

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Biotekniikka

2015

Heini Hirvinen

# FLOTAATIOLAITTEISTON TOIMINNAN OPTIMOINTI



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU**  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bio- ja elintarviketekniikka | Biotekniikka

Toukokuu 2015 | Sivumäärä 39 + 2

Mika Jokinen, yliopettaja; Piia Leskinen, tuntiopettaja

Heini Hirvinen

# FLOTAATIOLAITTEISTON TOIMINNAN OPTIMOINTI

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia, miten flotaatiolaitteistolla voitaisiin parantaa fosforinpoistoa ja voitaisiinko jälkiselkeytysallas korvata flotaation avulla kokonaan. Työ on toteutettu yhteistyössä laitteiston valmistaneen TerCo Engineering Oy:n sekä Paraisten kunnan Nauvon jätevedenpuhdistamon kanssa keväällä 2015.

Opinnäytetyön teoriassa käsitellään flotaation toimintaperiaatetta, eri parametrien ja kemikaalien vaikutusta flotaatioon. Käytännön työssä käsitellään flotaatiolaitteiston kehittämistä ja sen toiminnan optimointia. Flotaatiolaitteiston toimivuutta seurattiin kemiallisella ja biologisella hapenkulutuksella sekä sameuden, johtokyvyn, fosforin ja pH:n mittauksella.

Nauvon jätevedenpuhdistamolla flotaatiolaitteistoa ei saatu toimimaan aivan odotetulla tavalla vaihtelevien olosuhteiden takia. Laitteiston toimivuudesta tasaisemmissa olosuhteissa saatiin kuitenkin hyviä tuloksia kiintoaineen sekä fosforinpoiston osalta. Ongelmaksi muodostui laitteen sammuminen liian pienen virtauksen vuoksi, koska laitteen pumput oli mitoitettu tarpeeseen nähden liian suuriksi. Itse flotaatiolaitteisto taas olisi toiminut tasaisella pienemmällä virtauksella hyvin, mutta pumppujen taajuutta ei voida laskea tarpeeksi matalaksi.

ASIASANAT:

jätevedenpuhdistus, flotaatio, kemiallinen saostus, flokkaus, dispersiovesi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Biotechnology

May 2015 | 39 + 2 pages

Mika Jokinen, Principal Lecturer; Piia Leskinen, Lecturer

Heini Hirvinen

## OPTIMIZATION OF FLOTATION SYSTEM OPERATION

The objective of this thesis was to study how flotation could improve phosphorus removal from wastewater and if the final sedimentation tank could be completely replaced by flotation. The study was conducted in co-operation with the equipment manufacturer Terço Engineering Oy and the Nauvo waste water treatment plant in the municipality of Parainen in the spring of 2015.

The theory part of the thesis explains the operating principle of flotation and discusses the effect of different parameters and flotation chemicals. In the experimental section, the development and optimization attempts of the flotation equipment are described. Equipment functionality was monitored by monitoring the chemical and biological oxygen demand, turbidity, conductivity and phosphorus and by pH measurements.

At Nauvo wastewater treatment plant, flotation did not work quite as expected due to varying circumstances. However, as regards equipment functionality, good solids and phosphorus removal results were obtained under stabilized conditions. The problem was that due to inadequate flow, the flotation system kept shutting down because it was designed for excessive capacity. The flotation system itself would have functioned well if the over-efficient pumps could have been optimized to function with smaller stable flow.

### KEYWORDS:

waste water treatment, flotation, chemical precipitation, flocculation, dispersion water

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)</b>	<b>6</b>
<b>JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1 Toimeksiantaja	7
1.2 Nauvon puhdistamon nykytilanne	8
1.2.1 Puhdistamon kemikaalimäärät ja virtaama 2014	9
1.3 Pienpuhdistamoiden ongelmia	10
<b>FLOTAATIO VEDENPUHDISTUKSESSA</b>	<b>12</b>
2.1 Toimintaperiaate	12
2.1.1 Ratkaisuna ympäristömääräyksiin	13
2.2 Kemikaalien vaikutus	14
2.2.1 Koagulantti	15
2.2.2 Flokkulantit	16
2.3 pH:n vaikutus	16
<b>FLOTAATION TEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT</b>	<b>18</b>
3.1 Flotaatioaltaan yleisiä ominaisuuksia	18
3.1.1 Flotaatio vastaan perinteinen jälkiselkeytys	19
3.2 Dispersioveden kuplakoko ja virtaama	19
3.2.1 Ilmakuplien suhde kiintoaineen määrään	21
3.3 Tyypillisiä partikkeleita vedessä	22
3.3.1 Nanopartikkelit jätevedessä	22
<b>MENETELMÄT</b>	<b>23</b>
4.1 Partikkelikokomittarin toimintaperiaate	23
4.2 Vedenlaatumittari	23
<b>LÄHTEET</b>	<b>25</b>

## LIITTEET

- Liite 1. Nauvon jätevedenpuhdistamon PI-kaavio
- Liite 2. Partikkelikokomittauksen esimerkkikäyrä

## **KUVAT**

Kuva 1. Suuttimien geometrioita. (24)	21
---------------------------------------	----

## **KUVIOT**

Kuvio 1. Puhdistamon prosessikaavio.	8
--------------------------------------	---

## **TAULUKOT**

Taulukko 1. Puhdistamon nykytilanne kemikaalien osalta	9
Taulukko 2. Näyteenottokerran (24.11.2014) tuloksia.	10
Taulukko 3. Valtioneuvoston asetuksen 888/2006 minimivaatimukset.	10
Taulukko 4. Yhdyskuntajätevesidirektiivin (91/271/ETY) mukaiset päästötasot jätevedelle. (22)	14

## KÄYTETYT LYHENTEET (TAI SANASTO)

PAX	Polyalumiinikloridi
Avl	Asukasvastineluku
BOD tai BHK	Biologinen hapenkulutus
COD tai KHK	Kemiallinen hapenkulutus
Koagulantti	Kemikaali, yleensä epäorgaaninen, joka parantaa kolloidisten partikkelien yhteenliittymistä
Flokkulantti	Kemikaali, yleensä orgaaninen, jota lisätään flokkien aikaansaamiseksi
Kolloidi	Seostyyppi, joka koostuu niin hienojakoisista hiukkasista, että seos ei ole heterogeeninen, mutta hiukkaset ovat homogeenisiä molekyylitason hiukkasia suurempia.

