3/2017.

Koski, Johannes, 2016-2017. Henkilökohtainen tiedonanto.

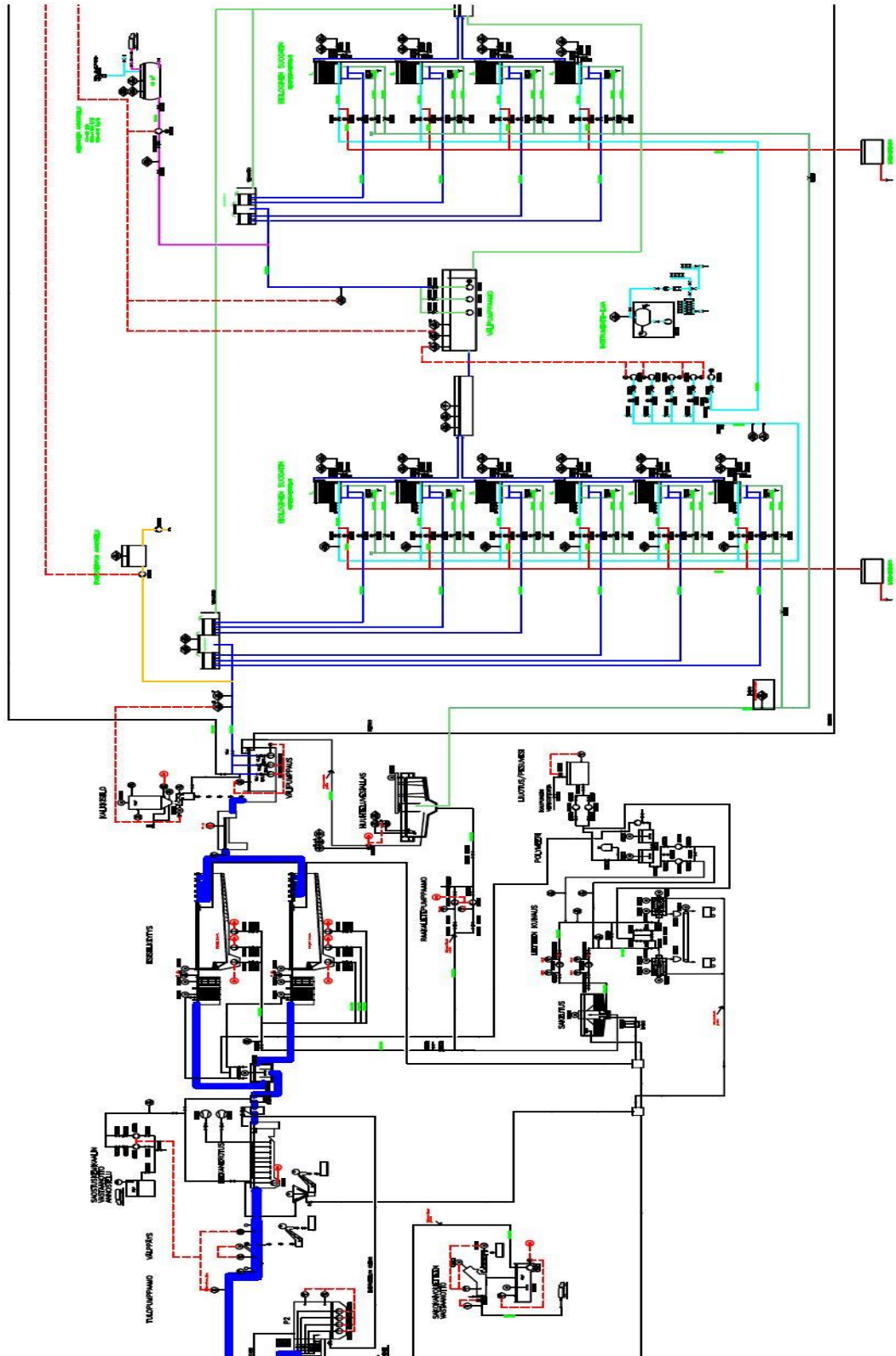
Laitinen, Jyrki, Nieminen, Jenni, Saarinen, Risto, Toivikko, Saijariina 2014. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT), Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot. Ympäristöministeriö. www-dokumentti, [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/43199/SY\\_3\\_2014.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/43199/SY_3_2014.pdf?sequence=1). Luettu 2/2017.

Mazille, Félicien, Spuhler, Dorothee. Coagulation-Flocculation. Ei päivitystietoja. www-dokumentti, <http://www.sswm.info/content/coagulation-flocculation>. Luettu 2/2017.

Stendahl, Kjell. Vedenkäsittelyn käsikirja. Kemira Kemi AB. Ei päivitystietoja.

Suunnittelukeskus OY, 1998. Paraisten kaupunki, Jätevedenpuhdistamon saneerausprosessisuunnitelma. Luettu 4/2017.

