



# TEOLLISUUDEN JÄTEVESIEN PUHDISTUKSEEN LIITTYVÄN UUDEN TEKNOLOGIAN KAUPALLISTAMINEN

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Ympäristötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jenni Koivuniemi	
Työn nimi Teollisuuden jätevesien puhdistukseen liittyvän uuden teknologian kaupallistaminen	
Päiväys 22.4.2016	Sivumäärä/Liitteet 49
Ohjaaja(t) yliopettaja Merja Tolvanen, yliopettaja Pasi Pajula	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) lehtori Anssi Suhonen, Savonia-ammattikorkeakoulu	
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön taustalla on uusi, innovatiivinen sähkösaostukseen perustuva teollisuuden jätevesien puhdistusmenetelmä. Puhdistusmenetelmä mahdollistaa jäteveden sisältämien ravinteiden lisäksi virusten ja bakteerien poiston jätevedestä, jolloin prosessivedet voidaan kierrättää osana tehtaan jätevedenpuhdistusjärjestelmää ja näin ollen saadaan vähennettyä sekä tehtaan vedenkulutusta että tehtaalta pois johdettavan jäteveden määrää. Teknologia soveltuu erityisen hyvin kaivos- ja selluteollisuuden jätevesien puhdistukseen, joissa jäteveden määrä ja laatu ovat haasteellisempia verrattuna muihin teollisuudenaloihin. Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia esimerkinomainen rahoitushakemus Startup-yritykselle uuden vedenpuhdistusinnovaation kehittämiseksi Tekesin rahoitushakemuslomakkeen pohjalta. Rahoitushakemuksessa käsiteltiin uuden teknologian tarvetta, kohdemarkkinoita, hyötyjä ja kilpailijoita sekä laadittiin kustannusarvio perustettavalle yritykselle.</p> <p>Opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin teollisuuslaitoksilla syntyviä jätevesiä ja nykyisin käytössä olevia jätevesien puhdistusmenetelmiä teorian ja Case-yritysten avulla. Työ tehtiin tutustumalla Tekesin Internet-sivuilla pk-yritysten tutkimus- ja kehittämisprojektien rahoitukseen sekä hyödyntämällä perustettavan yrityksen alustavaa liiketoimintasuunnitelmaa. Työhön kerättiin tietoa haastatteleamalla suullisesti ja sähköpostitse neljän Case-yrityksen asiantuntijoita. Case-yritysvierailuilla markkinoitiin uutta teknologiaa ja kartoitettiin kiinnostusta prototyypin käyttöönottoon yrityksessä.</p> <p>Työn tuloksena saatiin esimerkinomainen rahoitushakemus uuden vedenpuhdistusinnovaation kehittämiseksi. Rahoitushakemusta tullaan hyödyntämään haettaessa Tekesin rahoitusta tuotekehitysprojektille. Rahoitus mahdollistaa yrityksen perustamisen ja uuden tuotteen lanseeraamisen markkinoille.</p>	
Avainsanat kaivosteollisuus, jätevesi, jätevesien puhdistaminen, rahoitushakemus, Startup-yritys, Spin-off-yritys, selluteollisuus, Tekes	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Jenni Koivuniemi			
Title of Thesis Commercialization of the New Waste Water Purification Technology for Industrial Waste Water			
Date	22 April 2016	Pages/Appendices	49
Supervisor(s) Ms Merja Tolvanen, Principal Lecturer and Mr Pasi Pajula, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Mr Anssi Suhonen, Lecturer			
<p>Abstract</p> <p>The background of this thesis is a new, innovative industrial waste water purifying technology. The method enables removal of nutrients, viruses and bacteria from waste waters, which allow recycling and re-use of the water in the factory's own processes. This means lower water consumption and lower amounts of created waste waters. The technology is especially suitable for purifying waste water from mining and paper industries. The quantity and quality of waste water in these industries are the most challenging ones compared to other industries. The aim of this thesis was to create a funding application example for a Startup company based on Tekes funding application form. The funding application contains information about the demand for the new technology, target markets, competitors and benefits from the new technology. A cost estimate for a new company was also created.</p> <p>The theoretical part focused on the current industrial waste water purifying technologies used in mining and paper industries. The currently used purifying technologies were researched using selected case-enterprises. The work was executed by exploring financing of research and development projects at Tekes web site and by utilizing the preliminary business plan for the company about to be established. Information for the thesis was also gathered via email and by informally interviewing specialists from four case-enterprises. When visiting these enterprises the new purifying technology was marketed and interest for it surveyed.</p> <p>As a result of this thesis, a funding application example for a new water purification innovation was created. The application can be utilized when funding for the new company is applied for. Funding enables establishing a new company and launching a new product into the market.</p>			
<p>Keywords funding application, mining industry, paper industry, Startup company, Spin-off company, Tekes, waste water, waste water purifying</p>			