# JOHDANTO

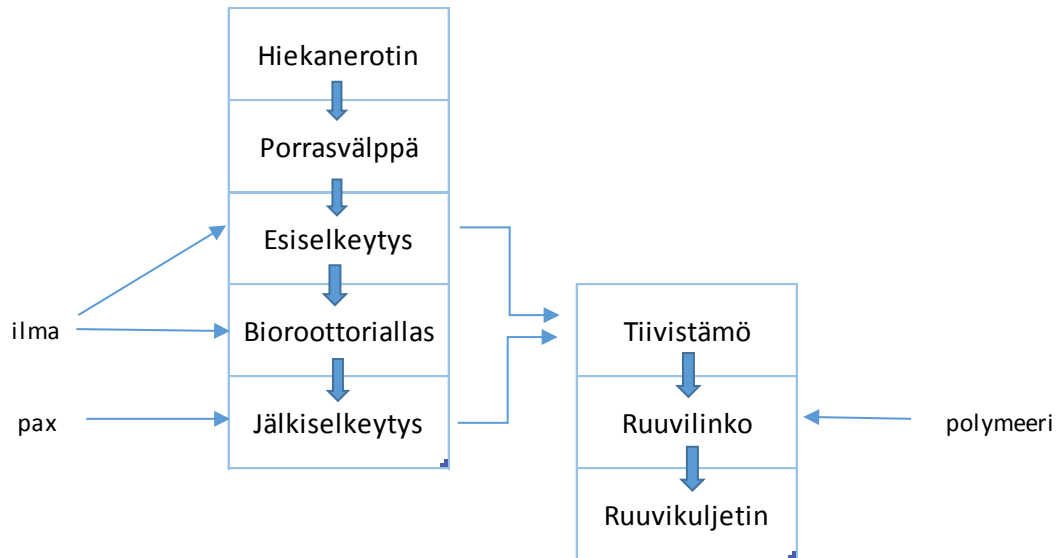
## 1.1 Toimeksiantaja

Nauvon jätevedenpuhdistamo on pienehkö Paraisten kaupungissa toimiva laitos. Laitoksen pienuuden takia puhdistusprosessia on haluttu kehittää toimimaan moitteettomammin myös kesäaikaan ja juhlapyhinä, jolloin jäteveden määrä usein kasvaa. Suurin ongelma puhdistamolla on ollut fosforinpoisto. Yhteistyössä TerCo Engineering Oy:n kanssa jätevedenpuhdistamolle on asennettu uusi floataatiolaitteisto, jonka tarkoitus on parantaa jälkiselkeytystä sekä fosforinpoistoa. TerCo Engineering Oy on vuonna 2011 perustettu yritys teollisuuden ja vesihuoltolaitosten kunnossapidon ja projektien toteutukseen, sekä koneiden ja laitteiden valmistukseen. Yrityksen työntekijöillä on vankka kokemus alalta, vaikka TerCo Engineering Oy vielä suhteellisen nuori onkin. Yritys sijaitsee Varsinais-Suomessa Marttilan kunnassa.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin, miten jätevedenpuhdistusprosessia voidaan parantaa floataatiolaitteen avulla ja miten floataatio saadaan toimimaan optimaalisimmin. Tärkeimpinä optimoitavina parametreina oli dispersioveden virtaama ja kuplakoko, kemikaalien määrä sekä sopiva virtaus. Tarkoitus oli löytää laadullisesti sekä kustannustehokkaasti paras ratkaisu, jolla saavutetaan hyvät puhdistus tulokset. Koeajojen aikana laitteistoon suoritettiin myös joitakin rakenteellisia muutoksia, jotka edesauttoivat laitteen toimintaa.

Kuukauden kestävän koejakson aikana suoritettiin koeajoja, joissa tutkittiin vuorotellen eri parametreja floataatiolaitteiston optimaalisimman toiminnan löytämiseksi. Puhdistumistulosta tarkkailtiin jälkiselkeytysaltaan sameuden muutoksena, floataatiosta tulevan kiintoaineen pitoisuutena, fosfori-, johtokyky-, pH- ja sameusmittauksina. Optimoinnin aikana tutkittiin myös näköhavainnoin, kuinka eri parametrien muuttaminen vaikutti laitteiston toimintaan. Koeajoista otettiin myös partikkelikokomittauksia, joista näkee kuinka suuria partikkeleita jää veden sekaan.

## 1.2 Nauvon puhdistamon nykytilanne



Kuvio 1. Puhdistamon prosessikaavio.

Kuviossa 1 esitellään laitoksen prosessikaavio ja liitteenä 1 on PI-kaavio puhdistamosta. Jätevesi tulee laitokseen hiekkanerotin kautta, josta se siirtyy porrasvälppään. Näissä vaiheissa jäteveden seasta saadaan poistettua mahdolliset paperit, hiekka ja kaikki suurempikokoinen kiintoaine. Vesi siirtyy porrasvälppältä esiselkeytysaltaaseen, jossa laskeutetaan osa kiintoaineesta altaan pohjaan, millä vähennetään bioroottoriin menevää kuormaa. Esiselkeytysaltaassa on myös ilmastus auttamassa veden hapekkuuden lisäämisessä. Pohjalle vajonnut kiintoaine johdetaan tiivistämöön. Esiselkeytyksestä vesi kulkee bioroottorialtaaseen, jossa liuenneet ravinteet ja kemikaalit poistetaan biologisesti. Ilmastuksen avulla huolehditaan bakteerien tarpeellisesta hapen saannista. Bioroottorialtaasta vesi kulkee välialtaan kautta, johon on lisätty koagulantti jälkiselkeytykseen. Bioroottorialtaassa syntyneet hajonneet orgaaniset yhdisteet, kuollut bakteerimassa ja saostunut fosfaatti ovat pääasiassa kiintoainetta jota enää on jäljellä. Jälkiselkeytyksessä loput kiintoaineet laskeutetaan altaan pohjaan ja koagulantin on tarkoitus tehostaa tätä prosessia. Vajonnut aines kuljetetaan tiivistämöön, jossa



se polymeerin eli flokkulantin tehostamana kuivataan ruuvikuljettimella. Jälkiselkeytysaltaan reunoilta ylivuotona kampamaisten reunojen läpi valunut puhdistettu vesi johdetaan puhdistamolta mereen. (15)

Prosessiin oli tarkoitus tehdä muutos, jossa jälkiselkeytys pyrittiin korvaamaan flotaatioaltaalla. Myös kemikaalien syöttö muuttui polymeerin osalta, koska se syötettiin juuri ennen flotaatioallasta veteen. Koagulantin syöttö tapahtui edelleen bioroottorialtaan jälkeen. Menetelmällä saavutetaan flokkien hyvä rakentuminen ennen flotaatiota, jotta dispersiovedellä onnistutaan nostamaan kupla-flokki-agglomeraatit tasaisesti ylös.

### 1.2.1 Puhdistamon kemikaalimäärät ja virtaama 2014

Taulukkoon 1 on merkitty kemikaalisyötön nykytilanteen määrät sekä keskivirtaama vuoden 2014 mukaan. Koagulanttina puhdistamolla on käytössä PAX XL100 ja flokkulanttina Superfloc C494. Virtauksen päivittäiseen ja viikoittaiseen virtaamaan vaikuttaa sade- ja sulamisvesistä tulevat ylimääräiset vedet, joten keskivirtaama antaa parhaimman kuvan virtaamasta. (10)

Taulukko 1. Puhdistamon nykytilanne kemikaalien osalta

	Vuosi(kg)	Viikko (kg)	Vrk (kg)	h (kg)
Ka PAX XL100	15021	289	41	1,7
Ka Superfloc C494	140	2,7	0,4	

	Vuosi (m <sup>3</sup> )	kk (m <sup>3</sup> )	Viikko (m <sup>3</sup> )	Vrk (m <sup>3</sup> )
Ka virtaus	45604	3800	888	126

Taulukossa 2 on esitetty puhdistamon puhdistustuloksia Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy:n tarkastuskerralta 24.11.2014. Tulevan veden määrä oli 108 m<sup>3</sup> vuorokauden aikana. Saatujen tulosten mukaan puhdistamon vaatimukset täyttyivät muuten, mutta kokonaisfosforia tulisi olla hieman vähemmän. Monella pienellä puhdistamolla on valtioneuvoston vaatimuksia väljemmät puhdistusvaatimukset. Useimmiten pienpuhdistamoiden vaatimukset koskevat vain

BOD:ta, kiintoainetta ja fosforia. Valtioneuvoston asetuksen yhdyskuntavesistä 888/2006 minimivaatimukset on esitetty taulukossa 3. (11)(12)

Taulukko 2. Näyteenottokerran (24.11.2014) tuloksia.

