

**Pau Mayorga Delgado**

**JÄTEVEDENPUHDISTAMON KEMIKAALIEN OPTIMOINTI**

**Opinnäytetyö  
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Kemiatekniikan koulutusohjelma  
Kesäkuu 2017**

## TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

<b>Centria-ammattikorkeakoulu</b>	<b>Aika</b> Maaliskuu 2017	<b>Tekijä/tekijät</b> Pau Mayorga Delgado
<b>Koulutusohjelma</b> Kemiantekniikka		
<b>Työn nimi</b> JÄTEVEDENPUHDISTAMON KEMIKAALIEN OPTIMOINTI		
<b>Työn ohjaaja</b> Jana Holm	<b>Sivumäärä</b> 46+4	
<b>Työelämäohjaaja</b> Ville Sydänmetsä		
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia, mistä syystä Kokkolan jätevedenpuhdistamon lähtevässä vedessä fosforiyhdisteet ovat ylärajalla ja optimoida käytetyt kemikaalit sekä syöttöpisteet tarvittaessa.</p> <p>Toisessa osassa opinnäytetyöstä tutkitaan, minkä takia biokaasulaitokseen lähtevä loppukuivaliete sisältää niin korkean vedenmäärän. Loppuliete pitäisi olla mahdollisimman kuiva keskikationisten polymeerien ansiosta, jotka kokoavat sekä flokkuloivat kiintoaineet vedestä pois.</p> <p>Tulevan jäteveden ominaisuudet vaihtelevat koko ajan ja on hankalaa ratkaista aiemmin mainittuja haasteita, koska niissä on monia tekijöitä, jotka vaikuttavat koko prosessiin. Sen takia kokeellisessa osassa kokeillaan muutamia kationia polymeeriä, jotta voidaan tutkia millä varauksella ja millä määrällä saadaan paras lopputulos. Työssä tutkitaan myös, miten ferrisulfaatin annostelumuutos vaikuttaa fosforinpitoisuuteen koko prosessissa.</p> <p>Opinnäytetyössä tutkitaan myös, miten ferrisulfaatin syöttöpisteenmuutos pystyisi vaikuttamaan fosforin poistamiseen. Lisäksi tarkastellaan tilannetta, jossa jätevedenpuhdistamossa on tietyt avainprosessit, joissa olisi harkittava ferrisulfaatin syöttämistä fosforin poistamista varten.</p> <p>On hyvin vaikea tietää, minkä takia fosforiyhdisteet karkaavat veden mukana ja miksi loppukuivaatuote on niin märkä, koska lietteenominaisuudet muuttuvat koko ajan ja monet tekijät vaikuttavat prosesseihin. Tutkimuksen avulla on löytynyt kaksi avainprosessia prosessien parantamiseen: Jälkiselkeytyksessä voidaan säätää karkaavaa fosforin kiintoainetta flotatioon ja se on myös mahdollinen PIX:n annostelupaikka. Toinen avainprosessi on tiivistin, tiivistämön vaiheessa, koska vaaditaan keskikationinen polymeeri pitkäketjun rakenteen kanssa silla tavalla, että lopputuote pysyy mahdollisimman kuivana ja fosforiyhdisteet pysyvät polymeerin pitkäketjussa karkaamisen sijaan rejektivedellä.</p>		

### Asiasanat

Ferrisulfaatti, flotaatio, fosfori, jätevedenpuhdistamo, kemikaali, liete, PIX, polymeeri, Q50, selkeytykset, syöttöpiste

## ABSTRACT

<b>Centria University of Applied Sciences</b>	<b>Date</b> March 2017	<b>Author</b> Pau Mayorga Delgado
<b>Degree programme</b> Chemical engineering		
<b>Name of thesis</b> Chemical optimization of a water treatment plant		
<b>Instructor</b> Jana Holm	<b>Pages</b> 46 + 4	
<b>Supervisor</b> Ville Sydänmetsä		
<p>The goal of this thesis was to study the cause of the high concentration of phosphorous compounds in the outgoing water of the Kokkola's water treatment plant, and to optimize the chemicals used throughout the process as well as the chemical's feeding points if needed.</p> <p>The second part of this thesis were studied why the final sludge going to the biogas facilities has such a high water concentration. The final sludge should be as dry as possible because of the cationic polymers, which aggregate the solid impurities from the water, forming flocs.</p> <p>The incoming wastewater's properties change all the time and it was quite tricky to diagnose a possible solution of the previous mentioned challenges, because there are many factors affecting the process. That is why in the experimental part, a few cationic polymers were tested, to study with which charges as well as which polymer amounts the best results can be reached. It was also studied how changing the ferrous sulfate flow affects the phosphor concentration throughout all the process.</p> <p>This thesis were also studied how changing the feeding points of the ferrous sulfate would affect to the precipitation and further elimination of the phosphoric compounds. It was also considered if there are certain key processes in the wastewater treatment facilities, which could be thought as a ferrous sulfate feeding points to achieve a better phosphor elimination.</p> <p>It is really hard to know why the phosphoric compounds are not fully removed from the wastewater, because the sludge properties change continuously and there are many factors affecting the process. Throughout this thesis two key points have been found in order to improve the process: in the final clarifier it is possible to adjust the amount of escaping phosphor going to the flotation stage, and it is also possible to add a PIX feeding point. The other key process would be the sludge compressor in the final stage, because it is required a middle cationic polymer with a long chain structure in order to obtain a final product as dry as possible and also, in order to keep the phosphoric compounds tied in the chain.</p>		
<b>Key words</b> Ferri sulphate, flotation, phosphor, waste water treatment plant, chemical, sludge, PIX, polymer, Q50, clarifications, feed point		

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	1
<b>2 KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY</b> .....	2
<b>3 JÄTEVEDENPUHDISTAMON TOIMINTA</b> .....	8
3.1 Esikäsittely Kokkolan jätevedenpuhdistamossa .....	8
3.2 Esiselkeytyksen vaiheet jätevedenpuhdistuksessa .....	9
3.3 Ilmastusaltaat ja niiden toimintaperiaatteet .....	10
3.4 Jälkiselkeytykset ja niiden merkitykset jätevedenpuhdistuksessa .....	12
3.5 Flotaatio prosessi jätevedenpuhdistamon loppuvaiheessa .....	12
3.6 Tiivistäminen, sakeuttaminen ja polymeerin valmistus .....	13
3.7 Sooda torni jätevedenpuhdistuksessa .....	13
3.8 Metanolin käyttö jätevedenpuhdistuksessa .....	14
<b>4 KEMIKAALIT</b> .....	15
4.1 Ferrisulfaatin käyttö ja sen annostelu paikat Kokkolan jätevedenpuhdistamossa .....	15
4.2 Soodan käyttö jätevedenpuhdistuksessa .....	15
4.3 Polyamiinin käyttö flotaation vaiheessa .....	16
4.4 Kationiset polymeerit ja niiden ominaisuudet .....	16
<b>5 YRITYKSEN HAASTEITA</b> .....	19
<b>6 KOKEELLINEN OSA</b> .....	21
6.1 Polymeeritestit .....	21
6.2 Fosforitestit: PIX-annostelun paikat sekä jäteveden näytteenottoaikat .....	22
<b>7 TULOKSET</b> .....	25
7.1 Lietettä kuivava polymeeri .....	25
7.2 Fosforin seuranta .....	33
<b>8. YHTEENVETO</b> .....	44
<b>LÄHTEET</b> .....	45
<b>LIITTEET</b>	
<b>KUVAT</b>	
KUVA 1. Bakteerien kasvaminen lietekuormaa .....	4
KUVA 2. Jätevedenpuhdistamon vaiheet .....	8
KUVA 3. Sakeutetun lietteen näytteenottoaikka .....	21
KUVA 4. PIX syöttöpisteet koko prosessiin .....	22
KUVA 5. Prosessikaavio ja jätevesi näytteenottoaikat fosforin määrittelyä .....	23
KUVA 6. Polymeeri Q15 0.2% kun verrataan veden poistoa päivämäärään .....	25
KUVA 7. Polymeeri Q15 0.2% kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään .....	26
KUVA 8. Polymeeri Q15 0.3% kun verrataan veden poistoa päivämäärään .....	26
KUVA 9. Polymeeri Q15 0.3% kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään .....	27
KUVA 10. Polymeeri Q20 0.2% kun verrataan veden poistoa päivämäärään .....	28
KUVA 11. Polymeeri Q20 0.2% kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään .....	28
KUVA 12. Polymeeri Q20 0.3% kun verrataan veden poistoa päivämäärään .....	29
KUVA 13. Polymeeri Q20 0.3% kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään .....	29
KUVA 14. Polymeeri Q50 0.2% kun verrataan veden poistoa päivämäärään .....	30
KUVA 15. Polymeeri Q50 0.2% kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään .....	31
KUVA 16. Polymeeri Q50 0.3% kun verrataan veden poistoa päivämäärään .....	31
KUVA 17. Polymeeri Q50 0.3% kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään .....	32

KUVA 18. PIX-annostelun vaikutus tulevassa vedessä.....	34
KUVA 19. PIX-annostelun vaikutus esiselkeytyksin jälkeen.....	35
KUVA 20. PIX-annostelun vaikutus ilmastusaltaissa.....	36
KUVA 21. PIX-annostelun vaikutus fosfori flotaation tulevassa vedessä.....	37
KUVA 22. PIX-annostelun vaikutus flotaation lähtevässä vedessä.....	38
KUVA 23. PIX-annostelun vaikutus lähtevässä vedessä.....	39
KUVA 24. Kokonaisfosfori pitoisuus (mg/l) lähtevässä vedessä.....	40
KUVA 25. Liuennut fosfori pitoisuus (mg/l) lähtevässä vedessä.....	41
KUVA 26. Kokonaisfosfori pitoisuus (mg/l) lähtevässä vedessä joulukuun lähtien.....	42
KUVA 27. Liuennut fosfori pitoisuus (mg/l) lähtevässä vedessä joulukuun lähtien.....	43

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä selitetään, mikä on jätevedenpuhdistamon toimintaperiaate, ja miten se on mahdollista kemikaalisesti optimoida. Sitä verrataan suoritustilanteeseen ennen muutosta ja muutoksen jälkeen.

Opinnäytetyön tavoite on määrittää, minkä takia Kokkolan jätevedenpuhdistamon lähtevässä vedessä on niin korkea kokonaisfosforipitoisuus ja sen mahdollinen ratkaisu. Työssä tutkitaan myös, miksi loppulietteen veden määrä on niin korkea, eli miksi polymeeri ei pysty flokkuloimaan kunnollisesti.

Projektin kokeellinen osa tehdään käyttäen polymeeriä testejä sakolietteen kanssa ja ottamalla fosforinäytteitä. Sen jälkeen tuloksia tulkitaan ja tutkitaan.

## 2 KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Tässä projektissa käsitellään muutamaa tärkeää käsitettä, jotka ovat olennaista ymmärtää prosessin toiminnan ja sen merkityksen kannalta.

-HRT (Hydraulic residence time) on hydraulinen viipymä aika ja tarkoittaa sitä, kuinka kauan liete viipyy reaktoreissa. Reaktorin tilavuus lasketaan jaettuna syötön tilavuusvirralla. HRT voi kestää tunnin ja on yleensä nopeampi kuin biologinen viipymä aika (lieteikä), joka kestää yleisesti muutaman päivän.

- SRT (Sludge residence time) on lieteikä ja tarkoittaa, kuinka kauan yksittäinen bakteeri viipyy reaktorissa. Yleensä se lasketaan jakamalla, paljonko biologista lietettä on ilmastusaltaalla ja paljonko lietettä poistetaan päivällä. Jos jätevedenpuhdistamossa on jälkiselkeytykset, tietty määrä biologisesta lietteestä pidetään siellä, ja sitten keskimääräinen lieteikä lasketaan jakamalla, paljonko biomassaa on ilmastusaltaalla plus jälkiselkeytyksessä, ja paljonko lietettä poistetaan päivällä. (Activated sludge process control, 8/11, 12-13.)

Matala lieteikä saattaa liittyä riittämättömään määrään mikro-organismeja tai liian korkeaan BOD-kuormaan (korkea F/M). Tässä tapauksessa biomassaa on hajallaan eikä pysty flokkuloimaan, laskeutuvuus on riittämätöntä ja jätevedestä tulee sameaa. Tässä tilanteessa happea käytetään nopeasti, johtuen aineenvaihdunnasta ja lietettä tuotetaan paljon. Tiedetään, että lieteikä on liian matala, jos vedenpinnalla on paljon valkoisvaahtoa. (Activated sludge process control, 8/11, 14.)

Liian korkea lieteikä saattaa liittyä liiallisien mikro-organismien populaatioon. Se tarkoittaa sitä, että kaikki tuleva BOD on jo käytetty ja bakteerilla on endogeeninen hengitys. Biomassan laskeutuvuus on nopea johtuen flokin tiheydestä ja jätevesi on yleensä selkeää. Jos lieteikä on korkea, yleensä ilmastusaltaassa kasaantuu tiheä, rasvainen ruskea vaahto ja kylmissä olosuhteissa se saattaa pakastua. (Activated sludge process control, 8/11, 14.)

- SVI (Sludge volume index) on lieteindeksi ja antaa tietoa lietteen laskeutuvuudesta. Se kertoo tilavuuden ml:ssä, jonka 1 g lietettä vie 30 minuutin laskeutumisajan jälkeen. Ihannetilanteessa palautettavan lietteen määrän suhde jälkiselkeytykselle tulevan lietteen määrään on yhtä suuri kuin laskeutuneen lietteen tilavuuden suhde laboratorioastiantilavuuteen. (Activated sludge process control, 8/11, 21.)

Kun SVI nousee, liete ei ole niin tiivistynyt vieden lisää tilaa. Lietteiden laskeutuvuus on hyvällä tasolla, kun SVI on 80–120. Jos palautettavan lietteen määrä on pienempi kuin laskeutuneen lietteen määrä, kasvaa jälkiselkeytyksen lieterkerrostuma, kunnes kiintoainetta alkaa karata puhdistetun veden mukana. (Activated sludge process control, 8/11, 21.)

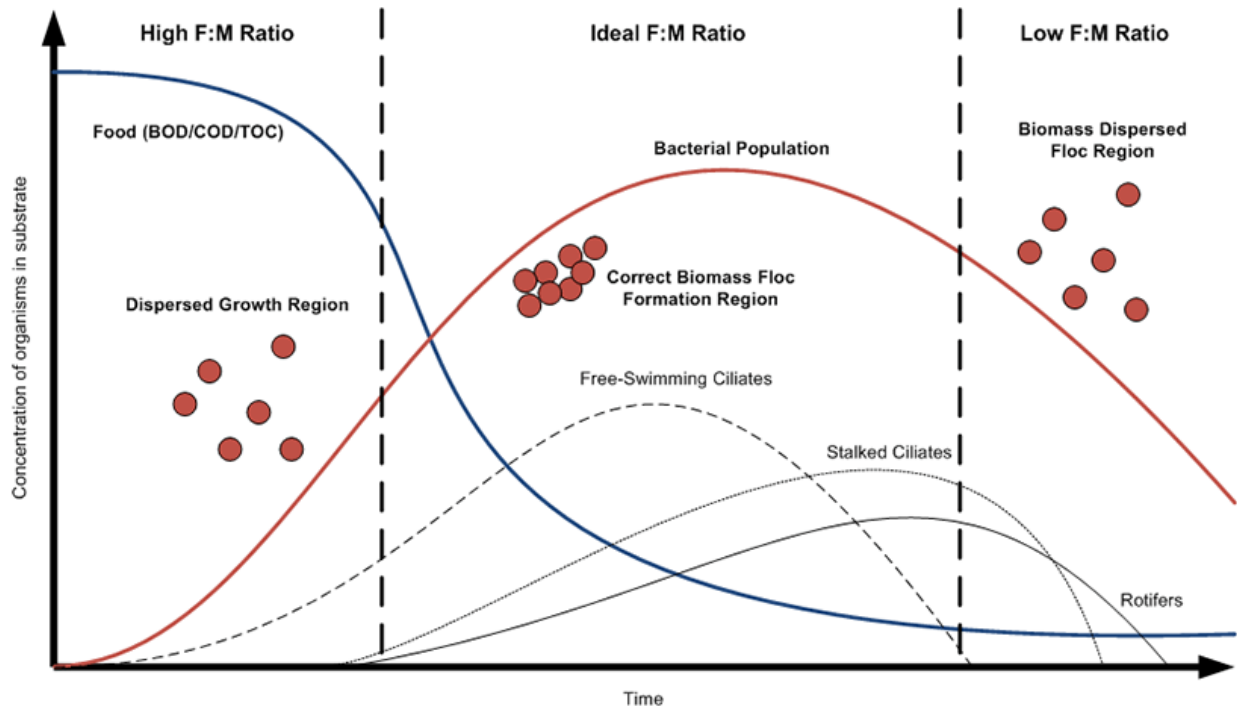
- F/M (Food to Microorganism Ratio): Lietekuorma ilmoittaa päivittäisen BOD-kuorman ilmastusaltaan biokiintoainekiloa kohti (MLVSS). Pienellä lietekuormalla syntyvän lietteen määrä on vähäinen, koska BOD-kuorma on matala ja biomassa ei pysty kasvamaan. F/M suhde on riippuvainen aktiivilieteprosessin tyypistä. (Activated sludge process control 8/11, 11.)

Korkeakuormittaisessa aktiivilietelaitoksessa lietekuorma on korkeampi, mutta bakteerit eivät muodosta hyvää flokkia. Yleensä korkea F/M suhde johtuu huonosta laskeutumisesta jälkiselkeytyksessä ja sameasta lietteestä. (The Waste Water Blog, 2016.)

Mikäli lisää biomassaa tarvitaan, poistetaan pienimmän aktiivilietteenmäärää jälkiselkeytyksestä tai ilmastusaltaalta. Jos lietemäärää on liikaa esimerkiksi lietekuorman takia, on poistettava lisää biomassaa.

Seuraavassa kuvassa havainnollistetaan, miten lietekuorma vaikuttaa bakteerien kasvamiseen, ja miten se vaikuttaa flokin muodostumiseen. Ihannetilanteessa lietekuorma ei voi olla liian korkea tai liian matala, sen takia on tosi tärkeää hallita mikro-organismien populaatiota lieteiden valvomisessa.





KUVA 1. Bakteerien kasvaminen lietekuormaa vastaan (The Waste Water Blog 2016)

- MLSS (Mixed liquor suspended solids): Aktiivilietteen kiintoaineen pitoisuus, joka määritellään analysoimalla suspendoituneen kiintoaineen suspensiota ilmastusaltaalta. (Activated sludge process control 8/11, 11.)

-MLVSS (Mixed liquor volatile suspended solids) on ilmastusaltaassa olevan orgaanisen kiintoaineen määrä. Se määritellään sytyttämällä kuiva MLSS-näyte 550 asteeseen. Syntyvä painoero on MLVSS, eli orgaanista kiintoainetta haihtuu. (Activated sludge process control 8/11, 11.)

-DO (dissolved oxygen) on liuennut happi (mg/l) jätevedessä. Se on tosi tärkeä aerobisissa prosesseissa, koska se vaikuttaa biomassan kehittämiseen ja edelleen BOD-kuorman poistamiseen.

-BOD (Biochemical Oxygen Demand) on biologinen hapenkulutus. Kun mikro-organismit syövät organiset aineet, happea vaaditaan ja liuennutta happea otetaan vesistöstä. Kun saastekuorma nousee, vaadittavan hapenmäärä nousee, koska organismit tarvitsevat lisää happea kuluttamaan kaiken orgaanisen saasteen. BOD:ssä enimmäkseen hapenkulutus johtuu biologisesta saastekulutuksesta, mutta tietyt epäorgaaniset saasteet, kuten

ammoniakki, myös edistävät hapen kulumista. Kun ammoniakki on biologisesti hapettunut nitraatiksi, vaaditaan happea. Kokonais BOD on summa hiilipohjaisesta (cBOD) ja typpipohjaisesta (NOD) kulutuksesta. (Activated sludge process control 8/11, 2.)

Laboratoriossa jäteveden BOD määritellään ottamalla näyte liuenneesta jätevedestä, joka on rikastettu ravintoaineella. Se sekoitetaan puskuroidun veden kanssa 300ml:in BOD-pulloon. Alkuperäinen liuennut happi (DO) lasketaan ja haudotaan 20 asteessa esimerkiksi 5 vuorokautta. Sen jälkeen lopullinen liuennut happi lasketaan ja sen perusteella tiedetään mikä oli jäteveden BOD5. Jos haudotaan 7 päivää, saadaan BOD7, mikä tarkoittaa tietyn vesimäärän seitsemän vuorokauden aikana kuluttamaa happimäärää. (Activated sludge process control 8/11, 3.)

-COD (Chemical Oxygen Demand) on kemiallinen hapenkulutus. Tässä tapauksessa kaikki orgaaniset sekä epäorgaaniset kemikaalit vesistöissä mitataan. BOD on pelkästään biologinen hapenkulutus, mutta COD on kaikkien mahdollisen kemiallisten aineiden hapenkulutus. Sen takia COD on aina korkeampi kuin BOD.

-TS% (Total Solids) on lietteen kuiva-ainepitoisuus, eli kokonaissuspendoitunut kiintoaines ja liuennut kiintoaines. Se määritellään haihduttamalla ja kuivamalla lietteen näyte tunnin aikana uunissa 103–105 asteessa. (The Complete Guide of Water & Treatment, Relationship Between TS, TSS and TDS, 2009.)

-VS% (Volatile Solids) tarkoittaa haihtuvia kiintoaineita, ja ne saadaan, kun TS:ää poltetaan. Yleensä se kuvataan orgaanisen kiintoaineen määränä jätevedessä. (Corrosionpedia, Volatile Solids.)

- Aktiiviliete on jäteveden käsittelyn ilmastetun vaiheen mikrobisto. Bakteereja ja muita mikro-organismeja sisältävä, flokeista koostuva liete, joka muodostuu jäteveden biologisessa puhdistuksessa aerobisissa tai hapettomissa (anaerobisissa/anoksisissa) oloissa. (Environmental Encyclopedia, 2003.)

-DN-prosessissa on mahdollista järjestää jätevedenpuhdistamon ilmastusaltaat sillä tavalla, että ensin tapahtuu denitrifikaatiota ja sen jälkeen nitrifikaatiota. Tässä tapauksessa

denitrifikaation tarvittava nitraatti saadaan osittain aktiivilietteestä ja osittain kierrättämällä nitrifikaatio altaasta.

Denitrifikaation aiheuttavat bakteerit ovat heterotrofiset, eli orgaanisen hiilen lähde tarvitaan ja tässä tapauksessa sitä löydetään BOD:ssa aktiivilietteessä. Sen jälkeen tuotettu hiilidioksidi käytetään nitrifikaatiota varten.

-ND-prosessi: Tässä tapauksessa nitrifikaatio tapahtuu ensin ja sen jälkeen denitrifikaatiota tarvitaan, jotta hajotetaan nitraatti typenmolekyyleiksi. Koska nitrobakteerit ovat autotrofiset sekä aerobiset, hiilidioksidia käytetään vedessä ja pitää varmistaa, että liuennutta happea riittää. Nitrifikaation jälkeen tulee denitrifikaatio, jonka avulla hajotetaan nitraatti vedestä. Denitrifikaatiota varten orgaanisen hiilen lähde tarvitaan ja, jos BOD:ssa oleva vesi ei riitä, voidaan kierrättää jätevesi nitrifikaation alusta. Toinen vaihtoehto olisi syöttää toista orgaanisen hiilen lähdeä, kuten metanolia.

-Primääriliete löydetään esikäsittelyyn jälkeen, ja se sisältää suhteellisen paljon orgaanista ainesta ja mm. ulostemikrobeja. Primääriliete käsitellään esiselkeytyksessä, jossa poistetaan suurin osa suolistomikrobeista ja yleiset raskaat orgaaniset aineet.