## ESIPUHE

Kiitän lehtori Anssi Suhosta mielenkiintoisesta ja opettavaisesta opinnäytetyön aiheesta. Lisäksi haluan kiittää yliopettaja Merja Tolvasta opinnäytetyöni ohjauksesta.

Kuopiossa 22.4.2016

Jenni Koivuniemi

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	7
1.1	Työn tausta ja tavoitteet .....	7
1.2	Käsitteet ja määritelmät .....	8
1.3	Spin-off- ja Startup-yritykset ja niiden rahoittajatahot .....	9
2	TEOLLISUUDEN JÄTEVEDET JA NIIDEN PUHDISTUSTEKNIIKAT .....	10
2.1	Teollisuuden jätevedet .....	10
2.2	Teollisuusjätevesien johtaminen.....	11
2.3	Aktiivilieteprosessi.....	12
2.3.1	Esiselkeytys .....	13
2.3.2	Ilmastus .....	13
2.3.3	Jälkiselkeytys.....	14
2.3.4	Lietteet.....	14
2.4	Sähkösaostus.....	14
3	SELLU- JA PAPERITEOLLISUUDEN JÄTEVEDET.....	16
3.1	Sellu- ja paperiteollisuuden vedet.....	16
3.2	Tyypillinen jätevesien puhdistusprosessi .....	19
3.3	Puhdistusmenetelmät.....	20
3.3.1	Mekaaninen käsittely .....	20
3.3.2	Biologinen käsittely .....	20
3.3.3	Kemiallinen käsittely.....	21
4	KAIVOSTEOLLISUUDEN JÄTEVEDET .....	22
4.1	Kaivosteollisuuden vedet .....	22
4.2	Jätevesien puhdistus kaivosteollisuudessa .....	24
4.2.1	Aktiiviset menetelmät .....	24
4.2.2	Passiiviset menetelmät .....	25
5	CASE-KOhteet .....	27
5.1	Stora Enso Oyj Varkaus.....	27
5.2	Savon Sellu Oy Sorsasalo .....	30
5.3	Kylylahden kaivos .....	32
5.4	Yara Oy Siilinjärvi.....	33

6	TUOTEKEHITYSPROSESSI .....	38
7	TEKES -RAHOITUSHAKEMUKSEN VAATIMAT SELVITYKSET .....	40
7.1	Yleiskuvaus .....	40
7.2	Tarve .....	40
7.3	Hyödyt .....	42
7.4	Kilpailu .....	42
7.5	Toteutus ja tulokset .....	43
7.6	Kustannusarvio ja rahoitussuunnitelma.....	45
8	YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET .....	46
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	47