Määrittäminen	Yksikkö	Tuleva vesi	Puhdistettu	Raja
Prosessilämpötila	°C		10,4	
alkaliteetti	mmol/l	7,4	3,9	
pH	mg/l	7,6	7,6	
CODCr	mg/l	550	42	100
BOD7ATU	mg/l	170	8,8	15
kokonaisfosfori	mg/l	11	0,64	0,6
liukoinen fosfori	mg/l		0,18	
kokonaistyyppi	mg/l	80	53	
ammoniumtyppi	mg/l		49	
kiintoaine	mg/l	230	17	35

BHK<sub>7</sub> (BOD) tarkoittaa biologista hapenkulutusta ja sen yksikkönä on mg/l. Luku vastaa sitä määrää happea, jonka pieneliöt kuluttavat elintoimintoihinsa seitsemän vuorokauden aikana. COD tarkoittaa veden kemiallista hapenkulutusta ja senkin yksikkönä käytetään mg/l. Se tarkoittaa hapen määrää, jonka näytteessä oleva orgaaninen aine kuluttaa voimakkaan hapettimen läsnä ollessa, esim. kaliumdikromaatti.

Taulukko 3. Valtioneuvoston asetuksen 888/2006 minimivaatimukset.

Määrittäminen	Pitoisuus	Poistoteho min.
BHK <sup>7</sup>	30 mg/l	70%
COD	125 mg/l	75%
Kiintoaine	35 mg/l	90%
Kokonaisfosfori	3 mg/l	80%
Kokonaistyyppi	15 mg/l	70%

### 1.3 Pienpuhdistamoiden ongelmia

Pienpuhdistamoilla virtaamat ovat aamuin ja illoin suurimmillaan. Päivällä virtaama on taas paljon pienempi. Vapaapäivät ja varsinkin pyhät vaikuttavat virtaamaan nostaen tulevan jäteveden määrää. Parhaimman puhdistustuloksen saisi,

jos virtaama pysyisi suhteellisen tasaisena. Puhdistustulokseen vaikuttavat myös biologisen pieneliöstön toiminta sekä kemikaalien annostelu. Kemikaalin annostelussa ei oteta huomioon vaihtelevaa virtaamaa, jolloin ajoittain kemikaalia syötetään liikaa ja toisena hetkenä liian vähän. Puhdistustulokseen voi vaikuttaa puhdistamon mitoituksen riittämättömyys huippuvirtaamien aikoina. Käsiteltäväksi tulevan veden laatu voi vaihdella eri päivien välillä. Tulevan veden laatuun vaikuttaa, mitä kiinteistöissä on päivän aikana tehty. (19)

Selkeytyksessä rakenteisiin kertynyt liete voi tuottaa hajoamiskaasuja, jotka nostavat laskeutunutta lietettä selkeytyneeseen jäteveeseen. Jos tuloveden määrä on suuri selkeytysvaiheen mitoitukseen verrattuna, sotkee se kiintoainetta jo selkeytyneeseen veteen. Biologisen vaiheen ongelmia voivat olla pieneliöstön hapenpuute tai jäteveden laatu voi olla eliöille huonohkoa. Liete voi alkaa myös hajoamaan alkaliteetin laskun vuoksi. Fosforia saostaessa kemikaalin syöttömäärä voi olla liian suuri tai pieni. Kemikaali voi sekoittua myös huonosti jäteveeseen, jolloin sen toiminta ei ole optimaalista. Kemikaalit toimivat hyvin ainoastaan vakaissa olosuhteissa. Veden pH:lla ja alkaliteetilla, eli puskurikapasiteetilla on suuri merkitys. (19)

# FLOTAATIO VEDENPUHDISTUKSESSA

## 2.1 Toimintaperiaate

Prosessina flotaatio on fysikaalinen, jossa vuorovaikutuksessa ovat neste, kaasu ja kiinteä aine. Prosessissa on tyypillisesti sekä vettä hylkiviä, eli hydrofobisia aineita, kuten öljypisaroita tai ilmakuplia että vesihakuisia, eli hydrofiilisiä aineita. Hydrofobiset partikkelit nousevat pintaan ilmakuplien avulla. Kemikaaleilla voidaan muuttaa partikkelien ominaisuuksia hydrofiilisestä hydrofobiseksi. Epäpuhdistuksia, jotka ovat kolloidisessa muodossa tai liuenneena veteen, ei pystytä poistamaan ilman apukemikaaleja, koska ne eivät muodosta riittävän isoja flokkeja, joita dispersiovedellä saataisiin nostettua pintaan. (1)

Flotaatio on suhteellisen tehokas vedenpuhdistusmenetelmä, jossa kiintoaine ja kolloidinen suspensio poistetaan jäte – ja juomavesistä. Flotaation hyötyinä pidetään perinteisiin vedenpuhdistusmenetelmiin verrattuna lyhyttä viipymäaikaa, hyvää puhdistustulosta sekä melko suurta pintakuormien käyttöä. Flotaation hyöty esimerkiksi laskeuttamiseen verrattuna on, että ei tarvita niin suurta tilaa, eikä partikkelien koolla ei ole niin suurta merkitystä. Dispersioveden syöttäminen veteen laskee myös luonnollisesti veden BOD-arvoa eli happimäärää, jonka biologinen aines vaatii hajotukseen. (5)(4) Flotaatiolla voidaan poistaa vedestä kiintoaineita, orgaanisia yhdisteitä, mikro-organismeja, ravinteita, kuten fosforia sekä rasvoja ja öljyjä. (6)

Tässä työssä puhdistettavaan veteen sekoitetaan ennen flotaatiota polyalumiinikloridia eli PAX-kemikaalia, jolloin kiintoainehiukkaset liittyvät yhteen ja syntyvät mikroflokkeja. Mikroflokkit yhdistetään isommiksi flokkeiksi sopivan polymeerin avulla. Kemikaalien tarkoitus on pienentää pintajännitystä sekä parantaa kaasukuplien ja flokkien tarttumista toisiinsa. (5)(4)(2) Vesi ja paineilma sekoitetaan paineellisessa dispersiovesisäiliössä, josta ne johdetaan dispersiovesiletkusta käsiteltävän veden joukkoon flotaatioaltaan reaktioalueelle mikroskooppisen pieninä ilmakuplina. (3) Reaktioaltaassa flokit ja ilmakuplat törmäävät ja kiinnittyvät

toisiinsa nousten kupla-flokkiyhdistelmänä pintaan. Pintaan noussut liete kaavi-taan lopulta pois erotusaltaan pinnalta ja liete kuivataan. (4)

Flotaatio voidaan jaotella kolmeen erilaiseen tekniikkaan, jotka ovat luonnollinen, avustettu ja aiheutettu flotaatio. Yleisesti flotaatiosta puhuttaessa tarkoitetaan kuitenkin aiheutettua flotaatiota. Luonnollisella flotaatiolla tarkoitetaan, että ero-tettavat partikkelit ovat tiheydeltään pienempiä kuin ympäröivä liuos ja näin ollen nousevat pintaan. Avustetussa flotaatiossa partikkelien pintaan nousua avuste-taan ulkoisin keinoin esimerkiksi puhaltamalla flotaatioaltaan pohjalle ilmakuplia. Aiheutetussa flotaatiossa partikkelien tiheys on usein korkeampi kuin liuoksen tiheys, joten apuna käytetään dispersioveittä sekä kemikaaleja pienentämään partikkelien tiheyttä. (6)(1)