-Sekundääriliete/Ylijäämäliete on poistettu biomassasta ilmastusaltaista tai jälkiselkeytyksestä. Liette poistetaan lieteikää sekä lietekuormaa hallittaessa, ja sen takia ylijäämäliete on yksi tärkeimmistä parametreista jätevedenpuhdistamossa.

-Aerobinen: Sanotaan, että tietty kemikaalinen reaktio on aerobinen silloin, kun happi ( $O_2$ ) toimii elektronin vastaanottajana. Eli reaktio vaatii hapellisen ympäristön. BOD:n hajoamista tehdään heterotrofisella aerobisella bakteerilla. Toinen aerobinen prosessi on nitrifikaatio.

-Anaerobinen: Sanotaan, että tietty kemikaalinen reaktio on anaerobinen silloin, kun happea ei tarvita.

-Anoksinen: Sanotaan, että tietty ympäristö on anoksinen silloin, kun liuennut hapen määrä on alle 0,5 mg/l. Denitrifikaatio on anoksinen prosessi, koska vaikka happi on jo kulunut, heterotrofiset bakteerit käyttävät nitraattia ( $NO_3$ ) hapen lähteenä. Silloin autotrofiset

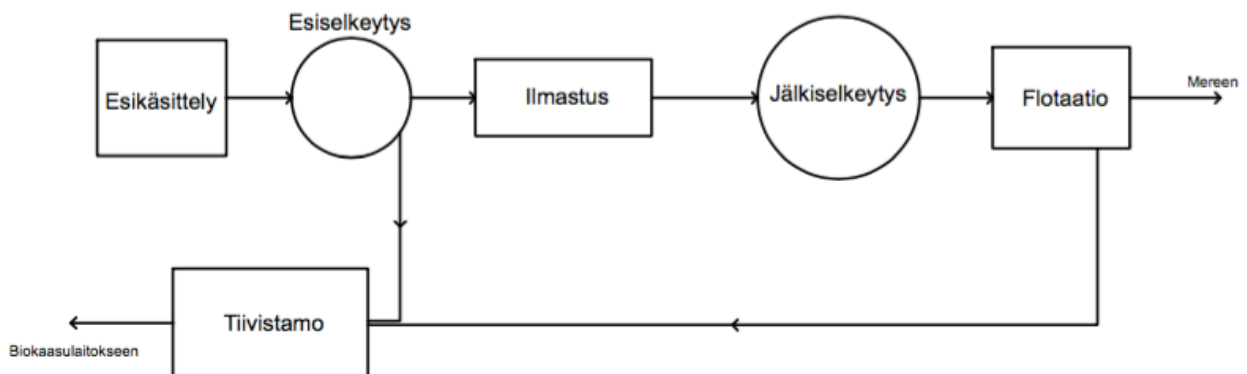
bakteerit, kuten *nitrosomonas* sekä *nitrobacters*, kuolevat hapen puutteesta. (USGS, Science for a changing world.)

### 3 JÄTEVEDENPUHDISTAMON TOIMINTA

Maan tärkein elämän lähde on vesi ja sen ominaisuudet. On tärkeä tietää, että vettä käytetään kaikkeen elävään maassa, ei pelkästään ihmiskunnalle. Vedenkierto on olennainen kaikille lajille ja se myös tarkoittaa sitä, että vettä otetaan maasta ja palautetaan maahan. Sen takia palautetun veden pitää olla hyvässä kunnossa myös muille, kuten eläimille.

Jätevedenpuhdistamon ansiosta varmistetaan, että mereen palautettu vesi on mahdollisimman hyvässä kunnossa, jotta estetään ympäristön vahingot sekä mahdollinen uhka ihmiskunnalle.

Jätevedenpuhdistamon käsittelyssä on kaksi pääluokkaa. Ensimmäinen pääluokka on fyysikaalinen sekä kemiallinen ja sisältää seulontaa, sedimentaatiota, suodatusta ja saostusta. Toinen pääluokka on biologinen ja sisältää prosesseja, jotka luottavat elävien organismien kykyyn poistaa epäpuhtaudet jätevedestä.



KUVA 2. Jätevedenpuhdistamon vaiheet

#### 3.1 Esikäsittely Kokkolan jätevedenpuhdistamossa

Jätevedenpuhdistamon tavoite on käsitellä väestön sekä teollisuuden jätevettä sillä tavalla, että lähtevä vesi on mahdollisimman ympäristöystävällistä ja täysin harmitonta. Se tarkoittaa

sitä, että on poistettava vaaralliset kemikaalit kuten ammonium, nitraatit, fosforin yhdisteet, jne. vesistöistä.

Jotta voidaan käsitellä tuleva vesi kemiallisesti, on tärkeää ensin suorittaa esikäsittely, eli fyysinen erottaminen. Esikäsittelyssä pyritään erottamaan isot palat, kuten puuosat, metalliosat, paperit, jne., jotka sen jälkeen poistetaan.

Ensimmäinen esikäsittelyn vaihe on pumppaamo. Eli tuleva jätevesi pumpataan pumppaamoaltaalta jätevedenpuhdistamoon, ja yleensä pumppaamossa on useita pumppuja, jotka toimivat vuorotellen.

Pumppaamosta vesi etenee välppäykseen, jossa isot materiaalit vesistöistä seulotaan vedenvirtauksen avulla. Eli vesivirtaus menee välppäyksen läpi ja koska isot osat jäävät välppäyksessä, vedenpinta alkaa nousemaan, kunnes vesi yltää tietyn tason. Sitten välppä alkaa rullamaan tarttuneet osat ylös, päästäten veden välppäyksen läpi seuraavaan vaiheeseen. Isot palat poistetaan välppäpesurilla, eli välppäpesuri ottaa veden pois kiinteäjäätteestä puristamalla, ja jäljellä oleva jäte heitetään säiliöön kompostoitumaan.

Välppäys erottaa isommat palat jätevedestä, mutta tietystä koosta alaspäin ne pääsevät seulonnan läpi ja, sen takia vaaditaan toinen erotusprosessi. Siten välppäyksestä jätevesi joutuu hiekanerotukseen, jossa hiekanrakeet erotetaan ilman avulla. Hiekanerotuksessa hiekka laskeutuu altaan pohjaan, joka kierretään ja pumpataan hiekkapesurin kautta hiekkalavalle. Tässä prosessissa erotetaan myös öljy ja rasva pintalietteestä ilman avulla.

Hiekanerotuksessa syötetään ferrisulfatti fosfori saostukseen. On tärkeä poistaa mahdollisimman paljon fosforia, sen takia on olennaista miettiä, missä vaiheessa voidaan lisätä PIX fosforin saostukseen ja miksi. Tässä tapauksessa PIX lisätään tähän, koska siten saostunut fosfori laskeutuu seuraavassa vaiheessa esiselkeytykseen.

### **3.2 Esiselkeytyksen vaiheet jätevedenpuhdistuksessa**

Tässä vaiheessa raskaammat organiset komponentit poistetaan laskeutumalla yleensä pyöreässä altaassa. Esiselkeytykset voivat olla myös suorakulmaiset, mutta yleensä

ympyrät altaat toimivat tehokkaammin. Yleensä jätevedenpuhdistamossa on kaksi tai kolme esiselkeytystä rinnakkain.

Poistotehokkuus nousee viipymän kasvaessa, kunnes viipymäaika on noin kaksi tuntia. Sen jälkeen kuormapoistoa edes tuskin tapahtuu, mutta kiinteät orgaaniset yhdisteet voivat ruveta hajoamaan esiselkeytyksessä. Sitä johtuu, että seuraavassa biologisessa prosessissa BOD-kuorma nousee tarpeettomasti.

Esiselkeytyksessä saostunut fosfori laskeutuu pohjalle ja tässä vaiheessa laskeutuneet lietteet pääsevät tiivistämöön sillä aikaa, kun selkeä vesi joutuu ilmastusaltaan biologiseen käsittelyyn.

### **3.3 Ilmastusaltaat ja niiden toimintaperiaatteet**

Tässä vaiheessa tulevassa jätevedessä on enimmäkseen liuennutta orgaanista saastetta, joka toimii bakteerien ruokana. Suurin osa bakteereista ovat aerobiset sekä heterotrofiset, sen takia on hyvin tärkeä, että DO vedessä pysyy vakiona. Jos veden liuennut happi laskee, aerobiset bakteerit kuolevat estäen BOD:n hajoamista.

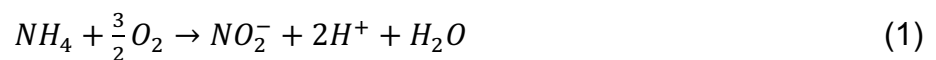
Bakteerit hajottavat BOD:ta tuottaen lisää bakteeria, eli aktiiviliete kasvaa noin 0,7kg aktiiviliete/kg BOD:ta (Activated sludge process control 8/11, 8.). Tässä vaiheessa on tärkeää hallita lieteikää sekä BOD:n poistamista, koska sen jälkeen flokin laskeutumista jälkiselkeytykseen tarvitaan.

Sillä aikaa, kun BOD hajotetaan bakteerien avulla, typpi vapautetaan ammoniumiksi. Vaikka samassa ajassa aktiiviliete kasvaa ottamalla ammonium, se ei riitä ylärajan vaatimukseen. Tästä syystä sekä tuleva ammonium vesistöistä että BOD:n hajoamisesta vapautettu ammonium, täytyy viedä toisen typenpoistoprosessin läpi. (Activated sludge process control 8/11, 5-6).

-Nitrifikaatio on biologinen prosessi, mutta tässä tapauksessa käytetään aerobiset autotrofiset bakteerit. Koska tässä prosessissa käytetään paljon happea, ammonium kuulu myös BOD:n ryhmään. Nämä bakteerit käyttävät  $\text{NH}_4^+$ :aa energian lähteeksi ja ne

tarvitsevat CO<sub>2</sub>:n eli epäorgaanisen hiilen lähteen. Kaksi bakteerityyppiä osallistuu tässä reaktiossa. (Activated sludge process control 8/11, 2-4).

Ensimmäisessä reaktiossa Nitrosomonas-bakteerit hapettavat ammoniumin nitriitiksi hapen avulla.

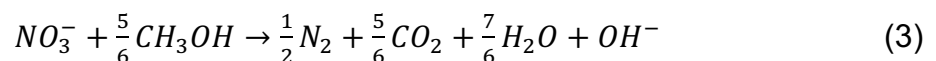


Toisessa reaktiossa nitrobakteerit hapettavat nitriitin nitraatiksi.



Nitrifikaatio tehdään, koska ammonium on vaarallinen yhdiste sekä ympäristössä että elimistössä, sen takia on pakko minimoida sen vapautumista ympäristöön. Vaikka nitraatti ei ole BOD, se voi olla vaarallinen, kun sitä on liuennut veteen ja sitten juotu. Myös vesistöjen täytyy huolta rehevöitymisestä. Sen takia nitraatti poistetaan denitrifikaation kanssa. (Barnstable Country Department of Health and Environment.)

Denitrifikaatio on periaatteessa nitraatin pelkistyminen nitriitiksi ja lopulta kaasutypiksi heterotrofisten bakteerien avulla anoksisessa ympäristössä. Denitrifikaatio käytetään, kun lähtevässä virrassa on liian paljon nitraattia tai nitriittiä. (Activated sludge process control, VIII Nitrogen 8/11, 5). Denitrifikaation yleisreaktio on seuraava:



Bakteerit ovat heterotrofiset, eli käyttävät cBOD:ia hiilen lähteeksi. Mikäli cBOD-kuorma on riittämätöntä ja halutaan denitrifikaatio prosessin etenemiseen, on lisättävä toinen orgaaninen yhdiste hiilenlähteeksi, kuten metanolia.

Nitrifikaation prosessissa vapautuu typpihappoa tuotteena, ja sen vuoksi pH laskee. Hyvän nitrifikaation toiminta vaatii, että pH pysyy 8-8.5 välissä alkaliteetissa ympäristössä, sen takia emästä, kuten soodaa on lisättävä. (Activated sludge process control, VIII Nitrogen 8/11, 4).



Toisaalta, denitrifikaatio vapauttaa tietyn emäksen määrän, joka voidaan käyttää nitrifikaatioprosessissa. Suuren piirtein tuotettu hydroksidin määrä denitrifikaatiossa pystyy korvaamaan puolet nitrifikaation vaatimuksesta. Eli sooda lisätään joka tapauksessa, mutta ainakin prosessin kustannukset laskevat. (Activated sludge process control, VIII Nitrogen 8/11, 6).

Vaikka jätevedessä on jo tietty hiilidioksidin määrä, denitrifikaation vuoksi liuennut CO<sub>2</sub> vedessä nousee, ja sen ansiosta nitrifikaatiota voi käyttää siinä hiilenlähteeksi.

### **3.4 Jälkiselkeytykset ja niiden merkitykset jätevedenpuhdistuksessa**

Biologisen käsittelyn jälkeen jälkiselkeytyksessä aktiiviliete laskeutuu pohjaan ja osittain palautuu ilmastusaltaan alkuun sekä osittain poistetaan. Palautusliete ilmastusaltaaseen on olennainen prosessille, koska aktiivilietettä tarvitaan BOD:n poistamiseen. On aina tärkeää pitää tietty aktiivilietteen määrä prosessissa BOD-kuorman suhteen.

Ylijäämäliete on myös olennainen hyvälle prosessin toiminnalle, koska sen ansiosta hallitaan lieteikää, sekä lietekuormaa prosessissa. Kokkolan jätevedenpuhdistamossa ylijäämäliete poistetaan suoraan ilmastusaltaalta, mutta periaatteessa on mahdollista poistaa se myös jälkiselkeytyksestä.

Kokkolan jätevedenpuhdistamossa on kolme jälkiselkeytystä ympyrämuotoisissa altaissa rinnakkain, ja on aina tärkeää tarkistaa ainakin pari kertaa viikossa lieteindeksi, hyvän kiintoaineen laskeutumisen vuoksi.

### **3.5 Flotaatio prosessi jätevedenpuhdistamon loppuvaiheessa**

Jälkiselkeytyksen jälkeen selkeää vettä pääsee flotaatioon. Siellä PIX lisätään fosforin saostumista varten, ja myös polyamiini lisätään lietteen hyytymistä varten. Flotaatio-toimintaperiaate jätevedenpuhdistamossa on, että pyritään kelluttamaan mahdollisimman

paljon orgaanisia yhdisteitä, kuten rasvaa tai öljyä sekä kiintoaineet, kuten saostuneita fosforiyhdistelmiä kuplailman avulla.

Polyamiini auttaa hyytymään lietettä, ja sen ansiosta lieteflokki kelluu helpommin kuplien avulla. Flotaatio on avainprosessi ferrisulfaatin lisäämisessä, koska siinä vaiheessa jätevesi on paljon selkeämpää kuin esikäsitellyssä ja PIX voi vuorovaikuttaa paremmin fosforin kanssa. Myös kuplien ansiosta saostuneet fosforiyhdisteet poistetaan helpommin vedenpinnalta.

Flotaatiosta liete vedenpinnalta lähtee tiivistämöön ja puhdasta vettä flotaatioaltaan alapuolelta lähtee mereen. On muistettava, että lähtevää vettä on täytettävä tietyt parametrit lain mukaisesti ja ympäristöystävällisesti.

### **3.6 Tiivistämö, sakeuttamo ja polymeerin valmistus**

Esiselkeytyksen jälkeen, väkevöitynyt liete altaan pohjalta lähtee sakeuttamoon, jossa se voidaan väkevöidä jätelietteeksi, joka voidaan tiivistää helpommin. Sakeuttamosta jäteliete yhdistetään sen kanssa tulevasta flotaatilietteestä, ja sekoitus lähtee tiivistämön päin.

Ennen tiivistämön saapumista tiettyä polymeeriä valmistetaan ja sekoitetaan lietteen kanssa putkin pitkiin. Sen jälkeen liete pääsee tiivistyksen prosessin läpi puristamalla, ja tiivistetty liete joutuu lietesäiliöön. Sieltä tiivistetty liete menee biokaasulaitokseen mädättämoihin.

### **3.7 Sooda torni jätevedenpuhdistuksessa**

Toinen olennainen prosessi jätevedenpuhdistamossa on soodakäsittely ja annostelu.  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  säilytetään soodan tornissa ja tornin vieressä on sekoitin. Sooda liuetaan veteen sekoittimessa, ja sen jälkeen annostellaan ilmastusaltaan alussa riippuen pH:sta.

Prosessissa on kolme ilmastusalasta, ja sen takia on tärkeää, että soodan annostelemista tehdään erikseen ilmastusaltaiden tarvittaessa.

### **3.8 Metanolin käyttö jätevedenpuhdistuksessa**

Vesistöissä on aina BOD:ta, mutta denitrifikaatiossa voi joskus käydä niin, että BOD:n määrä on lähes riittämätön, koska on mahdollista, että jossain vaiheessa denitrifikaatio tapahtuu ilmastusaltaan loppupäässä. Silloin olisi kätevä lisätä toinen orgaaninen yhdiste hiilenlähteeksi bakteeria varten, kuten metanolia.

Metanolia ei ole aina käytetty, mutta on tärkeää, että jokaisessa jätevedenpuhdistamossa on oma metanolisäiliö ja annostelulinja varmuuden vuoksi.

## 4 KEMIKAALIT

Tämän hankkeen tavoite on kemikaalien optimointi jätevedenpuhdistamossa. Sen takia on olennaista tietää, minkälaiset kemikaalit prosessissa on ja mitä voidaan parantaa, jos on jotain parannettavana. Seuraavaksi esitetään, minkälaisia kemikaaleja prosessissa käytetään, missä kohdassa niitä annostellaan, mitä ne tekevät ja niiden koostumukset.

### 4.1 Ferrisulfaatin käyttö ja sen annostelu paikat Kokkolan jätevedenpuhdistamossa

Ferrisulfaatti tai PIX-105 on nestemäinen saostusaine, jonka kemiallinen kaava on  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . Sen teho perustuu aktiiviseen kolmiarvoiseen rautaan ( $\text{Fe}^{+3}$ ). PIX-105 annostellaan Kokkolan jätevedenpuhdistamossa kolmessa kohdassa: hiekanerotuksen alkupäässä, jakotornissa sekä flotaatioaltaiden alussa.

Ferrisulfaatti veden liuoksessa muodostuu muun muassa raudan ionit, jonka avulla fosfori yhdistelmiä saostetaan. PIX-105:tä käytettiin, kunnes muutama kuukausi sitten se muutettiin PIX-105A:ksi. Syy on se, että viimeisten kemikaalien avulla voidaan hallita paremmin fosforiyhdisteitä laimealla liuoksella alumiinin ionien ansiosta. Molemmilla kemikaaleilla on suurin pirtein samat koostumukset, mutta PIX-105A:ssa on lisäksi alle 0,5%  $\text{Al}^{3+}$ .

### 4.2 Soodan käyttö jätevedenpuhdistuksessa

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  on olennainen kemikaali nitrifikaatiota varten. Se syötetään jakoaltaaseen ja sieltä se joutuu ilmastusaltaaseen. Sen annostelu pitää olla pH:sta riippuvainen, jotta reaktio tapahtuu, ja sitä annostellaan vesi liuoksella.

Toinen vaihtoehto olisi käyttää kalkkia ( $\text{CaO}$ ), jotta veden kanssa muodostuu kalsiumhydroksidiksiä ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). Vaikka poltettu kalkki on halvempi kuin sooda, viimeinen on tehokkaampi sen takia, että sen liukoisuus veteen on korkeampi (22g/100ml, 20°C) (Chemical Book, Sodium carbonate) kuin sammutetun kalkin liukoisuus (0,165g/100ml,

20°C) (MI SWACO, A Schlumberger Company). Tästä syystä jätevedenpuhdistamossa käytetään soodaa kalkin sijaan. Toinen syy on, että poltettu kalkki on myrkyllinen kemikaali ja sen käyttö voi olla vaarallista.

Nykyään Kokkolan jätevedenpuhdistamossa on sellainen ongelma, että on kolme linjaa jakoaltaalta ilmastusaltaisiin, mutta sooda-alueelta jakoaltaaseen olevassa linjassa on vain yksi pumppu. Sen takia ei ole mahdollista säätää soodan määrää (pH) jokaisesta ilmastusaltaalta, vaan voidaan vain säätää yhteissoodan annostelua käsiventtiilillä. Kannattaa tuulevaisuudessa rakentaa kolme linjaa, jossa kulkee soodaa jokaisessa ilmastuksiin, mutta tämä se ei liity enää kemikaaleihin, vain prosesseihin.

### **4.3 Polyamiinin käyttö flotaation vaiheessa**

Prosessin loppuvaiheessa on flotaatio, jossa hiukkasten kokoumat muodostetaan flokiksi polyamiinin avulla. Polyamiini on orgaaninen hyytymisediste, jonka kvaternäärinen ammonium sekä pitkäketju antaa kationinvarauksen polyamiiniin. Hyytyminen on sekä fyysinen että kemiallinen prosessi. Hiukkasten ja polyamiinin reaktio sallii kokoumien muodostumista ja niiden myöhempiä laskeutumista. (SNF Floerger, coagulation flocculation 4-6.)

Polyamiini annostellaan PIX:n kanssa flotaation alussa. Kelluvat kokoumat ilmakuplien avulla poistetaan altaan pinnalta.

### **4.4 Kationiset polymeerit ja niiden ominaisuudet**

Polymeeriä käytetään flokkuloimaan kuivattu liete prosessin viimeisessä vaiheessa flotaation jälkeen ja ennen tiivistämöön joutumista. Veden poistuminen lietteestä on riippuvainen kemikaalien luonnollisista lietteiden ominaisuuksista. Yleensä mineraalikemikaalit, kuten rautasuolat sekä kalsiumhydroksidi, käytetään valmistelemaan lietettä ennen tiivistinpuristinta. Hyytymällä kolloidien mineraali kemikaalit sallivat paremmin suodatettavuutta alentamalla veden pitoisuutta sidoksissa, ja antaa mineraaliominaisuuksia

lietteelle vahvistamaan sen mekaanisia ominaisuuksia. (SNF Floerger, coagulation flocculation, 7.)

Orgaanisia kemikaaleja käytetään epävakaisiin hiukkasiin agglomerioimaan kokoumia, jotta ne muodostuvat flokeiksi. Hiutaloittamisaineilla on monia eri molekyylipainoja ja niiden monipuolisen ionivaruksen ansiosta ne voivat kiinnittää epävakaita hiukkaset niiden ketjuun. Siksi flokkien koko nousee flokkulaation läpi, ja samassa ajassa flokkista vapautuu vettä. (SNF Floerger, coagulation flocculation, 8.)

Flokkulantinvaraus on luonnollisista lietteiden ominaisuuksista riippuvainen. Jos jätevedenpuhdistamossa on mineraalinen lietetyppi, käytetään keskimatalaa anionista hiutaloittamisainetta. Sekoitetaan sekä matala-anioninen että matalakationinen flokkulointi, kun lietetyppi on fysikaalinen ja kemikaalinen. Viimeinen lietetyppi on mahdollinen, kun lietteeseen on sekoitettu käytetyt kemikaalit, sekä vedensaasteet. (SNF Floerger, coagulation flocculation, 8.)

Matalaa kationista flokkulointia käytetään, jos jätevedenpuhdistamossa on hajotettua sekä primäärilietettä. Jos lietetyppi on sekoitettu liete, se tarkoittaa sitä, että tuleva liete on sekoitus primäärilietteestä sekä biologisesta lietteestä, jonka jälkeen keskikationinen flokkulointia käytetään. Kokkolan jätevedenpuhdistamossa on sekoitettu liete, eli keskikationista orgaanista flokkulointia käytetään kuivamiseen. Lopulta korkeakationista flokkulointia käytetään, jos tuleva lietetyppi on biologinen liete. (SNF Floerger, coagulation flocculation, 8.)