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta ja tavoitteet

Teollisuuslaitoksilla syntyy jätevesiä, joiden määrä ja laatu eroavat suuresti yhdyskuntajätevesistä. Prosesseissa syntyvät jätevedet ovat usein laadultaan sellaisia, ettei niiden ympäristöön tai vesistöön johtaminen sellaisenaan ole sallittua. Tällaiset jätevedet sisältävät ympäristölle haitallisia ja mahdollisesti eliöille myrkyllisiä yhdisteitä, joten vedet on joko käsiteltävä syntymäkohteessaan tai johdettava muualle käsiteltäväksi. Jos jätevedet käsitellään tehdasalueella, siitä syntyy kustannuksia ja vastaavasti, jos jätevedet johdetaan muualle käsiteltäväksi, puhdistuslaitosten veloittamat maksut aiheuttavat merkittäviä kustannuksia teollisuuslaitoksille. Tiukentuneet ympäristömääräykset vaativat teollisuuslaitoksilta veden- ja energiankulutuksen sekä kemikaalien käytön vähentämistä ympäristökuormituksen pienentämiseksi. Ympäristömääräysten tavoitteena on taata teollisuusalueen lähialueen vesistön hyvä laatu ja sitä kautta vaikuttaa puhtaan juomaveden riittävyyteen. Puhtaan juomaveden riittävyydestä on muodostunut globaali ongelma, joka vaikuttaa miljardeihin ihmisiin.

Tämän työn lähtökohtana on uusi, innovatiivinen sähkösaostukseen perustuva teollisuuden jätevesien puhdistusmenetelmä. Menetelmä perustuu molekyyli-tason aine-erotteluun, jossa jätevedestä erotetaan epäpuhtaudet ioni- ja molekyyli-tason seulonnalla käyttäen rautaisotooppia. Puhdistusmenetelmä mahdollistaa jäteveden sisältämien ravinteiden lisäksi virusten ja bakteerien poiston jätevedestä, jolloin prosessivedet voidaan kierrättää osana tehtaan jätevedenpuhdistusjärjestelmää ja näin ollen saadaan vähennettyä sekä tehtaan vedenkulutusta että tehtaalta pois johdettavan jäteveden määrää. Menetelmä soveltuu erityisen hyvin kaivos- ja selluteollisuuden jätevesien puhdistukseen, joissa jäteveden määrä ja laatu ovat haasteellisimpia.

Työn tavoitteena on laatia esimerkinomainen rahoitushakemus Startup-yritykselle uuden vedenpuhdistusinnovaation kehittämiseksi Tekesin rahoitushakemuslomakkeen pohjalta. Työ tehdään tutustumalla Tekesin Internet-sivuilla pk-yritysten tutkimus- ja kehitysprojektien rahoitukseen sekä hyödyntämällä perustettavan yrityksen alustavaa liiketoimintasuunnitelmaa ja menetelmän julkista patenttia. Rahoitushakemuksessa käsitellään uuden teknologian tarvetta, kohdemarkkinoita, hyötyjä ja kilpailijoita sekä laaditaan kustannusarvio perustettavalle yritykselle. Työtä varten otetaan yhteyttä neljän Case-yrityksen asiantuntijoihin ja selvitetään muun muassa millaisia jätevedenpuhdistusmenetelmiä tehtailla on käytössä, kuinka paljon jätevettä syntyy ja kuinka paljon vettä kierrätetään tehtaan prosesseissa. Yritysvierailuilla markkinoidaan uutta teknologiaa ja kartoitetaan kiinnostusta prototyypin käyttöönottoon yrityksessä.

Työn tuloksena saadaan esimerkinomainen rahoitushakemus uuden vedenpuhdistusinnovaation kehittämiseksi. Rahoitushakemusta tullaan hyödyntämään haettaessa Tekesin rahoitusta tuotekehitysprojektille. Rahoitus mahdollistaa yrityksen perustamisen ja uuden tuotteen lanseeraamisen markkinoille. Tavoitteena on saada kyseinen uusi teknologia kaupallistettua vuoteen 2017 mennessä.

## 1.2 Käsitteet ja määritelmät

AOX	orgaanisesti sitoutuneet halogeenit
BOD	biologinen hapenkulutus (mg/l)
COD	kemiallinen hapenkulutus (mg/l)
ECF-valkaisu	klooridioksidilla valkaisu (selluteollisuus)



### 1.3 Spin-off- ja Startup-yritykset ja niiden rahoittajat

Spin-off-yritykset ovat uusia tutkimusperusteisia yrityksiä, joiden liiketoiminnan taustalla on vielä käyttämätön tekniikka tai liikeidea. Tyypillistä tällaisille uusille yrityksille on, että jonkin organisaation työntekijä on tehnyt päätöksen oman yrityksen perustamisesta saamansa liike-idean pohjalta. Uusi yritys voi tehdä alussa yhteistyötä emo-organisaationsa kanssa esimerkiksi asiakkaana tai tutkimuspartnerina, mutta usein Spin-off-yritykset pyrkivät itsenäisiksi ja jopa kilpailemaan emoyrityksen kanssa. (Lehtoranta 2003.)