### 2.1.1 Ratkaisuna ympäristömääräyksiin

Pieniä jätevedenpuhdistamoita löytyy Suomesta paljon, joten toimiva flotaatiolait-teisto voisi olla vastaus tiukentuviin ympäristömääräyksiin. Ympäristölupavelvol-lisia ovat kaikki puhdistamot, joiden asukasvastineluku ylittää 100. Perinteisillä laskeutusmenetelmillä ei saavuteta yhtä hyviä hyötyjä kuin flotaatioaltaan avulla. Monet pienet puhdistamot laskevat vesistöihin liian suuria määriä fosforia ja typ-peä. Monen haja-asutusalueen puhdistamot eivät myöskään täytä ympäristö-määräyksiä. EU:n direktiivin (91/271/ ETY) eli yhdyskuntajätevesidirektiivin mu-kaan jokaisen jäsenvaltion taajama-alueen, joissa on yli 2000 asukasta, on oltava viemäröintijärjestelmä sekä jätevedet on käsiteltävä direktiivin mukaisesti. Direk-tiivin vaatimukset ympäristöön päästettävälle vedelle on esitetty taulukossa 4. Seurantanäytteitä otetaan keskimäärällisesti joka kuukausi tai neljännesvuosit-tain riippuen asukasvastineluvusta. Suurimmissa puhdistamoissa näytteitä tulee ottaa kaksi kertaa kuukaudessa. (7)

Taulukko 4. Yhdyskuntajätevesidirektiivin (91/271/ETY) mukaiset päästötasot jätevedelle. (22)

	Pitoisuus (mg/l)	Poistoteho vähintään (%)
Biologinen hapenkulutus (BHK <sub>5</sub> )	25	70 – 90 40 (avl > 10 000)
Kemiallinen hapenkulutus (KHK)	125	75
Kiintoaine	35* (avl > 10 000) 60 (avl 2000 – 10 000)	90* (avl > 10 000) 70 (avl 2000 – 10 000)
Kokonaisfosfori	2 (avl 10 000 – 100 000) 1 (avl > 100 000)	80
Kokonaistyyppi	15 (avl 10 000 – 100 000) 10** (avl > 100 000)	70 - 80

## 2.2 Kemikaalien vaikutus

Flotaatioaltaaseen tuleva vesi on jo melko puhdasta, eikä siinä ole enää paljon kuiva-ainetta. Laimean ja väkevän veden eron huomaa varsinkin keväisin sulamisvesistä ja sadejaksoista aiheutuvista ylimääräisten vesien kuormituksen nousuista, jolloin virtauskin on suurempi. Puhdistamalla ei viikonloppu- ja loma-aikoina veden koostumus muutu merkittävästi. (10) Laimea sateista johtuva vesi nostaa virtauksen määrää, mutta sisältää vähemmän poistettavaa kiinto-ainesta suhteessa normaalivirtaukseen.

Nauvon laitoksen keskivirtaama on päivässä 126 m<sup>3</sup> eli tunnissa noin 5,25 m<sup>3</sup>. Flotaatioaltaan koko on 2,8 m<sup>3</sup> eli koko vesimassa kulkee altaan läpi karkeasti laskettuna noin 20 minuutissa. Vesi kulkee laitteiston läpi nopeasti, jolloin vaihtelutkin huomaa flotaation toiminnassa nopeasti.

Kemikaalien käytöllä on suuri merkitys tasalaatuisen puhdistustuloksen saamiseksi. Ilman kemikaaleilla esikäsittelyä puhdistustulos voi olla hyvinkin vaihteleva. Yleensä parhaaseen tulokseen päästään, kun käytetään sekä koaguloivaa että flokkuloivaa kemikaalia. (6) Ilman koaguloivaa kemikaalia ei saada aikaiseksi mikroflokkeja, joita flokkuloiva polymeeri voisi helposti flokata suuremmiksi flo-

keiksi ilmakuplien kanssa. Pelkästään kemikaalit eivät tuota hyvää puhdistustulosta, vaan flotaatiossa avuksi käytetään ilmakuplia. Dispersioveden tarkoitus on sitoa ilmakuplia kemikaaleilla käsitellyn veden flokkeihin.

### 2.2.1 Koagulantti

Yleisesti koagulantteina käytetään epäorgaanisia aineita kuten rautayhdisteitä, alumiiniyhdisteitä tai lyhytketjuisia kationisia polymeerejä. Koagulantin nopealla sekoittumisella partikkelien ja kolloidien varaus saadaan pienemmään ja hydrofiiliset hiukkaset muutettua hydrofobisemmiksi. Pintavarausten destabiloiduttua saadaan syntymään mikroflokkeja, jotka kasvavat suuremmiksi flokkeiksi flokkulantin avulla. Tehokkailla kemikaaleilla saadaan aikaan stabiileja ja tiiviitä flokkeja, jotka eivät hajoa niin helposti. (4) Koagulantin valintaan vaikuttaa usein sen vaarattomuus sekä hinta. Halvimpia yleisesti käytettyjä koagulantteja ovat kolmenarvoinen rauta sekä alumiinisulfaatit (1).

Kalsiumyhdisteet toimivat paremmin saostamiseen kuin rauta- ja alumiiniyhdisteet, mutta vaativat muita emäksisemmät olosuhteet. Rauta- ja alumiiniyhdisteet toimivat lähes yhtä hyvin muodostaen niukkaliukoisia fosfaatteja. Alumiinikemikaalit saostavat hyvin fosforin eri muotoja, mutta orgaanisen fosforin saostukseen tarvitaan hyvin happamat olosuhteet. Alumiinisaostuskemikaalit ovat usein klorideja tai sulfaatteja. Kemikaali dissosioituu veteen liuetessa vapaiksi alumiini-ioneiksi ja kemikaali pystyy reagoimaan jäteveden komponenttien kanssa. Rautakemikaaleja käytetään usein enemmän kuin alumiinikemikaaleja, koska ne ovat halvempia. Rautakemikaalit voivat olla +2- tai +3-arvoisia. Suomessa yleisimmin käytetty on ferrosulfaatti, jota saadaan kemianteollisuuden sivutuotteena. Tavallisoin kolmenarvoinen kemikaali on ferrikloridi. Se parantaa myös veden erottuvuutta lietteestä ja nopeuttaa lietteen laskeutumista. (17)

### 2.2.2 Flokkulantit

Polymeerien tarkoitus on toimia flokkulantteina ja lisätä hydrofobisia alueita flokkien pinnalle, jotta ne tarttuvat paremmin ilmakupliin. Hydrofobisten flokkien ympärillä oleva kalvo on ohuempi kuin hydrofiilisillä. Orgaanisten aineiden määrä vedessä vaikuttaa siihen, kuinka hydrofobisia partikkelit ja kolloidit ovat. Kupla-flokkiagglomeraatit syntyvät vain, jos nestekalvo kuplan pinnalla on ohut. Parhaan flokkulaation saavuttamiseksi sekoituksen täytyy olla tarpeeksi tehokasta ja koko vesimassan tulovesialtaassa turbulentsissa virtauksessa. Reaktioaltaassa virtauksen tulee olla tasaista ja hidasta, ettei turbulentsia virtauksia enää synny ja siten flokit hajoa. Flotaatiossa optimaalinen flokkien koko on alle 100 µm ja tehokkaalla kemikaalilla jopa 10 µm saakka. (4)

Tyypilliset flokkulantit ovat moniarvoisia kationeja, kuten alumiini, rauta, magnesium ja kalsium. Usein flokkulantit ovat orgaanisia ja lineaarisia polymeereja. Flokkulantin syöttöpaikalla ei ole merkitystä, kunhan se ehtii vaikuttamaan ja muodostamaan flokkeja mikroflokeista. Flokkulantin voi sijoittaa tulemaan tulovesiputkeen, jolloin sillä on aikaa sekoittua ja reagoida hyvin. Sijoitettaessa flokkulantti vasta tulovesialtaaseen tulee huolehtia tarpeellisesta sekoituksesta altaassa ennen veden virtausta reaktioaltaaseen.