Jätevedenpuhdistamon PI-kaavio



## Koeajojen pöytäkirja

pvm	näkösyyvyys S cm	näkösyyvyys T cm	Tuleva vesi m <sup>3</sup>	PAX kg	COD mg/l	kaikki kg	metanoli g	lämpötila C	pH	N ammonium mg/l	DN nitraatti mg/l	DN nitraatti mg/l	biol fosfori mg/l	Lingot	liuk P S	liuk P T
<b>POLYMEERI 1,0 g/m<sup>3</sup></b>																
13.12.2016	65	45	3998	406,4	967	73,5	17305,9	8,13	7,71	2,67	29,66	12,35	0,06	2	0,294	0,498
15.12.2016	50	30	3724	338,1	890	66,5	8265,2	8,28	7,75	3,55	31,37	13,65	0,11	2	0,65	1,28
19.12.2016	50	40	3330	346,3	1167	60	8000	8,56	7,86	4,85	34,12	14,52	0,11	2	0,54	1,23
21.12.2016	40	30	3507	374	1307	46,5	7840,4	8,64	7,75	6,38	35,41	15,47	0,08	2	1,06	1,47
23.12.2016	70	50	3554	394,8	1183	84,7	15092,3	8,61	7,67	6,51	33,81	14,99	0,15	1	0,091	0,309
<b>POLYMEERI 1,2 g/m<sup>3</sup></b>																
27.12.2016	80	80	4927	440,3	926	94,3	9077,1	7,81	6,95	6,44	27,77	13,4	0,06	2	0,011	0,022
29.12.2016	60	50	4555	368,1	843	76	8898,8	7,51	6,61	4,75	28,1	13,12	0,06	2	0,061	0,238
3.1.2017	50	40	4108	372	1014	74,5	8452,9	7,13	7,1	3,13	27,16	12,29	0,06	2	0,34	0,496
5.1.2017	65	50	3840	340,3	952	86,1	8349	6,92	7,94	2,06	30,39	13,31	0,07	0	0,393	0,669
11.1.2017	50	40	4065	432,4	1265	72,1	8216,5	7,09	8,21	2,93	32,75	12,37	0,1	2	0,4	1,18
13.1.2017	50	40	4164	398,6	1058	70,3	8687,5	6,78	8,18	1,58	30,53	13,52	0,09	0	0,703	1,64
18.1.2017	30	15	2967	295,6	1077	141	7409,4	6,94	7,66	2,51	35,19	13,5	0,11	0	1,74	1,92
20.1.2017	40	20	3001	361,3	1104	39,9	6999,4	7,07	7,7	2,43	34,26	13,47	0,14	1	0,726	1,68
26.1.2017	40	25	2865	356,8	1192	46,2	7314,4	7,12	7,7	9,7	35,02	13,53	0,11	2	0,39	1,21
1.2.2017	50	40	3300	436,7	1212	62,8	7627	7,06	7,64	2,52	35,26	14,36	0,07	1	0,426	0,399
3.2.2017	80	50	2952	375,1	1209	66,7	8133,8	7,08	7,67	3,56	37,62	10,72	0,1	1	0,204	0,341
8.2.2017	60	40	2562	335,7	1333	91,6	8879,1	6,8	7,7	3,31	40,48	10,24	0,08	1	0,352	0,7
16.2.2017	30	20	1949	208,4	915	25	11667	7,04	7,72	6,91	42,63	9,82	0,1	1	1,64	1,76
<b>POLYMEERI TOISEEN ALTAASEEN 16.2.</b>																
22.2.2017	25	40	2535	284,2	1080	64,9	9461,9	6,84	7,71	9,54	35,74	3,9	0,08	1	1,52	0,996
24.2.2017	20	30	2017	276,2	963	47,3	9118,6	6,71	7,7	8,51	39,64	7,59	0,15	1	1,87	1,33
27.2.2017	40	45	1975	318,1	1283	48,7	9934,1	6,63	7,7	2,42	29,21	2,62	0,1	1	1,07	1,02
1.3.2017	100	110	8256	1294,3	1169	124,2	10771,5	5,8	7,68	4,1	19,97	3,7	0,08	1	0,105	0,1
8.3.2017	30	60	3615	433,2	1007	104,8	9635,4	5,82	7,71	2,25	30,63	5,58	0,07	1	0,513	0,202
<b>POLYMEERI MOLEMPIIN ALTAISIIN 2.4.</b>																
5.4.2017	50	50	5039	525,8	710	124,7	20695	5,99	7,71	1,98	24,57	5,05	0,06	1	0,165	0,158
7.4.2017	50	50	4819	508,4	674	126,6	19868,2	6,1	7,72	0,09	25,86	5,51	0,06	1	0,278	0,261
12.4.2017	40	40	3904	429,2	626	74,5	19750,2	6,37	7,72	0,25	28,35	6,43	0,07	1	0,868	0,862