



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Joni Virtanen

REPOSAAREN JÄTEVESILAITOKSEN
SELKEYTYKSEN KEHITTÄMINEN
POLYMEERIN AVULLA

Tekniikka ja liikenne
2012

ALKUSANAT

Haluaisin kiittää opinnäytetyössäni suureksi avuksi ollutta Porin Veden henkilökuntaa. Etenkin Merita Pajusen sekä Tapio Mäkelän antama apu on ollut korvaamattoman tärkeää.

Kiitos Kemiran Oyj:n henkilöstölle avustuksesta Vaasan yksikön laboratoriossa yhteistyössä tehdyistä polymeerikokeista, sekä avusta syöttölaitteiston käyttöönotossa.

Kiittäisin myös Kokemäen vesistön vesistönsuojeluyhdistys ry:ssä työskentelevää Jukka Lammentaustaa antamastaan avustaan tausta-aineiston keräämisessä.

Viimeisenä, mutta ei suinkaan vähäisimpänä, erityinen kiitos Vaasan ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelman erinomaisille opettajille.

Vaasassa 24.11.2012

Joni Virtanen

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Joni Virtanen
Opinnäytetyön nimi	Reposaaren jätevesilaitoksen selkeytyksen kehittäminen polymeerin avulla
Vuosi	2012
Kieli	suomi
Sivumäärä	52 + 2 liitettä
Ohjaaja	Pekka Stén

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan polymeerin käytön soveltuvuutta Reposaaren jätevedenpuhdistamon toimintaa parantavana kemikaalina. Työ on tehty yhteistyössä Porin Veden kanssa loppuvuodesta 2012.

Tarve puhdistustehokkuuden kehittämiseksi on seurausta laitoksella ajoittain riittämättömäksi ilmenneestä selkeytysprosessista. Etenkin suurten virtauksien aikana saostuskemikaalien jäteveteen muodostama flokki ei ehdi riittävästi laskeutua laitoksen selkeytysaltaassa, minkä seurauksena prosessista poistuvan jäteveden kiintoainepitoisuudet kasvavat. Tutkimuksessa tarkastelun kohteeksi valittujen polymeerien on todettu erityisesti tehostavan flokkien pysyvyyttä sekä parantavan niiden laskeutuvuutta, minkä ansiosta polymeerilisäyksen oletetaan parantavan Reposaaren laitoksen toimintaa.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkastellaan polymeerien käyttöä saostuskemikaalina, Reposaaren jätevedenpuhdistamon toimintaa sekä sille olennaisia puhdistusprosesseja. Työn käytännön vaiheet koostuvat sopivan polymeerin määrittämiseksi tehdyistä laboratoriokokeista, polymeerilisäyksen aloituksesta Reposaaren laitoksella sekä pyrkimyksestä optimoida polymeerilisäyksen annostus.

Laitoksella tehdyt kokeilut osoittavat, ettei Reposaaren selkeytysaltaan ja siten koko laitoksen tehokkuutta kyetty parantamaan odotetulla tavalla laboratoriokokeissa valitun polymeerin avulla. Kokeilujen yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella voimme kuitenkin suunnata Reposaaren laitoksella jatkuvia selkeytyksen kehitystoimia oikeaan suuntaan. Eri varauksen omaavan polymeerin sekä toiminnaltaan luotettavaksi tehdyn laitteiston avulla uskonkin toivotun puhdistustuloksen saavuttamisen Reposaaren jätevedenpuhdistamolla mahdolliseksi.

ABSTRACT

Author	Joni Virtanen
Title	Improving the Clarification Process of the Reposaari Wastewater Treatment Plant with Polymers
Year	2012
Language	Finnish
Pages	52 + 2 Appendices
Name of Supervisor	Pekka Stén

This thesis is to explore feasibility of adding polymers to the purification process of the wastewater treatment plant in Reposaari, Pori. The work was done in cooperation with Porin Vesi at the end of 2012.

The need to improve the efficiency of the purification process results from insufficiencies that occur occasionally in the clarification process. Especially during high currents, the flock formed by coagulation chemicals in the wastewater does not settle sufficiently in the settling tank. This causes an increase in the amount of harmful substances in the outgoing wastewater. The studies on the effects of certain types of polymers have shown increase in the stability of the flocks and improvements in their settling. Thus, adding polymers is expected to be the solution for the problems in Reposaari plant.

The theoretical part of this thesis concentrates on the use of polymers as a chemical coagulant, the operation of Reposaari wastewater treatment plant in general, and the essential purification processes in the plant. Practical phases of the work consist of finding the suitable polymer for the process in laboratory tests, the launch of the adding of the polymers in the purification process in the plant and an effort to optimize the dosage of the addition.

The tests performed within the plant show that the efficiency of the settling tank and the output of the whole Reposaari purification plant cannot be as successfully improved as planned with the polymer chosen on the basis of the laboratory tests. Although the results of our field tests were not fully targeted we managed to gain important information that will help us continue the development efforts in the right direction. It seems that polymer with the right cationic charge and reliable invariable input should be the expected solution for the problems in Reposaari plant.

Keywords wastewater purification, chemical coagulation, active sludge process, polymeric coagulants

SISÄLLYS

ALKUSANAT

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	9
2	PORIN VESI.....	10
	2.1 Historia.....	10
	2.2 Porin Vesi nykyään.....	11
3	REPOSAAREN JÄTEVEDENPUHDISTAMO.....	12
	3.1 Puhdistusprosessi.....	12
	3.2 Reposaaren puhdistamon lietteenkäsittely.....	14
	3.3 Edellytetty puhdistustulos.....	14
	3.4 Vuoden 2011 puhdistustulos.....	15
4	JÄTEVEDEN HAITTA-AINEET.....	17
5	KEMIALLINEN SAOSTUS.....	19
	5.1 Kemiallinen koagulaatio.....	20
	5.2 Saostus ferrosulfaatilla ja kalkilla.....	21
6	AKTIIVILIETEPROSESSI.....	23
	6.1 Lietteän ilmastus.....	23
	6.2 Jäteveden selkeytys.....	24
	6.3 Palautusliete.....	25
	6.4 Ylijäämäliete.....	25
7	FLOKKAUS POLYMEEREILLÄ.....	27
8	LÄHTÖKOHDAT SELKEYTYKSEN KEHITTÄMISELLE.....	30
9	POLYMEERIEN LABORATORIOKOKKEET.....	32
	9.1 Polymeeriliuosten valmistus.....	33
	9.2 Esitesti.....	33
	9.3 Laskeutuskokeet.....	34
	9.3.1 Laskeutuskoe 1.....	35
	9.3.2 Laskeutuskoe 2.....	36

	5
9.3.3 Laskeutuskoe 3	37
9.3.4 Kirkasteosan sameus	38
9.4 Laboratoriokokeiden tulokset	40
10 KÄYTÄNNÖN KOKEET	41
10.1 Syöttölaitteisto	41
10.2 Polymeerilisäys Reposaaressa	43
10.3 Tulosten tarkkailu	44
11 TULOSTEN ARVIOINTI	45
11.1 Lietteiden laskeutuskokeet	46
11.2 Kokoomanäytteiden tulokset	48
11.3 Muutokset näkösyvydessä	50
12 JOHTOPÄÄTÖKSET	51
LÄHTEET	53
LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Verkostoon pumpattu talousvesimäärä vuonna 2011. s. 11

Taulukko 2. Jätevedenpuhdistamoilla käsiteltyt vesimäärät vuonna 2011. s. 11

Taulukko 3. Luvan mukaiset lähtevän jäteveden käsittelytehon raja-arvot. s. 15

Taulukko 4. Toteutunut puhdistustulos vuonna 2011. s. 16

Taulukko 5. Haitta-aineiden erittely hiukkaskoon perusteella. s. 17

Taulukko 6. Joitain aktiivilietteen yleisiä bakteerisukuja. s. 23

Taulukko 7. Kokeissa käytettyjen polymeerien kationiset varaukset. s. 32

Taulukko 8. Kuluneen vuoden 2012 kokoomanäytteiden tulokset. s. 49

Kuvio 1. Jäteveden käsittelyprosessi Reposaaressa jätevedenpuhdistamolla. s. 13

Kuvio 2. Hiukkasten yhdistyminen hydroksidisaostumien avulla. s. 21

Kuvio 3. Reposaaressa jätevedenpuhdistamon selkeytysallas. s. 25

Kuvio 4. Nitrifikaation vaatima lieteikä eri lämpötiloissa. s. 26

Kuvio 5. Anionisen polymeerin rakenne. s. 28

Kuvio 6. Kationisen polymeerin rakenne. s. 28

Kuvio 7. Polymeerin adsorptio hiukkasen pinnalle. s. 29

Kuvio 8. Reposaaressa selkeytysaltaan näkösyvyys suhteessa virtaamaan. s. 30

Kuvio 9. Polymeeriliuosten valmistus. s. 33

Kuvio 10. Esimerkki lietteen sekoitukseen käytettävästä flokkulaattorista. s. 34

Kuvio 11. Laskeutuskoe annostuksella 1 mg/l. s. 36

Kuvio 12. Laskeutuskoe annostuksella 0,5 mg/l. s. 37

Kuvio 13. Laskeutuskoe annostuksella 2 mg/l. s. 38

Kuvio 14. Hach 2100P -turbidimeterin toimintaperiaate. s. 38

Kuvio 15. Sameusmittausten tulokset. s. 39

Kuvio 16. Kemiran Reposaaressa toimittama syöttölaitteisto. s. 41

Kuvio 17. Polymeerin syötössä käytetty laitteisto. s. 42

Kuvio 18. Polymeeriliuoksen lisäys puhdistettavaan jäteveteen. s. 43

Kuvio 19. Erillisessä laskeutuskokeessa muodostuneet lietteen tiivistymät. s. 48

Kuvio 20. Polymeerilisäyksen vaikutukset selkeytykseltään näkösyvyyteen. s. 50

LIITELUETTELO

LIITE 1. Reposaaren mittauspöytäkirja, lokakuu 2012.

LIITE 2. Reposaaren mittauspöytäkirja, marraskuu 2012.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää Reposaaren jätevedenpuhdistamon toimintaa, tehostamalla sen selkeytysprosessia polymeerilisäyksen avulla. Työn aiheeseen tutustuin työskennellessäni työn toimeksiantajan Porin Veden alaisuudessa kesällä 2012.

Reposaaren jätevedenpuhdistamon on todettu toimivan yleisesti ottaen hyvin ja laitoksen puhdistustehokkuus kykenee täyttämään ympäristöluvassa myönnettyt raja-arvot. Vaikka laitoksen kuormitus ympäristöön on ollut vähäistä, on laitoksen selkeytysprosessin toiminta todettu riittämättömäksi etenkin suurten virtauksien aikana. Tällöin laitoksen saostuskemikaalien veteen muodostama kiintoainehiukkasten ryhmittymä eli flokki ei ehdi riittävästi laskeutua selkeytysaltaassa, minkä seurauksena on laitokselle saapuvan jäteveden sisältämän fosforin ja kiintoaineen puhdistuksessa ilmennyt ajoittain ongelmia.

Ratkaisuna kyseiseen ongelmaan jäteveden puhdistustulosta pyritään edistämään lisäämällä laitoksella saostuskemikaalina käytettyjen metallisuolojen lisäksi puhdistettavaan jäteveteen polymeerejä. Polymeerit tehostavat flokkien pysyvyyttä, parantavat niiden laskeutuvuutta sekä sitovat veden kiintoainehiukkasia tehokkaasti, minkä seurauksena uskotaan laitoksella olevan mahdollista saavuttaa suhteellisen pienillä investoinneilla merkittävä puhdistustehokkuuden parantuminen.

Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkastellaan polymeerien toimintaa jäteveden puhdistuksessa, Reposaaren jätevedenpuhdistamoja sekä sille olennaisia jäteveden puhdistusprosesseja. Työn käytännön vaiheet koostuvat polymeerien laboratoriokokeista, polymeerilisäyksen aloituksesta Reposaaren laitoksella sekä pyrkimyksistä optimoida riittävän annostuksen suuruus.

2 PORIN VESI

Porin lähialueen verkostoon pumpattu talousvesi puhdistetaan Noormarkun sekä Ahlaisten aluetta lukuun ottamatta Harjakankaan vesilaitoksella, missä tekopohjavettä valmistetaan Tuurujärvestä pumpatusta raakavedestä. /1, 7/

Suurimman osan Porin kaupungilla syntyvästä jätevedestä puhdistetaan Luotsinmäen keskuspuhdistamolla. Tämän lisäksi Porin Vedellä on toiminnassa kaksi pienempää jätevedenpuhdistamoa Reposaaressa sekä Ahlaisissa. /1, 8/

2.1 Historia

Kokemäenjoen sekä kiinteistökohtaisten kaivojen tarjoamien runsaiden vesivarojen ansiosta tarve ensimmäiselle Porin alueen vesilaitokselle tuli vasta 1930-luvulla. Vedenpuhdistuslaitos sijaitsi tällöin Lukkarinsanassa ja raakavetenään se käytti Kokemäenjoen pintavettä. Kyseisen laitoksen puhdistusteho koettiin kuitenkin nopeasti riittämättömäksi ja jo 1960-luvulla aloitettiin uuden tekopohjavedenottamon suunnittelu Noormarkun harjakankaalle. /2, 8-9/

Porin alavan maaston sekä kasvavan väestön seurauksena syntynyttä jäteongelmaa alettiin ratkoa viemärlaitostoiminnalla jo 1890-luvulla. Ensimmäinen viemäri oli pituudeltaan noin 135 metriä ja se kulki Annankadun sekä Kokemäenjoen välillä. Tällöin viemärit olivat yhä sekaviemäreitä ja jätevedet johdettiin vesistöön puhdistamattomina. /2, 8/

Ajan kuluessa viemäriverkosto kasvoi moninaisten vaiheiden kautta ja 1960-luvulla viemäriverkostoa oli noin sata kilometriä. Jäteveden kasvaneet volyymit saastuttivat merkittävästi Kokemäenjoen sekä Pihlavanlahden vesistöä, minkä seurauksena vuonna 1967 Porin alueella otettiin käyttöön ensimmäinen jätevedenpuhdistamo. Porin Veden Luotsinmäen keskuspuhdistamo vuorostaan valmistui vuoden 1977 alussa. /2, 312-314/