### 2.3 pH:n vaikutus

Epäorgaanisia koagulantteja käytettäessä on pH:lla suuri merkitys, koska koagulanttien hydrolyysi muuttaa liuoksen fysikaalis-kemiallisia ominaisuuksia, kuten pH:ta ja johtavuutta. pH vaikuttaa myös kolloidien poistoon, joten on tärkeä löytää optimaalinen pH, jotta saadaan tarpeeksi hyvä koagulaatio sekä flokkulaatio. (1) Saostuminen heikkenee, kun pH nousee yli 7.

Usein pH:n vaihteluita tasoitetaan lipeän avulla. Lipeän vaarallisuus ja liian nopea vaikutus veden pH:n nousuun tekevät sen käytöstä kuitenkin hankalaa. Turvallisempi vaihtoehto on käyttää kalkkia, koska sillä on hyvä alkaliteetti. Kalkkia on vaikea lisätä liikaa, eikä siitä ole haittaa ympäristölle. Kalkin käyttökustannukset



sekä toimintavarmuus on parempi kuin lipeällä tai joskus käytetyllä soodalla. Kal-kin hyvä puoli on myös, että se lisää veden kovuutta, jolloin vesi ei aiheuta ongelmia vesiverkostoissa korroosion takia. (13)(14)

## FLOTAATION TEHOKKUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

### 3.1 Flotaatioaltaan yleisiä ominaisuuksia

Altaissa leveys on yleensä tärkeämpi kuin pituus, jotta saavutetaan optimaalisin flotaation toiminta. Erotusaltaan pinta-alalla on enemmän merkitystä kuin altaan syvyydellä. Syvyyden merkitys on lähinnä taata nesteelle tarpeeksi tilavuutta. Veden tasaisen virtauksen kannalta olisi parempi hajautettu ulostulo altaan pohjassa kuin yksi ulostulo taaimmisen seinän alaosassa. Veden virtauksella flotaatioaltaan läpi on myös suuri merkitys, koska virtaama ei saa häiritä kupla-flokki-agglomeraatteja nousemasta pintaan eikä pinnalla kelluvaa lietettä. Yleisesti maksiminopeutena pidetään erotusalueella 100 m/h ja reaktioaltaassa, jossa dispersiovesi sekoitetaan maksimissaan 360 m/h. (4)

Kupla-flokki-agglomeraattien nousunopeuteen vaikuttaa niiden koko, ominaispaino, veden lämpötila sekä virtausolosuhteet. Kuplat hylkivät toisiaan negatiivisen varauksen takia, jolloin flokkien pinnalle voi kiinnittyä vain rajallinen määrä kuplia. Laaja pinta-ala helpottaa siis kuplien kiinnittymisessä. Optimaalista altaan pinta-alaa tehokkaaseen flotaatioon voidaan laskea virtausnopeuden ja kuplien nousunopeuden avulla kaavalla 1: (4)

$$A_{flot} = \frac{Q}{V_{rise}}, \quad (1)$$

missä

Q on tulevan virtauksen ja dispersiovirtauksen summa (m<sup>3</sup>/h) ja

V<sub>rise</sub> on kuplien nousunopeus (m/h)

### 3.1.1 Flotaatio vastaan perinteinen jälkiselkeytys

Perinteisessä jätevedenpuhdistuksessa aktiivilieteprosessin jälkeen vesi johdetaan lopuksi laskeutusaltaaseen. Laskeutusaltaassa mikrobeja sisältävä liete ja kemikaaleilla saostuneen sakan olisi tarkoitus laskeutua pohjaan ja pinnalle jäädä suhteellisen kirkas puhdistunut vesi. Pinnalla oleva puhdas vesi voidaan johtaa purkuvesistöön. (21)

Jälkiselkeytyksessä on tärkeää, että veden virtaama on hidas, jotta tarpeeksi liettettä ja saostuneita aineita ehtii laskeutua pohjaan. Virtaaman noustessa esimerkiksi sateiden vuoksi voi jälkiselkeytyksessä jo pohjaan laskeutunut liete alkaa sekoittua altaassa ja kulkeutua vesistöön. (21)

Kustannuksissa eroa tulee lähinnä energian käytöstä flotaatiolaitteen käynnissä pitämiseen, mutta energiankulutus nostaa kustannuksia suhteellisen vähän. Myös polymeerin käyttö flotaatioon tuottaa erittäin pienen lisäkustanteen. Perinteinen jälkiselkeytys on hitaampaa ja tilaa tarvitaan enemmän kuin flotaatiolla puhdistukseen. Flotaatiota käytettäessä puhdistamolle tulevan veden määrällä ei ole niin suurta vaikutusta veden puhdistumiseen, koska laitteeseen tulevan veden määrää voidaan säätää pumpun avulla. Kiintoaine poistuu kuitenkin molemmilla tavoilla yhtä hyvin.

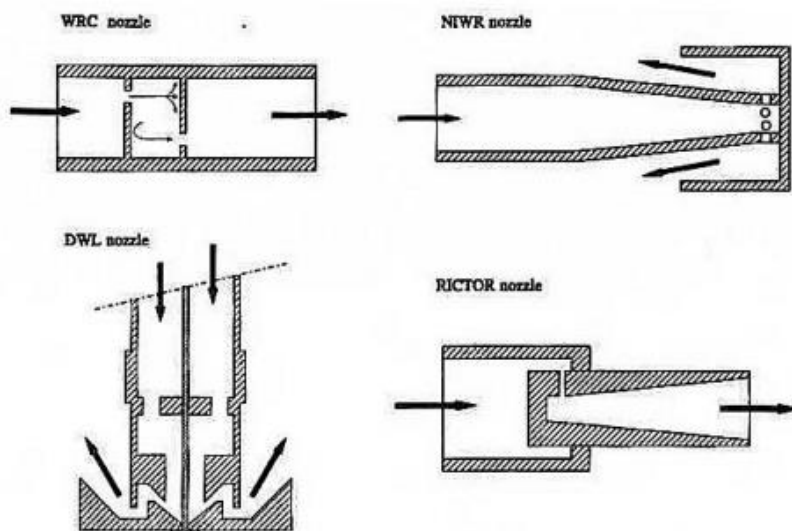
### 3.2 Dispersioveden kuplakoko ja virtaama