Startup-yritykset ovat nuoria, korkeintaan muutaman vuoden ikäisiä aloittavia kasvuyrityksiä, jotka kehittävät ensimmäistä tuotettaan eivätkä vielä tuota voittoa. Kasvuyrityksellä tarkoitetaan yritystä, jonka liikevaihto nousee tietyn prosentin kolmen tai usemman peräkkäisen vuoden aikana. Tyypillistä Startup-yrityksille on, että ne pyrkivät kansainvälisille markkinoille globalisoimaan toimintansa nopeasti muun muassa asiakaskunnan ja kilpailun vuoksi. Erilaiset Startup-yritykset vaativat toimiakseen eri liiketoimintaosaamista, jonka tarpeisiin vaikuttavat eroavaisuudet esimerkiksi yritysten taloudellisessa asemassa, toimialassa, markkinoissa ja kilpailussa. Startup-yritykset ovat usein perustajien omistamia ja niissä korostuvat motivaatiotekijät, jotka ovat tärkeitä osaamisen kokonaisvaltaisessa hyödyntämisessä. (Lehtinen 2014.)

Teknologian ja innovaatioiden kehittämiskeskus (Tekes) rahoittaa kansainvälistyviä ja kasvua hakevia pieniä ja keskisuuria yrityksiä, tutkimusorganisaatioita ja julkisten palvelujen tuottajia. Yritysten kehitysprojekteja rahoitetaan lainalla, joka on tarkoitettu muun muassa projekteille, joissa tuotteen kaupallistaminen on lähellä. Lainan avulla yritys voi testata uuden, kaupallistamisvaiheen kynnyksellä olevan teknologian toimintaa ja saada asiakaspalautetta ennen tuotteen markkinointia ja kaupallistamista. Pilotointi voi olla esimerkiksi uuden teknologian testaamista tuotantolaitoksessa. (Tekes 2016.) Keksintösäätiö edistää suomalaista keksintötoimintaa tukemalla yksityishenkilöiden ja yritysten keksintöjen kehittämistä liiketoiminnaksi (Keksintösäätiö 2014). Lisäksi muun muassa Finnvera tarjoaa rahoitusta yritystoiminnan alkuun, kasvuun ja kansainvälistymiseen (Finnvera 2016).

## 2 TEOLLISUUDEN JÄTEVEDET JA NIIDEN PUHDISTUSTEKNIIKAT

### 2.1 Teollisuuden jätevedet

Teollisuus on merkittävin vedenkäyttäjä Suomessa; sen osuus kokonaisvedenkäytöstä on noin 80 %. Teollisuuslaitokset käyttävät toiminnoissaan vettä useisiin eri tarkoituksiin, muun muassa erilaisiin kemikaaliliuoksiin, kuitumassan siirtoon sellu- ja paperitehtaissa sekä malmien rikastamiseen. Useilla teollisuuden aloilla lopputuotteen vesimäärä on vähäinen tai vettä ei ole tuotteessa lainkaan. Tästä johtuen käytetyn veden määrä vastaa yleensä muodostuvaa jätevesimäärää. Aina ei voida selvittää, ovatko jäähdytysvedet ja voimalaitosten käyttämät vedet luettu kokonaisvesimäärään, jolloin teollisuuden vedenkäytön arviointi vaikeutuu. Lisäksi vedenkäyttö vaihtelee tuotantolaitoksen toiminnan mukaan, jolloin nämä vaihtelut vaikuttavat merkittävästi teollisuuden vesivarojen käyttöön. (RIL 124-1 2003, 35–36.)