Varaustiheys edistää sitä, mikä on tarpeellista varauksen saamiseksi parhaaksi flokkuloitumaan pienimmällä annostuksella. Yleensä varaustiheys on orgaanilietepitoisuuden suhteessa, eli mitä korkeampi VS% on, sitä enemmän kationisten varausta tarvitaan. Varauksentyyppi on yleensä valittu hiukkaistyyppien mukaisesti, eli anioniset flokkuloinnit käytetään mineraalihiukkasiin, ja kationiset käytetään orgaanisiin hiukkasiin. (SNF Floerger, coagulation flocculation, 9.)

Hiutaloittamisaineen molekyylipaino riippuu siitä, minkälaista kuivalaitetypistä käytetään, sekä polymeerin ketjun pituudesta. Tässä tapauksessa suodatintivistintä on käytetty, eli

paras toiminta on, kun molekyylipaino on keskimatalatasolla. (SNF Floerger, coagulation flocculation, 10.)

Flokuloinnin molekyylirakenne riippuu vaaditusta suorituskyvystä, mutta periaatteessa kationiselle tapaukselle on ominaista:

- Lineaariset rakenteet: Annostelun vaatimukset ovat matalat. Toinen hyvä puoli on, että sen molekyylipainealue on hyvin leveä. Sen huonot puolet ovat, että muodostuneiden flokkien laajuus on matala ja yliannostuksen riski on korkea.
- Haaratuneet rakenteet: Keskiannostelumäärällä on tosi hyvä lietteen kuivatus.
- Ristisilloitettu rakenteet: Sen lietteen kuivatus on erinomainen ja flokin vahvuus on tosi hyvä. Ainoa ongelma on, että vaaditaan hyvin korkea annostelumäärä.

(SNF Floerger, coagulation flocculation, 10.)

Kokkolan jätevedenpuhdistamossa käytetään muutamaa erää keskikationista hiutaloittamisainetta veden kuivamiseen. Eniten käytetty polymeeri on Q50.

## 5 YRITYKSEN HAASTEITA

Tässä luvussa pohditaan Kokkolan jätevedenpuhdistamon nykytilannetta, minkälaisia haasteita löytyy ja minkälaisia parannusehdotuksia olisi mahdollista antaa.

Ensimmäinen yrityksen haaste on, että lähtevän fosforin määrä vesistöissä on liian korkea. Vaikka virallinen kokonaisfosforirajan vesistöissä on 0,3 mg/L P, laitoksesta lähtevä fosforikuorma yleensä ylittää sen virallisen fosforinyläraja kiinteää ainemuodossa ja veden liuoksessa. Yksi mahdollinen syy olisi, että liete karkaa herkästi veden mukaan ja fosfori sekä kiintoaine kohoavat lähtevässä vedessä. Sen mahdollinen ratkaisu voisi olla syöttää polymeeriä jälkiselkeytykseen sillä tavalla, että kiintoaine flokkuloi ja veden liuoksessa oleva fosforikuorma saostuu.

Toinen mahdollinen ratkaisu on PIX:n annostelu. Tällä hetkellä PIX syötetään hiekanerotukseen, jakotorniin ja flotaatioon. Ongelma on, että jos annostellaan liian paljon PIX:iä hiekanerotukseen, eli ennen esikäsitelyä, tuleva vesi ilmastukseen laimenee ja tarvittava BOD-kuorma on lähes riittämätöntä. Jos syötetään osittain hiekanerotukseen ja osittain jakoaltaaseen, esiselkeytyksestä tuleva vesi sisältää lisää kiinteää ainetta. Syy on, että hiekanerotuksessa fosforikuorma saostuu ja siitä poistetaan liikaa kiintiöineettä esiselkeytyksessä. Jos lisätään PIX esiselkeytyksen jälkeen, fosforikuorma saostuu kuitenkin, mutta ilmastusaltaalla on riittävä BOD-kuorma, ja siten se poistaa kiinteäainetta jälkiselkeytykseen.

Toinen mahdollinen PIX:n annostelu on jälkiselkeytyksessä. Itse asiassa on jo tehty laitoksessa lyhyt kokeilu PIX:n annostelusta jälkiselkeytykseen ja näkösyvyys parani, eli lietemäärä väheni. Toinen vaihtoehto olisi syöttää PIX ilmastusaltaaseen loppuvaiheessa.

Periaatteessa tavoite on fosforin optimointi siten, että lietteen laskeutuminen tehostuu, mutta mielellään käyttämällä mahdollisimman pientä rautamäärää. Se tarkoittaa sitä, että vaikka PIX ja polyamiinisekoitus flotaatiossa toimii hyvin, jos lisätään lisää ferrisulfaattia jossakin välivaiheessa, kannattaa laskea PIX:ä vaahdotuksessa.



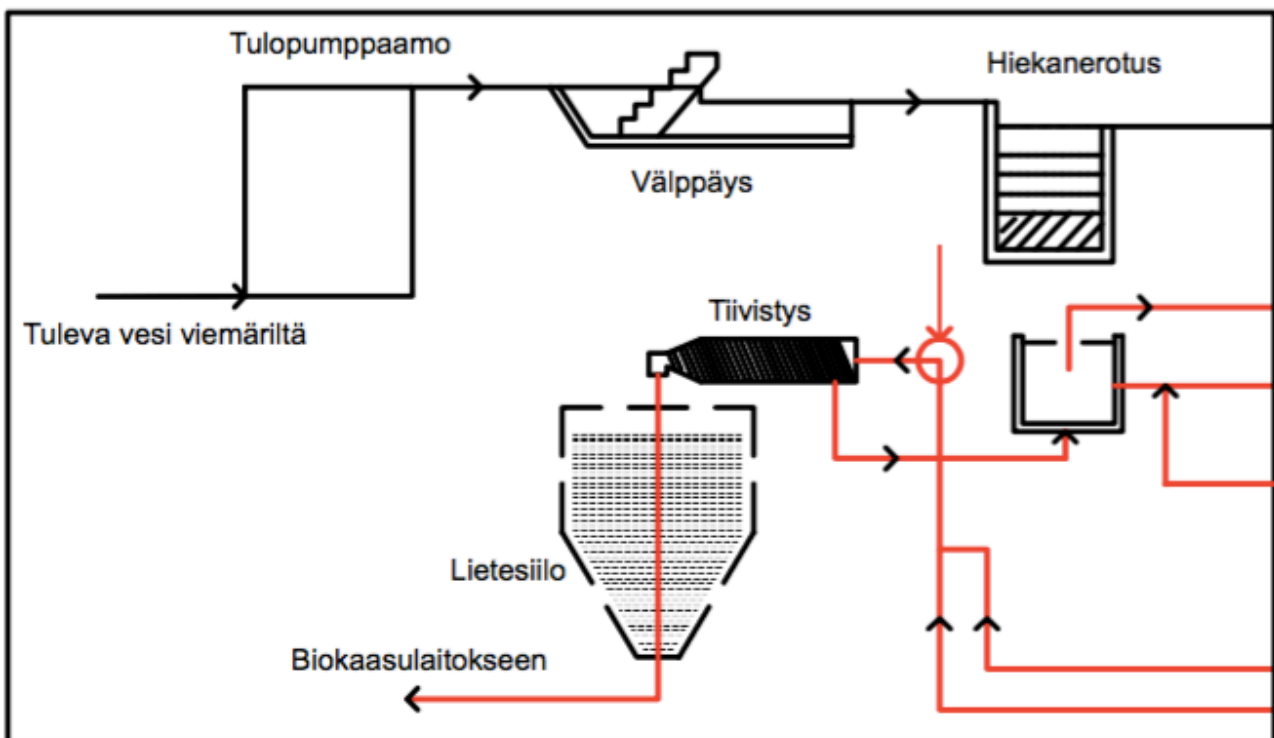
Toinen laitoksen haaste johtuu kuivalietteen kiintoaineprosentista. Loppukuivaliete tulee liian märkänä tiivistämöltä, ja todennäköisin syy on, että kiinteäaine lietteessä ei pysty flokkuloimaan kunnollisesti polymeerin vuoksi. Yleensä tietty polymeeri toimii hyvin, kunnes yhtäkkiä jostain syystä se ei enää toimi. Vaikka lieteominaisuudet vaihtelevat päivittäin, laitoksella on sekoitettu liete ja tarvittava polymeeri on kationinen. On siten mahdollista, että lietteenvaraus muuttuu myös ja polymeerin varausvaatimukset pitää muuttaa. Joka tapauksessa, se on tosi vaikeaa määrittää mistä syystä tietty polymeeri joskus toimii ja joskus ei, ja sitä on harkittava koko prosessinosalta.

## 6 KOKEELLINEN OSA

Jotta voidaan selvittää, minkä takia liika fosfori karkaa ja miten se ratkaistaan, on suoritettava muutama koe. Samalla selvitetään, myös miten veden määrää kuivalietteessä.

### 6.1 Polymeeritestit

Polymeeritestien tavoitteena on määrittää parhaan polymeeritoiminta loppulietteen kuivauksen, ja testit aloitettiin ottamalla sanko sakeutetun lietteestä jätevesipuhdistamon loppuvaiheesta ennen polymeerikäsittelyä tiivistämössä (KUVA 3). Se vietiin laboratorioon ja jaettiin 1 dl:n muovikuppeihin. Jokaisesta erillisestä polymeeristä määriteltiin lietteen vedenpoisto sekä kuiva-ainepitoisuus kahdesta polymeeriveteenpitoisuudesta, 0.2 sekä 0.3%.



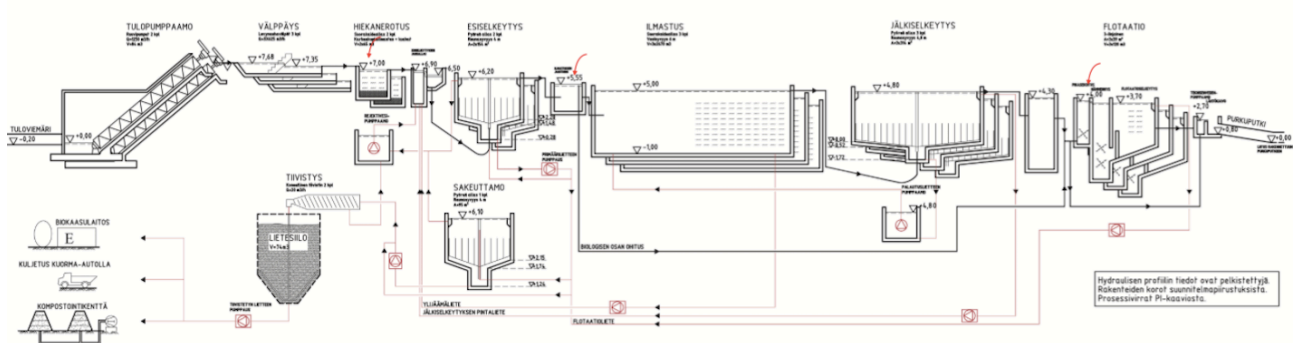
KUVA 3. Sakeutetun lietteen näytteenottoaika

Alunperin testattiin monta eriä polymeeriä, kuten muutamaa erilaista anioni- sekä kationipolymeeriä, mutta viimein vain kolme jäivät jäljelle, kun kaikki muut eivät toimineet.

Testattiin kolme kationista polymeeriä: Q15, Q20 ja Q50. Valmistettiin joka polymeeri kahdeksi pitoisuudeksi, 0.2 sekä 0.3%. Sen jälkeen laitettiin kuusi eri polymeerimäärää jokaiseen kuppiin tietylle lietteen määrälle, eli 1 dl. Suodattimen avulla määriteltiin, paljonko vettä poistettiin sakeutetun lietteestä, ja kosteustasapainokoneen avulla kuiva kiinteä ainemäärä määriteltiin poistamisen jälkeen. Polymeeri määrät olivat 5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml ja 30 ml.

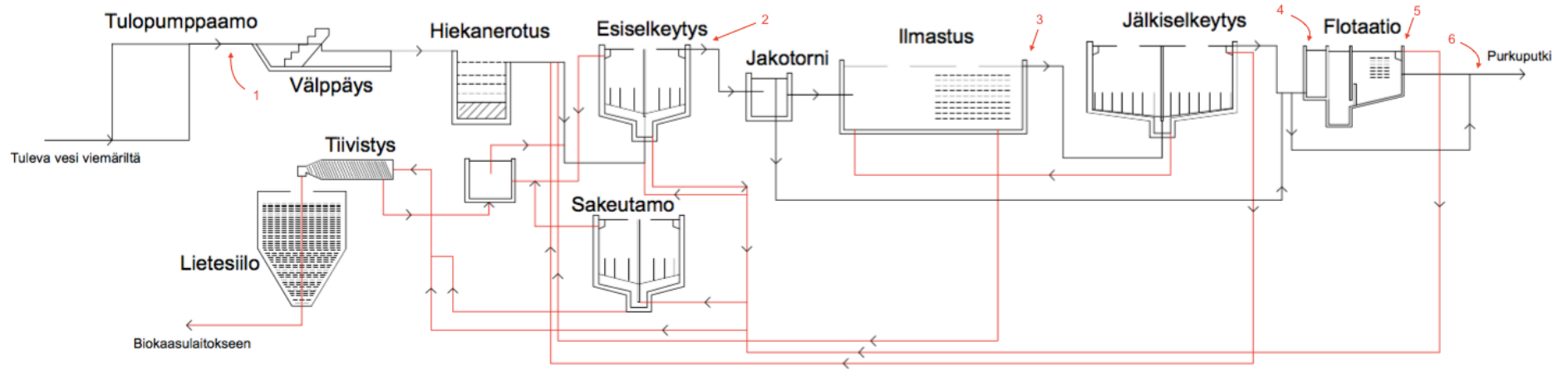
## 6.2 Fosforitestit: PIX-annostelun paikat sekä jäteveden näytteenottoapaikat

Fosforin karkaamista varten päätettiin muuttamaan ferrisulfaatin syöttöpisteen suhdetta hiekanerotuksen sekä jakoaltaan välissä. Alkuperäisesti PIX:n määrä hiekanerotuksessa sekä jakotornissa oli 120 mg/l ja 30 mg/l mukaisesti. Muutoksen jälkeen ferrisulfaatin määrä oli 80 mg/l ja 40 mg/l (LIITE 1). Tämän testin tavoite on määrittää, miten tietty PIX:n annostelumuutos pystyy vaikuttamaan koko prosessiin. KUVA 4 näyttää PIX:n syöttöpisteet koko prosessissa.



KUVA 4. PIX syöttöpisteet koko prosessissa (Kokkolan Jätevedenpuhdistamon prosessikaavio)

Jätevesi näytteet fosforin määrittämiseen otettiin kuusi erilaista pistettä prosessista. Seuraavaksi esitetään, mistä paikasta näytteitä otettiin KUVAN 5 avulla.



KUVA 5. Prosessikaavio ja jäteveden näytteenottoaikat fosforin määrittämiseen

Näytteet säilytettiin 1 l:n pulloon ja niitä otettiin kaiken kaikkiaan yhdeksän. Kun tässä luvussa kerrotaan jäteveden näytteenottoaikoista ja laitetaan tietty numero sulkuihin, viitataan kuvaan 5.

Ensimmäinen syöttöpiste on pumppaamon jälkeen tulevasta jätevedestä (1), jätevedenpuhdistamon alussa. Vaikka tässä vaiheessa ei ole mahdollista vaikuttaa fosforimäärään, on mielenkiintoista tietää, kuinka paljon fosforia tulee jätevedestä, jotta voidaan verrata sitä poistettuun fosforiin.

Seuraava näytteenottoaika on esiselkeytyksestä lähtevä jätevesi (2). Periaatteessa samassa pullossa otettiin puoli litraa ensimmäisestä esiselkeytyksestä ja toinen puoli litraa toisesta sillä tavalla, että saavutetaan hyvä sekoitus ja myös, että saadaan edustavammat näytteet, kuin jos otettaisiin vesinäytteet pelkästään yhdeltä esiselkeytykseltä. Tässä vaiheessa kokonaisfosforin pitoisuus jätevedessä pitäisi olla vähentynyt jonkin verran, koska hiekanerotuksessa PIX lisättiin ja osittain fosforyhdisteet saostuivat ja ne poistettiin esiselkeytyksessä.

Ilmastusaltaita loppupäissä (3) lähtevästä vedestä otettiin myös lietenäytteitä. Itse asiassa otettiin kolme pulloa, koska jätevedenpuhdistamossa on kolme ilmastusallasta. Seuraava näytteenottoaika on flotaatioon tuleva vesi (4) jälkiselkeytyksen jälkeen. Tässä vaiheessa on mielenkiintoista verrata, kuinka monta fosforyhdistettä poistettiin jälkiselkeytyksessä.

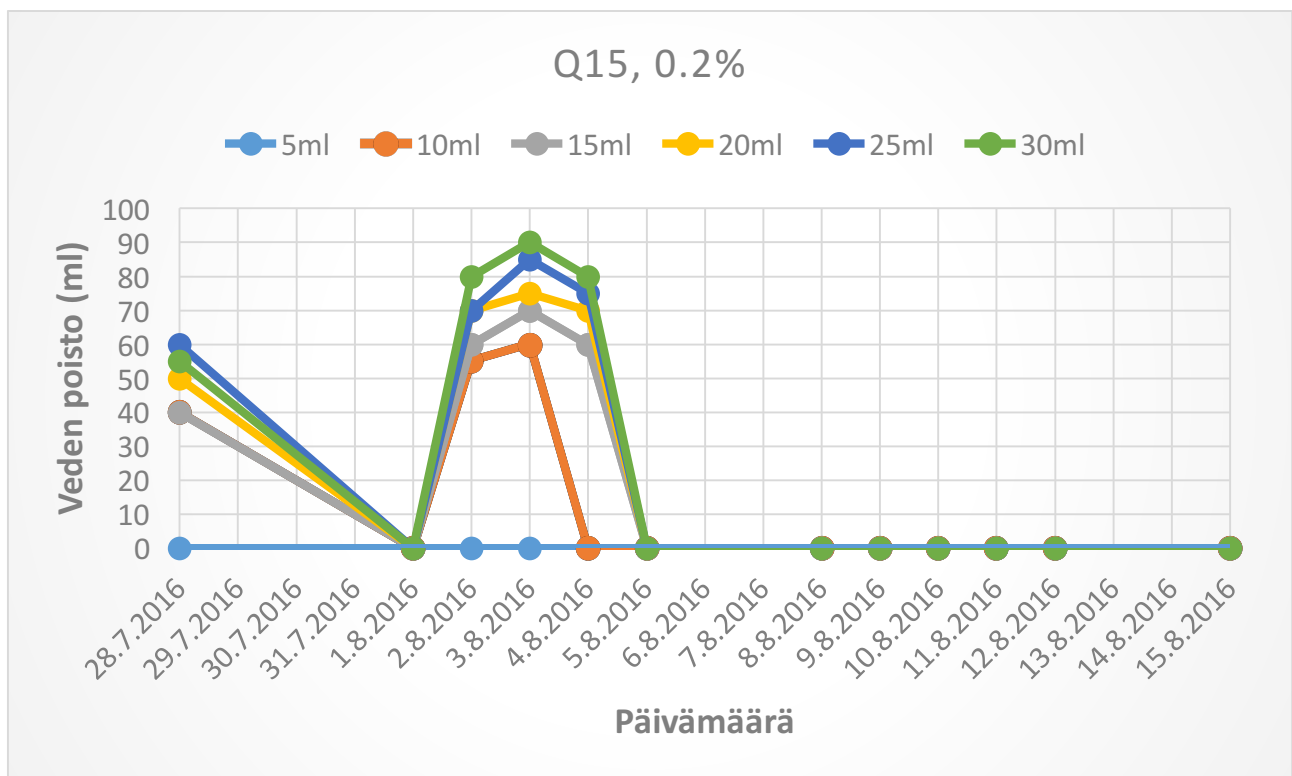
Flotaatioon lähtevästä vedestä (5) otettiin myös näyteitä, koska flotaatiossa lisätään PIX fosforisaostumista varten ja on tarkistava, miten se vaikuttaa loppuvaiheessa. Otettiin kaksi pulloa flotaatiolinjalta 1 sekä 3, koska linja kaksi ei ollut käynnissä. Lopulta, otettiin vesinäytteitä mereen lähtevästä vedestä (6). Viimeinen vaihe on tärkein, koska on varmistettava, että vapautunut kokonaisfosforipitoisuus lähtevässä vedessä on alarajalla lain mukaan, sillä tavalla, että vapautetaan ympäristöön mahdollisimman vähän fosforisaasteita.

## 7 TULOKSET

Tässä osiossa tulkitaan tulokset kaavioiden avulla. Sen jälkeen arvioidaan, miten loppupäätökset vaikuttavat prosesseihin.

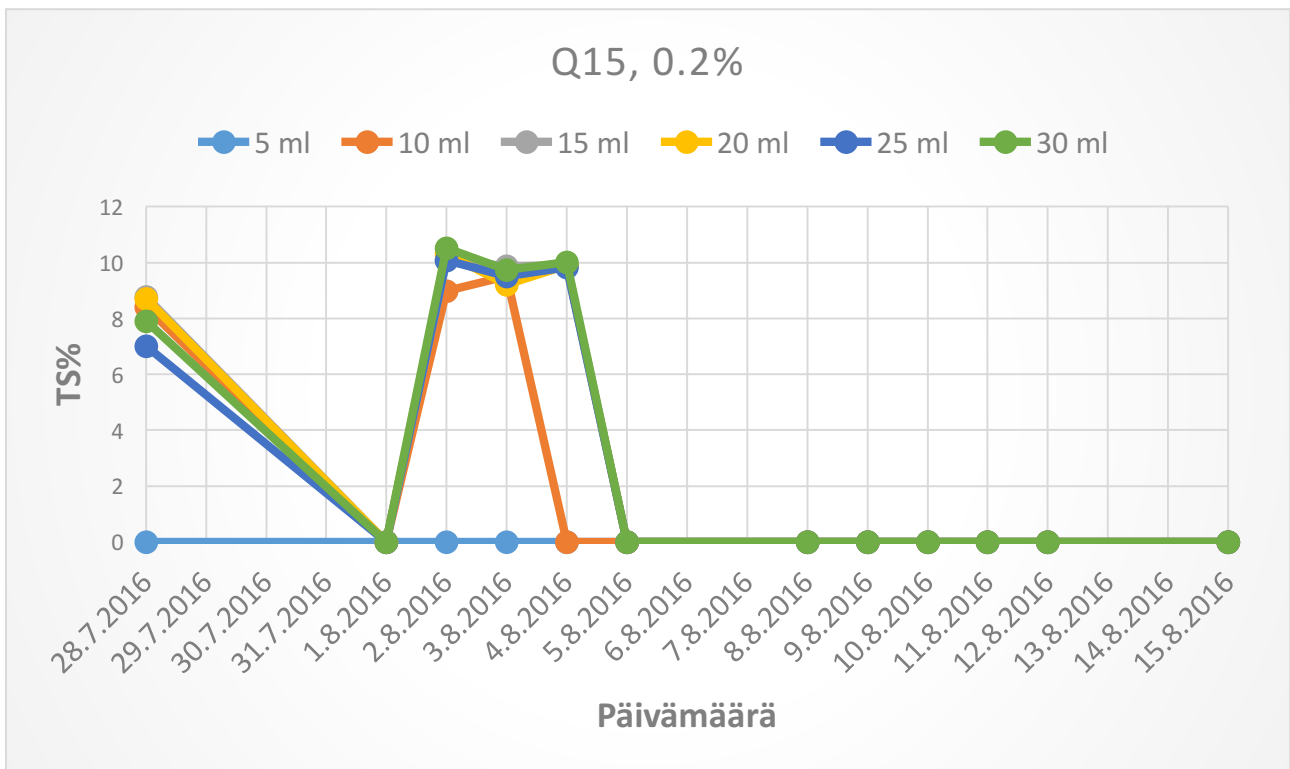
### 7.1 Lietettä kuivava polymeeri

Seuraavaksi kolme testattua polymeeriä havainnollistetaan kahdeksi pitoisuudeksi, ja jokaisessa pitoisuudessa verrataan kuiva-ainepitoisuuteen sekä vedenpoiston riippuvuutta.