2.2 Porin Vesi nykyään

Porin Veden henkilöstöön kuului vuonna 2011 75 työntekijää ja yhtiön kokonaisliikevaihto oli 19,5 miljoonaa euroa. Jätevedenpuhdistamoilla käsitellyt vesimäärät vuonna 2011 olivat yhteensä 13 405 735 m³ (Taulukko 2) ja verkostoon pumpattun talousveden määrä oli yhteensä 6 097 541 m³ (Taulukko 1).
/1, 2-8/

Taulukko 1. Verkostoon pumpattu talousvesimäärä vuonna 2011. /1, 7/

<i>Laitosyksikkö</i>	<i>Vesimäärä (m³)</i>
Harjakangas	5 742 348
Ahlainen	30 876
Noormarkun Kangas	324 317

Taulukko 2. Jätevedenpuhdistamoilla käsitellyt vesimäärät vuonna 2011. /1, 8/

<i>Laitosyksikkö</i>	<i>Vesimäärä (m³)</i>
Luotsinmäki	13 215 000
Reposaari	128 639
Ahlainen	62 096

3 REPOSAAREN JÄTEVEDENPUHDISTAMO

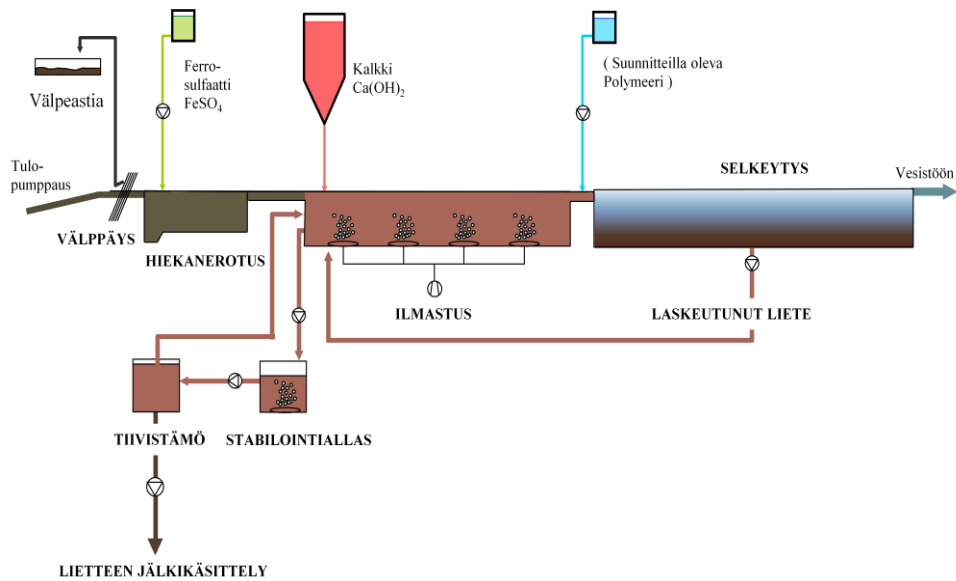
Reposaaren puhdistamo valmistui alun perin vuonna 1981 ja on sen jälkeen rakennettu uudestaan vuonna 1997 kärsittyään mittavia vahinkoja tuhopolton seuraksena. Puhdistamo sijaitsee Porin kaupungin Reposaaren kaupunginosassa, Tukkiiviikkilahden rannalla, johon puhdistamossa käsitellyt vedet johdetaan purkujohtolla noin 130 metrin päähän rannasta. /3, 1-2/

Reposaaren jätevesiviemäriverkkoon liittyneitä asukkaita oli vuonna 2005 noin tuhat kappaletta. Talousjätevesien lisäksi Reposaaren viemäriverkkoon ja puhdistamolle johdetaan ajoittain alueen kalasataman jätevesiä, mikä on puhdistamon ainut tavanomaisesta talousjätevesistä poikkeava kuormittaja. /3, 4/

Reposaaren puhdistamo on saamassaan ympäristöluvassa mitoitettu puhdistamaan vuorokaudessa 940 m³ jätevettä. Puhdistamon mitoitusvirtaaman suuruudeksi on määritetty 85 m³ tunnissa ja enimmäisvirtaamaksi 170 m³ tunnissa /3, 4/. Tavanomaiset virtaamat ovat Reposaassa kuitenkin olleet huomattavasti pienempiä, mutta sääolojen vaihtelut voivat vaikuttaa suuressakin määrin laitokselle virtaavan jäteveden määrään.

3.1 Puhdistusprosessi

Reposaaren puhdistamo on yksilinjainen biologis-kemiallinen aktiivilietelaitos (Kuvio 1), eli puhdistamon jätevettä puhdistetaan sekä aktiivilietteen bakteerikannan että saostuskemikaalin avulla. /3, 4/



Kuvio 1. Jäteveden käsittelyprosessi Reposaaren jätevedenpuhdistamolla.

Puhdistamolle tulopumppaamolta johdettu jätevesi kulkeutuu ensin 3 mm sälevälillä varustetun porraskälpän lävitse, mikä ehkäisee suurempien roskien kulkeutumisen mukaan puhdistusprosessiin /3, 4/. Laitoksella on myös varalaitteena käytössä kaarivälppä, mutta sitä hyödynnetään ainoastaan ohitustilanteissa.

Välppän läpi kulkeutunut jätevesi johdetaan ilmastettuun hiekanerotusaltaaseen, missä helposti erottuva kiviaines poistuu jätevedestä vajoamalla altaan pohjalle. Samalla jätevetteen lisätään myös saostuskemikaalina käytetty ferrosulfaatti ($\text{FeSO}_4 \times 7 \text{H}_2\text{O}$).

Saostuskemikaalin lisäyksen jälkeen jätevesi virtaa ilmastusaltaaseen, minkä tilavuus on 200 m^3 . Prosessivesien pH:n säätelyyn käytetyn kalkin lisäys tapahtuu kalkinsyöttölaitteistolla ilmastusaltaan alkupäässä. Altaan ilmastus tapahtuu pinnan alla olevien kumikalvoilmastimien avulla. /3, 4/

Saostuksen ja ilmastuksen läpikäynyt jätevesi johdetaan tilavuudeltaan 366 m^3 :n selkeytysaltaalle, missä jäteveden epäpuhtaudet laskeutuvat altaan pohjaan ja pinnalle kirkastunut vesi voidaan johtaa laitokselta vesistöön. Selkeytysaltaan pohjalle vajonnut liete kerätään takaisin laitoksen kiertoon ketjulaahaimien sekä kolmen mammuttipumpun avulla. /3, 4/

3.2 Reposaaren puhdistamon lietteenkäsittely

Selkeytykseltään pohjalta mammuttipumpuilta kerätty laskeutunut liete palautetaan ilmastusaltaaseen. Aktiivilieteprosessista ajoittain poistettava ylijäämäliete vuorostaan pumpataan ilmastusaltaasta ilmastettuun stabilointialtaaseen, jonka tilavuus on 30 m³. Stabilointialtaalta liete johdetaan tiivistysaltaalle, jossa ylitteenä syntyvä vesi palautetaan takaisen jätevedenkäsittelyprosessiin. /3, 4/

Stabilointi- ja tiivistysaltaalle kerääntynyt liete kuljetetaan säiliöautolla Luotsinmäen keskuspuhdistamolle jatkokäsittelyä varten. /3, 5/

3.3 Edellytetty puhdistustulos

Reposaaren jätevedenpuhdistamon puhdistustehokkuutta mitataan Luotsinmäen keskuspuhdistamolla sijaitsevan Porin Veden oman vesilaboratorion toimesta /3, 8/. Puhdistamon saama ympäristölupa edellyttää että Reposaaressa puhdistamolle saapuvasta ja lähtevästä jätevedestä otetaan vuosittain vähintään kuusi kokoomanäytettä, jotka olisi otettava vähintään kahden kuukauden välein. Nämä kokoomanäytteet tulee ottaa automaattisilla näytteenottimilla yhden vuorokauden ajalta ja saatuja tuloksia on verrattava kyseisen vuorokauden virtaamaan. /3, 14/

Kokoomanäytteistä tehtävät määritykset ovat /3, 8/:

- pH-arvo
- BHK_{7 ATU} -arvo
- ammoniumtyppi
- kokonaistyyppi
- kokonaisfosfori
- kiintoaine
- COD_{Cr} -arvo.

Näiden lisäksi myös puhdistamon lähtevän veden näytteestä määritetään liukoisen fosforin sekä raudan määrä. /3, 8/

Taulukko 3. Luvan mukaiset lähtevän jäteveden käsittelytehon raja-arvot. /3, 12/

<i>Määritettävä parametri</i>	<i>Sallittu kuormitus enintään</i>	<i>Käsittelyteho vähintään</i>
BOD _{7 ATU}	15 mg O ₂ /l	90 %
COD _{Cr}	125 mg O ₂ /l	75 %
Fosfori	0,7 mg P/l	90 %
Kiintoaine	35 mg/l	90 %

3.4 Vuoden 2011 puhdistustulos

Reposaaren puhdistamo toimii yleisesti ottaen hyvin ja puhdistamolta mereen johdettu kuormitus on ollut vähäistä. Puhdistamo poistaa orgaanista ainesta erittäin tehokkaasti. Myös puhdistamon nitrifikaatio, eli ammoniumtyypen poisto, on toiminut koko vuoden ajan lähes täydellisesti. /1, 9/

Laitokselle saapuvan jäteveden sisältämän fosforin ja kiintoaineen puhdistuksessa on ajoittain ilmennyt ongelmia. Syynä tähän on ollut Reposaaren kalanjalostuslaitoksilta tulevan jäteveden vaikeasti puhdistettava laatu. Kyseisten laitosten ympäristölupien uudet määräykset, koskien viemäriverkoston johdettavien jätevesien laatua sekä tarkkailua, ovat kuitenkin astuneet voimaan kuluneen kesän aikana. Näiden uusien määräysten ansiosta uskotaan Reposaaren puhdistamon tulokuormituksen tasaantuvan huomattavasti, jolloin myös puhdistamon toiminnan odotetaan parantuvan. /1, 9/

Taulukko 4. Toteutunut puhdistustulos vuonna 2011. /1, 21/

<i>Määritettävä arvo</i>	<i>Lähtevän jäteveden kuormitus</i>	<i>Käsittelyteho</i>
BOD ₇ ATU	9,6 mg O ₂ /l	92 %
COD _{Cr}	51 mg O ₂ /l	83 %
Fosfori	0,8 mg P/l	86 %
Kiintoaine	13 mg/l	85 %

4 JÄTEVEDEN HAITTA-AINEET

Jäteveden sisältämät haitalliset aineet voidaan jaotella joko orgaanisiin tai epäorgaanisiin ainesosiin. Tämän lisäksi voidaan epäpuhtaudet jakaa kokonsa perusteella liukoisiin, kolloidisiin sekä suspendoituneisiin hiukkasiin. /4, 1/

Taulukko 5. haitta-aineiden erittely hiukkaskoon perusteella. /4, 1/

Liukoiset	Kolloidiset	Suspendoituneet	Laskeutuvat suspendoituneet
< 0,08 µm	0,08 – 1,0 µm	1,0 – 100 µm	> 100 µm

Tavanomaisesti orgaaniset epäpuhtaudet jakautuvat tasaisesti kaikkiin taulukossa 5 jaoteltuihin luokkiin, kun taas epäorgaaninen aines on pääasiassa liukoisessa muodossa. /4, 1/

Jäteveden orgaaniset aineet koostuvat pääosin valkuaisaineista, hiilihydraateista sekä erilaisista rasvoista ja ne voivat olla joko kiinteässä tai liuenneessa muodossa. Olomuodosta riippumatta orgaaninen aines voi olla biohajoavaa, hitaasti biohajoavaa tai biohajoamatonta. /5, 19-20/

Hajotessaan orgaaninen aines kuluttaa happea ja näiden epäpuhtauksien pitoisuutta jätevedessä mitataan usein biokemiallisella hapenkulutuksella (BOD) tai kemiallisella hapenkulutuksella (COD). Mikäli laitokselle johdetut orgaaniset epäpuhtaudet pääsevät vesistöön ilman käsittelyä, kuluttaa niiden biologinen hajoamistoiminta vesistön happivarjoja, mistä voi seurata pahimmillaan vesistöön täysi hapettomuus. /5, 19-20/

Epäorgaanisista haitta-aineista nykyisten jätevesilaitosten puhdistusprosessit keskittyvät ennen kaikkea poistamaan fosforia, typpeä sekä raskasmetalleja. Fosforin ja typenpoisto on erityisen tärkeää, koska molemmat toimivat ympäristöön päästyään lannoitusaineena orgaanisen aineksen kasvuun. /4, 4/

Yhdyskuntien jätevesille ominaisia ovat muun muassa /5, 19/:

- kiintoaineet
- biohajoava orgaaninen aines
- ravinteet
- mikrobit
- haitalliset yhdisteet
- raskasmetallit.