Suomessa kaikkien tuotantolaitosten tulee toimia ympäristönsuojelulain mukaisesti. Teollisuusjätevedet poikkeavat laadultaan ja määrältään yhdyskuntajätevesistä. Eri teollisuuslaitoksilta tulevan jäteveden virtaamat ja saastumisasteet vaihtelevat huomattavasti, joten on liki mahdotonta ilmoittaa virallisia arvoja teollisuusjäteveden sisältämille aineille. Jätevedet voivat olla happamia tai alkalisia ja sisältää suspendoituneita ja liuenneita kiintoaineita, muun muassa ravinteita ja sulfaatteja sekä patogeenisia bakteereja. Pienillä jätevedenpuhdistamoilla teollisuusjätevesien kuormitushuiput voivat saada aikaan häiriöitä aktiivilieteprosessin biologiseen toimintaan. Eri teollisuuslaitoksilta tulevan jäteveden määrä ja laatu sekä niiden vaihteluvälit on selvitettävä, jotta mahdolliset raja-arvot voidaan asettaa ja jätevesien esikäsittelyn tarve saadaan arvioitua. Riskikartoitus teollisuusjätevesien vaikutuksista viemäriverkkoon ja jätevedenpuhdistamon toimintaan helpottaa rajoitusten asettamista. Teollisuusjäteveden tarkkailun ja laatuvaatimusten avulla pyritään estämään jätevedenpuhdistamon ja viemäriverkoston toimintahäiriöitä sekä säilyttämään lietteen jatkojalostusmahdollisuudet. (Makkinen 2015, 10.)

Osalla teollisuuslaitoksista on käytössään oma jätevesien käsittelyprosessi tai vedet käsitellään toisen teollisuuslaitoksen puhdistamolla. Osa tuotantolaitoksista ei käsittele jätevesiä, koska muodostuvien jätevesien laadun vuoksi käsittely ei ole tarpeen tai jätevedet johdetaan yleiseen viemäriverkkoon, jolloin vedet käsitellään kunnallisella puhdistamolla. Yleensä jätevedet käsitellään kuitenkin yrityksen omana loppukäsittelynä ennen vesien johtamista vesistöön tai esikäsittelynä ennen kuin vedet johdetaan kunnalliseen viemäriverkkoon. (Nuortimo 2002, 13.)

## 2.2 Teollisuusjätevesien johtaminen

Teollisuusjätevesien käsittelyssä ja johtamisessa tulee käyttää parasta käyttökelpoista tekniikkaa (BAT) sekä ympäristön kannalta parasta käytäntöä (BEP). Jätevesien johtamista viemäreiden sijasta suoraan maastoon rajoittavat oleellisesti jätevesien määrä ja laatu, purkuvesistön ominaisuudet, kuten virtaamat, vesien ekologinen arvo ja taustakuormitus. (Energiateollisuus ry 2008, 1.) Jätevedelle, joka johdetaan vesistöön, asetetaan vähimmäisvaatimukset jätevedenpuhdistamoiden ympäristölupia myönnettäessä. Vaatimukset koskevat orgaanisten aineiden ja ravinteiden enimmäispitoisuuksia (mg/l) ja poistotehoja (%). Lisäksi vaatimukset on asetettu teollisuuden käsitellyille jätevesille kiiloa tuotantomäärää kohti. Myös valtioneuvoston asetus yhdyskuntajätevesistä 888/2006 asettaa vaatimukset teollisuuden jätevesien kiintoaineelle, AOX:lle, BOD<sub>7</sub>:lle, COD<sub>C</sub>:lle ja ravinteille. (Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry 2016.)

Teollisuusjätevesien johtamisesta kiinteistöltä viemäriin on oltava vesihuoltolain 119/2001 mukainen teollisuusjätevesisopimus, jonka tulee vastata valtioneuvoston asetuksen 1022/2006 ja ympäristönsuojeluasetuksen vaatimuksia jäteveden määrän ja laadun tarkkailusta, esikäsittelystä ja johtamisesta. Vesihuoltolaitos päättää, vastaanottaako se teollisuusjätevesiä yleiseen viemäriin. Vesihuoltolaitos kantaa myös vastuun vastaanottamiensa jätevesien vaikutuksista ympäristöön lainsäädännön ja oman ympäristölupansa kautta. (Energiateollisuus ry 2008, 5.) Teollisuusjätevesien laatua tarkkailaan jätevesinäytteillä, joiden ottamisen hoitaa joko ulkopuolinen taho eli konsultti tai vesihuoltolaitos. Toiminnanharjoittaja sitoutuu teollisuusjätevesisopimuksessa noudattamaan ympäristölupasopimuksessa määrättyä jätevesien tarkkailuohjelmaa. (Teollisuusjätevesiopas 2011, 50.)