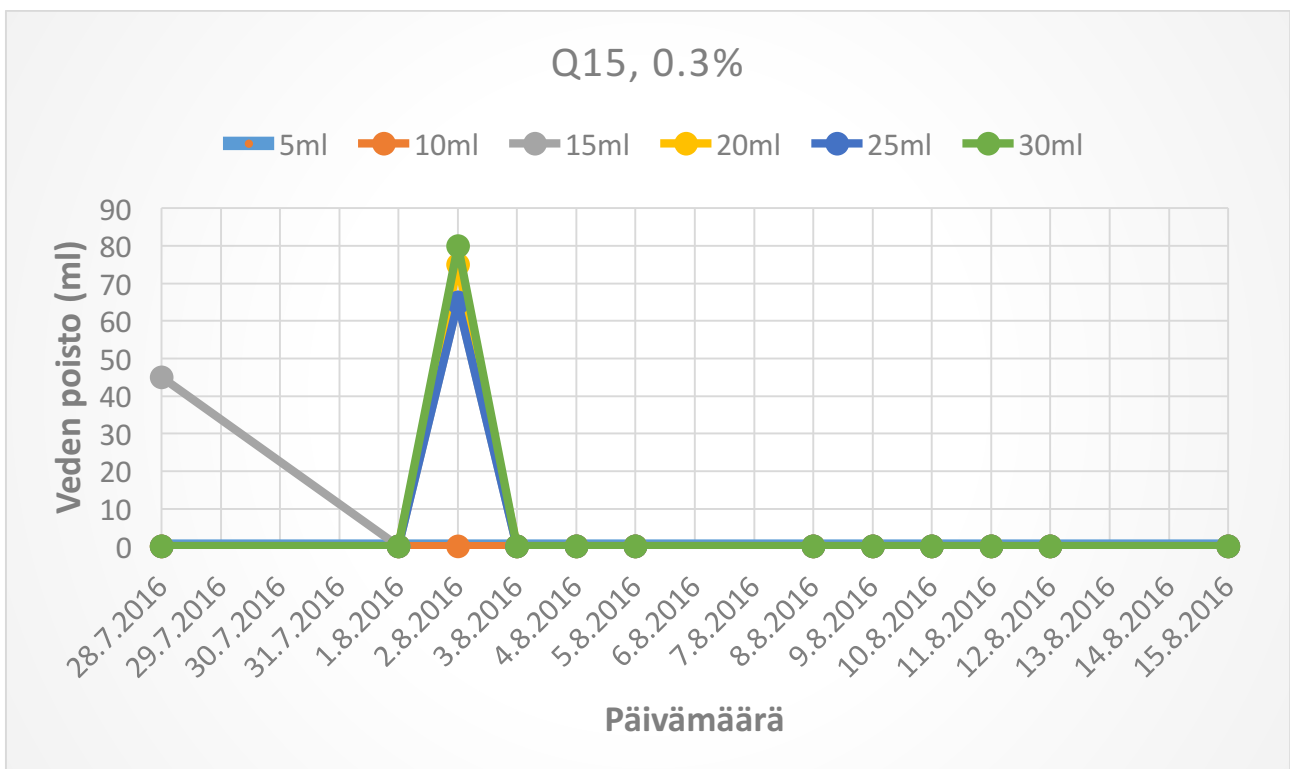


KUVA 6. Polymeeri Q15 0.2% kun verrataan veden poistoa päivämäärään

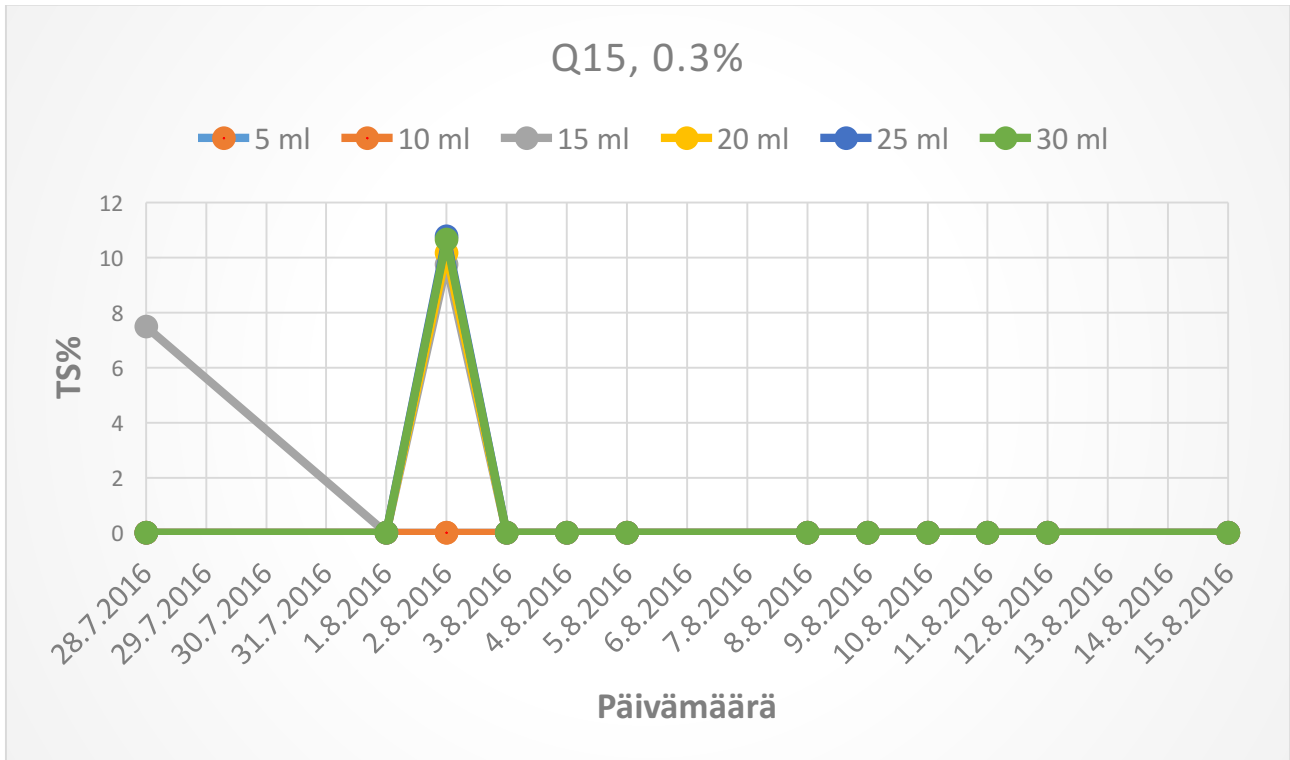
Mikäli halutaan määritellä, kuinka hyvä tietty polymeeri on, ei riitä, jos keskitytään pelkästään veden poistamiseen. Syy on, koska jos lisätään 5 ml 0.2% polymeeriä lietteeseen, periaatteessa lisätään 4,99 ml pelkkää vettä, ja jos lisätään 30 ml 0.2% polymeeriä sitten käytännöllisesti lisätään 29,94 ml vettä. Se tarkoittaa sitä, että mitä enemmän polymeeriliuos



KUVA 7. Polymeeri Q15 0.2% kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään



KUVA 8. Polymeeri Q15 0.3%, kun verrataan veden poistoa päivämäärään

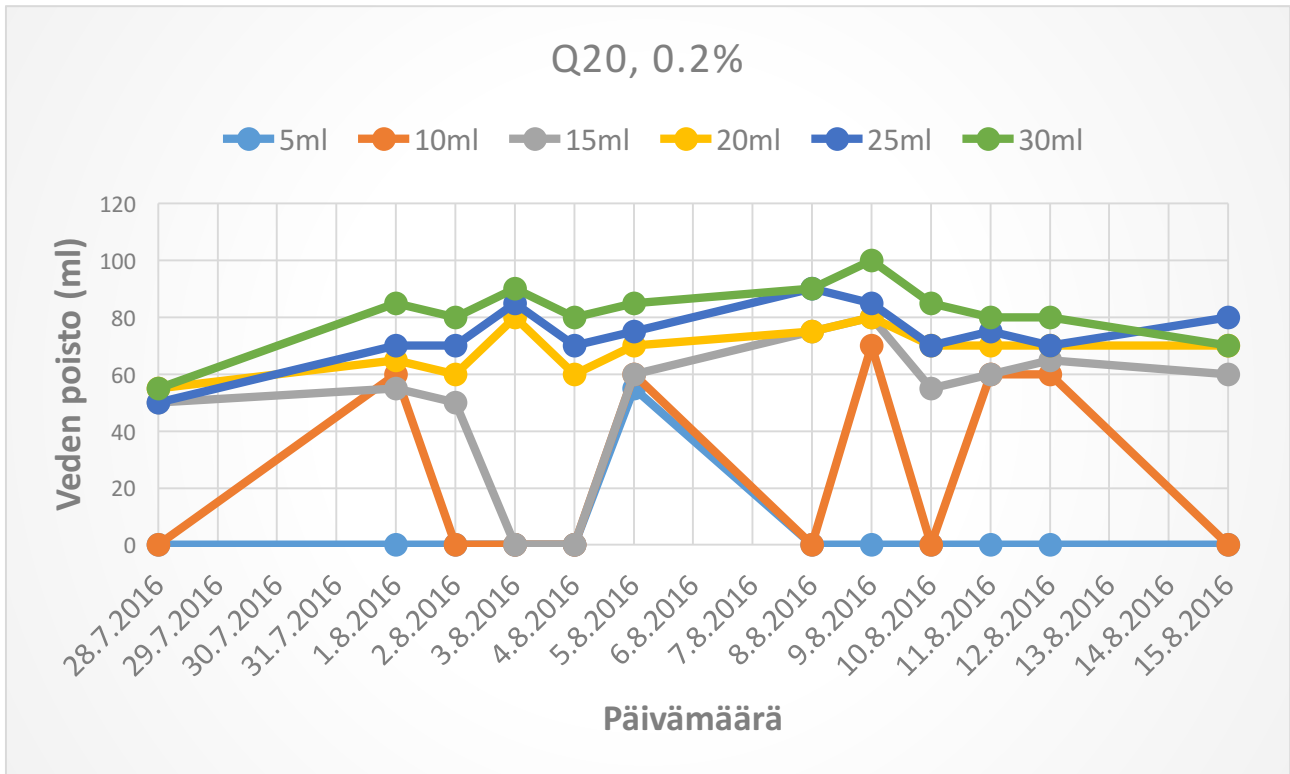


KUVA 9. Polymeeri Q15 0.3%, kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään

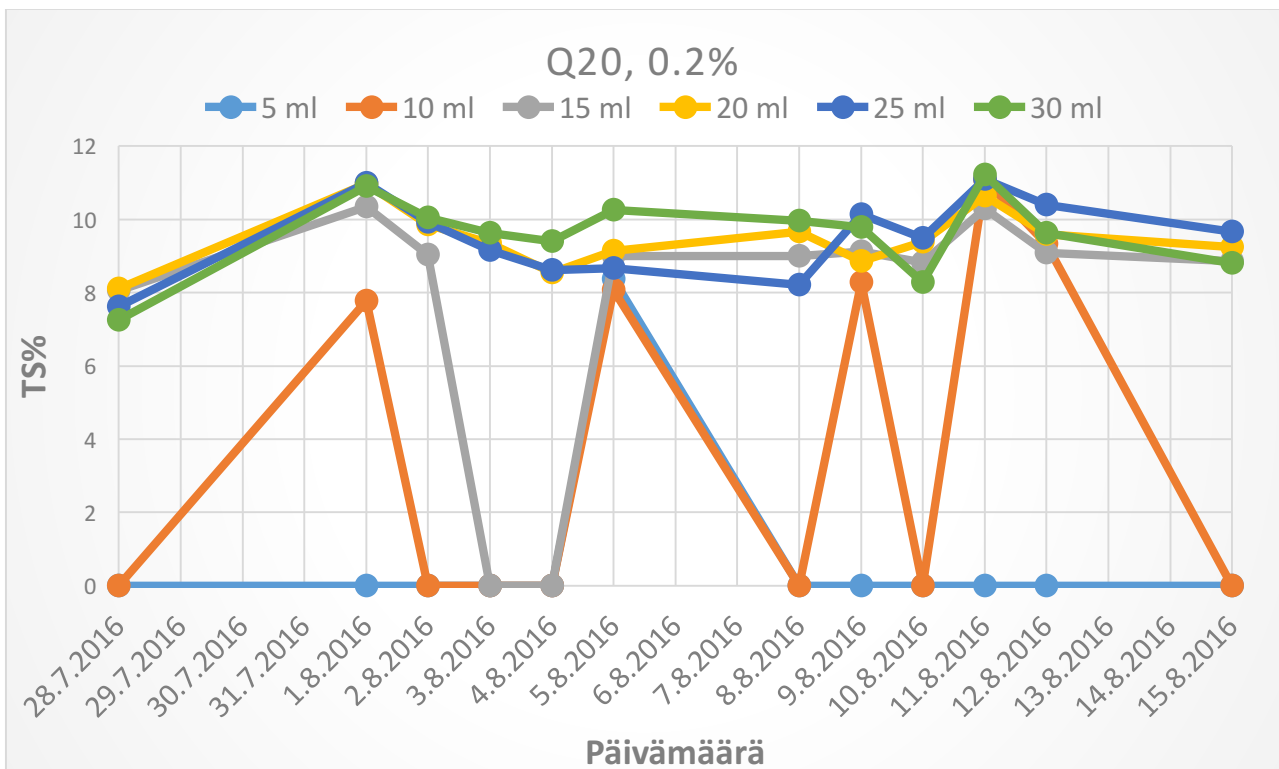
lisätään, sitä enemmän vettä poistetaan, kuten nähdään kuvassa 6. Sen takia tarvitaan toinen työkalu määrittelemään polymeerin laatua, ja tässä tapauksessa käytetään kuiva-ainepitoisuusprosenttia.

Kuvista 6–9 nähdään, että polymeeri Q15 toimii pari päivää peräkkäin, jonka jälkeen se ei toiminut enää. Kysymys kuuluukin, minkä takia se on alun perin toiminut ja yhtäkkiä se ei toimi enää? On hyvin mahdollista, että tulevat jäteveden ominaisuudet ovat vaihtuneet täysin ja Q15 ei tehonnut enää. Toinen mahdollisuus on, että 2.8.2016 ja 3.8.2016 oli myrskyistä (Yle Uutiset ja sää 2.8.2016), ja sade vaikutti jäteveden ominaisuksiin.

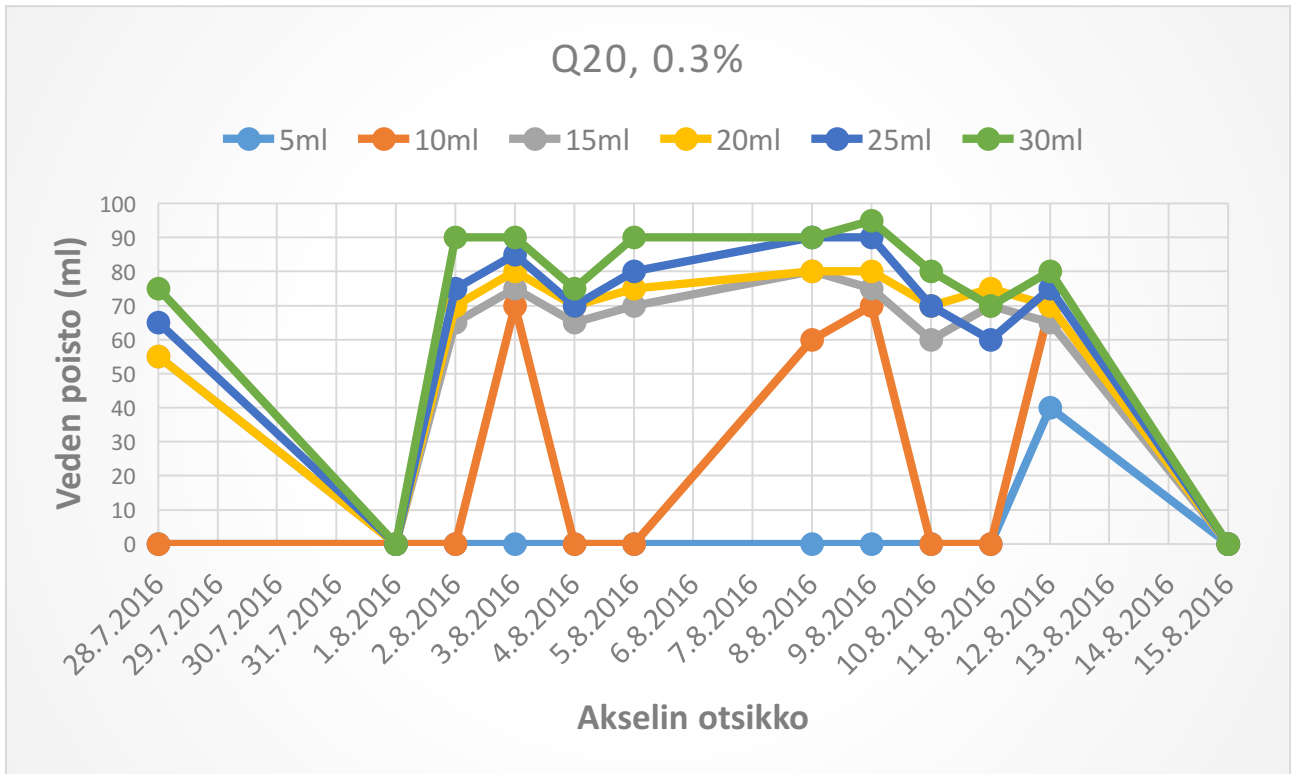




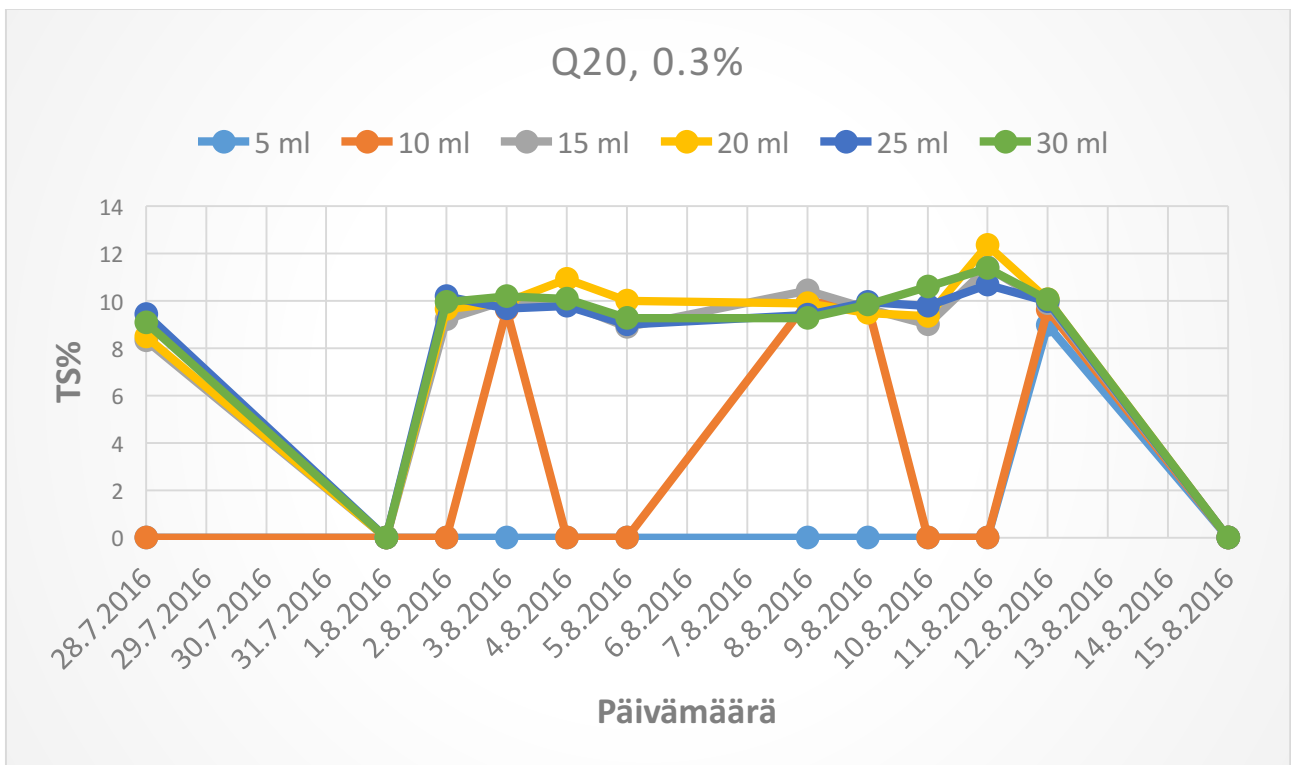
KUVA 10. Polymeeri Q20 0.2%, kun verrataan veden poistoa päivämäärään



KUVA 11. Polymeeri Q20 0.2%, kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään

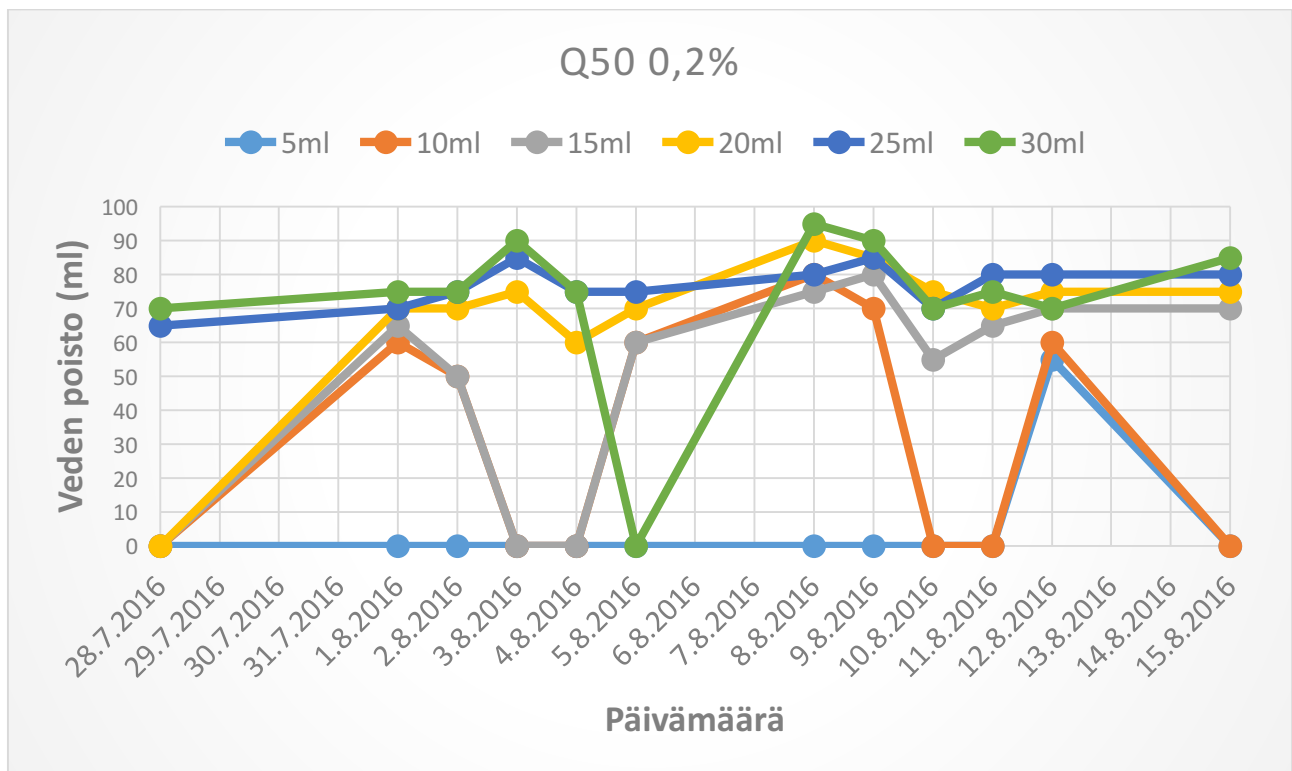


KUVA 12. Polymeeri Q20 0.3%, kun verrataan veden poistoa päivämäärään



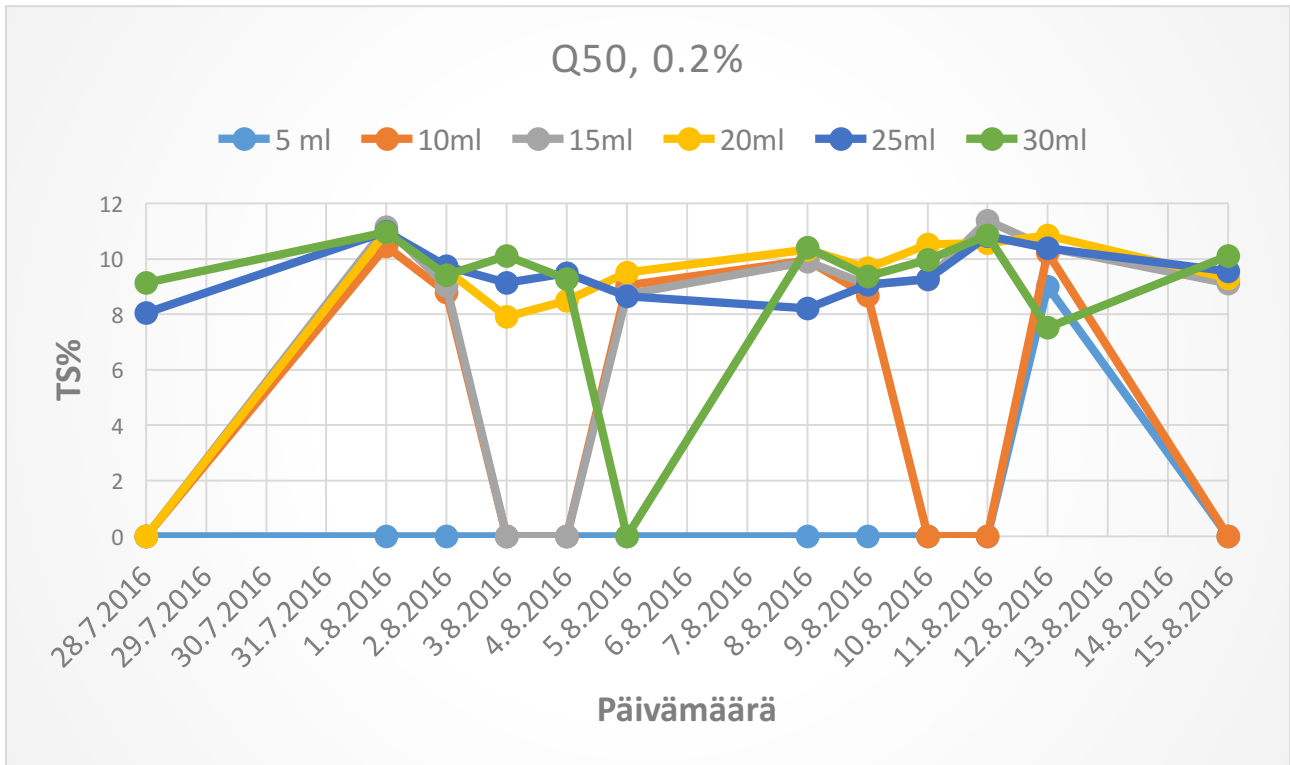
KUVA 13. Polymeeri Q20 0.3%, kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään

Kuvista 10–13 huomataan, että kun verrataan Q20 0.2 ja 0.3% 20, 25 ja 30 ml nähdään, että vaikka kuiva-ainepitoisuus prosentti on samanlainen, Q20 0.2% trendi näyttää paremmalta. Q20 0.3% ei toiminut ollenkaan kahtena päivänä kahdessa viikossa, mikä voi olla vaarallista, koska tuotetaan monta tonnia päivässä lietettä ja se voi tarkoittaa suuria rahahäviöitä yritykselle. Jos käsitellään Q20, kokeeseen mukaan tarvitaan laimeampi polymeeriliuos eli 0.2%, josta poistetaan mahdollisimman paljon vettä ja jää mahdollisimman paljon kuivattua lietettä.

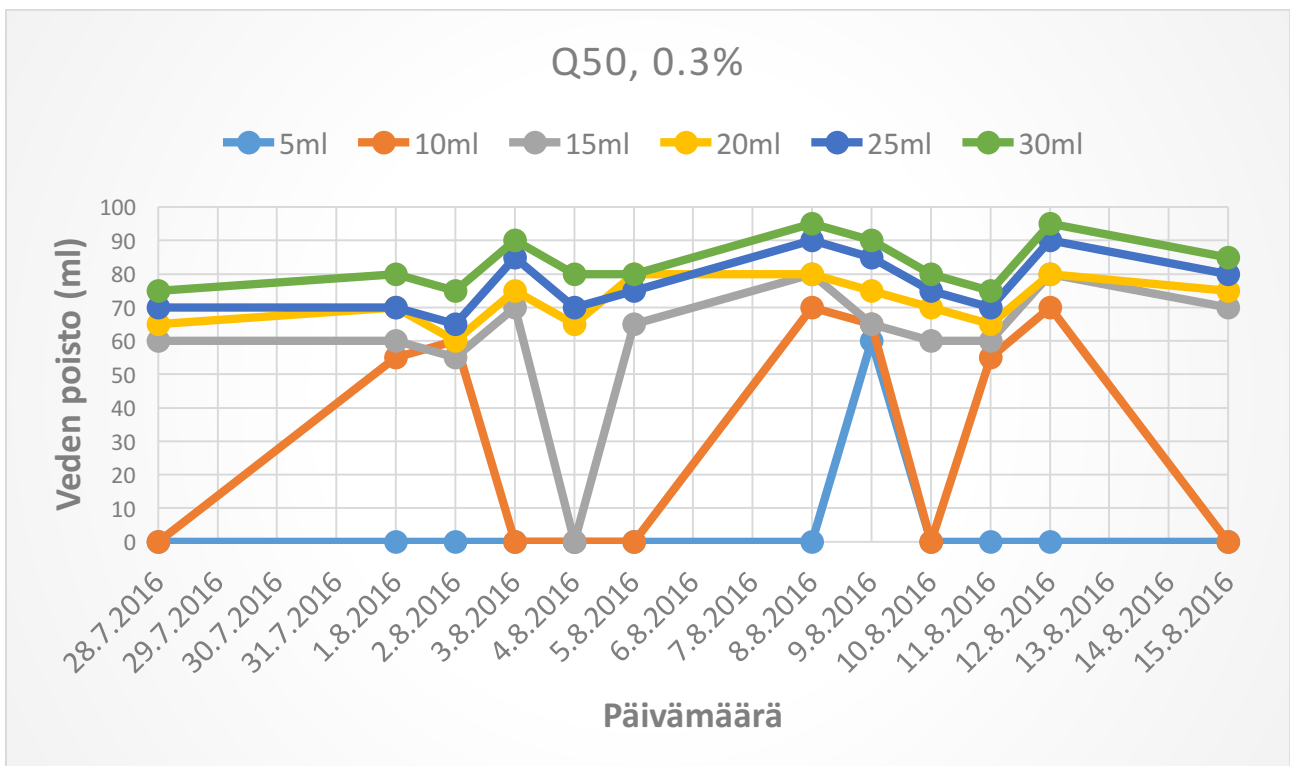


KUVA 14. Polymeeri Q50 0.2%, kun verrataan veden poistoa päivämäärään

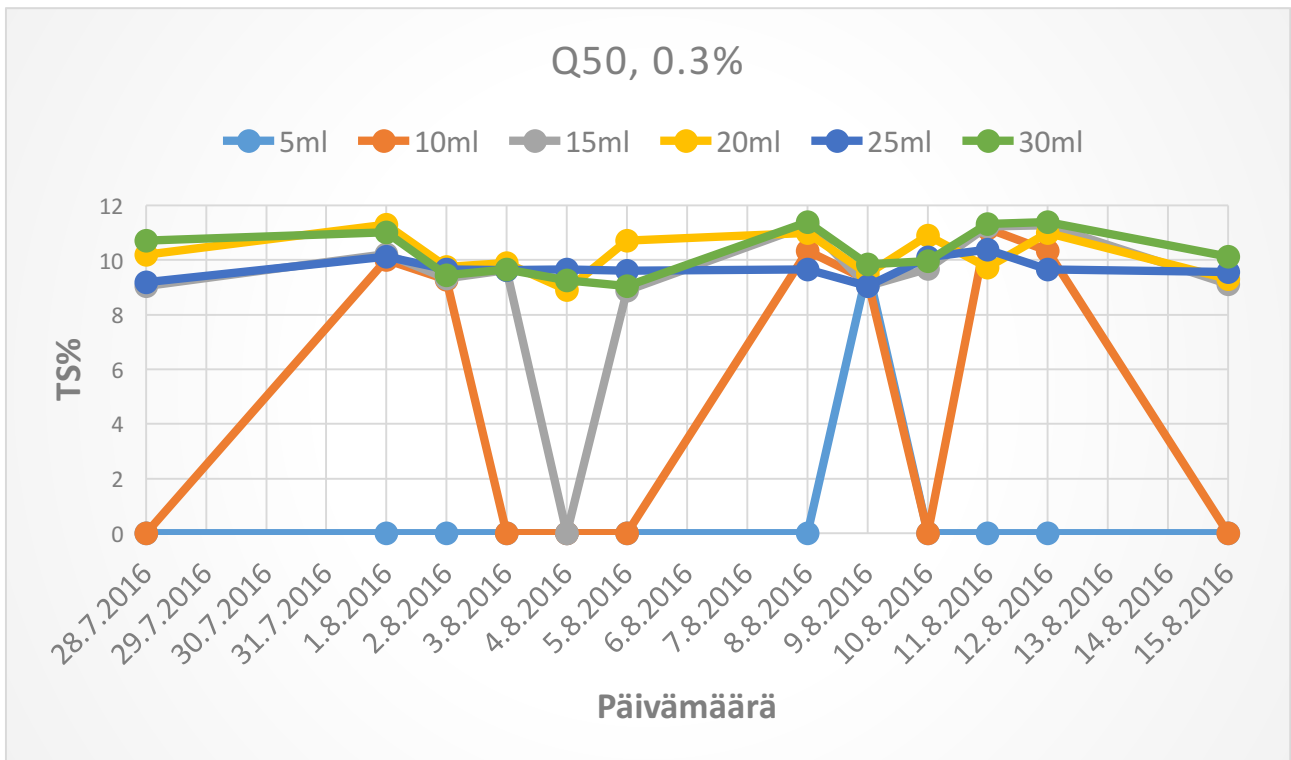
Jos verrataan arvoja Q20 ja Q50 nähdään, että kun annostellaan 20, 25 ja 30 ml lietteeseen, periaatteessa se aina toimii ja vettä voidaan irrottaa lietteestä, eli liete pystyy flokkuloimaan. Kun 5 ml lisätään, todistetaan, että se on riittämätön, koska se ei juuri koskaan toimi, kuten nähdään kuvissa 10–17. Silloin kun 10 ja 15 ml lisätään, polymeerin toiminta vaihtelee todella paljon ja on turvallista sanoa, että ainakin laboratoriossa alle 20 ml ei riitä.



KUVA 15. Polymeeri Q50 0.2%, kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään



KUVA 16. Polymeeri Q50 0.3%, kun verrataan veden poistoa päivämäärään



KUVA 17. Polymeeri Q50 0.3%, kun verrataan kuiva-ainepitoisuutta päivämäärään

Kuvista 14–17 nähdään, että kun verrataan Q50 0.2% ja 0.3% 20, 25 ja 30 ml nähdään, että Q50 0.3% pysyy vakaammin kuin 0.2%. Yhtenä päivänä 0.2% 30ml ei toiminut ollenkaan, ja toisena päivänä samalla pitoisuudella 20ml ei toiminut. Voi olla, että mitään ei tapahtunut, ja kyse on inhimillisestä virheestä, mutta koska kiinteäaine prosentti vaihtelee niin paljon pitää ottaa huomioon, että riski vähenee, jos käytetään 0.3%:ia 0.2% sijasta. Toinen syy on, että Q50 0.3% näyttää paremmalta kuin 0.2% ja, että yleisesti kuiva-ainepitoisuus prosentti on korkeampi.

Tähän asti on päätetty, että parhaat polymeerit ovat Q20 0.2% ja Q50 0.3%. Kokeellisesti laboratoriossa Q50 0.3% on korkeampi kuiva-ainepitoisuus prosentti kuin Q20 0.2%, kuten nähdään kuvissa 11 ja 17. Niiden vaikutus lietteeseen on samanlainen, mutta teollisuudessa on vaikea tehdä päätöksiä, ja sen takia pitää kokeilla muutamaa kuukautta isommalla annoksella. Kesästä lähtien Kokkolan jätevedenpuhdistamo on käyttänyt melkein lähinnä Q50:tä ja tähän asti se on toiminut aika hyvin.

Tärkein lietteen ominaisuus loppuvaiheessa on sen veden pitoisuus, eli tarvitaan mahdollisimman kuivaa loppulietettä. Veden poistolla on hyvä merkitys lietteelle, mutta se on myös hyvä merkki polymeerin vaikutuksesta, koska vaikka joskus vettä poistetaan paljon,

silti kuiva-ainepitoisuus prosentti on hyvin matala. Tässä tapauksessa se tarkoittaa sitä, että polymeeri on todella huono, koska liete jäi veden liuokseen ja tuskin muodosti flokkia. Sen takia kiinteä aine karkaa veden mukana, kun yritetään lietteen suodattamista.

Yleisesti kuvista nähdään, että mitä suuremmin liuoksen tilavuutta lisätään, sitä enemmän vettä poistetaan. Voidaan nähdä myös, että lähinnä pienellä annoksella polymeeri ei vaikuta lietteeseen lainkaan. Syy on se, että yleensä liete tarvitsee minimi polymeerimäärän, jotta se pystyy flokkuloimaan.

Löydetty pääongelma teollisuudessa on periaatteessa polymeeriliuoksen pumppaaminen. Kokeellisesti on helppo lisätä 20 tai 30 ml polymeeriliuosta 1 dl lietteeseen, mutta suuressa mittakaavassa, käsitellään kuutioita tunnissa, ja se tarkoittaa sitä, että pitäisi pumpata 300 l polymeeriliuosta jokaisessa lietekuutiossa, mikäli halutaan pitää sama suhde 30 ml - 1 dl. Polymeeriliuos 0.3% on tosi viskoosinen ja todellisuudessa ei ole mahdollista pumpata niin suuria annoksia tuntia kohden. Yleensä pumppausraja on 10-15 ml joka 1 dl, eli 100-150 l kuutio joka tunnissa ja tavallisesti 0.3% on liian paksu. Sen takia suuressa mittakaavassa pyritään käyttää mieluummin 0.2% ja alle 20 ml.

Laboratoriontulosten avulla saadaan yleistrendit jokaiselta polymeeriltä. Se ei ole kuitenkaan jatkuva prosessi, eli näyte otettiin pelkästään kerran päivässä seitsemältä aamulla. Se tarkoittaa sitä, että vaikka täsmällisessä hetkessä tietty polymeeri toimii tai ei, yleistrendi on tärkeämpi. Esimerkiksi kuvassa 15 polymeeri Q50 0.2% 30 ml ei toiminut kuin yhden kerran, mutta se ei tarkoita sitä, että puolen tunnin päästä liete pysyisi samalla ominaisuudella. Sen takia kannattaa tarkistaa, että trendi näyttää hyvältä, ja sen jälkeen ruvetaan harkittaman mitä polymeeriliuosta kannattaa kokeilla suuressa mittakaavassa.

## **7.2. Fosforin seuranta**

Tässä osiossa verrataan kiinteäainetta, liuennutta fosforia sekä kokonaisfosforia jokaisessa näytteenotto paikassa ennen syöttöpistevirtauksen muutoksia ja sen jälkeen. Vesinäytteet otettiin kerran viikossa yhden kuukauden aikana. Fosforimäärä vaihtelee koko ajan päivän aikana, mutta fosforihuippu tulee yleensä noin aamu kuudesta kahteen päivällä, sen takia

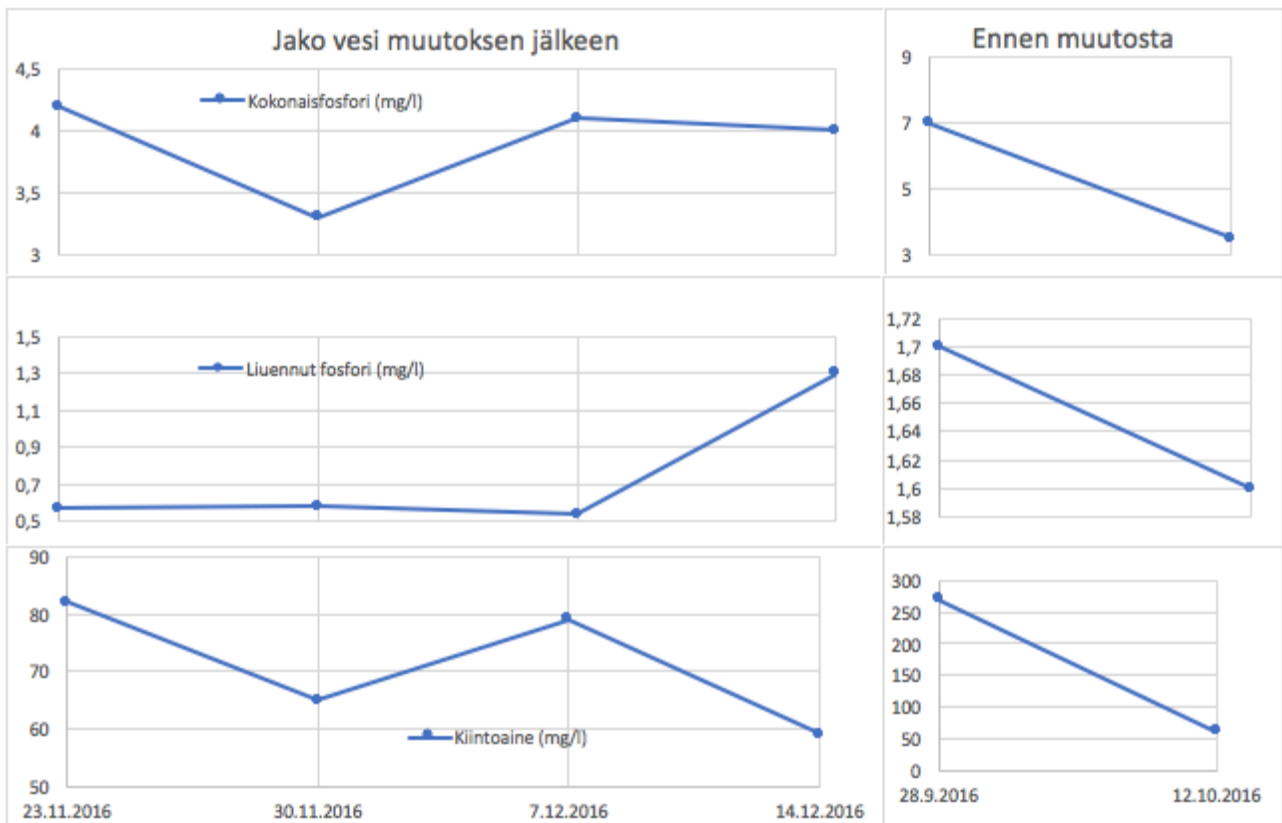
on olennaista käydä ottamassa vesinäytteet ennen kello neljäätoista sillä tavalla, että otetut näytteet ovat verrattavissa.



KUVA 18. PIX-annostelun vaikutus tulevassa vedessä

Fosforin pitoisuuteen tulevassa vedessä ei ole mahdollista vaikuttaa, koska periaatteessa se voi tulla mistä tahansa kaupungista tai teollisuudesta. Silti on huomattava, että kuvan 18 mukaisesti seitsemäs joulukuuta tapahtui jotain, koska kokonaisfosforipitoisuus on melkein neljä kertaa korkeampi kuin yleensä. Mielenkiintoisesta on, että liuenneen fosforin pitoisuus oli lähes nolla silloin, eli ongelma tuli kiintoainepitoisuudesta.

Korkea kiintoainepitoisuus 7.12.2016 voi johtua moniasta erilaisista syistä, kuten inhimillisestä virheestä näytettä otettaessa. On mahdollista, että pullo ei ollut tarpeeksi puhdas. Toinen syy voisi olla, että sää vaikutti jonkin verran, ja jostain syystä melkein kaikki liennut fosfori saostui kiintoainemuotoon. Joka tapauksessa, prosessin läpi menevän fosforin pitoisuus näyttää olevan oikealla tasolla, eli järkevin syy on inhimillinen virhe.

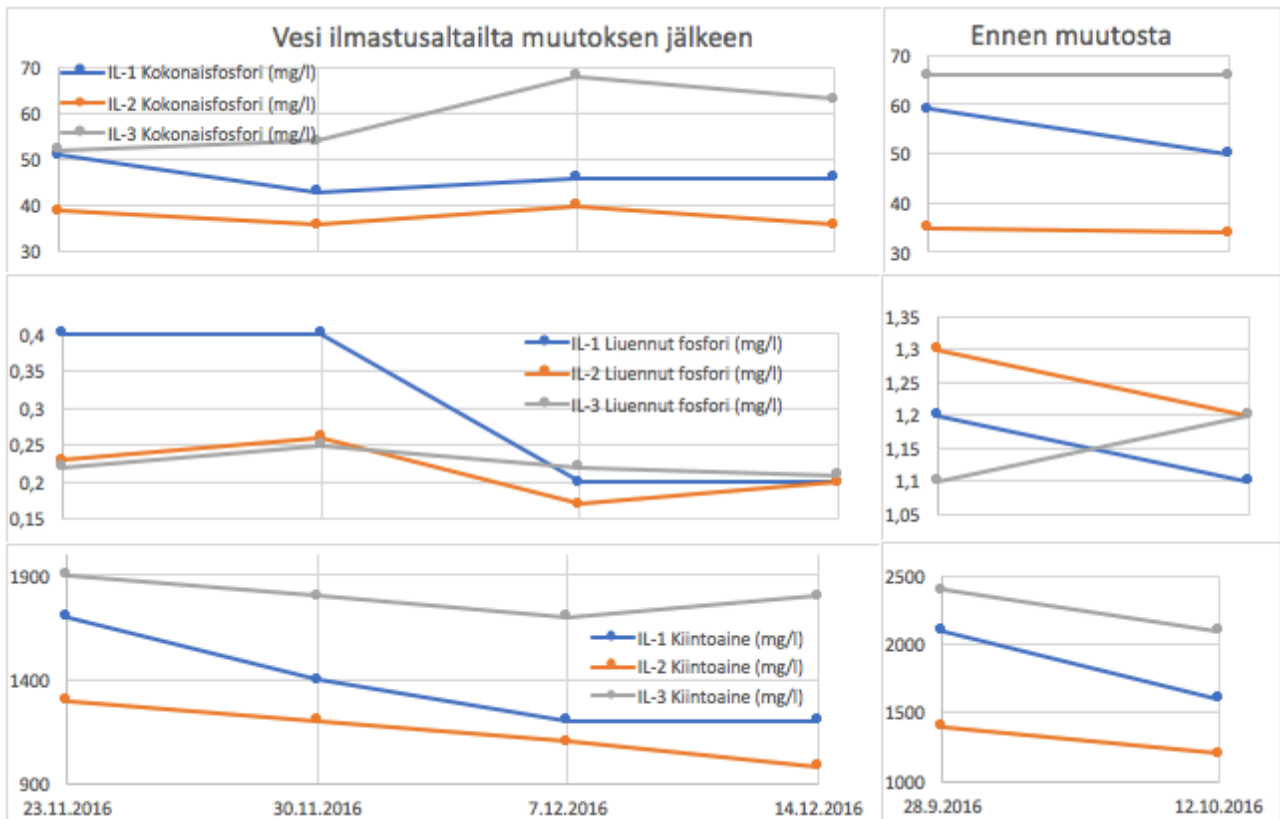


KUVA 19. PIX-annostelun vaikutus esiselkeytyksen jälkeen

Ferrisulfaattivirtauksen muutoksen jälkeen annostellaan vähemmän PIX:iä hiekanerotuksessa, ja se on vaikuttanut fosforin saostukseen. Kuvan 19 mukaan nähdään, että muutoksen jälkeen on yleisesti vähemmän fosforia esiselkeytyksen jälkeen kuin ennen muutosta, varsinkin jos liuennut fosfori on paljon matalampaa. Syy voisi olla, että tarvitaan tietyn PIX:n määrä tietylle fosforipitoisuudelle, ja jos lisätään lisää ferrisulfaattia, se ei vaikuta enää enempää. Avaintekijä tulisi löytää optimaalinen PIX:n annostelu hiekanerotuksessa.