5 KEMIALLINEN SAOSTUS

Kuten edellisessä kappaleessa mainittiin, jäteveden sisältämä kiintoainne voidaan luokitella niiden partikkelinkoon mukaan kolmeen ryhmään: todellinen liuos, kolloidinen dispersio ja suspensio. Suurikokoiset partikkelit ovat helpommin poistettavissa jätevedestä, kun taas pienempiin hiukkasiin vaikuttavat pintakemialliset voimat pitävät ne leijuvina ja samalla estävät niitä kasaantumasta suuremmiksi ryhmiksi. /5, 50; 4, 86/

Suspensiopartikkeleiden massa on usein riittävän suuri, jotta ne ovat suhteellisen helposti erotettavissa selkeytettävästä vedestä laskeutuksen tai flotaation avulla. Suspensiossa olevien partikkelien poistoa voi myös edesauttaa lisäämällä flokkulaation tavoin kineettistä energiaa selkeytettävään veteen. Tämä veden sekoitus saa aikaan partikkelien välille törmäyksiä, minkä seurauksena muodostuu suurempia partikkeleita, jotka ovat edelleen helpommin erotettavissa vedestä. /5, 50-51/

Kolloidisessa dispersiossa olevien partikkeleiden välillä vaikuttavat sekä toisiaan hylkivät että puoleensa vetävät voimat. Näiden resultanttivoimien suuruus ja suunta riippuvat ennen kaikkea partikkeleiden välisistä etäisyyksistä. Normaalitilanteessa vallitsevat voimat ovat toisiaan hylkiviä, mutta jos partikkelien etäisyydet pakotetaan riittävän pieniksi, alkavat ne vetämään toisiaan puoleensa. Tätä vetovoimaa kutsutaan myös van der Waalsin voimaksi. /5, 50/

5.1 Kemiallinen koagulaatio

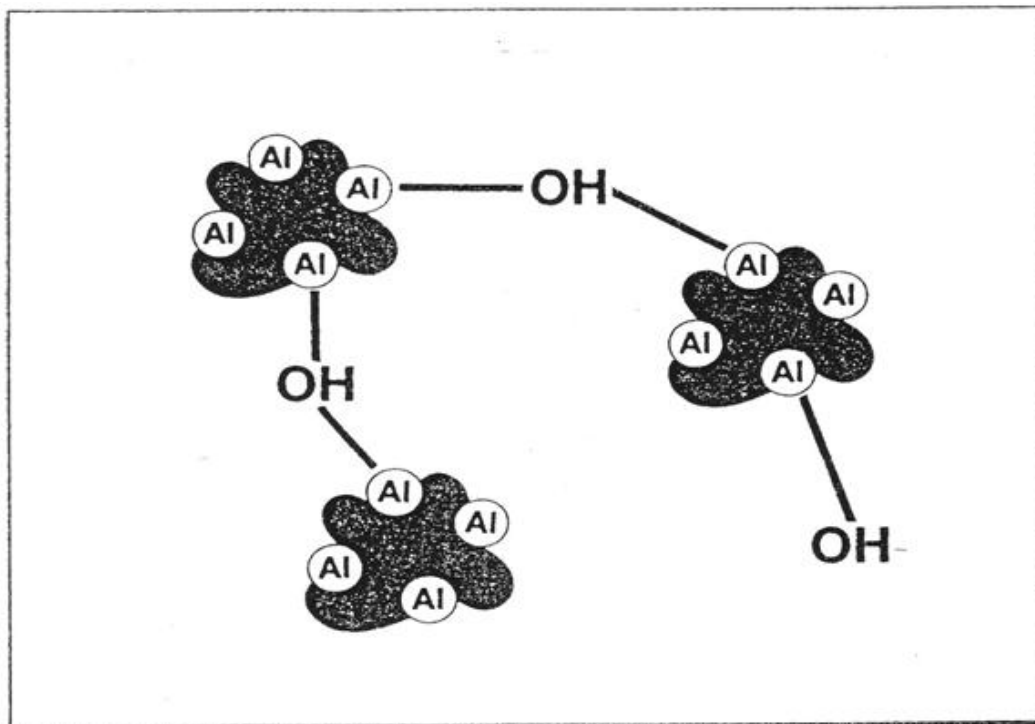
Kemikaalin lisäyksellä jäteveteen pyritään muuttamaan jätevedessä leijuvien kolloidien sekä liuenneiden aineiden fysikaalisia ominaisuuksia, niin että ne olisivat helpommin poistettavissa selkeytyksen yhteydessä. /5, 50/

Jätevedessä olevien kolloidien tai lähes kolloidien välillä vallitsevat pintavaraukset luovat stabiilin tilan epäpuhtauksille vedessä. Tämä tila on destabiloitava koagulanttiaineiden avulla. Koagulanttiaineet neutraloivat, vähentävät tai muutoin voittavat kolloidihiukkasten välillä olevat sähkövaraukset. Destabiloituneet kolloidit voivat tällöin kerääntyä suuremmiksi partikkeleiksi. Veteen muodostuu tällöin suuren tilavuuden omaava limamainen sakka, mihin suspensio- ja kolloidimuodossa olevat epäpuhtaudet saostuvat. /5, 50-51/

Kemiallisella saostusmenetelmällä poistetaan /5, 51/:

- Hienojakoisia liuenneita kiintoaineita sekä kolloidisia partikkeleita
- Liuennutta orgaanista ainesta
- Fosforia
- Myrkyllisiä aineita
- Metalleja
- Väriä.

Kemiallisessa saostuksessa puhdistettavaan jäteveteen lisätään korkean varauksen omaavia hydrolysoituvia metalli-ioneja, kuten alumiinia tai rautaa. Nämä yhdisteet kiinnittyvät kolloidien pinnalle, muuttaen niiden varausta, jonka jälkeen hiukkaset voivat yhdistyä hydroksidisaostumien avulla. Tällöin aiemmin jätevedessä yksittäisinä leijuneet hiukkaset yhdistyvät kasvattaen näin kokoaan, minkä seurauksena niiden erottaminen puhdistettavasta vedestä on helpompaa. (Kuvio 2). /5, 51; 4, 88-89/



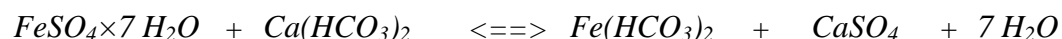
Kuvio 2. Hiukkasten yhdistyminen hydroksidisaostumien avulla. /4, 89/

Tehokkaan saostumisen aikaansaamiseksi on käytetyn saostuskemikaalin ja epäpuhtauden sovittava toisiinsa. Joidenkin epäpuhtauksien on todettu suosivan rautapitoisia saostuskemikaaleja ja toisten alumiinipitoisia. Myös reaktiossa vallitseva pH vaikuttaa saostustehokkuuteen. Optimaalinen pH-arvo mahdollistaa tehokkaan destabiloitumisen sekä hydroksidisaostumien muodostumisen /4, 89-90/. Alumiinisuoloilla pH:n optimialue on 4,5–6,5 kun taas rauta(III)suoloilla se on 4,5–5,5 tai 8,0–8,5. Tehokkaalla saostuksella on jäteveden kiintoaineesta mahdollista poistaa 80–90 % BOD₅:sta, 40–70 % COD:sta sekä 80–90 % bakteereista. /5, 51-52/

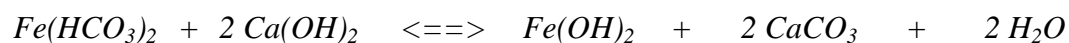
5.2 Saostus ferrosulfaatilla ja kalkilla

Reposaaren jätevedenpuhdistamolla kemiallinen saostus tapahtuu ferrosulfaatin avulla. Yleisesti ferrosulfaatti ei toimi yksinään, vaan prosessiin on samalla lisättävä kalkkia saostuman muodostamiseksi. /5, 53/

Ferrosulfaatin reaktio yksinään /5, 53/:



Kun reaktioon lisätään Reposaaarenkin puhdistamollakin käytetty kalkki $Ca(OH)_2$ muodossa /5, 53/:



Tämän jälkeen jätevedeen johdettu happi hapettaa ferrohydroksidin lopulliseen muotoon ferrihydroksidiksi /5, 53/:



Rauta eroaa muista saostuskemikaaleista esiintymällä kahdella eri hapetusasteella, joko ferrorautana Fe(II) taikka Ferrirautana Fe(III). Ferrosulfaatin muuntuminen kaksiarvoisesta kolmiarvoiseksi tapahtuu hapetuksen avulla. Ferrirauta reagoi jäteveden fosfaattien kanssa muodostaen ferrifosfaattisaostuman, joka voidaan laskeuttaa selkeytysaltaassa. Syntynyt flokki sitoo samalla myös orgaanisia aineksia jätevedestä. /6, 3/

Jotta fosforin sitominen olisi tehokasta, tulisi hapettumisen tapahtua juuri ennen saostusta. Tämä hapettaminen voidaan suorittaa joko esi-ilmastuksessa, ilmastusaltaassa taikka nostamalla jäteveden pH yli 8,5:n. /6, 3/

Mahdollisimman hyvä puhdistustulos edellyttää, että raudan hapetus tapahtuu oikea-aikaisesti sekä hallitusti. Raudan tulisi reagoida fosfaatin kanssa välittömästi hapetuksen tapahduttua. Hapettumisen tapahduttua liian varhaisessa vaiheessa, alkaa rauta reagoida veden sisältämien hydroksyyli-ionien kanssa muodostaen rautahydroksidisakkaa. Tämä sakka voi myös sitoa jäteveden epäpuhtauksia, mutta sen puhdistusteho ei kuitenkaan ole yhtä tehokas kuin raudan reagoissa suoraan fosfaattien kanssa. /6, 3-4/

6 AKTIIVILIIETEPROSESSI

Aktiivilieteprosessi on yleisin jätevesien biologisessa puhdistuksessa käytetty menetelmä /5, 65/. Aktiivilieteprosessista on olemassa useita eri muunnoksia, mutta pääsääntöisesti ne koostuvat ilmastus- ja selkeytysaltaista, palautuslietteen mahdollistavasta järjestelmästä sekä ylijäämälietteen poistojärjestelmästä. /5, 65/

6.1 Lietteen ilmastus

Aktiivilieteprosessissa ilmastusaltaan lietteen sisältämät mikro-organismit poistavat jätevedestä liukoisia orgaanisia aineita sekä absorboivat kolloidikokoisia hiukkasia. Tämän prosessin yhteydessä syntyy vettä sekä hiilidioksidia. /4, 11/

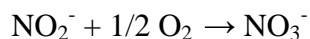
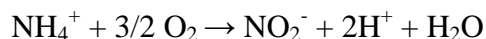
Ilmastusaltaan aerobisen mikrobitoinnin hapensaanti mahdollistetaan pumppaamalla suuria määriä ilmaa altaaseen, joko sen pohjasta taikka pinnasta. Mikrobitoinnin ylläpitämisen lisäksi ilmastuksella saadaan aikaiseksi myös altaan sisällön tehokas sekoittuminen. /4, 11; 5, 66/

Taulukko 6. Eräitä aktiivilietteen yleisiä bakteerisukuja. /5, 66-92/

<i>Flokkia muodostavat hiilen hapettajat</i>	<i>Rihkamaiset hiilen hapettajat</i>	<i>Nitrifikaatiobakteerit</i>
Pseudomonas	Sphaerotilium	Nitrosomonas
Flavobacterium	Leptomitium	Nitrosococcus
Achromobacter	Leucothrix	Nitrospira
Chromobacterium	Thiothrix	Nitrobacter
Azotobacter	Beggiatoa	Nitrococcus

Reposaaren jäteveden puhdistamon ympäristölupapäätöksessä edellytetään että puhdistamotoiminnassa pyritään mahdollisimman tehokkaaseen nitrifikaatioon. Nitrifikaatiossa aktiivilietteen mikro-organismit hapettavat jäteveden ammoniumtyypen nitraatiksi. /3, 10; 5, 91-92/

Nitrifikaation vaiheet /5, 91/:



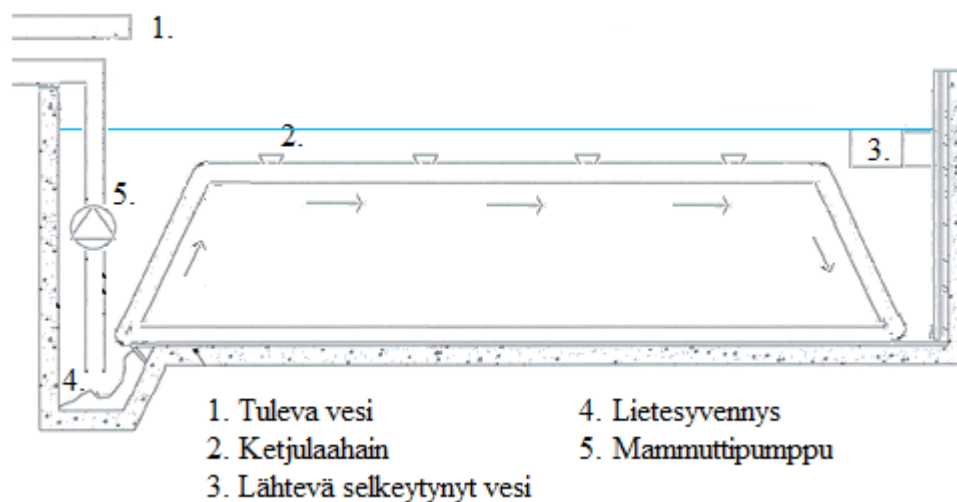
Nitrifioivat bakteerit käyttävät aktiivilietteessään hiilenlähteenä epäorgaanista hiiltä (CO₂) ja energianlähteenään epäorgaanisten yhdisteiden kuten ammoniumtyypen hapetusta. Nitrifioiville bakteereille on yhteistä hidas ja lämpötilasta riippuva kasvunopeus. Tämän seurauksena jätevedenpuhdistamon prosessin toteutuksessa on huomioitava riittävän pitkä elinikä lietteelle, jotta nitrifioivat bakteerit pysyvät puhdistusprosessissa ja ehtivät kasvaa. /5, 92/

6.2 Jäteveden selkeytys

Selkeytsaltaissa jäteveden kiintoaineet poistetaan yleisesti painovoiman avulla. Lisäksi keskipakovoimaa voidaan hyödyntää selkeytyksessä käyttäessä pyörreselkeyttimiä. /5, 44/

Flotaatiossa hiukkaset muutetaan ilmakuplien avulla vettä kevyemmiksi, jolloin ne kohoavat altaan pinnalle. Flotaatiotapahtuma voi olla myös niin sanottu luonnollinen flotaatio, missä partikkelien tiheys on jo valmiiksi veden tiheyttä pienempi jolloin kiintoaineet kohoavat itsestään. Pinnalle kohonneet kiintoaineet kaavitaan takaisin prosessin kiertoon ja puhdistunut vesi johdetaan altaan pohjalta eteenpäin. /5, 44-46/

Yleisin käytössä oleva selkeytyksen muoto on, Reposaaressa puhdistamollakin käytössä oleva, kiintoaineen laskeutus (Kuvio 3). Laskeutuksessa erotettavat partikkelit ovat vettä raskaampia ja näin vajoavat painovoiman avulla selkeytsaltaan pohjalle, jolloin selkeytetty vesi voidaan johtaa altaan pinnalta eteenpäin. Laskeutusaltaassa tulevan ja lähtevän veden virtauksen on oltava mahdollisimman tasainen. Tasaisen virtauksen avulla voidaan välttyä laskeutumista haittaavilta turbulenttisilta virtauksilta. Laskeutusaltaan pohjalle vajonnut liete kerätään laahaimilla lietesyvennykseen, josta se voidaan johtaa takaisin laitoksen kiertoon. /5, 44-45/



Kuvio 3. Reposaaren jätevedenpuhdistamon selkeytysallas.