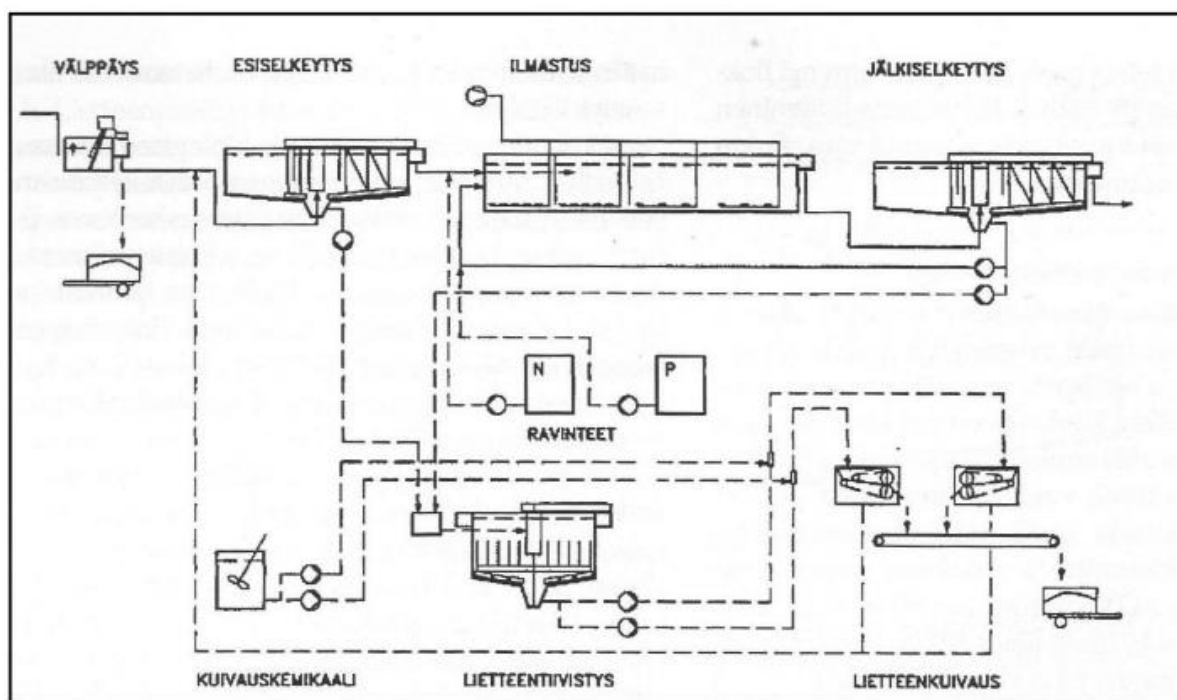
Viemäriin johdettavalle teollisuusjätevedelle ei ole Suomessa asetettu virallisia raja-arvoja. Jos yleiseen viemäriin johdetaan suuria määriä teollisuusjätevesiä, jätevesisopimuksessa on asetettu ainekuormia (kg/d) koskevat raja-arvot. Nämä raja-arvot koskevat usein metallikuormia, koska liian suuri metallien määrä vaikeuttaa lietteen hyötykäyttöä. Raja-arvot vesistöön johdettaessa ovat vastaavia kuin yleiseen viemäriin jätevesiä johdettaessa eli vedet käsitellään vastaavalla tehokkuudella. Ojaan jätevesiä johdettaessa raja-arvot ovat hyvin alhaisia, joten raja-arvopitoisuuksia on vaikea saavuttaa ilman esimerkiksi selkeytyksen jälkeistä hiekkasuodatuksella tapahtuvaa tehostettua kiintoaineen erotusta. (Energiateollisuus ry 2008, 23.) Taulukossa 1 on esitetty tavanomaisimmat vesihuoltolaitoksilla käytössä olevat raja-arvot yleiseen viemäriin johdettavalle teollisuusjätevedelle.