Kun verrataan tuleva vesi ja jakovesi 28.9.2016 kuvien 18 ja 19 mukaisesti, nähdään että kokonaisfosforipitoisuus ei muuttunut kovin paljon ja se tarkoittaa, että fosforin saostuminen oli aika huono. Hyvä puoli on, että muutoksen jälkeen fosfori pitoisuus on matalampi kuin ennen muutosta ja se tarkoittaa, että sillä aikana fosfori poistaminen on toiminut aika hyvin.

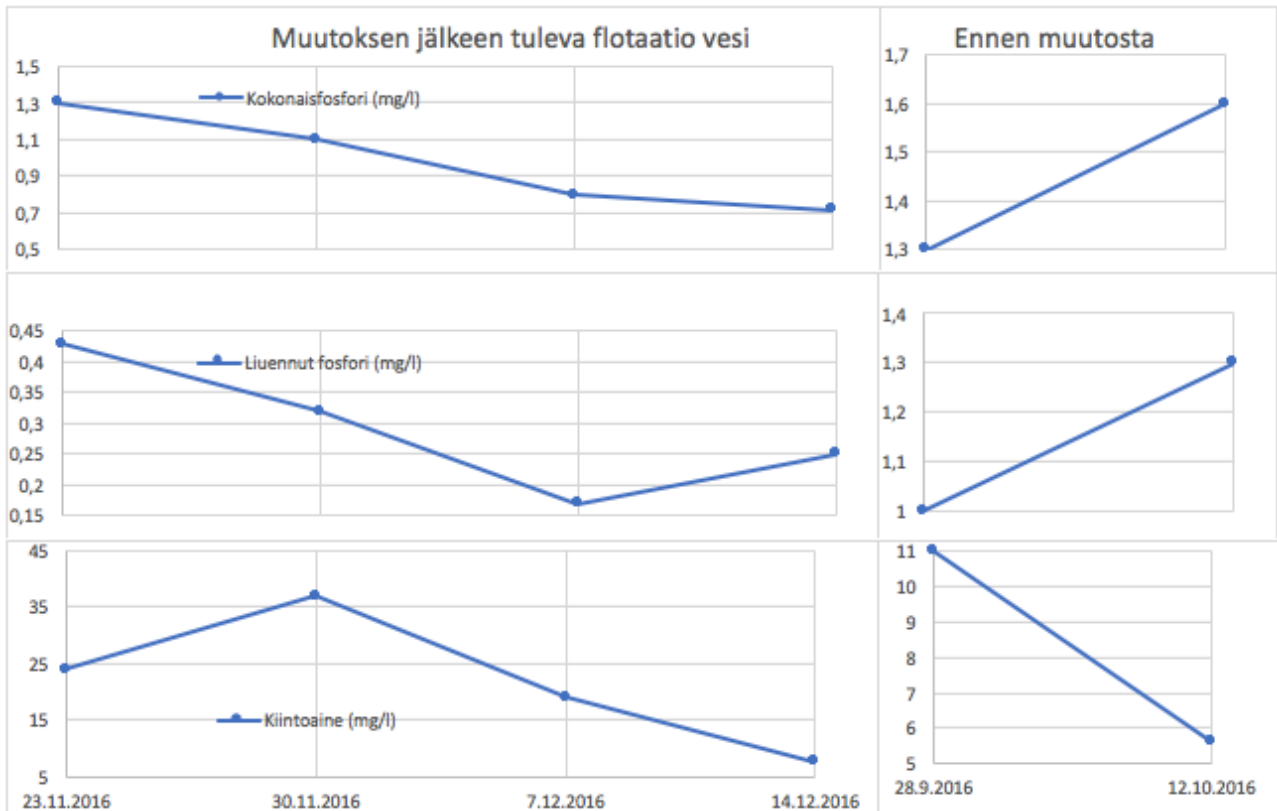




KUVA 20. PIX-annostelun vaikutus ilmastusaltaissa

Jakotornissa syötettiin toinen PIX annostelu ja sen virtauksenmuutos on vaikuttanut fosforin pitoisuuteen ilmastusaltaissa, kuten nähdään kuvassa 20. Toisessa ilmastusaltaassa, kokonaisfosfori on vähentynyt huomattavasti. Ensimmäisestä ilmastusaltaasta nähdään, että minimifosforipitoisuuden määrä ennen muutosta oli 50 mg/l, ja sen jälkeen se on aina alle 50mg/l. Kolmas ilmastusallas on samassa tilanteessa kuin ensimmäinen.

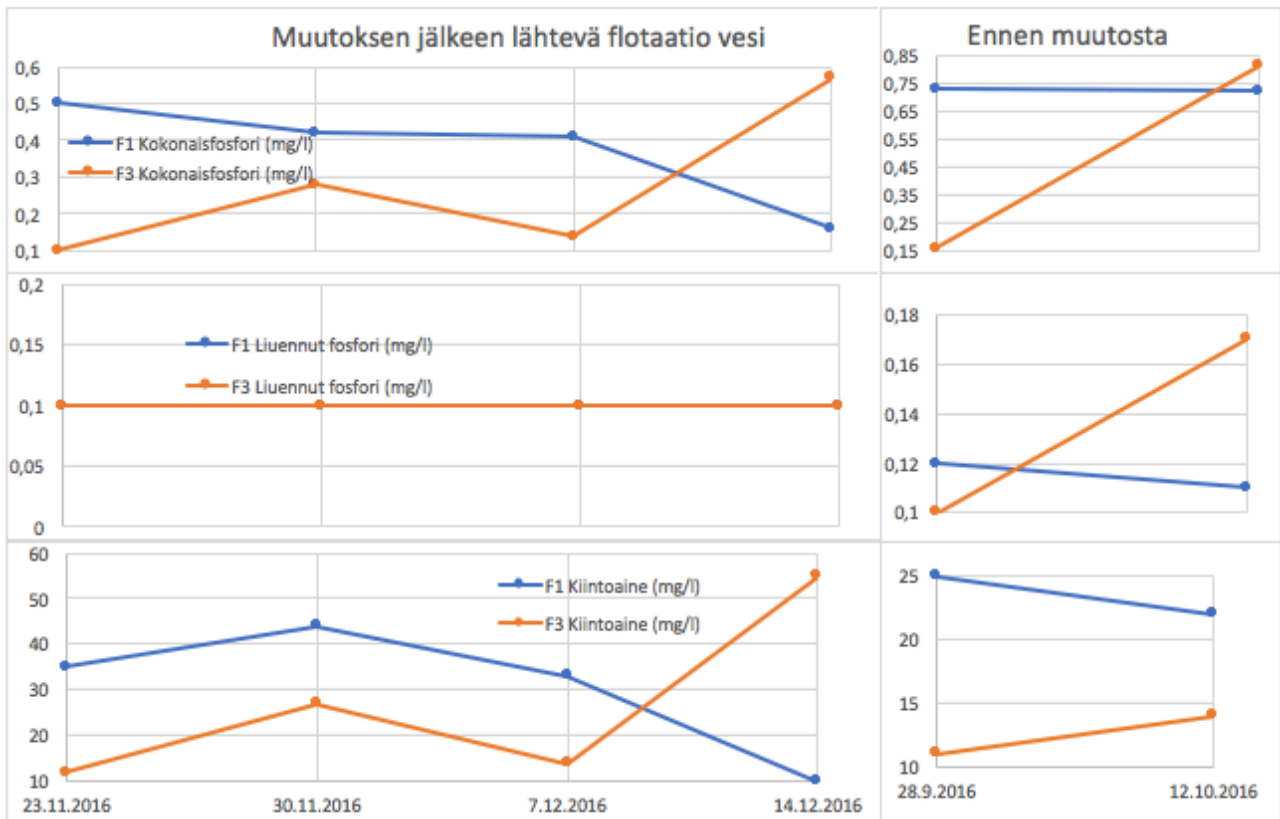
Varsinkin liuennut fosfori on parantunut huomattavasti muutoksen jälkeen. Ennen muutosta matalammin liuennut fosforin pitoisuus oli 1,1 mg/l ja sen jälkeen maksimi on 0,4 mg/l, eli maksimi on melkein kolme kertaa matalampi kuin minimi ennen muutosta kuvan 20 mukaisesti.



KUVA 21. PIX-annostelun vaikutus flotaatioon tulevassa vedessä

Jälkiselkeytyksessä kaikki saostunut fosfori poistettiin. Sen jälkeen jäljelle jäi liuennut fosfori vedessä sekä kiintoaine, joka on karannut veden mukana. Kokonaisfosforin trendiviiva flotaation muutoksen jälkeen tulevassa vedessä näyttää matalammalta kuin ennen muutosta, kuten nähdään kuvassa 21.

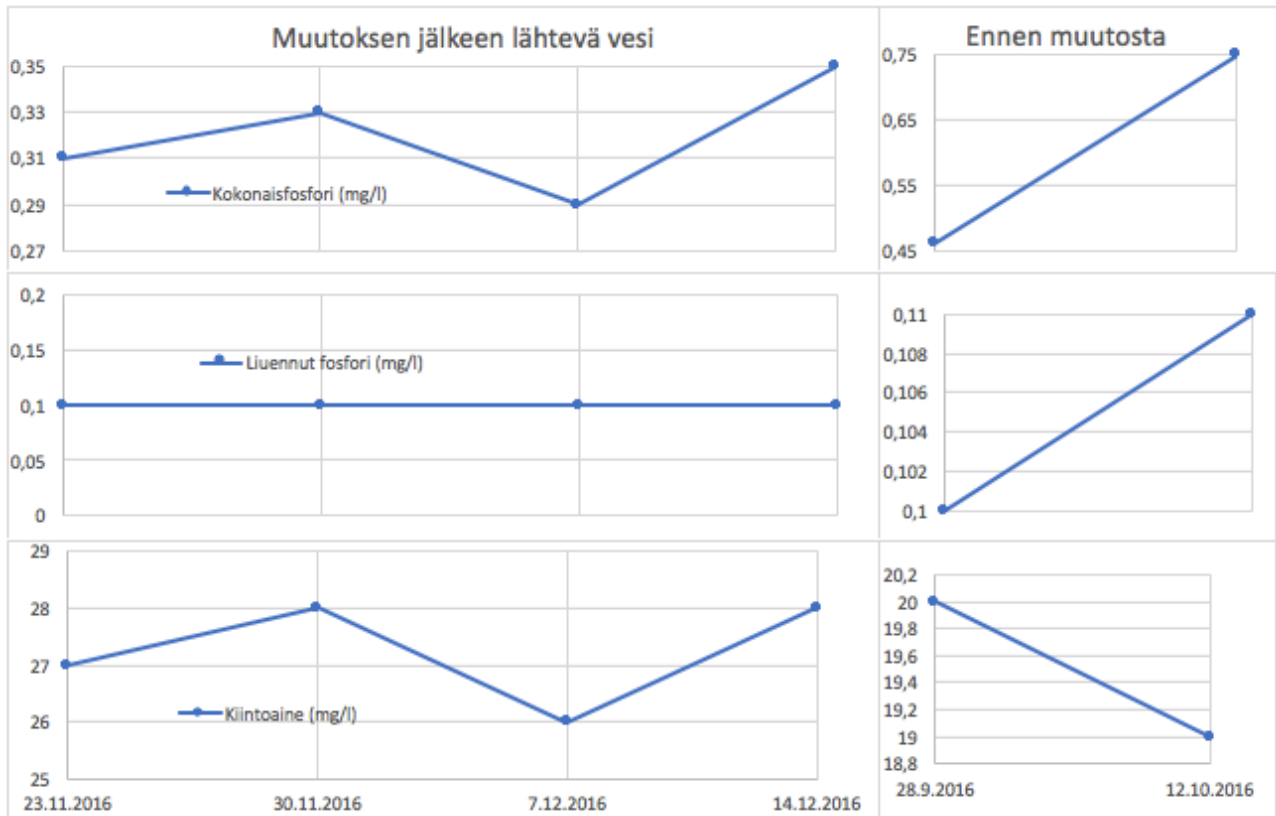
Kiintoaineen trendiviiva näyttää huonommalta muutoksen jälkeen kuin ennen muutosta ja se voisi johtua siitä, että lieteindeksi oli liian korkea, jonka takia kiintoainetta karkasi veden mukana. Silti kiintoaineen pitoisuus on korkea, tiedetään että ferrisulfaatti on toiminut hyvin, kuin verrataan liuennutta fosforipitoisuutta ennen ja muutoksen jälkeen. Kuvan 21 mukaan, liuennut fosforin pitoisuus muutoksen jälkeen oli yli kaksinkertaista matalampi kuin ennen muutosta. Se tarkoittaa sitä, että PIX on vaikuttanut fosforin saostukseen.



KUVA 22. PIX-annostelun vaikutus flotaatioon lähtevässä vedessä

Flotaation alussa PIX ja polyamiini on lisätty lietteeseen, jotta jäljellä olevat saasteet kasataan ja liuennut fosfori vedessä saostutaan. Kuvassa 22 nähdään, että liuennut fosfori on 0,1 mg/l, mutta totuus on, että viralliset paperit ilmoittivat alle 0,1 mg/l. Jos verrataan liuenneen fosforin pitoisuutta flotaatioon lähtevässä vedessä muutoksen jälkeen ja ennen muutosta, fosforin määrä on selvästi muuttunut paremmaksi.

Vaikka kuvan 22 mukaan kiintoaineen tilanne ei parantunut kovin paljon, kokonaisfosforipitoisuuden keskiarvo on parantunut periaatteessa jonkin verran. Liuenneen fosforin pitoisuus on kuitenkin matala, ja sen takia kannattaa miettiä, millä tavalla on mahdollista poistaa fosforyyhdisteitä kiintoaineen muodossa, koska PIX:n ansiosta liuennut fosfori on lähes olematonta.

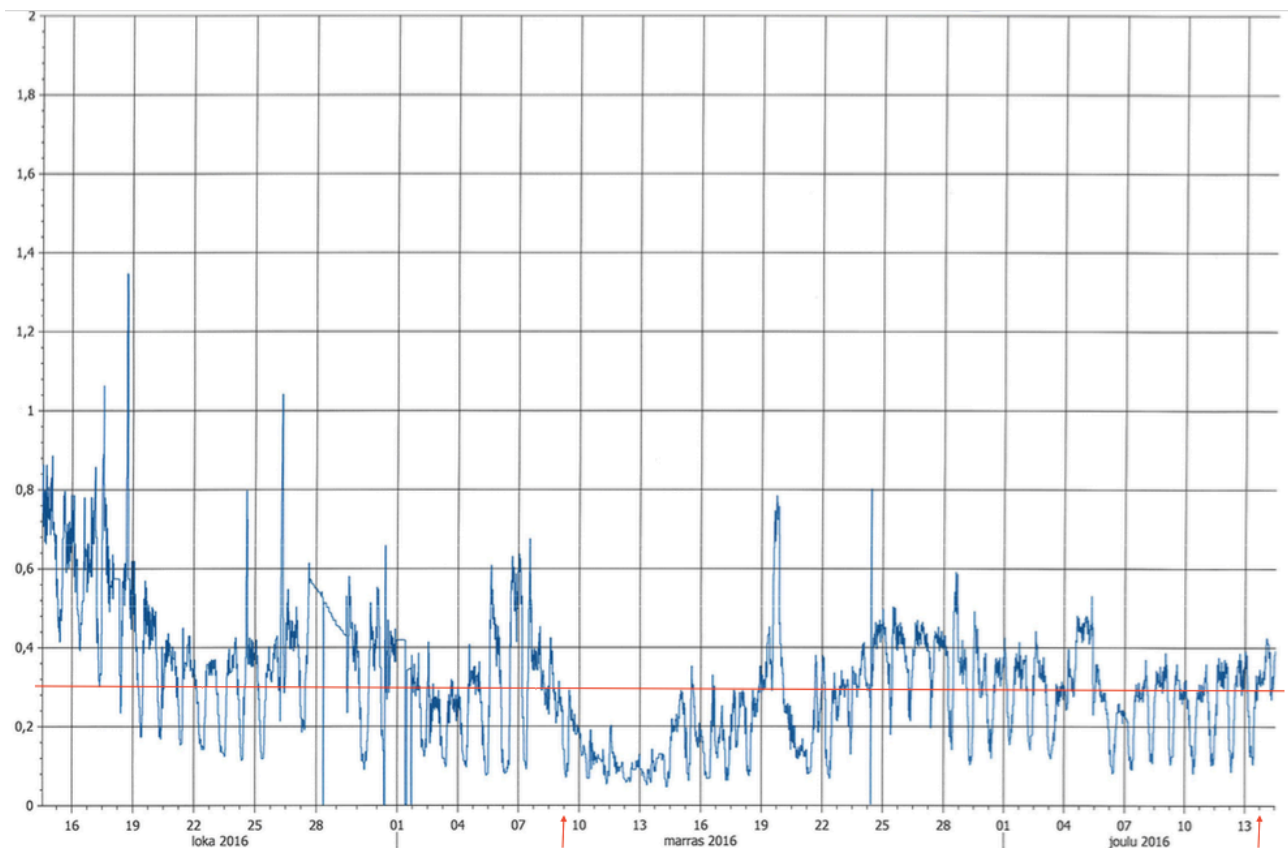


KUVA 23. PIX-annostelun vaikutus lähtevässä vedessä

Tässä vaiheessa yhdistetään flotaation linjat muodostamaan jätevedenpuhdistamon lähtevä vesi, sen takia nähdään helpommin, jos PIX:n virtausmuutokset ovat vaikuttaneet prosesseihin loppujen lopuksi. Kuvan 23 mukaan nähdään, että kokonaisfosfori pitoisuus muutoksen jälkeen on parantanut huomattavasti. Ennen muutosta minimifosforin pitoisuus oli 0,45 mg/l ja sen jälkeen se vaihtelee välillä 0,29-0,35 mg/l. Joka tapauksessa on olennainen muistaa, että kokonaisfosforin virallinen raja-arvo on 0,3 mg/l ja vaikka fosforitilanne on parantunut, on se vielä ylärajalla.

Ongelma sitten on, että kiintoaineen tilanne on ehdottomasti huonontunut. Jälkiselkeytyksen jälkeen kiintoaineen määrä oli jo tosi korkea, kuten nähdään kuvassa 21, ja siitä lähtien kiintoaine on ollut tosi korkea prosessin loppuun asti. Sen takia lieteikä jälkiselkeytyksessä on avain piste prosessissa, koska jos kiintoaine karkaa sieltä veden mukana, minkä jälkeen on hyvin vaikea poistaa sitä prosessista.

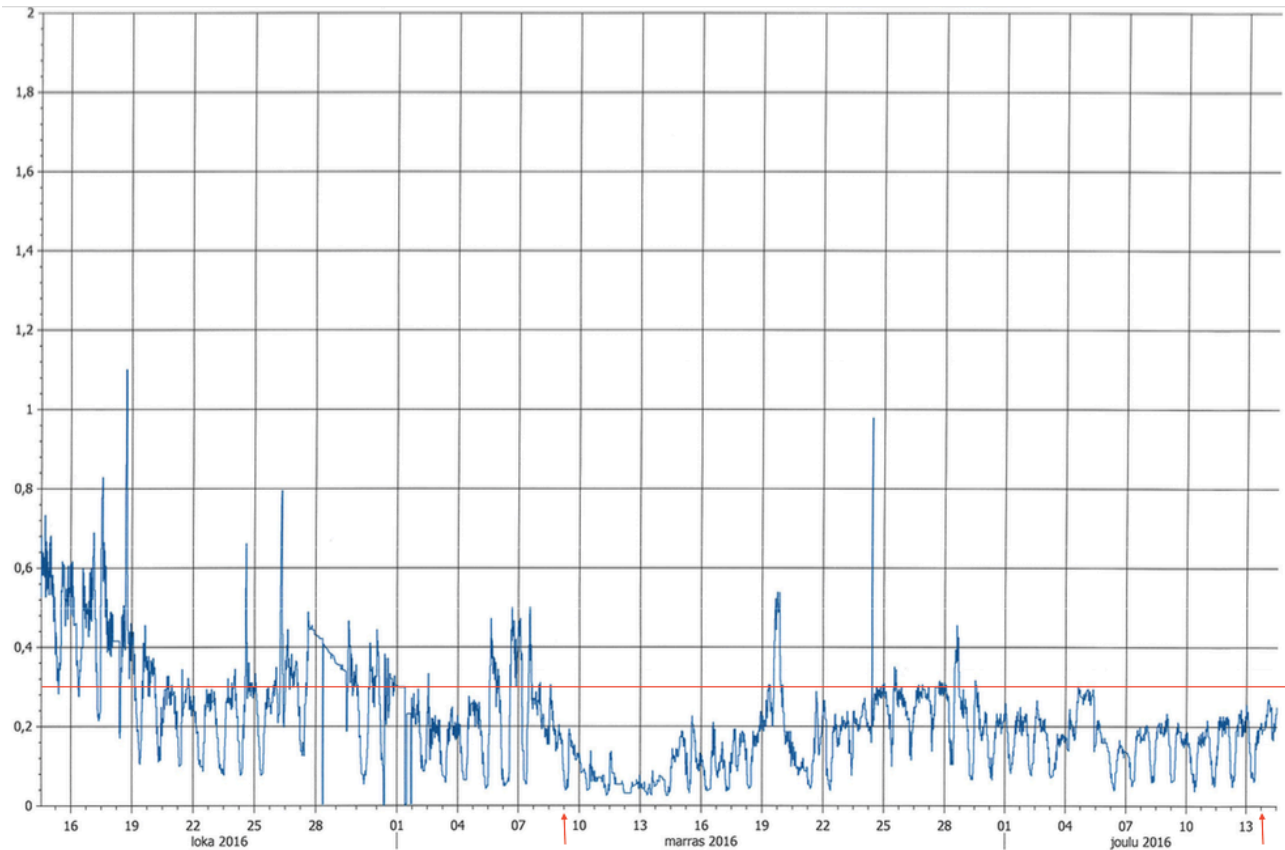
Vaikka se näyttää siltä, että PIX:n virtaus muutokset ovat vaikuttaneet kokonaisfosforipitoisuuteen lähtevässä vedessä, on tosi vaikeaa myöntää, että se on oikeasti vaikuttanut, jos tähän asti on ollut käytettävissä pelkästään neljä pistettä. Sen takia on olennaista myös verrata kokonaisfosforin sekä liuenneen fosforin yleiskuvaa kolme kuukauden aikana.