Tavallisesti dispersiovettä sekoitetaan 5-10 % koko selkeytettävän veden määrästä, mutta tarvittaessa voidaan käyttää jopa 25 % dispersiovettä. Ilmamäärä säädetään kuitenkin käsiteltävän veden määrän mukaan, kun kiintoainetta on vähän. Kiintoaine pitoisuuden ollessa 500 mg/l riittää veden puhdistamiseen 5-15 % dispersiovettä. (4) Dispersiovesipumppuun kierrätetään osa puhdistetusta vedestä. Dispersioveteen liuotetaan ilmaa tavallisesti 400–600 kPa:n paineessa, joka veteen äkillisesti vapautuessaan tuottaa pieniä mikrokuplia. Kuplat muodostuvat dispersioveden paineen laskiessa altaassa. Mitä suurempia kuplia, sitä nopeammin kuplat nousevat pintaan, ja kontaktiaika ilman ja kiintoaineen välille jää

lyhemmäksi. Pienemmillä kuplilla on myös suurempi kontaktipinta kuin isoilla. Kuplakokoon ja määrään vaikuttaa laitteiston rakenne sekä veden kemiallinen koostumus sekä dispersioveden syöttönopeus.(6) Mitä suurempi paine, sitä pienempiä kuplia syntyy ja suurempi määrä ilmaa liukenee veteen, mutta kuitenkin yli 500 kPa:n paineella on enää vähäinen vaikutus kuplien kokoon (4).

Flotaatiossa jäteveden ja flokkien tiheys on yleensä hyvin pieni, joten keskimääräisesti 40–70 mikrometriä halkaisijaltaan olevat dispersiovesikuplat ovat sopivia (6). Kuplat voivat kuitenkin olla halkaisijaltaan välillä 10–120 mikrometriä. Ilmasuspensiosta löytyy usein myös makrokuplia, joiden halkaisija on yli 150 mikrometriä. Ne syntyvät usein kuplien törmäilystä tai hydrostaattisen paineen pienetessä. Makrokuplat voivat häiritä nopeammin noustessaan kupla-flokki-agglomeraatteja. (4)

Perinteisesti käytetyissä neulaventtiilisuuttimissa ilmakuplat törmäilevät ja yhtyvät jo suuttimen suulla. Suuremmiksi yhtyneiden ilmakuplien muodostumista voidaan ehkäistä erilaisilla suuttimilla. Alla olevassa kuvassa 1 on esitetty neljä yleisesti käytettyä, joista muut suuttimet ovat kiinteitä suuttimia paitsi DWL on säädettävä. Säädettävillä suuttimilla voidaan vakioda dispersioveden määrä suhteessa tulevaan veteen. Säädettäviä suuttimia tarvitaan määrällisesti kuitenkin yleensä enemmän kuin kiinteitä. Flotaatiotehokkuutta voidaan parantaa myös asettamalla suuttimet alaspäin eli vastavirtaan, jolloin kuplat viipyvät kauemmin suuttimen lähellä. Näin saadaan myös sekoitettua tuleva vesi ja dispersiovesi keskenään paremmin. (4)



Kuva 1. Suuttimien geometrioita. (24)

### 3.2.1 Ilmakuplien suhde kiintoaineen määrään

Yksi tärkeistä parametreista on ilman ja kiintoaineen massasuhte ( $A/s$ ). Jos arvo on liian pieni, ei tarpeeksi flokkeja saada nostettua ja flotaatio ei toimi kunnolla. Jos suhde taas on liian suuri, kasvaa ilmakuplien määrä tarvittavaa suuremmaksi. Ilmakuplia määrän ollessa paljon suurempi kuin kiintoainetta voi tarttua, voivat kuplat alkaa yhdistyä suuremmiksi kupliksi aiheuttaen turbulenssia. Aiempien kokeellisten tulosten mukaan optimaalisena voitaisiin pitää arvoa 0,02-0,06 nojaten Anna Hietasen löytämiin tietoihin. (6) Flokkien ollessa erittäin pieniä on varsin tärkeää optimoida kuplien koko ja ilmatilavuus, että ei tule tilannetta, jossa flokkien määrä ylittää kuplien määrän. Pienten flokkien kiinnittyminen isoihin kupliin on hankalaa ja mahdollista ainoastaan, jos pintavaraukset ovat sopivat. Tämän takia kemikaalien ja ilma-kiintoainesuhteen täytyy optimaalinen. (4)

Kierrätysuhdetta  $R$  voidaan käyttää kuvaamaan ilmamäärää vakioaineessa, joka voidaan laskea kaavan 2 mukaisesti:

$$R_r = \frac{Q_r}{Q_o}, \quad (2)$$

missä

$Q_r$  on dispersioveden virtausnopeus ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) ja

$Q_o$  on tulevan veden virtausnopeus ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

### 3.3 Tyypillisiä partikkeleita vedessä

Kemiallisella saostuksella tarkoitetaan prosesseja, joissa kemikaalin lisäyksellä saadaan veden liukoisista ja kolloidisista aineista erottumiskykyisiä partikkeleita. Kemiallisella saostuksella ei saada poistettua orgaanista fosfaattia, vaan ainoastaan epäorgaanista fosforia ja ortofosfaatteja. Fosforin saostus jaetaan neljään vaiheeseen: kemikaalien syöttöön, koagulointiin, flokkaukseen ja erotukseen. Jätevesissä fosfori esiintyy liukoisena ja kiintoaineeseen sitoutuneena. Jäteveden komponentit voidaan jakaa kolloideihin, liuenneisiin ja suspensioihin. Liuenneiden aineiden halkaisijat ovat pienempiä kuin  $10^{-3}$   $\mu\text{m}$ , kolloidit ovat tästä ylöspäin aina 1  $\mu\text{m}$  asti ja primaaristen partikkelien halkaisijat ovat välillä 1  $\mu\text{m}$ -100  $\mu\text{m}$ . Laskeutuvien flokkien halkaisijat ovat yleensä yli 100  $\mu\text{m}$ . (17)

#### 3.3.1 Nanopartikkelit jätevedessä

Jäteveden puhdistuksenkin jälkeen veteen jää alle 100 nm kokoisia nanopartikkeleita, joista osa voi olla ympäristölle haitallisiakin. Nykyään on alettu kehittää erilaisia tapoja poistaa vedestä myös nämä pienet nanopartikkelit. Rautaoksidin hyödyntämistä nanopartikkeleiden poistoon on kehitetty jo jonkin verran eteenpäin. Rautaoksidin hyötyjä ovat erittäin pieni koko, suuri pinta-ala-tilavuussuhde, magneettiset ominaisuudet ja bioyhteensopivuus. Monissa kaupallisissa tuotteissa käytetään nanopartikkeleita, vaikka niiden ympäristövaikutuksia ei kunnolla tiedetä, ja niiden poistaminen kokonaan nykyisillä tekniikoilla on melkein mahdotonta. Yleisesti käytettyjä nanopartikkelimuotoja ovat kupari- ja hopeamateriaalit. (16.)

## MENETELMÄT

### 4.1 Partikkelikomittarin toimintaperiaate

Analyyseihin käytettiin Nicomp 380 nanopartikkelikomittaria, jolla voidaan mitata erilaisia proteiineja, kolloideja, emulsioita, nanopartikkeleita sekä muita yleisesti käytettyjä dispersioita. Mittarin toiminta perustuu dynaamiseen valonsirontaan ja sitä käytetään 5 nm - 2 µm kokoisten partikkelien mittaamiseen. Menetelmän hyötynä on analyysin nopeus ja automatisointi sekä helppokäyttöisyys. Mittaamiseen käytetään punaista laservaloa aallonpituudeltaan 675 nm.