Taulukko 1. Yleiseen viemäriin johdettavien teollisuusjätevesien raja-arvot (Teollisuusjätevesiopus 2011, 31)

Aine/ominaisuus	Yksikkö	
Arseeni	mg/l	0,1
Elohopea	mg/l	0,01
Hopea	mg/l	0,1
Kadmium	mg/l	0,01
Kokonaiskromi	mg/l	0,5
Kromi VI	mg/l	0,1
Kupari	mg/l	0,5
Lyijy	mg/l	0,5
Nikkeli	mg/l	0,5
Sinkki	mg/l	2,0
Tina	mg/l	2,0
pH		6,0 - 11,0
Lämpötila	°C	40
Sulfaatti	mg/l	400
Kokonaissyaniidi	mg/l	0,5
Rasva	mg/l	150
Kiintoaine	mg/l	500 - 800
Kokonaishiilivetyypitoisuus	mg/l	200

### 2.3 Aktiivilieteprosessi

Aktiivilietemenetelmällä tarkoitetaan aerobista prosessia, jossa hapellisissa oloissa tapahtuu orgaanisen aineksen hajoaminen mikro-organismien avulla. Aktiivilietelaitoksen jätevedenpuhdistus koostuu mekaanisesta primäärivaiheesta eli selkeytyksestä sekä biologisesta sekundäärivaiheesta eli aktiivilieteprosessista. Prosessin toimintaan tarvitaan oikeanlaiset olosuhteet, jotta puhdistustehokkuus saadaan mahdollisimman hyväksi. Puhdistustehokkuus riippuu aktiivisen biomassan ts. aktiivilietteen määrästä ja kasvuvaiheesta. Aktiivilietteellä tarkoitetaan mikrobien ja muun biomassan muodostamaa lietettä, jossa mikrobit käyttävät jäteveden sisältämiä ravinteita aineenvaihdunnassaan. Jäteveden lämpötila, pH sekä happi- ja ravinnepitoisuus säädetään mikrobeille sopivalle alueelle, jotta haitta-aineiden hajotustoiminta pysyy tehokkaana. BOD:n osalta aktiivilieteprosessilla päästään yli 90 %:n vähenemiin, COD:n osalta jopa 75 %:n ja fosforin osalta 20–70 %:n vähenemiin. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.) Aktiivilieteprosessin periaate on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Aktiivilietelaitoksen periaate (Seppälä ym. 2005, 176)

### 2.3.1 Esiselkeytys

Esiselkeytyksellä vedestä pyritään erottamaan kiintoaineet painovoiman avulla laskeuttamalla ne altaan pohjalle. Veden virtausnopeuden tulee olla riittävän hidas, jotta kevyinkin orgaaninen aines ehtii laskeutua altaan pohjalle lietteeksi. Laskeutunut liete kaavitaan laahaimella ja pumpataan tiivistyksen kautta lietteenkäsittelyyn kuivattavaksi. Esiselkeytysvaiheessa voidaan tarvittaessa käyttää saostuskemikaalia tehostamaan kiintoaineen poistoa. Selkeytynyt vesi johdetaan ylivirtauksena biologiseen prosessiin eli ilmastukseen. (Turun Seudun puhdistamo Oy.)