KUVA 24. Kokonaisfosfori pitoisuus (mg/l) lähtevässä vedessä

Vaikka virallinen virtauksen muutos oli 14.11.2016, säädetiin vähän aikaisemmin PIX:n virtausta hiekanerotuksessa sekä jakotornissa. Säättö aloitettiin keskiviikkona 9.11.2016, kuten nähdään kuvassa 24 nuolilla. Viimeinen virallinen kokeellinen päivä oli 14.12.2016.

Kuvan 24 mukaan on tosi vaikea vahvistaa, jos PIX on vaikuttanut fosforin poistamiseen vai ei. Punainen suoravaakaviiva edustaa virallista fosforipitoisuuden rajaa 0,3 mg/l ja on selvää, että fosforinpitoisuus on ylärajalla koko ajan. Jos halutaan tietää tarkemmin, miten ferrisulfaatti on vaikuttanut, kannattaa tarkistaa liuenneen fosforin yleiskuva.

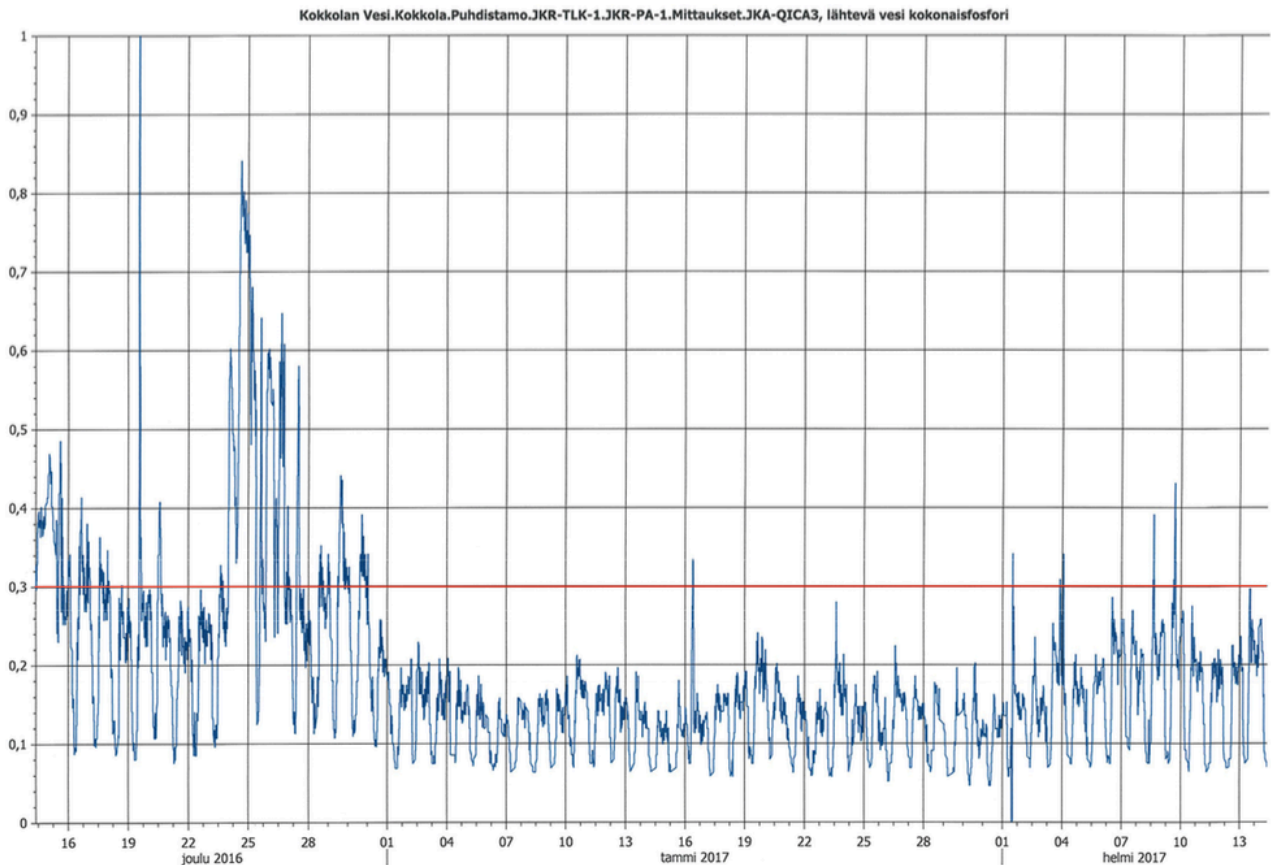


KUVA 25. Liuennut fosfori pitoisuus (mg/l) lähtevässä vedessä

KUVA 25 näyttää liuenneen fosforin pitoisuuden lähtevässä vedessä, ja vaikka on vaikea tunnistaa mitään trendejä, on aika selvää, että keskimääräinen fosforipitoisuus on matalampi kuin ennen muutosta. Joskus jotkut viivat menevät ylärajalla, mutta liuennut fosfori pysyy suunnilleen alarajalla. Joka tapauksessa pitää ottaa huomioon, että kokonaisfosfori on liuennut fosfori plus kiintoainefosfori, eli ei riitä, että liuennut fosfori on juuri ja juuri alarajalla, sen tulisi olla mahdollisimman matala.

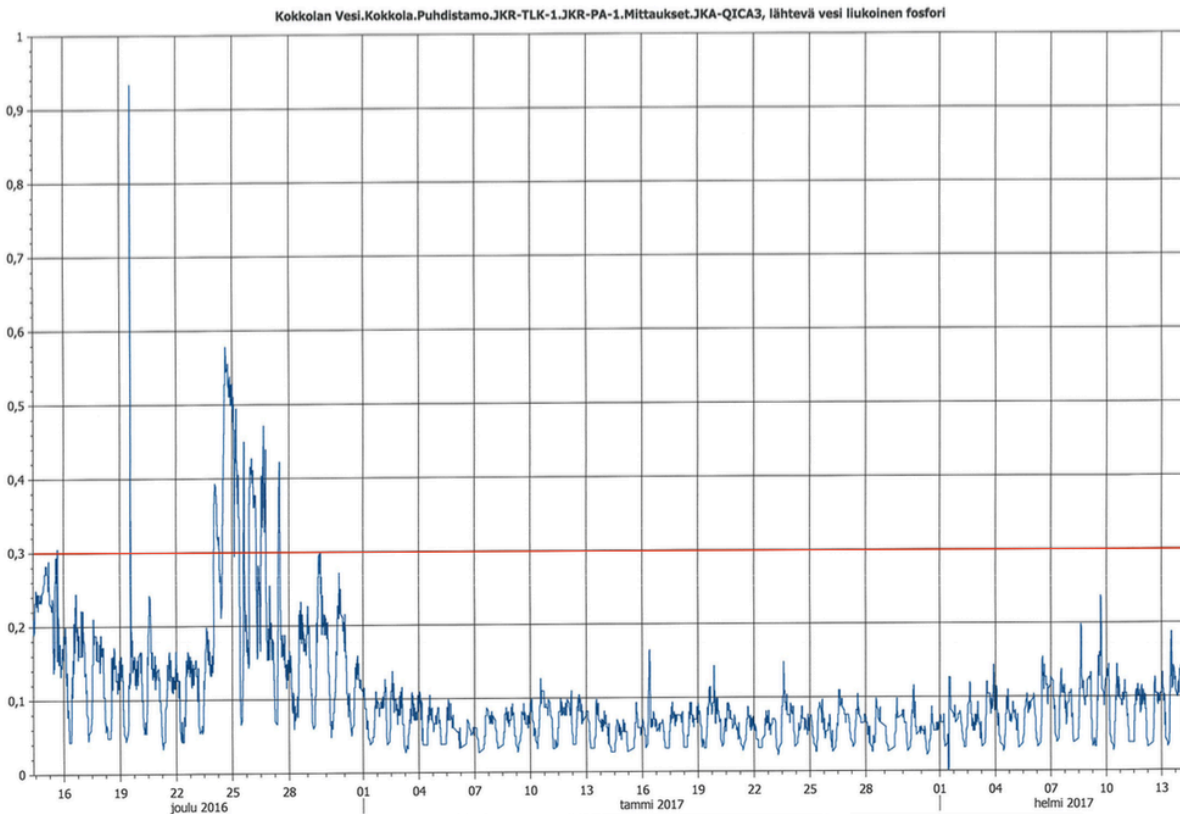
Vaikka PIX:n virtauksen muutos on vaikuttanut vähän liuenneen fosforin säätämiseen, kannattaa kokeilla muutamia erilaisia PIX virtauksia hiekanerotuksessa sekä jakotornissa, kuten 80-60 tai 60-60 mg/l. Kokeen aikana suhde oli 80mg/l hiekanerotuksessa ja 40 mg/l ilmastusaltaan alkupäässä (LIITE 1). Toinen avainprosessi, jota kannattaa ehdottomasti pitää tarkkailussa on jälkiselkeytyksen näkösyvyys ja lieteikä, koska kiintoaine fosfori karkaa sieltä eteenpäin prosesseihin. Jos kiintoainemäärä saadaan kuriin jälkiselkeytyksessä, voi olla paljon helpompi säätää liuennutta fosforia.

Joulukuun lopussa jätevedenpuhdistamossa oli päätetty muuttaa lietettä kuivava polymeeri toiseen tiivistämössä. Uudella polymeerillä on samat ominaisuudet kuin vanhalla polymeerillä, mutta sen molekyylipaino on korkeampi, eli sillä on pitempi ketjurakennus. Kuvassa 26 ja 27 nähdään, miten tämä uusi polymeeri on vaikuttanut fosforin poistamiseen ja PIX:n annosteluun joulukuun jälkeen.



KUVA 26. Kokonaisfosfori pitoisuus (mg/l) lähtevässä vedessä joulukuusta lähtien

Kun verrataan lähtevän veden fosforipitoisuutta ennen joulukuuta ja sen jälkeen, on hämmästyttävää nähdä niiden fosforinmäärän erotus. Kuvassa 26 nähdään, että kokonaisfosforin pitoisuus on melkein aina alle 0,3 mg/l, ja se on erinomainen.



KUVA 27. Liennut fosfori pitoisuus (mg/l) lähtevässä vedessä joulukuusta lähtien

Liennut fosfori lähtevässä vedessä on hämmästyttävämpi kuin kokonaisfosforin pitoisuus, kuten nähdään kuvassa 27. Keskimääräinen liukoinen fosforimäärä on alle 0,1 mg/l ja se tarkoittaa sitä, että tiivistämö on myös avainvaihe fosforin poistamiseen.

Tiivistämö pystyy vaikuttamaan fosforimäärään prosesseissa rejektiveden kautta. Rejektivesi kierretään jakotorniin ja sen laatu on riippuvainen kuivalietteen suorituskyvystä. Tämän keskikationisen polymeerin pitkäketjun avulla kiinnitetään orgaanisten sekä fosforyhdisteen polymeeriketjut muodostumaan lietteenflokki tehokkaammin. Tämän perusteella on mahdollista, että rejektivedestä tulee puhtaampaa ja fosforinkierrätys on matalampaa. Ongelma on, että siinä on monia mahdollisuuksia, ja useat asiat vaikuttavat fosforin poistamiseen, kuten vuodenajat. Kannattaa odottaa kesäaikaa, jotta voidaan tarkistaa, miten fosforin poistaminen etenee.

Toinen erinomainen puoli tämän polymeerimuutoksen kanssa on, että PIX:n annostelu on vähentynyt huomattavasti, kuten nähdään LIITE 2:ssä. Se tarkoittaa, että polymeerikustannukset vähenevät ja yritys pystyy loppujen lopuksi säästämään rahaa.



## 8. YHTEENVETO

Polymeerin, jota tarvitaan lietteen kuivamista varten, pitää olla keskikationinen. Anioninen polymeeri ei toimi ollenkaan ja korkeakationinen polymeeri, kuten testattu Q90, ei toimi myöskään. Matalakationinen, kuten Q15 tuskin toimii ja vaikka Q20 toimi suhteellisen hyvin, Q50:n suorituskyky on parempi. Teollisuudessa kannattaa keskittyä polymeerin matalampaan annosteluun, jotta saadaan hyvä pumpun suorituskyky, eli mieluummin alle 150 L polymeeri per lietekuutio.

On todistettu, että muun muassa kuivaloppulietteen olomuoto vaikuttaa fosforinsuoritukseen ja loppujen lopuksi fosforin pitoisuuteen lähtevässä vedessä. Jos keskikationinen polymeeri ei toimi kunnollisesti, fosforiyhdisteet eivät pysy pitkäketjussa kiinni ja karkaavat veden mukana rejektiveden muodossa. Sen jälkeen rejektivesi palauttaa karanteen fosforin jakoaltaaseen, jossa se voi kasaantua. Tiivistäminen on avainprosessi jätevedenpuhdistamossa sekä kuivalietteen että fosforipitoisuuteen lähtevässä vedessä, ja kuten mainittiin edellä, on erittäin tärkeää, että lietettä kuivava polymeeri toimii rahan häviön estämiseksi ja vielä tarkemmin, matalaan fosforipitoisuutta varten lähtevässä vedessä.

Toinen avainprosessi jätevedenpuhdistamossa on jälkiselkeytys, koska se on viimeinen vaihe prosessissa, jossa karkaa saostettuja fosforiyhdisteitä veden mukana. Jälkiselkeytyksessä poistetaan kiintoaine vetovoiman avulla, ja vaikka fosforisaostuminen on onnistunut, jos laskeumanopeus on liian matala saostuneet fosforiyhdisteet karkaavat flotaatiota kohti. Kannattaa seurata SVI jälkiselkeytyksissä hyvää laskeutumista varten, jotta estetään fosforin karkaamista.

Tuulevaisuudessa kannattaa annostella PIX ilmastusaltaiden loppupäissä tai jälkiselkeytyksissä. On jo tehty muutamia kokeita ja näkösyvyys parani, eli kannattaa tutkia tätä annostelupistettä syvemmillä. Toinen mahdollisuus tulevaisuudessa on tutkia mitä tapahtuisi, jos olisi annosteltu tietyt määrät kationista polymeeriä jälkiselkeytykseen. Tähän asti tiedetään, että fosfori kiintoainemuodossa on jälkiselkeytyksen veden pinnalla ja karkaa herkästi veden mukana. Jos jostain syystä ei ole mahdollista pitää lieteindeksiä tarpeeksi matalana, olisi mielenkiintoista yrittää flokkuloida kiintoainefosfori sillä tavalla, että se pystyy laskeutumaan paremmin.

## LÄHTEET

Activated sludge process control, Department of Environmental Quality, State of Michigan, 8/11. Saatavissa: [https://www.michigan.gov/documents/deq/wrd-ot-activated-sludge-manual\\_460007\\_7.pdf](https://www.michigan.gov/documents/deq/wrd-ot-activated-sludge-manual_460007_7.pdf). Viitattu 28.02.2017

Fuller, R. 2016. "The wastewater blog". 19.12.2016. Saatavissa: <http://www.thewastewaterblog.com/single-post/2016/12/19/Food-to-Mass-Ratio>. Viitattu 28.02.2017

The Complete Guide of Water Chemistry & Treatment, Relationship Between TS, TSS and TDS. T.P.Sivanandan, 30.12.2009. Saatavissa: <http://www.water-chemistry.in/2009/12/relationship-between-ts-tss-and-tds/>. Viitattu 28.02.2017

Corrosionpedia, Volatile Solids. Saatavissa: <https://www.corrosionpedia.com/definition/1154/volatile-solids>. Viitattu 28.02.2017

Environmental Encyclopedia, The Gale Group Inc., 2003. Saatavissa: <http://www.encyclopedia.com/environment/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/activated-sludge> . Viitattu 25.04.2017

USGS, science for a changing world. Volatile Organic Compounds in the Nation's Ground Water and Drinking-Water Supply Wells: Supporting Information. Saatavissa: [https://water.usgs.gov/nawqa/vocs/national\\_assessment/report/glossary.html](https://water.usgs.gov/nawqa/vocs/national_assessment/report/glossary.html). Viitattu: 28.02.2017

Barnstable County Department of Health and Environment, Basics of Wastewater Treatment. Saatavissa: <http://www.barnstablecountyhealth.org/resources/publications/compendium-of-information-on-alternative-onsite-septic-system-technology/basics-of-wastewater-treatment>. Viitattu: 28.02.2017

Chemical Book, Sodium carbonate. Saatavissa: [http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB9853672.htm](http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB9853672.htm). Viitattu: 28.02.2017

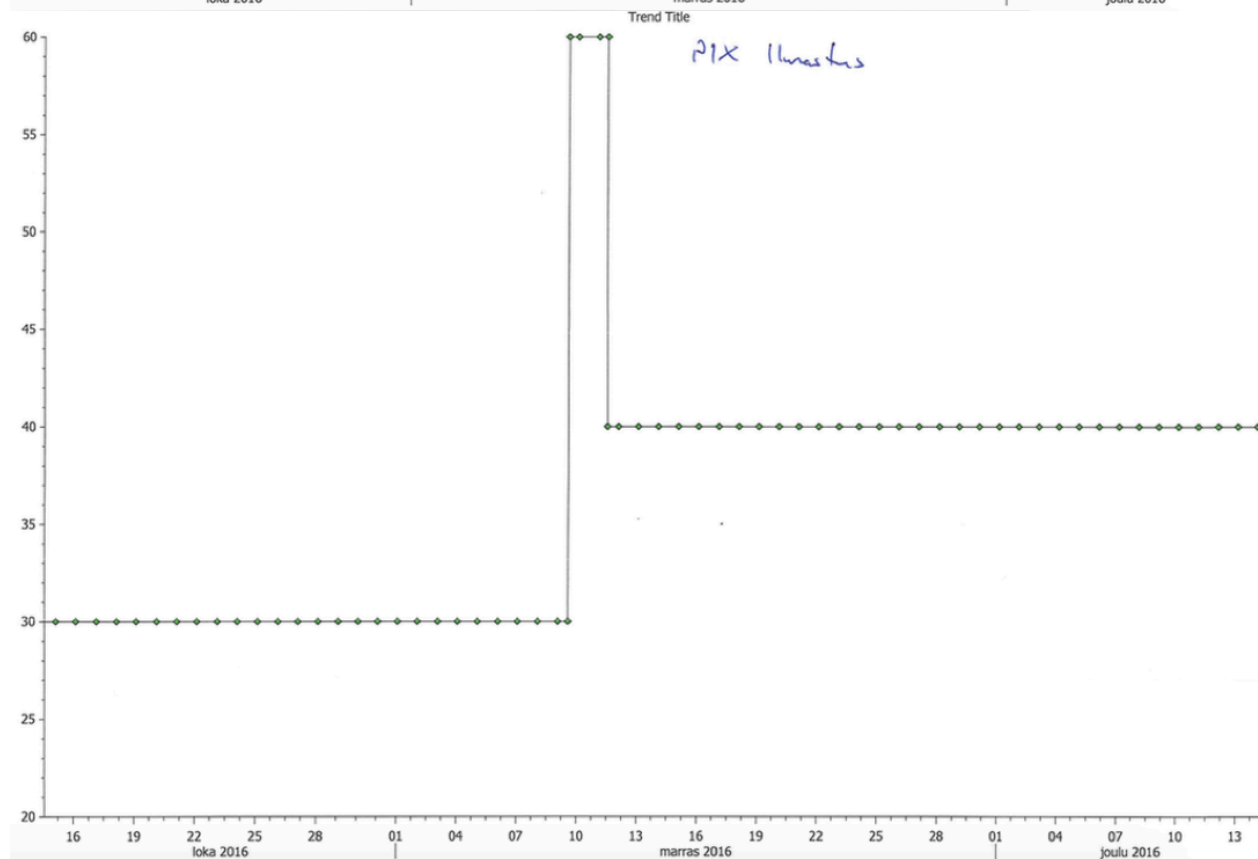
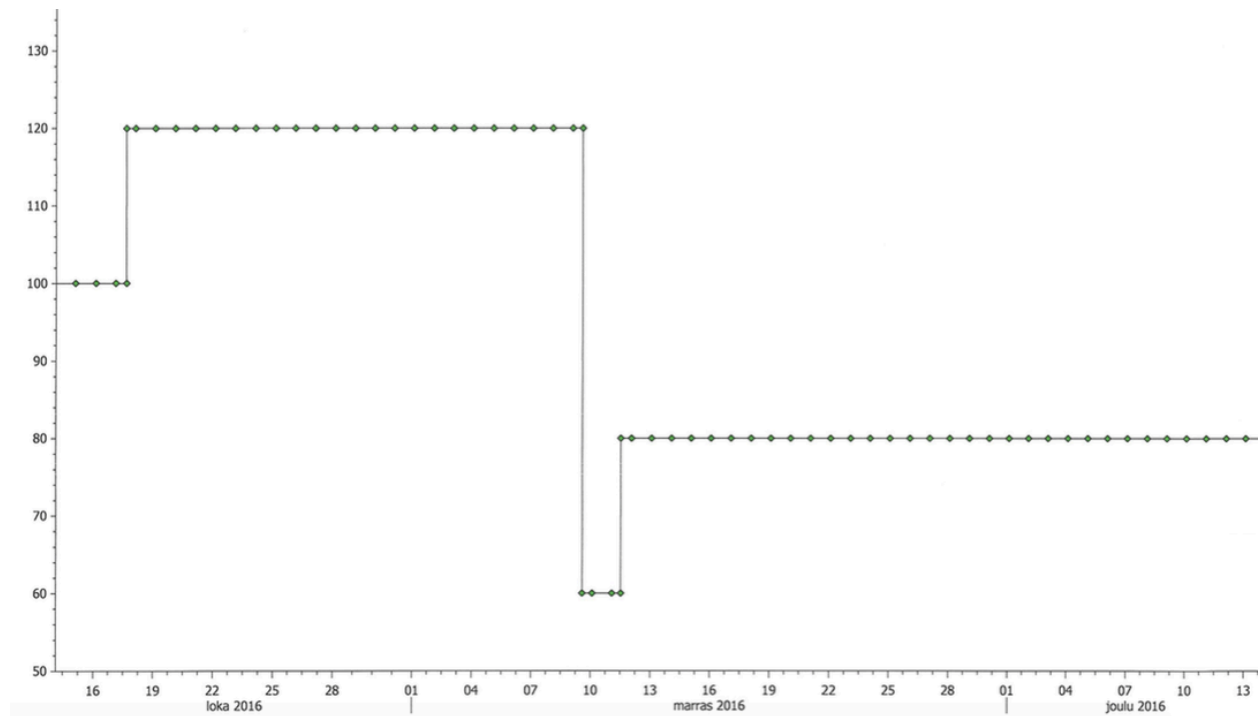
MI SWACO, A Schlumberger Company. Lime, hydrated Lime and slaked Lime are all common names for calcium hydroxide ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), 2011. Saatavissa: [https://www.slb.com/~media/Files/miswaco/product\\_sheets/lime.ashx](https://www.slb.com/~media/Files/miswaco/product_sheets/lime.ashx). Viitattu: 28.02.2017

SNF FLOERGER, COAGULATION FLOCCULATION. Saatavissa: <http://www.snf.us/wp-content/uploads/2014/08/Coagulation-Flocculation.pdf>. Viitattu: 28.02.2017