Partikkelisuspension tulee olla tarpeeksi laimeaa, jotta hiukkaset kulkevat yksi kerrallaan valoalueen läpi ilman yhteensattumia. Partikkelit liikkuvat noudattaen brownin liikettä, eli liikkuvat satunnaisesti ja itsenäisesti. Lasersäteen aallonpituus on tunnettu ja näyte kulkee lasersäteen läpi, josta sironneen valon intensiteetti kerätään ilmaisimeen ja siitä määritetään hiukkaskokojakauma. Suuremmat hiukkaset kulkevat hitaammin ja niillä on suurempi diffuusiokerroin, eli partikkelien nopeuden perusteella saadaan tietoa partikkelikoosta. Sirottajat voivat olla aineita, joilla on erilainen taitekerroin kuin väliaineella ja ne ovat vakaita mittauksen ajan. Tyypillisiä sirottajia ovat kiinteät hiukkaset kuten metallioksidit tai lateksipartikkelit, pehmeät hiukkaset suspensiossa, kuten misellit, makromolekyylit sellaisenaan tai aggregoituneena liuoksessa. (18)

### 4.2 Vedenlaatumittari

Vedenlaatumittarin sondilla pystytään mittaamaan johtokykyä, pH:ta, sameutta, lämpötilaa sekä akunkestoaa laitteessa. Sillä voidaan mitata jäteveden, pintaveden, vesiviljelmien ja teollisuuden vesien laatua. Data voidaan siirtää suoraan tietokoneeseen ja käyttää sitä rekisteröivänä dataloggerimittarina tai katsoa reaaliaikaisia tuloksia valituista parametreista samaan aikaan. Sondiin voidaan ohjelmoida mittausväli, eli kuinka usein laite ottaa näytteen. Sondi toimii itsenäisesti

AA-paristojen avulla. Tuloksia ja tilastoja voidaan käsitellä Windows-pohjaisella Ecowatch-ohjelmalla. (20)