6.3 Palautusliete

Jotta aktiivilieteprosessissa tapahtuva hajoaminen olisi riittävän tehokasta, on prosessissa olevien mikro-organismien määrän oltava riittävän suuri. Tämä mahdollistetaan palauttamalla selkeytysaltaassa erotettua lietettä takaisin ilmastusaltaaseen palautuslietteenä. /4, 11/

6.4 Ylijäämäliete

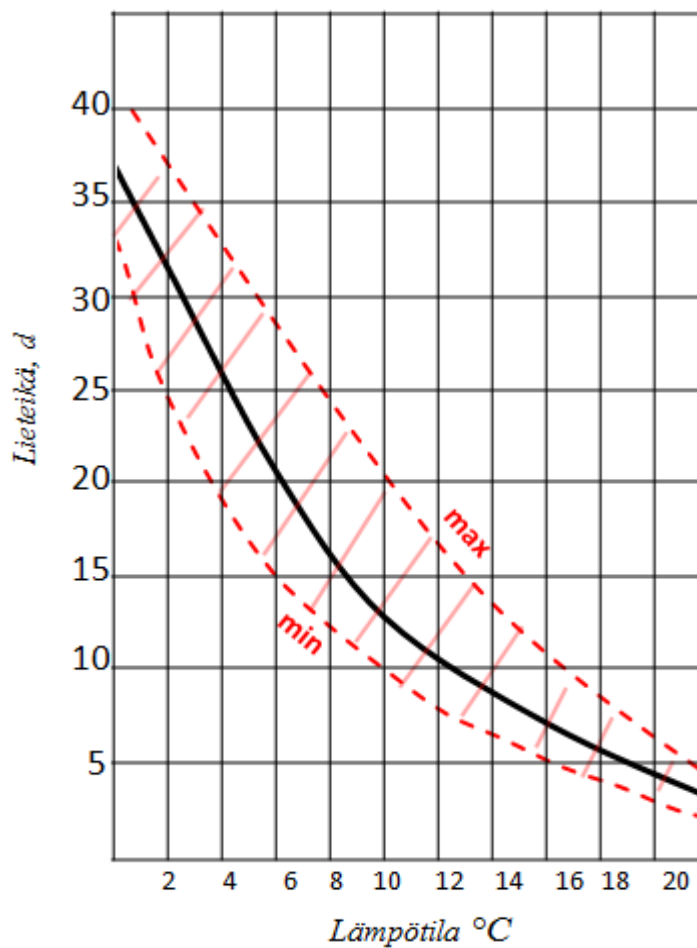
Aktiivilieteprosessiin kertyy tulevan jäteveden kuormituksesta jatkuvasti lisää lietettä. Koska prosessin lietepitoisuus pyritään pitämään vakiona, poistetaan prosessista tasaisin välein ylijäämälietettä, jonka määrä pyritään pitämään samansuuruisena prosessissa muodostuvan biomassan kanssa. /4, 11/

Ylijäämälietteenä poistettavan lietteen määrää ohjaa ilmastusaltaan lieteikä. Lieteikä ilmaisee kuinka kauan biomassa on mukana aktiivilieteprosessissa, joka voidaan määrittää vertaamalla ilmastusaltaan lietemäärän ja ylijäämälietteen suhdetta. /5, 68/

Lieteikä /5, 68/:

$$\text{Lieteikä (esim. d)} = \frac{\text{Aktiivilietteen määrä ilmastusaltaassa}}{\text{Prosessista poistetun lietteen määrä}}$$

Aktiivilieteprosessin nitrifikaatio sekä hitaasti biohajoavien aineiden poisto vaatii usein pitkän lieteiän. Lieteiän pituuteen vaikuttaa myös jäteveden lämpötila. Matalassa lämpötilassa nitrifikaatio hidastuu, jolloin lieteiän pituuden tulee myös kasvaa kuvion 4 mukaisesti. /5, 69/



Kuvio 4. Nitrifikaation vaatima lieteikä eri lämpötiloissa. /4, 49/

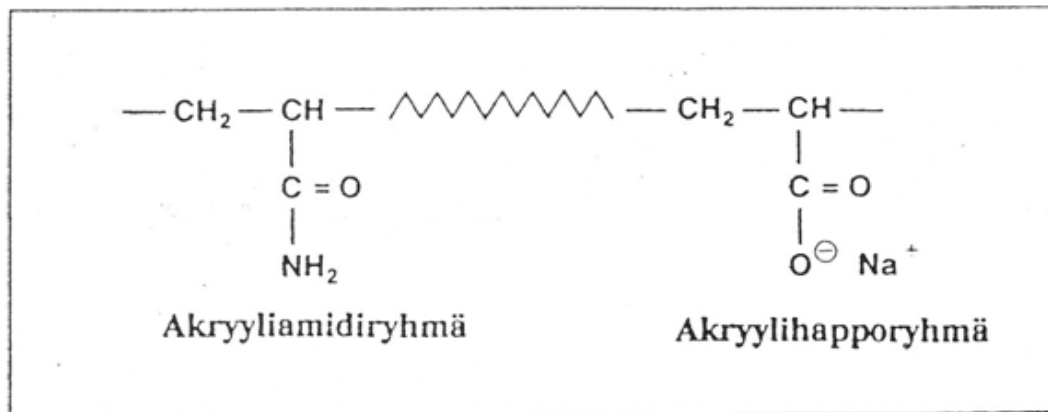
7 FLOKKAUS POLYMEEREILLÄ

Joissain tapauksissa jäteveden puhdistustulosta voidaan yhä edistää lisäämällä metallisuolojen lisäksi puhdistettavaan jäteveteen myös polymeerejä. Polymeerin lisäyksen ansiosta voidaankin laitoksella päästä suhteellisen pienillä investoinneilla suureen tulosparannukseen. /4, 90; 7, 5/

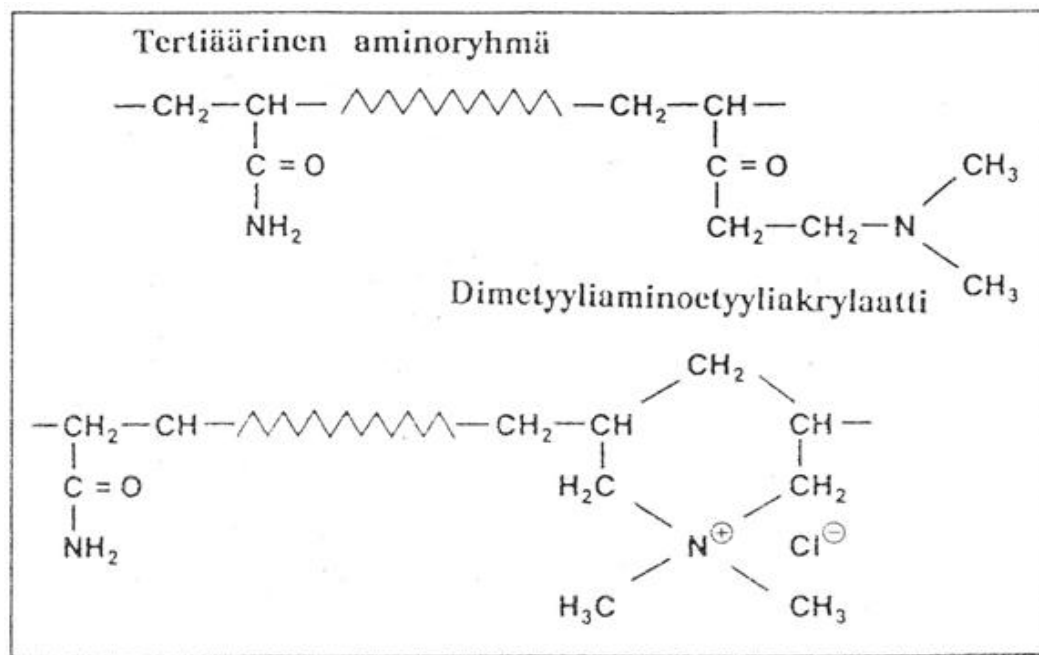
Polymeerit tehostavat flokkien pysyvyyttä, parantavat niiden laskeutuvuutta sekä sitovat veden kiintoainehiukkasia tehokkaasti. Polymeerin käytössä on kuitenkin huomioitava, että polymeeriä tulisi käyttää hyvin toimivan laitoksen puhdistustuloksen viimeistelyä varten, eikä polymeerin avulla voida korjata laitoksen ensisijaisen puhdistusprosessin virheitä. /7, 2/

Polymeerien varauksien suuruutta kuvataan niiden varaustiheydellä, jonka yksikkö on meq/g. Varaustiheys kuvaa polymeerin keskimääräisen molekyylimassan sekä varautuneiden ryhmien keskinäistä suhdetta. Varauksiensa ansiosta polymeeri kykenee sähköiseen vuorovaikutukseen jäteveden varautuneiden hiukkasten kanssa, ja varaustiheyden suuruus määrittää kuinka voimakkaita sidoksia polymeeri pystyy muodostamaan. /8, 14-18/

Polymeerin sisältäessä happamia ryhmiä, kuten karboksyyli- tai sulfinohapporyhmiä, muodostaa se dissosiaation (hajoamisen) yhteydessä negatiivisen varauksen. Kyseisiä polymeerejä kutsutaan myös polyhapoiksi tai anioniaktiivisiksi polymeereiksi (Kuvio 5). Mikäli polymeeri sisältää emäksisiä ryhmiä, kuten aminoryhmiä tai kvartäärisiä ammoniumryhmiä, syntyy dissosiaation yhteydessä positiivisia varauksia. Näitä polymeerejä kutsutaan polyemäksisiksi tai kationiaktiivisiksi polymeereiksi (Kuvio 6). Polymeerin sisältäessä yhtäaikaisesti näitä molempia ryhmiä kutsutaan sitä polyamfolytyiksi. Mikäli polymeerissä ei ole lainkaan ionisoivia ryhmiä, nimitetään sitä nonioiniseksi polymeeriksi. /4, 90/



Kuvio 5. Anionisen polymeerin rakenne. /4, 91/

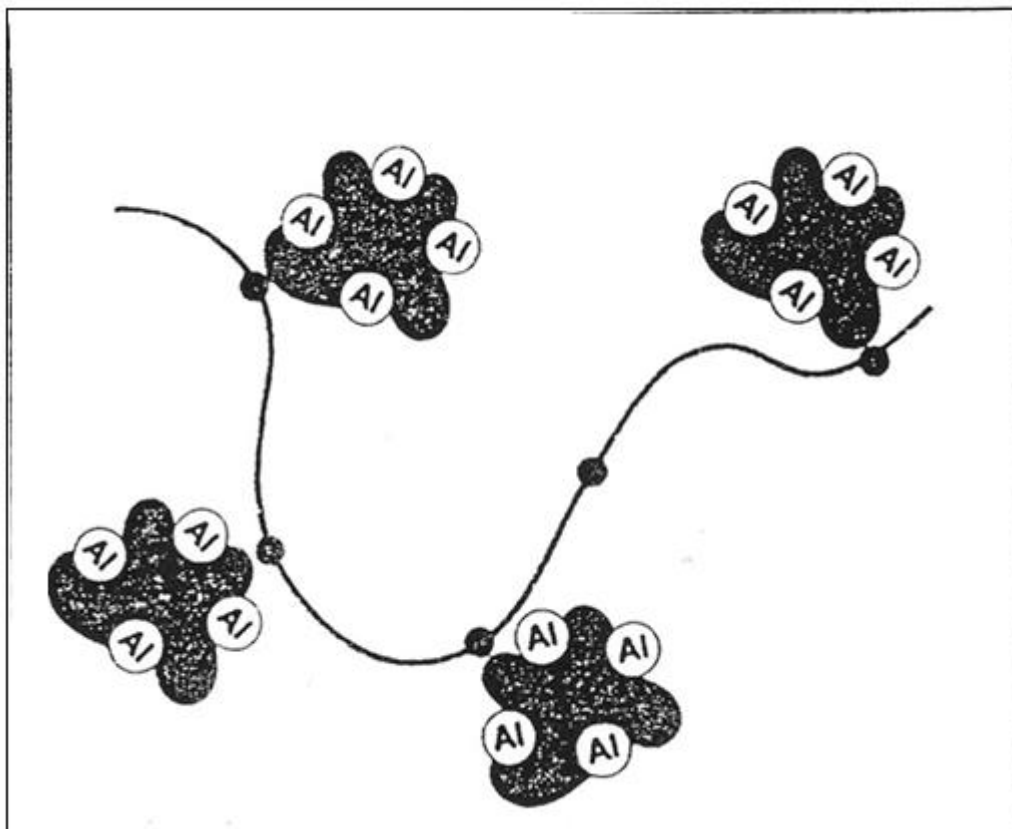


Kuvio 6. Kationisen polymeerin rakenne. /4, 91/

Molekyylipainoltaan erittäin korkean polymeerin pääasiallinen vaikutus on destabiloida kolloideja neutraloimalla niiden välisiä varauksia. Polymeerit voivat toimia myös sillanmuodostajamekanismina kolloidien välillä. Mikäli nämä molemmat mekanismit tapahtuvat yhdessä, on kyseessä kimppuflokkaus. /4, 91; 7, 4/

Varausneutraloinnin toimimiseksi on prosessiin lisättyä polymeerillä oltava vastakkainen varaus kuin poistettavalla kolloidihiuksella. Tällöin polymeerin varaus neutraloi kolloidien varauksen ja kolloidisysteemi destabiloituu. /5, 91/

Sillanmuodostamismekanismin teorian mukaan polymeerit muodostavat siltoja poistettavien kolloidien välille ja näin sitovat ne suuremmiksi ryhmiä (Kuvio 7). Tämä edellyttää, että vähintään kaksi hiukkasta adsorboi polymeerin ja että polymeeri voi saavuttaa hiukkaset sähköisistä voimista huolimatta. Adsorboiva polymeeri ei myöskään saa peittää koko hiukkaseen pintaa, vaan hiukkaseen on jätävä vapaata aluetta, johon muihin hiukkasiin yhdistyneitä polymeerejä voi adsorboitua. /4, 91-92/



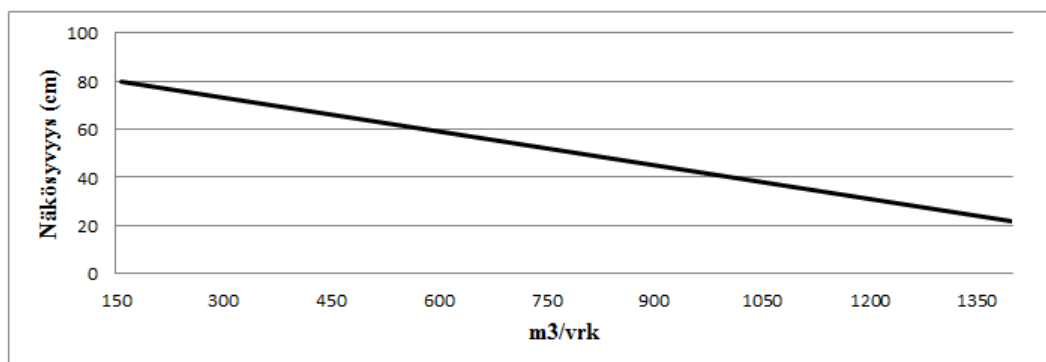
Kuvio 7. Polymeerin adsorptio hiukkaseen pinnalle. /4, 92/

8 LÄHTÖKOHDAT SELKEYTYKSEN KEHITTÄMISELLE

Vaikka Reposaaren puhdistamon toiminta on todettu yleisesti ottaen hyväksi ja laitos kykenee pääsääntöisesti täyttämään ympäristöluvassaan saamat raja-arvot, on laitoksen toimintaa silti nähty tarpeelliseksi kehittää.