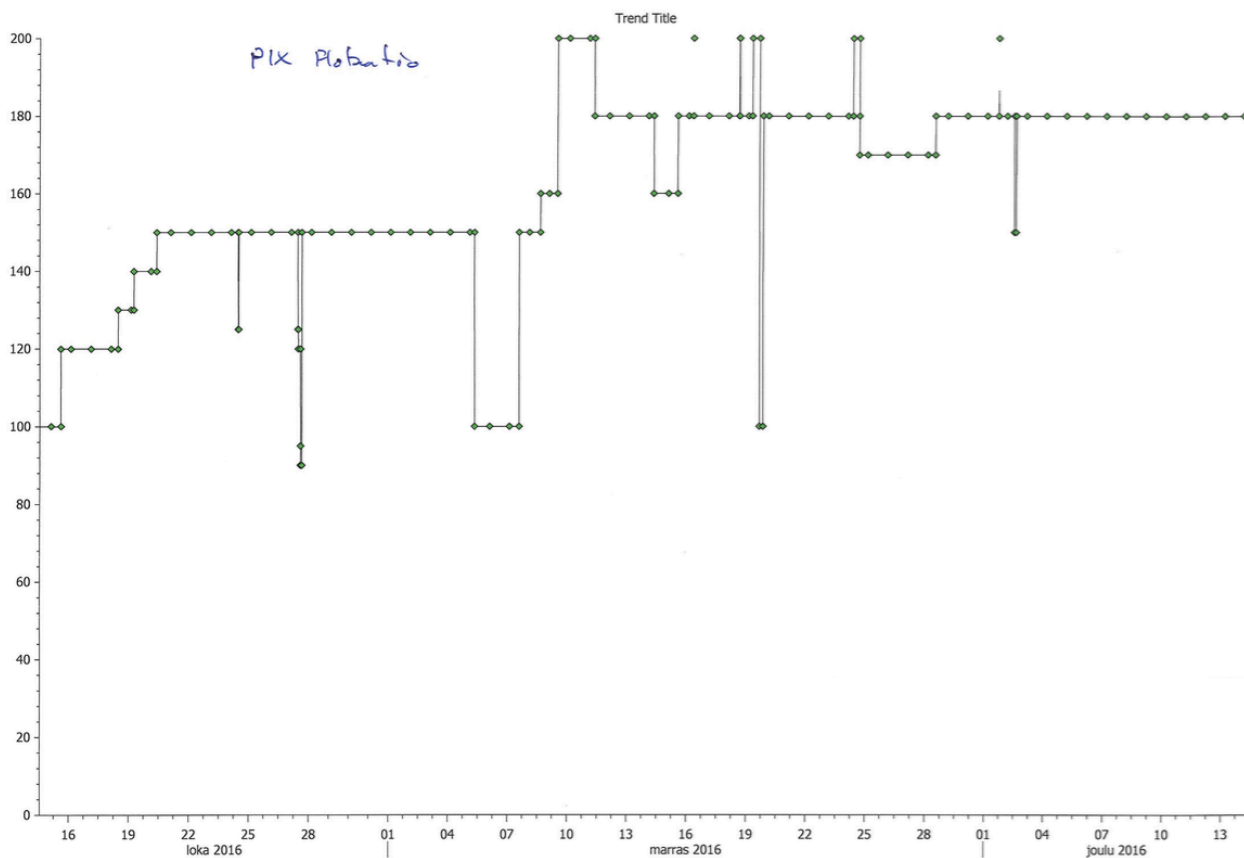
Kokkolan jätevedenpuhdistamon prosessikaavio, 01.02.2017. Saatavissa: [http://www.kokkola.fi/palvelut/asuminen\\_ja\\_rakentaminen/kokkolan\\_vesi/jatevedet/fi/Fl/jatevedenpuhdistamon\\_prosessikaavio/files/97377357121521339/default\\_FS/prosessikaavio.jpg](http://www.kokkola.fi/palvelut/asuminen_ja_rakentaminen/kokkolan_vesi/jatevedet/fi/Fl/jatevedenpuhdistamon_prosessikaavio/files/97377357121521339/default_FS/prosessikaavio.jpg). Viitattu: 28.02.2017

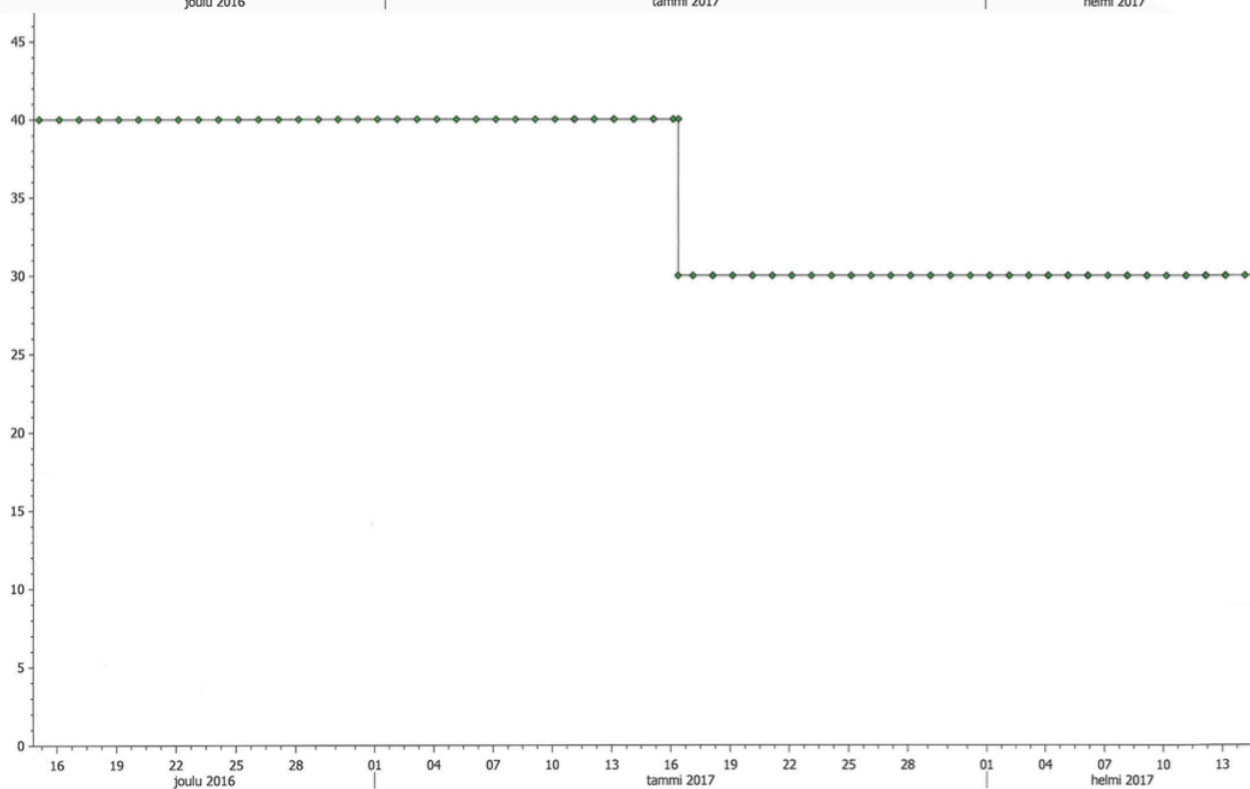
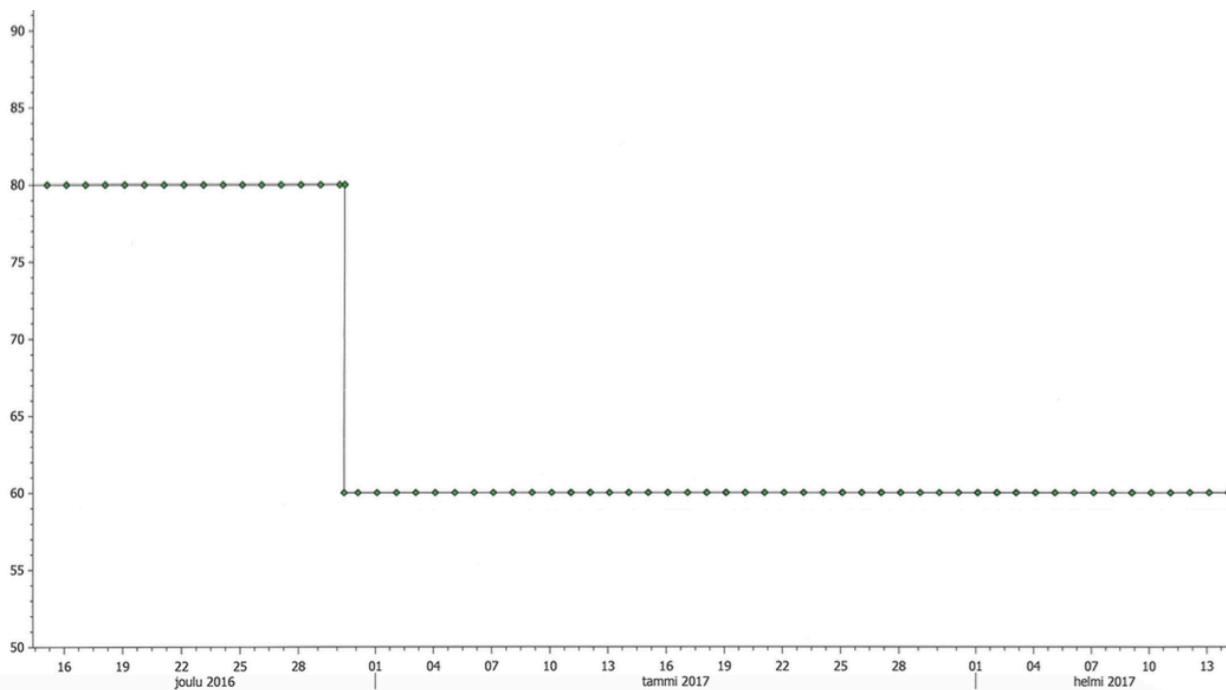
Yle Uutiset ja sää 02.08.2016 klo 17.00. Saatavissa: <http://areena.yle.fi/1-3648231>. Viitattu: 28.02.2017

**PIX ANNOTELU HIEKANEROTUKSESSA (YLHÄÄLLÄ) SEKÄ ILMASTUSALTAASSA (ALHAALLA) LOKAKUUSTA JOULUKUUN**

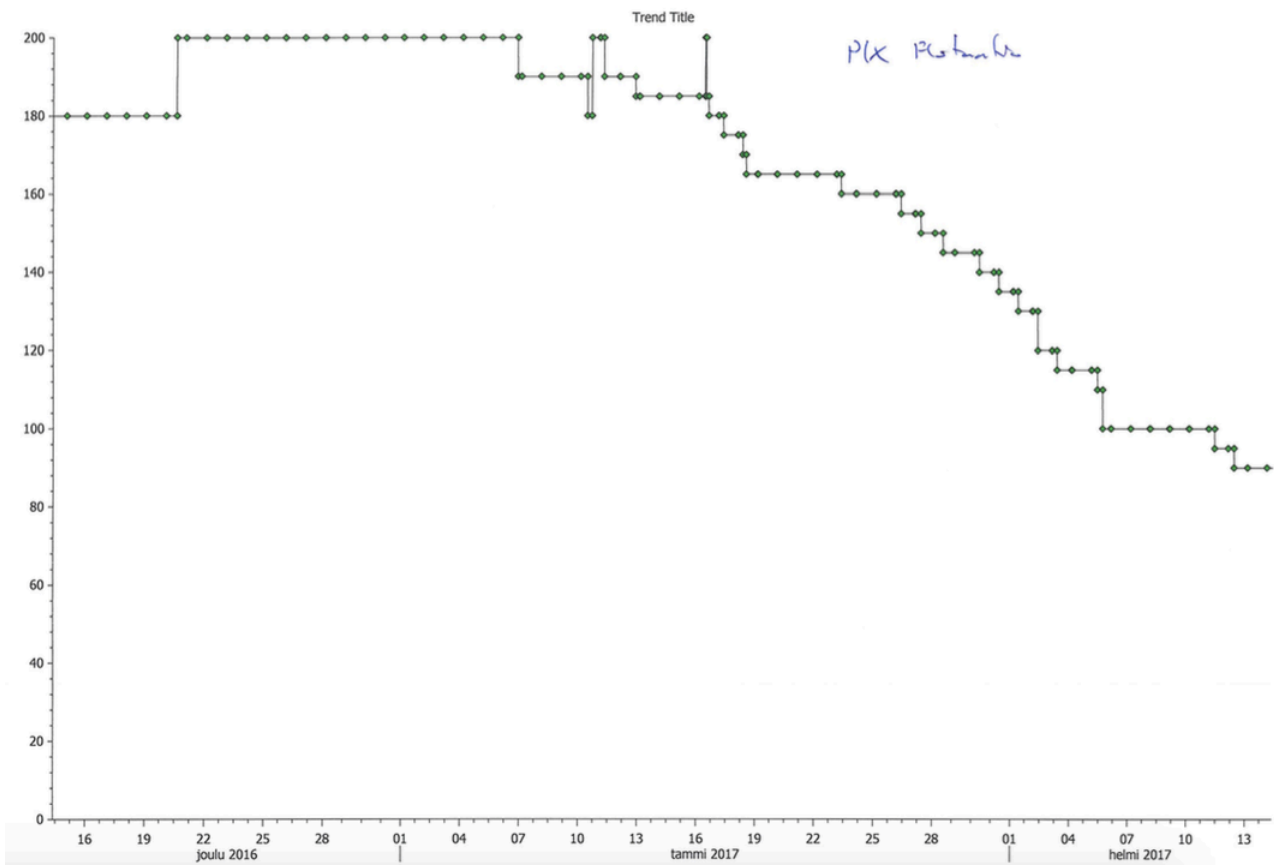


### PIX ANNOTELU FLOTAATIOSSA LOKAKUUSTA JOULUKUUN



**PIX ANNOSTELU HIEKANEROTUKSESSA (YLHÄÄLLÄ) SEKÄ ILMASTUSALTAASSA (ALHAALLA) JOULUN JÄLKEEN**

# PIX ANNOSTELU FLOTAATIOSSA JOULUN JÄLKEEN



## Kemira

Where water  
meets chemistry™

### KEMIRA PIX-105

#### Ferrisulfaattiliuos

**KEMIRA PIX-105** on vedenpuhdistuksessa käytettävä nestemäinen saostusaine, jonka teho perustuu aktiiviseen kolmiarvoiseen rautaan ( $\text{Fe}^{3+}$ ).

KEMIRA PIX-105 sopii jätevesien puhdistukseen, lietteenkäsittelyyn sekä myös rikkivedyn torjuntaan.

#### Tuotespesifikaatio

Ulkomuoto	Tummanruskea neste
Rauta ( $\text{Fe}^{3+}$ )	11,2 ± 0,5 %
Rauta ( $\text{Fe}^{2+}$ )	<0,5 %
Tiheys (20°C)	1,50 ± 0,05 g/cm <sup>3</sup>

#### Muut ominaisuudet

Aktiivianepitoisuus	n. 2,0 mol/kg
Sulfaatti ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	32 ± 2 %
Liukenematon	<0,2 %
Viskositeetti (20°C)	25 ± 5 mPas
pH (20°C)	<1

#### Annostelu

KEMIRA PIX-105 voidaan annostella kalvo-pumpuilla laimentamattomana suoraan varastosäiliöstä tai vedellä laimennettuna.

#### Tuote-esite Ref. 02/2014

#### Soveltuvat materiaalit ja varastointi

KEMIRA PIX-105 kanssa kosketuksiin joutuvien osien tulee olla muovia (PE, PP, PVC), lasikuitu-vahvisteista polyesteriä, titaania, kumioitua tai haponkestävää terästä. Tämä on huomioitava valittaessa pumppuja, putkistoja ja varastosäiliötä.

KEMIRA PIX-105 suositeltava varastointiaika on korkeintaan 6 kk. Tuotteen suositeltava käyttö- ja varastointilämpötila on 0 – 30 °C. Säilytysastia tulee merkitä tuotteen teknisellä nimellä sekä varoitusmerkillä.

#### Toimitukset

KEMIRA PIX-105 toimitetaan irtotavarana säiliöautolla. Tuotetta on saatavana myös 1 m<sup>3</sup> IBC konteissa sekä 30 l kanistereissa.

#### Käyttöturvallisuus

Kemikaalia tulee käsitellä varoen. Henkilöiden, jotka vastaavat KEMIRA PIX-105 käytöstä ja käsittelystä, tulee tutustua käyttöturvallisuustiedotteeseen ennen tuotteen käsittelyä.

Kemira antaa edellä mainitut tiedot vain asiakkaan tiedottamistarkoituksessa, ja tiedon tarkoituksena on ainoastaan auttaa asiakasta tuotteen arvioinnissa. Asiakkaan on testattava meidän tuotteemme sen varmistamiseksi, että ne sopivat asiakkaan haluamiin käyttötarkoituksiin ja sovelluksiin myös työterveyden ja -turvallisuuden sekä ympäristön näkökulmasta. Asiakkaan on myös annettava työntekijöilleen, agentteilleen, alihankkijoilleen, asiakkailleen ja muille tuotteille alistetuille kolmansille osapuolille koulutusta sovellettavista varotoimista. Kaikki tiedot ja tekninen tuki annetaan ilman minkäänlaista takuuta, ja tietoja voidaan muuttaa ilman ennakkoilmoitusta. Asiakas vastaa täysin kaikkien tietojen ja varotoimien sekä kaikkien hallintoviranomaisten tuotteiden prosessoinnista, kuljetuksesta, toimituksesta, purkamisesta, hävittämisestä, varastoinnista, käsittelystä, myynnistä ja käytöstä antamien lakien, asetusten, säädösten ja määräysten noudattamisesta. Mitään tässä asiakirjassa ei voida tulkita suositukseksi käyttää jotain tuotetta mitään materiaalia tai sen käyttöä suojaavan patentin vastaisesti.

Kemira Oyj  
Porkkalankatu 3  
PL 330  
00101 Helsinki

Puh. 010 8611 (vaihe)  
Fax 010 862 1968  
www.kemira.com

Y-tunnus 0109823-0  
Kotipaikka Helsinki  
ALV rek.



**Kemira**

Where water  
meets chemistry™

**Tuote-esite**  
Ref. 01/2015

**Epäpuhtaudet****Pitoisuus tuotteessa**

Arseeni (As)	<0,1 mg/kg
Kadmium (Cd)	<0,1 mg/kg
Kromi (Cr)	<5 mg/kg
Elohopea (Hg)	<0,1 mg/kg
Nikkeli (Ni)	<50 mg/kg
Lyijy (Pb)	<1 mg/kg

**Kemira Oyj**  
Porkkalankatu 3  
PL 330  
00101 Helsinki

Puh. 010 8611 (vaihde)  
Fax 010 862 1968  
www.kemira.com

Y-tunnus 0109823-0  
Kotipaikka Helsinki  
ALV rek.

## Kemira

Where water  
meets chemistry™

### KEMIRA PIX-105A

#### Ferri-Alumiini-sulfaatti

**KEMIRA PIX-105A** on vedenpuhdistuksessa käytettävä nestemäinen saostusaine, jonka teho perustuu rauta- ja alumiini-sulfaattiin.

KEMIRA PIX-105A sopii jätevesien puhdistukseen, lietteenkäsittelyyn sekä myös rikkivedyn poistoon.

#### Tuotespesifikaatio

Ulkomuoto	Tummanruskea neste
Rauta (Kok Fe)	9,9 ± 0,5 %
Rauta (Fe <sup>3+</sup> )	9,7 ± 0,5 %
Rauta (Fe <sup>2+</sup> )	<0,5 %
Alumiini (Al <sup>3+</sup> )	0,4 ± 0,2 %
Tiheys (20°C)	1,48 ± 0,05 g/cm <sup>3</sup>

#### Muut ominaisuudet

Rauta (Fe <sup>2+</sup> )	0,2-0,4%
Sulfaatti (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	29 ± 2 %
Kiintoaine	<0,2 %
Viskositeetti (20°C)	20 ± 5 mPas
pH (20°C)	<1

#### Annostelu

KEMIRA PIX-105A voidaan annostella kalvopumpuilla laimentamattomana suoraan varastosäiliöstä tai vedellä laimennettuna.

#### Tuote-esite

Ref. 01/2015

#### Soveltuvat materiaalit ja varastointi

KEMIRA PIX-105A kanssa kosketuksiin joutuvien osien tulee olla muovia (PE, PP, PVC), lasikuitu- vahvisteista polyesteriä, titaania, kumioitua tai haponkestävää terästä. Tämä on huomioitava valittaessa pumppuja, putkistoja ja varastosäiliötä.

KEMIRA PIX-105A suositeltava varastointiaika on korkeintaan 6 kk. Tuotteen suositeltava käyttö- ja varastointilämpötila on 0 – 30 °C. Säilytysastia tulee merkitä tuotteen teknisellä nimellä sekä varoitusmerkillä.

#### Toimitukset

KEMIRA PIX-105A toimitetaan irtotavarana säiliöautolla.

#### Käyttöturvallisuus

Kemikaalia tulee käsitellä varoen. Henkilöiden, jotka vastaavat KEMIRA PIX-105A käytöstä ja käsittelystä, tulee tutustua käyttöturvallisuustiedotteeseen ennen tuotteen käsittelyä.

Kemira antaa edellä mainitut tiedot vain asiakkaan tiedottamistarkoituksessa, ja tiedon tarkoituksena on ainoastaan auttaa asiakasta tuotteen arvioinnissa. Asiakkaan on testattava meidän tuotteemme sen varmistamiseksi, että ne sopivat asiakkaan haluamiin käyttötarkoituksiin ja soveltuksiin myös työterveyden ja -turvallisuuden sekä ympäristön näkökulmasta. Asiakkaan on myös annettava työntekijöilleen, agentteilleen, alihankkijoilleen, asiakkailleen ja muille tuotteille altistuville kolmansille osapuolille koulutusta sovellettavista varoimista. Kaikki tiedot ja tekninen tuki annetaan ilman minkäänlaista takuuta, ja tietoja voidaan muuttaa ilman ennakkoihmotusta. Asiakas vastaa täysin kaikkien tietojen ja varoitusten sekä kaikkien hallintoviranomaisten tuotteiden prosessoinnista, kuljetuksesta, toimituksesta, purkamisesta, hävittämisestä, varastoinnista, käsittelystä, myynnistä ja käytöstä antamien lakien, asetusten, säädösten ja määräysten noudattamisesta. Mitään tässä asiakirjassa ei voida tulkita suositukseksi käyttää jotain tuotetta mitään materiaalia tai sen käyttöä suojaavan patentin vastaisesti.

Kemira Oyj  
Porkkalankatu 3  
PL 330  
00101 Helsinki

Puh. 010 8611 (vaihde)  
Fax 010 862 1968  
www.kemira.com

Y-tunnus 0109823-0  
Kotipaikka Helsinki  
ALV rek.

**Kemira**Where water  
meets chemistry™Tuote-esite  
Ref. 02/2014**Epäpuhtaudet****Pitoisuus tuotteessa**

Arseeni (As)	<0,1 mg/kg
Kadmium (Cd)	<0,1 mg/kg
Kromi (Cr)	<5 mg/kg
Elohopea (Hg)	<0,1 mg/kg
Mangaani (Mn)	<1000 mg/kg
Nikkeli (Ni)	<50 mg/kg
Lyijy (Pb)	<1 mg/kg
Seleeni (Se)	<0,5 mg/kg

Kemira Oyj  
Porkkalankatu 3  
PL 330  
00101 HelsinkiPuh. 010 8611 (vaihe)  
Fax 010 862 1968  
www.kemira.comY-tunnus 0109823-0  
Kotipaikka Helsinki  
ALV rek.