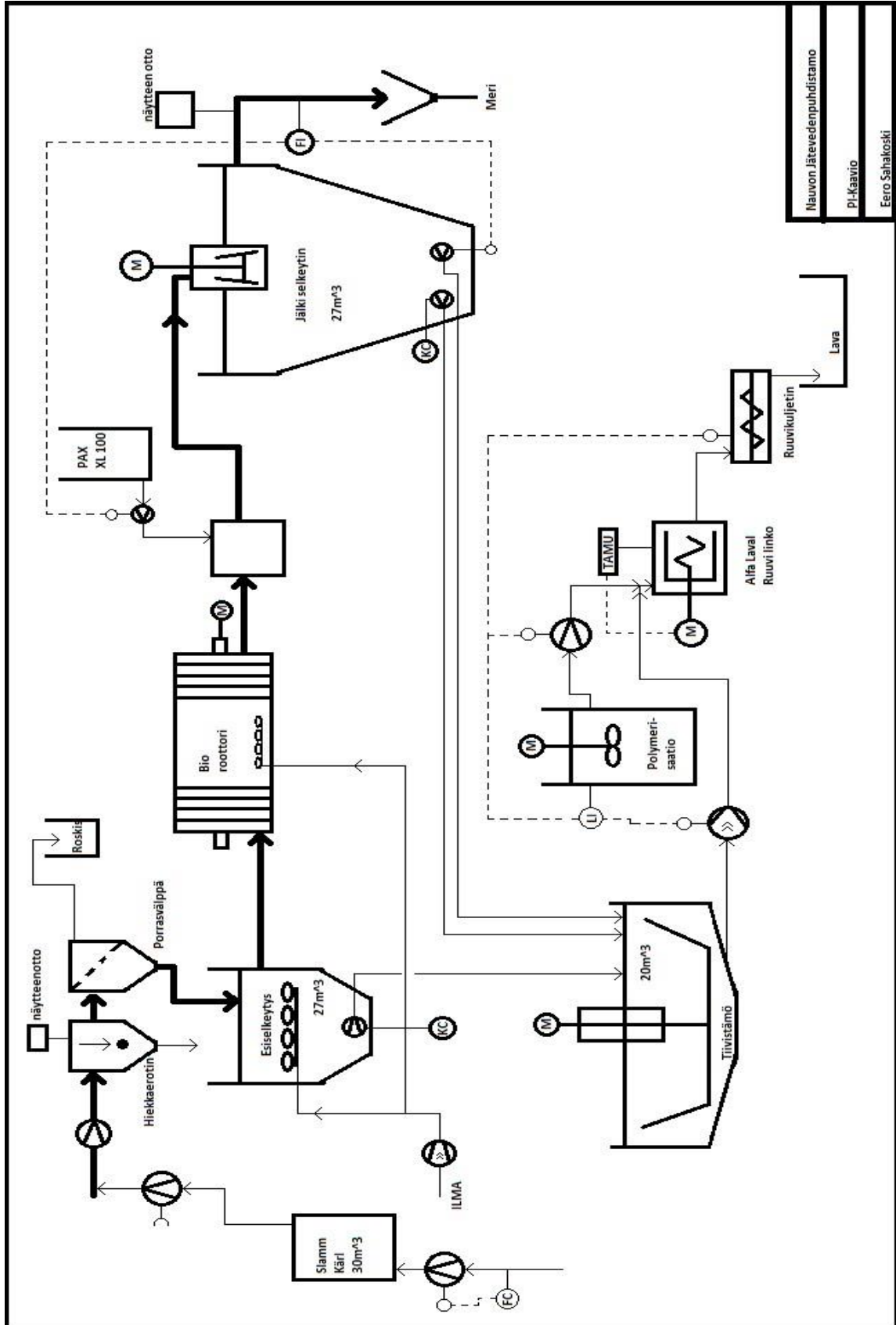


## LÄHTEET

1. Autio, A. 2010. PROSESSIJÄTEVESIEN PUHDISTAMINEN FLOTAATION AVULLA. Opinnäytetyö. Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu. Kemiantekniikan Koulutusohjelma 6;7;18;22–23.
2. Kemira. 2015. Polyalumiinikloridi. Viitattu 15.1.2015. <http://www.kemira.com/fi/toimialat-sovellukset/Sivut/polyalumiinikloridi.aspx>
3. Jalasjärvi. 2015. Jätevedenpuhdistus prosessista. Viitattu 19.1.2015. [jalasjarvi.fi/tiedotot/jatevedenpuhdistus\\_prosessista](http://jalasjarvi.fi/tiedotot/jatevedenpuhdistus_prosessista)
4. Ainali, I., E. Juuso, ja A. Sorsa. 2011. VESIKEMIKAALIEN ANNOSTELUTYÖKALUN KEHITTÄMINEN: Flotaation perusteet, koejaksot ja mallinnus. Opinnäytetyö. Oulun Yliopisto. Sääntötekniikan Laboratorio 1;2;5-11;14–16.
5. Alander, T. 2007. KOSKISEN Oy:n JÄTEVESIEN KÄSITTELYN TEHOSTAMINEN. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Kemiantekniikan Koulutusohjelma 13.
6. Hietanen, A. 2012. FLOTAATION KÄYTTÖÖNOTTO ORIVEDELLÄ TÄHTINIEMEN JÄTEVEDENPUHDISTAMOSSA. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Kemiantekniikka 12–13;15–16;21-23.
7. Laitinen, J., J. Nieminen, R. Saarinen, and S. Toivokko. 2014. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamot (Ympäristöministeriö). 17–18
8. TerCo Engineering Oy:n vierailu, muistiinpanot, 13.2.15
9. Rykaart E.M., Haarhoff J.: Behaviour of air injection nozzles in dissolved air flotation. Ives K.J and Bernhardt H.J (editors): Flotation Processes in Water and Sludge Treatment. Water Science and Technology, Volume 14(1995)3-4, 25-35
10. Sähköpostiviesti, Trygve Dahlström, 23.2.2015
11. Sähköpostiviesti, Trygve Dahlström, 13.1.2015
12. Terco konttipuhdistamot, Juurocon Oy, Huhtamäki, 17.6.2013
13. Vesi- Ja Viemäröintiyhdistys. 2002. KALKKIKIVIALKALOINTI-opas veden syövyttävyyden vähentämiseksi.
14. Sauvo jätevedenpuhdistamo vierailu, muistiinpanot, 18.3.2015
15. Virtanen, J. 2012. REPOSAAREN JÄTEVESILAITOKSEN SELKEYTYKSEN KEHITTÄMINEN POLYMEERIN AVULLA. Opinnäytetyö. Vaasan Ammattikorkeakoulu. Tekniikka Ja Liikenne.
16. Understanding the Transformation, Speciation, and Hazard Potential of Copper Particles in a Model Septic Tank System Using Zebrafish to Monitor the Effluent, Sveitsi, Institute for Chemical and Bioengineering, Ludwig K. Limbach, Robert Bereiter, Elisabeth Müller, Rolf Krebs, René Gälli ja Wendelin J. Stark. AcsNano, vol. 9(2015), no. 2, 2038-2048
17. Renkonen, M. 2014. Esisaostuksen mahdollisuudet aktiivilieteprosessin kuormitusvaihteluiden hallinnassa. Opinnäytetyö. Aalto Yliopisto. Kemian Tekniikan Koulutusohjelma 3-5;13-15.

18. Sartor, M. DYNAMIC LIGHT SCATTERING. University Of California San Diego. Viitattu 16.5.2015 [https://physics.ucsd.edu/neurophysics/courses/physics\\_173\\_273/dynamic\\_light\\_scattering\\_03.pdf](https://physics.ucsd.edu/neurophysics/courses/physics_173_273/dynamic_light_scattering_03.pdf)
19. Kujala-Räty, K., H. Mattila, and E. Santala. 2008. Haja-asutusalueiden vesihuolto (Hämeenlinna: Saarijärven offset Oy).
20. Vedenlaatumittarit,. YSI 600 XLM Vedenlaatusondi avovesi- ja pohjavesimittauksiin. Viitattu 15.5.2015 <http://www.gwm-engineering.fi/600xlm.html>
21. Jätevedenpuhdistus. Jätkiselkeytys. Viitattu 14.5.15. <https://jatevedenpuhdistus.wordpress.com/jatevedenpuhdistus/puhdistusprosessi/jalkiselkeytys/>
22. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristö 3/2014; 18
23. TerCo Engineering Oy:n sähköposti 21.5.2015
24. Rykaart E.M., Haarhoff J, 1995, Behaviour of air injection nozzles in dissolved air flotation. Water Science and Technology. Volume 31, no. 3-4; 30

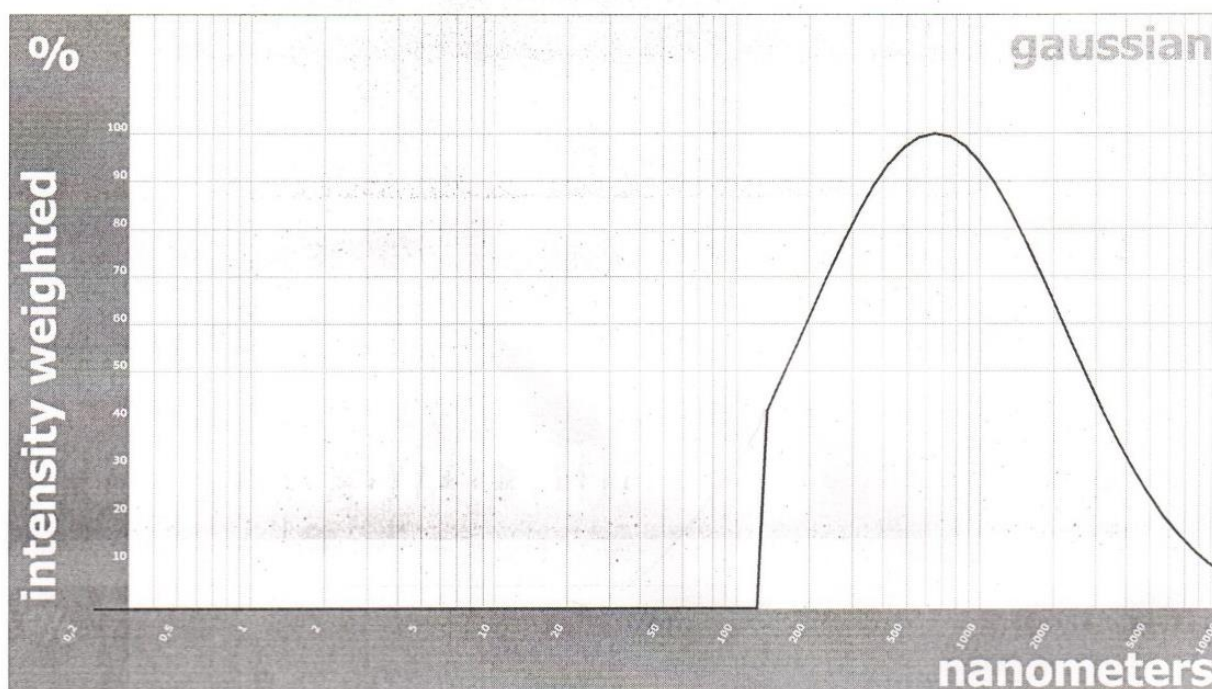
# Nauvon jätevedenpuhdistamon PI-kaavio



Nauvon jätevedenpuhdistamo
PI-Kaavio
Eero Sahakoski

## Partikkelikomittauksen esimerkkikäyrä

# Particle Size Analysis



Particle Sizing System NICOMP 380

Serial Number 0812303

**1.4.15 klo: 14.30 flotaatio tuleva, 6 l/h pol. ja 30kg/d pax, 1:10**

Recipe: Standardi 0,8um

**Sample Date** 14.4.2015  
**Refractive Index** 1,332  
**Viscosity** 0,933 cP  
**Particle Type** Solid  
**Cell Type** Flow

**Measurement Date** 14.4.2015 12:50  
**Channel Width** 200 µsec (auto)  
**Temperature** 23 °C  
**Intensity Set Point** 300 KHz  
**First Channel Used** 2

### Analysis Results - Gaussian Distribution

	Intensity	Volume	Number		
<b>Diameter</b>	<b>1339,81</b>	<b>3465,24</b>	<b>206,92</b>	<b>Run Time</b>	00:31:27
St.Dev.	1603,75	4147,90	247,69	<b>Chi<sup>2</sup></b>	3,402
CV %	119,70%	119,70%	119,70%	<b>Baseline Adj.</b>	0,000
PI	1,43	1,43	1,43	<b>Decay</b>	3,084
				<b>Fit Error</b>	4203,916
				<b>Residual</b>	115,871

Particle Sizing System NICOMP 380

Serial Number 0812303