Laitoksen selkeytysprosessin toiminta on todettu riittämättömäksi etenkin suurimpien virtauksien aikana, jolloin laitoksen saostuskemikaalien veteen muodostama flokki ei ehdi riittävästi laskeutua selkeytysaltaassa. Normaalitilanteessa selkeytysaltaan pinnalta poistuva vesi on kohtuullisen kirkasta, mutta esimerkiksi rankkasateiden jälkeen, jolloin laitokselle tulevan jäteveden määrä saattaa moninkertaistua, voi lähtevä vesi olla hyvinkin tummaa.

Yksi selkeytyksen toimivuuden mittari on näkösyvyyden määrittäminen. Tällöin laskeutusaltaaseen upotetaan mitan päässä oleva valkoinen levy, jonka avulla selvitetään veden kirkkaus. Näkösyvyyden arvo määrittyy pisteessä jolloin valkoinen levy katoaa näkyvistä. Näkösyvyyden vaihtelujen on todettu olevan yhteydessä laitoksen virtaaman suuruuteen (Kuvio 8). Normaalivirtaaman aikana Reposaaren Laskeutusaltaan näkösyvyys on tavannut olla noin 70 cm:iä, mutta virtausvolyymin kasvaessa on näkösyvyys voinut heikentyä jopa alle 35 cm:iin. Näkösyvyyden ollessa näin heikko, ei altaan pintavesi ole enää riittävän kirkas ehkäistäkseen epäpuhtauksien karkaamista laitokselta poistuvan veden mukana.



Kuvio 8. Reposaaren selkeytysaltaan näkösyvyys suhteessa virtaamaan.

Näiden korkeiden virtausvolyymien aikana selkeytysaltaan pinnalta poistuva vesi kuljettaa mukanaan epäpuhtaudet, jotka eivät ole ehtineet laskeutua. Yleisesti on todettu että jätevedenpuhdistamoilta jätevesien mukana karanneet epäpuhtaudet ovat rasitteeksi ympäristölle ja rehevöittävät lähivesistön kasvillisuutta. Jäteveden fosforin ja kiintoaineen puhdistuksessa onkin ajoittain Reposaaaren laitoksella todettu olevan ongelmia ja laitoksella oli esimerkiksi vuonna 2011 vaikeuksia täyttää ympäristölupansa kyseisten päästöjen raja-arvoja.

Selkeytysprosessin toiminnan kehittäminen polymeerin avulla on todettu tasoittavan suurempien kuormitushuippujen vaikutuksia ja näin uskotaan olevan ratkaisu Reposaaaren laitoksen ongelmiin. Polymeerin käyttö tehostaa myös laitoksen puhdistustehokkuutta toiminnan normaalitilanteessa, minkä ansiosta se on tehokas keino ennakoida tulevaisuudessa todennäköisesti kiristyviä ympäristöluissa myönnettyjä päästöjen raja-arvoja. /9, 8; 7, 5/

9 POLYMEERIEIEN LABORATORIOKOKKEET

Laboratoriokokeet teimme Kemiran henkilöstön avustuksella Kemiran Vaasan yksikön laboratoriossa. Laboratoriokokeita varten valitsimme testattavaksi yhteensä kahdeksan kationisuudeltaan eri vahvuista polymeeriä, jotka ovat listattuna taulukossa 7. Seitsemän näistä oli Kemiran tarjoamia Superfloc-polymeerejä ja yksi Luotsinmäen keskuspuhdistamolla jo käytössä oleva kilpailevan yrityksen Flopamin polymeeri.

Kokeita varten tarvittu Reposaaren puhdistamon aktiiviliete haettiin varhain aamulla kokeiden ottopäivänä, jotta lietteen ominaisuudet eivät ehtisi kärsiä säilöittäessä hapettomassa tilassa.

Taulukko 7. Kokeissa käytettyjen polymeerien kationiset varaukset.

<i>Polymeeri</i>	<i>Kationinen varaustiheys</i>
Superfloc C-491K	Matalakationinen
Superfloc C-491	Keskikationinen
Superfloc C-492	Kationinen
Superfloc C-493	Voimakkaasti kationinen
Superfloc C494 HMW	Voimakkaasti kationinen
Superfloc C-496 HMW	Voimakkaasti kationinen
Superfloc C-498	Voimakkaasti kationinen
Flopam FO 4550 SH	Voimakkaasti kationinen

9.1 Polymeeriliuosten valmistus

Työt aloitimme valmistamalla kokeita edeltävänä päivänä valitsemistamme polymeereistä 0,1 % vahvuiset liuokset magneettisten sekoittimien avulla (Kuvio 9). Polymeeriliuokset teimme liuottamalla 0,5 grammaa valittua polymeeriä 499,5 grammaan puhdasta vettä. Polymeerilisäyksen hetkellä tuli vedessä vallita voimakas sekoitus, jotta polymeerit liukenevat tasaisesti veteen. Tämän jälkeen sekoitusta tuli pienentää, jotta voitiin välttää syntyneiden polymeeriketjujen pirstoutuminen.



Kuvio 9. Polymeeriliuosten valmistus.

9.2 Esitesti

Kokeet aloitimme suorittamalla pienemmän mittakaavan esitestin kaikilla tekemillämme liuoksilla. Tämän tarkoituksena oli saada suuntaa-antava käsitys polymeerien toimivuudesta sekä varsinaisten kokeiden tarvitseman laskeutusajan pituudesta. Esitestin teimme lisäämällä noin sataan millilitraan Reposaaaresta haettua aktiivilietettä jokaista tutkimaamme polymeeriä. Annostuksen suuruutena käytimme 2 mg kuivaa polymeeriä litraan lietettä.

Kokeiden tuloksista ilmeni, että kaikki polymeerit toimivat Reposaaaren lietteelle vähintään kohtalaisen hyvin ja flokin muodostus oli nopeaa. Saatujen tulosten perusteella poistimme kaksi polymeerivaihtoehtoa tulevista mittauksistamme, koska niiden flokinmuodostus oli silmämääräisesti heikompia kuin muiden. Tutkittavien polymeerien pienempi määrä mahdollisti jatkossa samanaikaisen tarkastelun kaikille näytteille, jolloin eroavaisuuksien havaitseminen oli helpompaa. Esitestin yhteydessä ilmeni myös että nopean laskeutumisen johdosta polymeerien varsinaisissa mittauksissa riittää 30 minuutin laskeutumisen sijasta yhden minuutin laskeutumisaika. Mikäli laskeutumisaika pidetään varsinaisissa kokeissa liian pitkänä, tasoittuvat polymeerien erot ja vertailu vaikeutuu.

9.3 Laskeutuskokeet

Varsinaisissa kokeissa käytimme Kemiran FL 90 NR 255 -flokulaattoria, joka mahdollisti kuuden näytteen samanaikaisen sekoittamisen. Tämän ansiosta pystyimme yhdenaikaiseen tarkasteluun kaikille polymeereille, jokaisella kokeen kohteena olevalla annostuksella.



Kuvio 10. Esimerkki lietteen sekoitukseen käytettävästä flokkulaattorista.

Laskeutuskokeissa keskenään tasalaatuiseksi sekoitettua aktiivilietettä mitataan dekanterilasiin yksi litra. Dekanterilaseja kokeissamme oli yhteensä seitsemän, joista yksi edusti ilman polymeerilisäystä olevaa vertailunäytettä. Tämän jälkeen lasihin asetetaan flokkulaattorit (Kuvio 10), joiden tehtävänä on sekoittaa lietettä. Sekoituksen alettua lisäsimme kuhunkin dekanterilasiin tutkittavan annostuksen mukainen määrä kutakin polymeeriä. Kokeissamme käytetyt annostukset olivat 0,5 mg/l, 1,0 mg/l sekä 2,0 mg/l.

Kuten polymeeriliuosten valmistuksen yhteydessä, myös laskeutuskokeissa, polymeerilisäyksen yhteydessä lietettä sekoitettiin aluksi voimakkaammin, jonka jälkeen pyörimisnopeutta voitiin laskea. Lietteen sekoitusnopeutena oli ensimmäiset 10 sekuntia 400 rpm, minkä jälkeen seurasi viiden minuutin hitaampi sekoitus, missä pyörimisnopeutena flokkulaattorilla oli 40 rpm.

Sekoituksen päätyttyä alkoi lietteen laskeutuminen, jonka keston olimme esitestissä määrittäneet minuutin pituiseksi. Tämän tultua täyteen kuvasimme välittömästi syntyneet laskeumat ja otimme jokaisesta lasista näytteet yhdenmukaisilta korkeuksilta sameusmittausta varten.

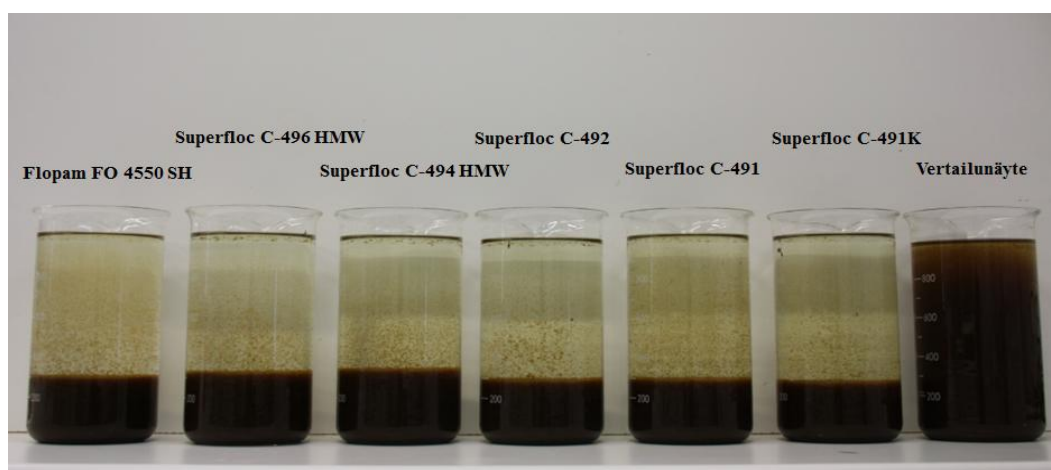
9.3.1 Laskeutuskoe 1

Ensimmäisessä laskeutuskokeessa tarkasteltavien polymeerien lisäyksen suuruutena oli 1 millilitra 0,1 prosentin vahvuista polymeeriliuosta. Tällöin annostuksen määrä vastaa yleisesti puhdistamoillakin käytettävää yhtä milligrammaa polymeeriä litraa kohden, tai toisin sanoen yhtä grammaa polymeeriä puhdistettavaa jätevesikuutiota kohden.

Ensimmäisen laskeutuskokeen annostus:

$$1\text{ ml} * \frac{0,1\text{ g}}{100\text{ ml}} = 0,001\text{ g} = 1\text{ mg}$$

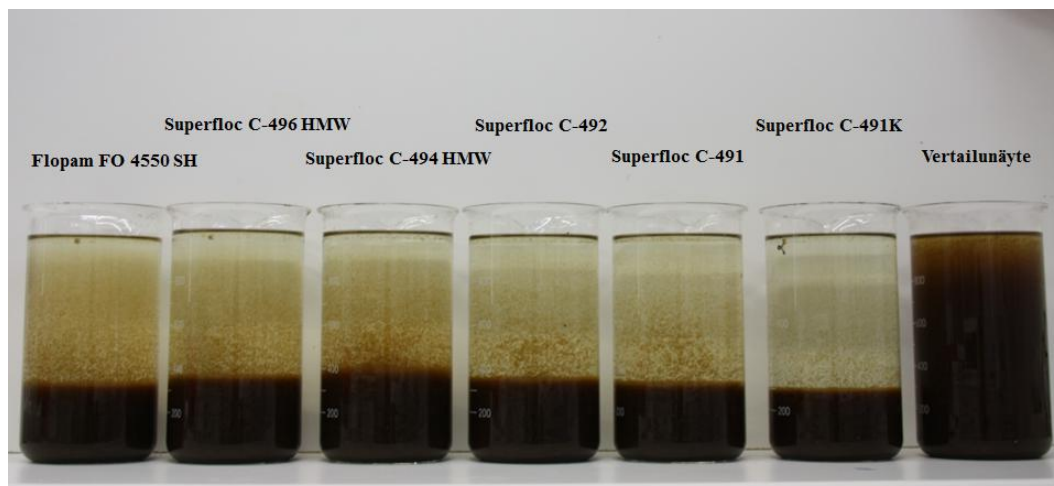
Laskeutusajan päätyttyä ero vertailunäytteen sekä polymeerilisäyksen saaneiden näytteiden välillä oli merkittävä (Kuvio 11). Polymeereistä Superfloc C-491K näyttäisi silmämääräisesti muodostavan hieman tiiviimmän laskeuman kuin muut, kun taas polymeeri Superfloc C-491 keräsi dekanterilasin pinnalle hieman flokkia, mitä voidaan pitää huonona merkinä. Eroavaisuudet eri polymeerien välillä eivät kuitenkaan syntyneet tarvittavan suuriksi, jotta niiden keskeisiä eroja voitaisiin riittävällä tarkkuudella arvioida.



Kuvio 11. Laskeutuskoe annostuksella 1 mg/l.

9.3.2 Laskeutuskoe 2

Toisessa kokeessa puolitimme lisättävät annoskoot polymeereille. Pyrkimyksenä tällöin oli saada suuremmat eroavaisuuden esiin eri polymeerien välillä. Annostus, mikä vastaisi jätevesilaitoksella 0,5:tä grammaa kuivaa polymeeriä puhdistettavaa jätevesikuutiota kohden, auttoikin polymeerien keskinäisessä vertailussa (Kuvio 12). Annostuksella 0,5 mg/l, antoi Superfloc C-491K jälleen tiiveimmän laskeuman. Myös kyseisen polymeerin flokinmuodostus oli muita näytteitä nopeampaa ja dekanterilasin yläosaan muodostuneen kirkastuman sameus jäi pienemmäksi kuin muilla näytteillä.



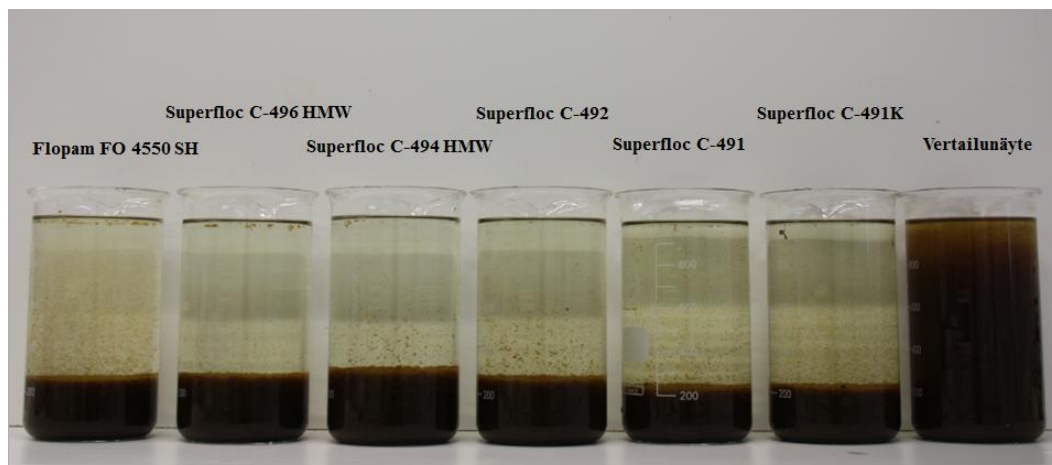
Kuvio 12. Laskeutuskoe annostuksella 0,5 mg/l.

9.3.3 Laskeutuskoe 3

Viimeisessä kokeessa kaksinkertaistimme ensimmäisen kokeen annostuksen, jolloin polymeerilisäyksen suuruudeksi muodostui 2 mg/l.

Kyseisellä annostuksella laskeumien yhteydessä syntyneen sakan tiiveyksien erot jälleen tasoittuivat, vaikeuttaen näin vertailua (Kuvio 13). Näytteiden silmämääräisellä vertailulla näyttäisi Superfloc C-496 HMW:n sekä Superfloc C-494 HMW:n muodostavan parhaimman kirkastuman dekanterilaseihin. Matalakationisen Superfloc C-491K:n tiiveys vaikuttaisi olevan kyseisellä suurella annostuksellakin hyvä, mutta kirkastuma jäi hieman heikommaksi kuin muilla, voimakkaammin kationisilla polymeereillä.

Kolmannessa kokeessa käytetyn polymeerilisäyksen suuruus olisi todennäköisesti kuitenkin tarpeettoman suuri annoskoko laitoksella käytettäväksi. Kahden gramman polymeerisyöttö yhtä kuutiota jätevettä kohden vain kasvattaisi tarpeettomasti laitoksen käyttökustannuksia.

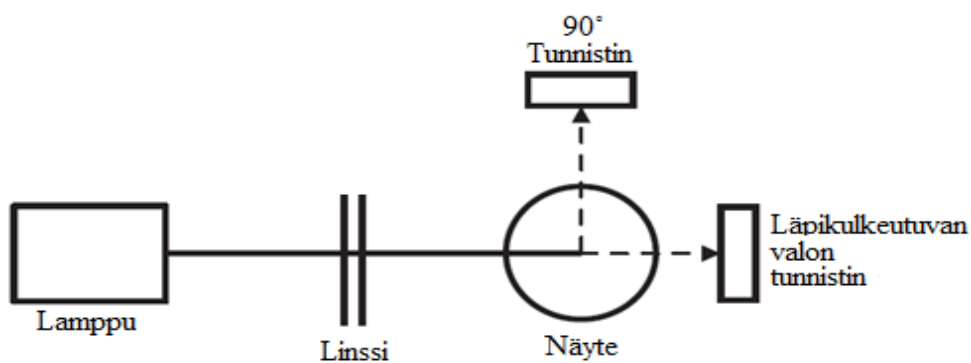


Kuvio 13. Laskeutuskoe annostuksella 2 mg/l.

9.3.4 Kirkasteosan sameus

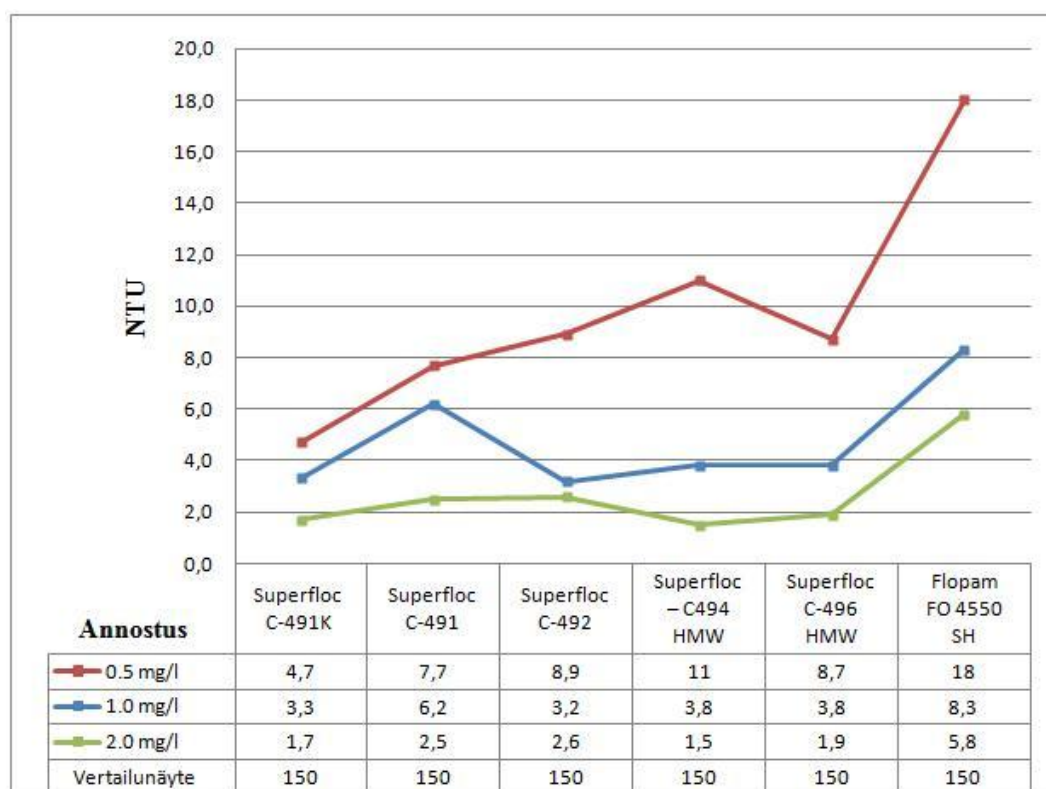
Laskeutumisaajan jälkeen dekanterilasien yläosaan muodostuneen kirkastuneen osan sameuden mittasimme Hach 2100P turbidimeter -sameusmittarin avulla. Mitattavat näytteet pyrimme saamaan mahdollisimman samanaikaisesti yhtäläiseltä korkeudelta jokaisesta dekanterilasista, jolloin flokin nopea laskeutuminen ei ehtisi merkittävästi vaikuttamaan mitattaviin sameuden arvoihin.

Käyttämämme Hach 2100P -turbidimeter määrittää näytteestä 90 asteen kulmassa siroavan, sekä läpikulkeutuvan valon perusteella nesteen sameuden (Kuvio 14). Sameuden yksikkönä mittauksissa käyttämällämme mittarilla oli Nephelometric turbidity unit (NTU). /10, 16/



Kuvio 14. Hach 2100P -turbidimeterin toimintaperiaate. /10, 14/

Vertailuarvoiksi mittasimme polymeereillä käsiteltyjen näytteiden lisäksi ilmanpolymeerilisäystä laskeutetun sekä laskeutumattoman lietteen sameudet. Laskeutumattoman aktiivilietteen sameusarvo oli 1260 NTU ja ilman polymeerilisäystä olevan yhden minuutin ajan laskeutetun näytteen sameusarvoksi mittasimme 152 NTU.



Kuvio 15. Sameusmittausten tulokset.

Polymeerilisäyksen saaneiden näytteiden ero suhteessa vertailunäytteestä saatuun arvoon oli sameusmittauksen yhteydessäkin merkittävä. Polymeerien toimivuuden väliset keskinäiset erot vaihtelivat hieman annostuksen suuruuden mukaan (Kuvio 15). Poikkeuksena oli kuitenkin jo Porin Veden keskuspuhdistamolla käytössä oleva Flopam-polymeeri, joka toimi muihin verrattuna heikommin kaikilla annostusmäärillä. Syynä tähän voi olla sen todella voimakkaasti kationinen varaus, mikä ei ole Reposaaressa jätteen helposti puhdistettavalle laadulle tarpeen.

9.4 Laboratoriokokeiden tulokset

Kokeet osoittavat, että polymeerilisäyksen annoskoolla on hieman merkitystä vertailtaessa polymeerien paremmuutta keskenään. Esimerkiksi voimakkaasti kationinen Superfloc C-494 HMW toimi 1 mg/l sekä 2 mg/l annostuksella hyvin, mutta antoi vuorostaan 0,5 mg/l annostuksella huomattavasti heikomman tuloksen. Laboratoriokokeiden lupaavimman tuloksen antoi polymeereistä vähiten kationinen Superfloc C-491K, jonka flokinmuodostus oli nopeinta kaikilla annostuksen vahvuuksilla ja jonka sameusmittauksien arvotkin olivat tasaisen hyviä.

Kaiken kaikkiaan laboratoriokokeet antoivat rohkaisevia tuloksia ja osoittivat, että kaikki kokeiden yhteydessä käytetyt polymeerit parantavat Reposaaren puhdistamon aktiivilietteen laskeutumista merkittävästi.

Testeissä saaduista tuloksista nähdään, että Reposaaren laitoksen selkeytysprosessia kehittäväksi polymeeriksi otollisimmat vaihtoehdot olisivat matalakationinen Superfloc C-491K sekä voimakkaasti kationinen Superfloc C-496 HMW. Kyseiset polymeerit osoittautuivat toimiviksi riittävällä tehokkuudella kaikilla kokeilla annostuksilla. Tämän ansiosta on todennäköistä, että niiden jatkuva toiminta saostusta avustavana kemikaalina olisi helpompi ylläpitää laitosolosuhteissa, missä virtaavan jäteveden määrät vaihtelevat jatkuvasti. Superfloc C-491K on edullisin vaihtoehto kokeissamme käytetyistä polymeereistä, mutta johtuen Reposaaren pienistä virtaamista, ei käyttökustannuksissa muodostu suurta eroa suhteessa Superfloc C-496 HMW:n käytössä muodostuviin kuluihin.

Nopean saatavuuden ansiosta Reposaaren laitoksella kokeiltavaksi polymeeriksi on valittu voimakkaasti kationinen Superfloc C-496 HMW. Kyseinen polymeeri antoi 0,5 mg/l annostuksella hieman heikomman tuloksen, minkä seurauksena on laitoksellakin käytettävän annostuksen oltava mahdollisesti hieman suurempi. Laboratoriokokeet ovat kuitenkin vain suuntaa antavia ja tarvittava annostus sekä todellinen toimivuus selviävät vasta laitoksella tapahtuvissa kokeista.

10 KÄYTÄNNÖN KOKEET

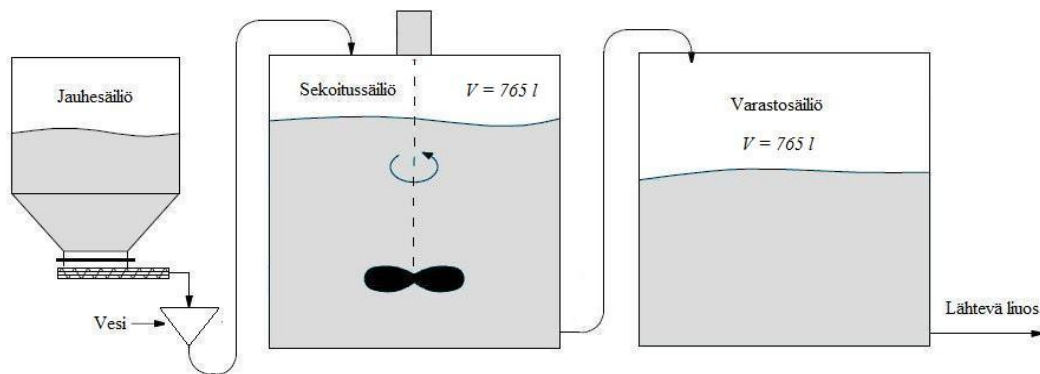
Polymeerin syöttö reposaaren selkeytysaltaaseen aloitettiin 25.10.2012. Syötössä käytetään Kemiralta lainassa olevaa auton peräkärryn päälle rakennettua syöttölaitteistoa (Kuvio 16). Syötön aloitushetkellä oli laitoksella Porin Veden henkilöstön lisäksi Kemiran edustajistoa avustamassa laitteiston käyttöönotossa.



Kuvio 16. Kemiran Reposaaressa toimittama syöttölaitteisto.

10.1 Syöttölaitteisto

Syöttölaitteiston pääkomponentit koostuvat toimintaa ohjaavasta automatiikasta, polymeerijauheen säiliöstä, sekoitussäiliöstä sekä varastosäiliöstä (Kuvio 17). Molemmat sekä sekoitussäiliö että varastosäiliö varaavat kerralla noin 765 litraa liuosta. Säiliössä olevat kohot mittaavat niiden sisällä olevien liuosten pinnankorkeuksia ja ohjaavat polymeeriliuoksen vaihtumista sekoitussäiliöstä varastosäiliöön.



Kuvio 17. Polymeerin syötössä käytetty laitteisto.

Sekoitussäiliössä muodostuvan polymeeriliuoksen vahvuus määrittyy jauhesäiliön yhteydessä olevan syöttöruuvien käyntiajan mukaan. Syöttöruuvi annostelee polymeerin kartioon, mihin virtaa myös liuoksessa käytetty vesi. Polymeerin ja veden seos kulkee pumpun avulla sekoitussäiliöön, missä polymeeri liukenee sekoituksen avustuksella.

Syöttölaitteiston käyttöönoton yhteydessä punnitsimme syöttöruuvien kahden minuutin käyntiajan aikana annostelevan polymeerin. Tämän avulla kykenimme määrittämään oikean käyntiajan halutun vahvuisen polymeeriliuoksen valmistamiseksi. Koska syöttöruuvien käyntiajan ja sen annostelevan polymeerin painon avulla tehdyt määritykset olivat käytössämme olevien välineiden avulla hieman epätarkkoja, määritimme muodostuneen liuoksen todellisen väkevyyden Porin Veden laboratorion avustuksella. Tämän muodostuneen polymeeriliuoksen todellisen vahvuuden avulla pystyimme yhä tarkentamaan syöttöruuvien käyntiaikaa.

Polymeeriliuoksen lopulliseksi vahvuudeksi tuli 0,08 %, mikä syntyi syöttöruuvien käydessä 90 sekuntia. Kyseinen 0,08 prosentin vahvuus muodostuneella polymeeriliuoksella tarkoittaa että kerralla 765 litraa varaavassa sekoitussäiliöissä on noin 612 g polymeeriä, mikä vuorostaan tarkoittaa että syöttöruuvien minuutissa annosteleva määrä polymeeriä on noin 408 grammaa.

10.2 Polymeerilisäys Reposaaren laitokselle

Syöttölaitteistolta selkeytysaltaalle lähtevän liuoksen määrää annostelee erillinen pumppu. Pumpun käynti ohjautuu tunnin aikana siirretyn litramäärän perusteella ja annostuksen suuruus määritetään aina laitokselle kyseisen vuorokauden aikana tulevan virtaaman perusteella. Annostuksen ohjauksen helpottamiseksi polymeerilisäyksen tulosten tarkkailua varten tehdyssä mittauspöytäkirjassa on laadittuna kaava, mikä osoittaa automaattisesti tarvittavan annostusmäärän suhteessa vallitsevaan virtaamaan.

Esimerkki pumpun käyntiajan määrittämisestä 450 m³:n vuorokausivirtaamalla:

$$\frac{(450 \text{ m}^3 * 0,5 \text{ g/m}^3)}{(0,08 \% * 24 \text{ h})} = 11,7 \text{ l/h}$$

Syöttölaitteistolta pumpattu liuos kulkee letkua pitkin laitoksen läpi ja polymeerilisäys tapahtuu ilmastusaltaalta laskeutusaltaalle olevassa virtauksessa (Kuvio 18). Polymeerin lisäyskohdassa vallitsee jätevedessä melko voimakas virtaama ja pyörre. Tämän seurauksena on polymeerin sekoittuminen puhdistettavaan veteen todennäköisesti riittävän tehokasta, eikä erillisiä sekoittimia tarvitse lisätä tukemaan jäteveden sekoittumista.



Kuvio 18. Polymeeriliuoksen lisäys puhdistettavaan jäteveeseen.

Ensimmäisten viikkojen aikana on polymeerilisäyksen annostuksen suuruus pyritty pitämään puolessa grammassa polymeeriä kuutiota jätevettä kohden. Varovaisen aloituksen tarkoituksena on varmistaa, ettei lietteen määrän tai olomuodon mahdollisista muutoksista synny ongelmaa tai estettä laitoksen toiminnalle. Esimerkiksi polymeerilisäyksen myötä selkeytysaltaan pohjalle muodostuneen lietepatjan koon kasvaminen voi syntyä ongelmaksi altaassa lietettä kerääville ketjulaahaimille tai lietettä ilmastusaltaaseen siirtäville mammuttipumpuille.

Polymeerilisäyksen toimivuuden toteamisen jälkeen voidaan annostusta turvallisesti nostaa yleisesti käytössä olevaan grammaan polymeeriä yhtä jätevesikuutiota kohden. Samalla voidaan vertailla näiden kahden annostuksen myötä syntyneitä tuloksia keskenään, jolloin saamme suuntaa-antavan kuvan tarvittavan annostuksen suuruudesta.

10.3 Tulosten tarkkailu

Polymeerin lisäästä varten on Reposaaressa jätevedenpuhdistamon toiminnasta kerätty tavanomaista kattavammin tietoa, ennen polymeerilisäyksen aloitusta. Laitokselta on normaalitilannetta useammin kerätty kokoomanäytteitä, joista yksi juuri ennen polymeerilisäyksen aloittamista. Myös selkeytysaltaan näkösyvyyttä sekä laitoksella syntyvän lietteen laskeutuvuutta on arvioitu normaalitilannetta tarkemmin. Nämä tiedot toimivat vertailuarvoina polymeerin toimivuutta tarkasteltaessa.

Kokoomanäytteitä kerätään myös polymeerilisäyksen ollessa käynnissä. Näiden tuloksissa huomioidaan etenkin muutokset lähtevän veden fosforin ja kiintoaineen määrissä. Kyseisten epäpuhtauksien puhdistuksessa on Reposaaressa laitoksella ajoittain ilmennyt ongelmia ja juuri näiden ongelmien hallintaan toivotaan polymeerin auttavan. Kokoomanäytteiden lisäksi polymeerin toimivuutta arvioidaan selkeytysaltaan näkösyvyydessä sekä lietteen laskeutuvuudessa tapahtuvien muutosten perusteella.

11 TULOSTEN ARVIOINTI

Syötön ensimmäisen kolmen viikon aikana vaikeutti tausta-aineiston kanssa vertailukelpoisten tulosten saamista syöttölaitteistossa ilmenneet jatkuvat ongelmat sekä rankkasateiden myötä seuranneet korkeat virtaamat. Tämän johdosta jatkoimme 0,5 g/m³ annostusta vielä viikon, alun perin tarkoituksena olleen kahden viikon ajanjakson lisäksi.

Syöttölaitteiston käyntiä ohjaavan automatiikan yhteydessä ilmenneiden vikojen seurauksena alkoi polymeeriä annosteleva syöttöruuvi käydä itsestään, samalla käynnistäen liuosveden virran. Tämän seurauksena laitoksen lattiat tulvivat polymeeriliuoksesta useaan otteeseen. Myös liuoksen vahvuutta säätelevän syöttöruuvien käyntiaika oli epä johdonmukaista, minkä seurauksena syöttölaitteen käyntiä oli tarkkailtava liuosten valmistuksen yhteydessä. Ratkaisuna ongelmiin päätimme kokeilujaksomme yhteydessä käynnistää polymeerilaitteiston vain liuosten valmistuksen ajaksi ja muuten pitää kaikki käyntiä ohjaavat toiminnot suljettuna. Syöttölaitteistossa jatkuvassa toiminnassa pidimme ainoastaan liuosta laitokselle siirtävää erillistä kalvopumppua sekä varastosäiliötä sekoitussäiliöstä täydentävää siirtopumppua.

Syöttölaitteiston ongelmien seurauksena ei laitoksella kyetty ylläpitämään jatkuvaa ja tasaista polymeerilisäystä. Tästä johtuen ei konkreettisia tuloksia myöskään syntynyt. Kolmen viikon kokeilusta kuitenkin voitiin todeta, ettei polymeerin lisäyksestä ilmene ongelmia Reposaaressa laitoksen puhdistusprosessin toiminnalle.

Kun annostuksen nostaminen oli laitoksen toiminnan säilymisen kannalta todettu turvalliseksi, kasvatettiin polymeerilisäys 14.11.2012 vastaamaan grammaa polymeeriä yhtä jätevesikuutiota kohden. Samalla oli myös syöttölaitteiston ongelmat saatu ratkaistua, joten polymeerin lisäys muodostui tasaiseksi. Tällöin alkoivat myös polymeerisyötön vaikutuksen syntyä havaittaviksi. Kyseisen viikon aikana pyrimme myös kehittämään polymeerin ja jäteveden keskinäistä sekoittumista lisäämällä selkeytsaltaalle kulkevaan virtaan esteen, minkä tarkoituksena on lisätä virtaamaan pyörrettä.

Syöttölaitteistossa ilmeni jälleen ongelmia 16.11.2012. Tällöin muusta laitteistosta irrallaan oleva, liuosta laitokselle siirtävä, kalvopumppu päästi tarkoitusta suuremman annostuksen polymeeriä puhdistusprosessiin yön aikana. Hetkellisesti suuren polymeerilisäyksen seurauksena kasvoi laskeutusaltaan näkösyvyys 80 cm:iin vuorokausivirtaaman ollessa noin 600 m³. Vastaava näkösyvyys saavutettiin ennen polymeerisyötön aloitusta noin 200 m³:n virtaamalla. Rohkaisevien tulosten seurauksena päätimme nostaa lisäyksen annostusta vielä hieman, 1,5 grammaan polymeeriä suhteessa kuutioon jätevettä. Kyseinen annostuksen nosto tapahtui koejakson viimeisen viikon alussa 19.11.2012.

11.1 Lietteen laskeutuskokeet

Muutoksia lietteen laskeutuvuudessa tarkkailtiin puolen tunnin laskeutuskokeiden avulla ilmastusaltaan aktiivilietteestä sekä selkeytsaltaalta virtaavasta palautuslietteestä.

Laskeutuskokeiden tuloksissa ei kyetty havaitsemaan merkkejä polymeerilisäyksen vaikutuksista. Laskeutuskokeissa saatujen arvojen suuri vaihtelevuus sekä seurantajakson että kokeilujakson aikana heikensivät tulosten keskinäistä vertailua. Lietteen laskeutuvuuden seurannan avulla voimme kuitenkin todeta, ettei muodostuneen tiivistymän koko pienentynyt tai kasvanut merkittävästi polymeerilisäyksen myötä.

Edellä mainittuja havaintoja tukee myös laitoksella suorittamamme erilliset laskeutuskokeet, joissa arvioimme yhdenaikaisesti sekä polymeerilisäyksen saaneen että ilman lisäystä olevan aktiivilietenäytteen lietteen tiivistymistä. Kyseisissä kokeissa varmistimme lisättävän polymeerin mahdollisimman tehokkaan vaikutuksen tutkittavaan näytteeseen sekoittamalla mittalasissa olevaa ilmastusaltaan jätevettä liuoksen lisäyshetkellä. Sekoituksen päätyttyä alkoi myös vertailunäytteen laskeutumisaika, jolloin pystyimme yhdenaikaisesti arvioimaan lietteiden laskeutumisenopeuksia, muodostuneiden laskeumien suuruus- ja tiiveyseroja sekä eroavaisuuksia mittalaseihin muodostuneissa kirkastumisissa.

Laatimissamme useissa erillisissä laskeutuskokeissa muodostuivat polymeerilisäyksen vaikutukset selvästi havaittaviksi vasta, kun nostimme lisäyksen suuruuden vastaamaan moninkertaisesti laitoksilla yleisesti käytettävän annostuksen suuruutta. Tällöin kykenimme saamaan mittalaseissa laboratoriokokeissakin saatuja tuloksia vastaavan lietteen nopean ja tehokkaan flokkaantumisen. Nämä havainnot olivat kuitenkin erotettavissa vain laskeutuskokeiden ensimmäisten minuuttien ajan, minkä jälkeen syntyneet erot jälleen tasaantuivat. Noin viisi minuuttia laskeutuskokeiden aloitusajankohdan jälkeen, ei mittalaseissa voinut enää havaita eroavaisuuksia polymeerilisäyksen saaneen näytteen sekä vertailunäytteen välillä.

Erilliset kokeet osoittavat, ettei polymeerin lisäys merkittävästi nopeuttanut lietteen tiivistymistä, eikä vaikuttanut muodostuneen tiivistymän kokoon. Myös mittalaseihin muodostuneiden kirkastumien sameuksissa emme kyenneet havaitsemaan merkittäviä eroavaisuuksia. Kuviossa 19 on polymeerilisäyksen saanut sekä vertailunäytettä edustava mittalasi. Molempien näytteiden kirkastumat olivat yhtä kirkkaita ja molempien laskeumien suuruudeksi muodostui 250 ml.



Kuvio 19. Erillisessä laskeutuskokeessa muodostuneet lietteen tiivistymät.

11.2 Kokoomanäytteiden tulokset

Laskeutuskokeet osoittivat, ettei käyttämämme polymeerin vaikutuksesta lietteen laskeutuvuudessa tapahdu suuria muutoksia. Tästä huolimatta ovat muodostuneiden flokkien olomuodot voineet kuitenkin muuttua polymeerin vaikutuksesta, jolloin ne mahdollisesti sitovat jäteveden haitta-aineita erilaisella tehokkuudella.

Ensimmäinen seurantajakson kokoomanäyte otettiin 13.11.2012, polymeerisyötön annostuksen ollessa $0,5 \text{ g/m}^3$. Näytteenoton aikana oli laitoksella havaittavissa merkkejä paikallisen kalanjalostuslaitoksen jätevesien vaikutuksista, minkä seurauksena selkeytysaltaan näkösyvyys romahti kymmeneen senttiin.

Huolimatta kalanjalostuslaitoksen vaikeasti puhdistettavan jäteveden hetkellisestä vaikutuksesta laitoksen puhdistustoimintaan, pysyivät laboratoriossa arvioitujen kokoomanäytteiden tulokset sallittujen raja-arvojen puitteissa. Annostuksella 0,5 g/m³ saaduista tuloksista ei kuitenkaan kyetty tulkitsemaan mitään normaalista poikkeavaan parannusta puhdistustehokkuuteen.

Toisessa, 20.11.2012 otetussa, kokoomanäytteessä oli laitoksella käytössä huomattavasti korkeampi polymeerin annostus. Polymeerilisäyksen suuruuden ollessa 1,5 g/m³, olivat kokoomanäytteiden avulla selvinneet fosforin sekä kiintoaineen puhdistustehokkuuden arvot hyviä. Näytteenoton aikana oli laitokselle saapuvan virtaaman suuruus 472 m³. Kyseisiä tuloksia paremman puhdistustehokkuuden Reposaaren jätevedenpuhdistamo kykeni saavuttamaan kuluneen vuoden aikana ainoastaan 15.2.2012, jolloin virtaaman suuruus oli huomattavasti pienempi.

Taulukko 8. Kuluneen vuoden 2012 kokoomanäytteiden tulokset.

<i>pvm.</i>	<i>Virtaama m³</i>	<i>Kiintoaine Puhdistusteho (%)</i>	<i>Kok. fosfori Puhdistusteho (%)</i>
15.2	204	98,5	96,2
4.4	529	89,8	89,7
27.6	313	92,1	93,2
1.8	411	86,8	90,9
23.10	782	96,8	91,7
13.11	604	90,4	92,7
20.11	472	97,3	95,9

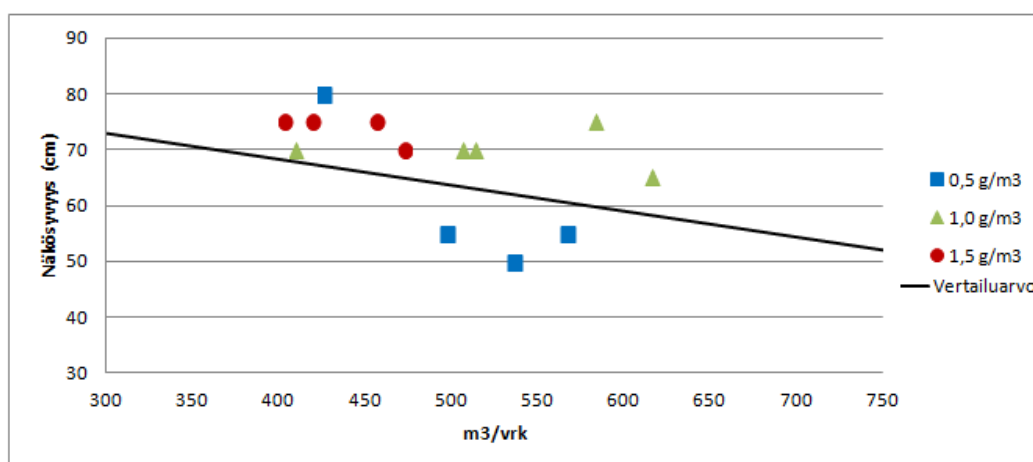
Toisen kokoomanäytteen yhteydessä saatu hyvä puhdistustehokkuus voi olla merkki polymeeriliuoksen vaikutuksista puhdistamon selkeytysaltaan toimintaan. Kuitenkaan todellisia johtopäätöksiä ei kyetä näin pienen otannan avulla määrittämään ja puhdistustehokkuuden tuloksia tulisi kerätä laitoksella myös todella korkeiden sekä matalien virtaamien aikana.

11.3 Muutokset näkösyvydessä

Polymeerilisäyksen annostuksen noustessa yhteen grammaan polymeeriä yhtä jätevesikuutiota kohden, alkoivat vaikutukset selkeytysaltaan näkösyvyyteen muodostua havaittaviksi (Kuvio 20). Tutkimustyöni seurantajakson aikana ei kuitenkaan näkösyvydessä tapahtunut toivottua huomattavaa parannusta, eikä näkösyvyys noussut kertaakaan yli 80 cm:n arvoihin.

Vastoin laskeutuskokeissa saatuja tuloksia, polymeerilisäyksen seurauksena voidaan havaita merkkejä selkeytysaltaassa tapahtuvan flokin laskeutuvuuden parannuksesta. Parannuksen suuruus jäi kuitenkin huomattavasti odotettua pienemmäksi, eikä sillä tällöin ole välttämättä odotettua vaikutusta lähtevän veden kiintoainepitoisuuksiin.

Polymeeriliuoksen lisäyksen suuruuden ollessa vähintään 1,0 g/m³, on näkösyvyyden mittauksien yhteydessä saaduissa arvoissa havaittavissa noin 10 cm:n suuruinen parannus. Nostettuamme polymeeriliuoksen annostuksen kyseisiin suuruuksiin, pysyivät näkösyvyyksien arvot 70 ja 75 cm:n välillä. Tänä aikana laitokselle saapuvan jäteveden virtaamat olivat 400:n ja 600 kuution välillä. Kyseiset arvot näkösyvyydelle, ennen polymeerisyötön aloitusta, kyettiin laitoksella saavuttamaan virtaaman ollessa noin 300 m³, mikä osoittaa että polymeerin lisäyksellä saattaa olla edesauttava vaikutus selkeytysaltaan toiminnalle.



Kuvio 20. Polymeerilisäyksen vaikutukset selkeytysaltaan näkösyvyyteen.

12 JOHTOPÄÄTÖKSET

Vastoin laboratoriokokeissa saatuja hyvin rohkaisevia tuloksia, ei laitoksella tehtyjen kokeiden yhteydessä kyetty saamaan vastaavan kaltaista flokin nopeaa ja tehokasta laskeutumista. Laboratoriokokeet ovatkin todettu osittain suuntaantaviksi ja polymeerin todellinen toimivuus selviää vasta laitoksella tehdyissä varsinaisissa kokeiluissa.

Lietteen laskeutuvuudesta laitoksella tehtyt erilliset kokeet osoittavat, ettei kokeiluun valittu voimakkaasti kationinen Superfloc C-496 HMW sopeudu toivotulla tavalla Reposaaaren jätevedenpuhdistamon toimintaa kehittäväksi polymeeriksi. Valitun polymeerin vaikutukset selkeytysaltaan näkösyvyyteen eivät myöskään täyttäneet ennalta odotettuja tuloksia, vaikka merkkejä lievästä näkösyvyyden parantumisesta oli havaittavissa. Työn yhteydessä jäi myös vielä epäselväksi, kuinka suureksi selkeytysaltaan näkösyvyys muodostuu laitosta kuormittavien korkeiden virtaamien laskettua tavanomaisiin suuruuksiin. Nämä tulokset selviävät viimeistään talven saavuttua, jolloin korkeat sademäärät eivät enää samalla tavalla kuormita laitosta.

Tutkimuksen yhteydessä ei saatu toivotulla tavalla valmiita tuloksia. Saamiemme havaintojen perusteella kuitenkin suosittelisin, että laitoksella jatkettaisiin polymeerikokeilua vielä matalakationisella polymeerillä Superfloc C-491K. Kyseinen, hyvin erilaisen varauksen omaava, polymeeri voisi toimia täysin erilaisella tehokkuudella, ollen näin toimivampi ratkaisu Reposaaaren jätevedenpuhdistamon ongelmaan. Syöttölaitteiston liitosten, syötölle tarvittavien linjausten sekä annostusta ohjaavan taulukoinnin ollessa valmiina laitoksella, olisi kokeiltavan polymeerin vaihto matalakationisempaan myös vaivatonta.

Vaikka kokeilun loppuvaiheilla syöttölaitteiston ongelmat eivät enää merkittävästi haitanneet polymeerisyötön toteutusta, on laitteiston automaatio tarkoitus ohjelmoida uusiksi tutkimustyöni tarkkailujakson päätyttyä. Automaation korjaus mahdollistaisi polymeerin tasaisen ja jatkuvan syötön sekä vähentäisi laitteiston ylläpidosta laitoksen henkilökunnalle muodostunutta vaivaa.

Vaikka työhön asetettuja tavoitteita ei suunnitelluilta osin kyetty täysin täyttämään, voimme työn yhteydessä tehtyjen havaintojen perusteella suunnata Reposaaressa laitoksen selkeytyksen kehitystoimia oikeaan suuntaan. Toiminnaltaan luotettavaksi tehdyn laitteiston sekä ominaisuudeltaan eri varauksen omaavan polymeerin avulla uskoisin selkeytysalalla muodostuneiden tulosten tulevan toivotunlaisiksi.

Kaiken kaikkiaan päättötyöni tekeminen oli mielenkiintoisa sekä opettava kokemus, mikä auttoi myös itseäni kehittämään osaamistani hankkeiden suunnittelusta sekä vedenkäsittelyn osa-alueista suuressa määrin.

LÄHTEET

- /1/ Porin Vesi. Toimintakertomus 2011. Viitattu 11.7.2012.
http://www.pori.fi/material/attachments/hallintokunnat/porinvesi/67VJIGF2f/Vuosikertomus_2011.pdf
- /2/ Juuti, P., Katko, T., Louekari, S., Rajala, R. 2010. Näkymätönt Porrii. Porin Veden Historia. Porin Vesi. Viitattu 11.7.2012.
<http://urn.fi/urn:isbn:978-951-44-8215-1>
- /3/ Lounais-Suomen Ympäristökeskus. Ympäristölupapäätös Reposaaressa jätevedenpuhdistamolle. Viitattu 11.7.2012.
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=52694>
- /4/ Kemira. Ei julkaisutietoja. Vedenkäsittelyn käsikirja. Kemira Kemi AB.
- /5/ Kettunen, R., Rintala, J., Hänninen, K., Luotsarinen, S. 2006. Jätevesien käsittelyprosessit ja -laitokset I. Jyväskylän yliopisto.
- /6/ Suunnittelukeskus Oy. 2002. Ferrosulfaatin käyttöopas. Kemira Oy. Viitattu 27.7.2012.
http://www.kemira.com/SiteCollectionDocuments/Media/Publications/Water/kayttooppaat_ferrosulfaatti.pdf
- /7/ Lammentausta, J. 2007. Polymeerin käyttö jälkiselkeytyksen tehostajana. [esitelmä]. Jätevedenkäsittelyn koulutus- ja neuvottelupäivä 20.11.2007 Kuopio. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys Ry.
- /8/ Tekla Tammelin. 2006. Surface interactions in TMP process waters. Helsinki University of Technology. Viitattu 26.9.2012
<http://lib.tkk.fi/Diss/2006/isbn9512284839/isbn9512284839.pdf>
- /9/ Lammentausta, J. 2001. Polymeeritutkimus: Forforinpoiston tehostaminen ja puhdistustuloksen viimeistely kunnallisessa jätevedenpuhdistuksessa jälkiselkeytystä tehostavan kemikaalin avulla. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys Ry.
- /10/ Hach company, 2008. Portable turbidimeter model 2100P ISO instrument and procedure manual. Viitattu: 19.9.2012.
<http://www.hach.com/asset-get.download-en.jsa?id=7639984906>

Liite 1. Reposaaren mittauspöytäkirja, lokakuu 2012.

REPOSAAREN MITTAUSPÖYTÄKIRJA
Lokakuu

Päivä	Klo	Virtaama m ³ /d	Annostus l/h	Kuiivaa polym. g/m ³	Ilmastusallas laskeuma		Palautusliete laskeuma		Näkösyvyys cm	Ylijäämäliete cm	
					1/2 h	2 h	1/2 h	2 h			
1	7:00	1454							70	75	
2	7:00	399							70	25	
3	7:00	382							70	25	
4	7:00	375				160		680	70	25	
5	7:00	1651							40	25	
6											
7											
8	7:00	6867							40	75	
9	7:00	1332							40	25	
10	7:00	1041							40	25	
11	7:00	845							40	0	
12	7:00	673				240		530	40	22	
13											
14											
15	7:00	1709							50	75	
16	7:00	690							50	25	
17											
18	10:00	1514							50	53	
19	7:00	810							45	22	
20											
21											
22	7:00	2974				220		670	45	75	
23	7:00	782					170	300	45	24	
24	7:00	710							45	25	
25	7:00	640		24,2	0,5	210		280	48	18	
26	7:00	551		20,9	0,5	200		780	45	25	
27											
28											
29	7:00	1496		56,7	0,5	180		900	55	76	
30	7:00	1099		41,6	0,5	140		850	35	21	
31	7:00	1861		70,5	0,5				30	20	
Yht.		29855								781	

HUOMI! (Esim: syötön aloitus-/lopetusaika, mahdolliset katkokset, jne.)
Punaisia laatikkoja ei tarvitse täyttää. Taulukko osoittaa automaattisesti
annostuksen (l/h) kun olet laittanut virtaaman.

Vilkonloppu
Vilkonloppu

Vilkonloppu
Vilkonloppu

Koulutus

Vilkonloppu
Vilkonloppu

Polymerin syöttö alkoi klo 12.30!

Vilkonloppu (ei syöttöä)
Vilkonloppu (ei syöttöä)

Jauhemaätärin annostus pudotettu n. 90 sekuntiin. => 0,08 %

Liite 2. Reposaaren mittauspöytäkirja, marraskuu 2012.

REPOSAAREN MITTAUSPÖYTÄKIRJA												
Marraskuu												
Pvä	Klo	Virtaama m ³ /d	Ammostus l/h	Kuivaa polym. g/m ³	Ilmastussalas 1/2 h	2 h	Palautustiete 1/2 h	2 h	Mäkösyvyys cm	Yritämälletä		
1	7:00	1182	44,8	0,5	190		850		45	20	HUOMI (Esim: syötön aloitus-/lopetusaika, mahdolliset katkokset, jne.)	
2	7:00	906	34,3	0,5	190		630		50	19	Viikonloppu (ei syöttöä)	
3			0,0	#DIV/0!							Viikonloppu (ei syöttöä)	
4			0,0	#DIV/0!							Viikonloppu (ei syöttöä)	
5	7:00	2150	81,4	0,5	240		910		65	60		
6	7:00	567	21,5	0,5	250		870		55	19		
7	7:00	536	20,3	0,5	250		650		50	20	Toiminta lähtenyt yhtäjaksoisesti käymään. Pumppu korjattu	
8	7:00	497	18,8	0,5					55	20	Lietteen poisto	
9	7:00	426	16,1	0,5	330		800		80	17	Viikonloppu (syöttö 10 l/h).	
10	12:40	514	13,4	0,5					50		Viikonloppu (syöttö 10 l/h)	
11			0,0	#DIV/0!							Polymeerilaitteen toiminnan tarkistus. Käykö syöttöruuvi oikein ja allas tähtyy?	
12	7:00	896	23,3	0,5	260		660		55	35	Kokoomanäyte. Kalankäsittelykattoksen jätteitä havaittavissa laitoksella.	
13	7:00	604	15,7	0,5	250		830		10	19	Ammostuksen määrä tuplaantunut 1 g/m ³	
14	7:00	616	32,1	1,0	260	200	840	450	65	20	Kalvopumpun vika. Liuosallaat tyhjenyneet. Vika korjattu	
15	7:00	583	30,4	1,0	250		770		75	20		
16	7:00	597	31,1	1,0	250		920		80	19		
17	12:20	514	26,8	1,0					70	24		
18	15:05	410	21,4	1,0					70	22		
19	7:00	506	39,5	1,5					70	13	Ammostuksen korotus: 1,5 g/m ³ .	
20	7:00	472	36,9	1,5	250		890		70	20	Kokoomanäyte	
21	7:00	456	35,6	1,5	240		910		75	20		
22	7:00	403	31,5	1,5	270		870		75	0		
23	7:00	419	32,7	1,5	260		860		75	17	Insinööritöön seurantalajakso päättyy.	
24												
25												
26												
27												
28												
29												
30												
Yht.		13254								404		