### 2.3.2 Ilmastus

Esiselkeytyksen jälkeen jätevesi johdetaan ilmastusaltaaseen. Ilmastusvaiheessa mikrobit käyttävät ravintonaan jäteveden orgaanisia epäpuhtauksia sekä ravinteita kuten typpeä ja fosforia puhdistuen samalla jätevettä aerobisissa eli hapellisissa oloissa. Jäteveden tehokas puhdistus on mahdollista vain monipuolisella ja tarpeeksi suurella mikrobikannalla. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

Ilmastusaltaassa jätevetteen puhalletaan ilmaa kompressoreilla, jolloin mikrobeille saadaan tarvittava määrä happea. Aktiiviliete pysyy liikkeessä ilman avulla, jolloin mikrobit pääsevät kosketuksiin kaikkien epäpuhtauksien kanssa. Altaassa voidaan käyttää sekoittimia veden liikkeen lisäämiseksi, jos ilmastus ei yksistään riitä veden riittävän liikkuvuuden takaamiseen. Ilmastettu jätevesi ja liete johdetaan jälkiselkeytysaltaaseen ja osa palautetaan takaisin ilmastusaltaaseen, jotta aktiivilietteen mikrobikanta pysyy oikeana. Tavoitehappipitoisuus ilmastusaltaassa on yleensä 2 mg/l. Puhdistusprosessiin vaikuttavat puhdistettavan jäteveden hapenkulutus, ravinteet, jäteveden myrkyllisyys ja lämpötila. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

Ilmastus on puhdistusprosessin tärkein osavaihe, koska siellä tapahtuvat fosforin kemiallinen saostaminen sekä biologinen fosforin- ja typenpoisto. Ilmastusaltaan alussa jäteveteen syötetään kalkkia, jolloin jäteveden pH nousee ja nitrifikaatio eli ammoniumtypen muuttuminen nitraatiksi paranee. Liian alhainen pH vaikuttaa nitrifikaatioon ja heikentää aktiivilietteen laskeutuvuutta. Ilmastusaltaan lopussa jäteveteen lisätään ferrosulfaattia noin  $85 \text{ g/m}^3$  riippuen jäteveden virtausnopeudesta, jolloin fosforin saostuminen tehostuu. Saostuskemikaalin syötön yhteydessä jäteveteen lisätään polymeeria, joka nopeuttaa lietteen laskeutumista jälkiselkeytysaltaassa. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

### 2.3.3 Jälkiselkeytykys

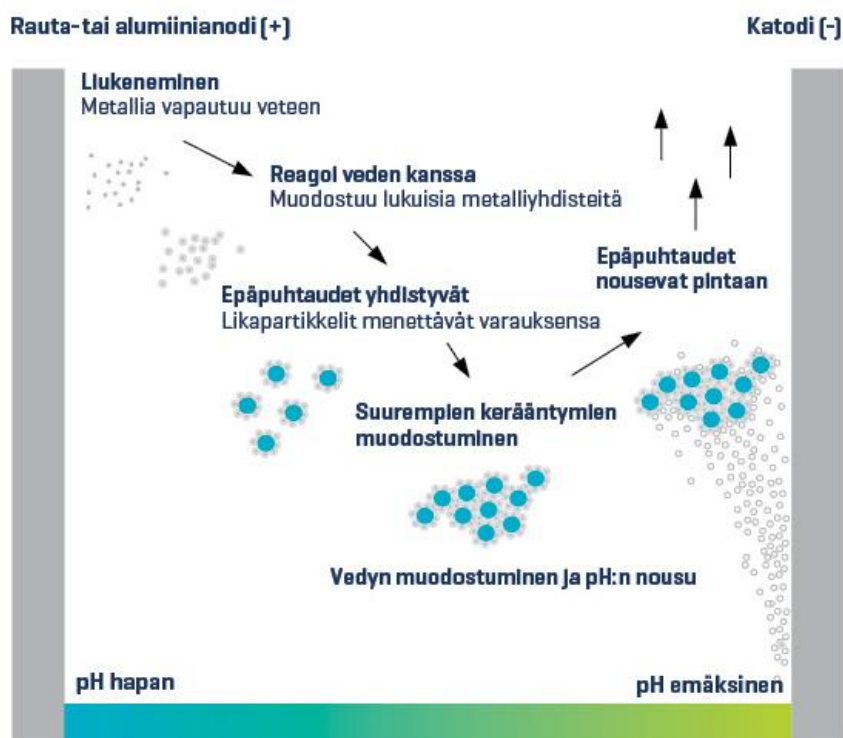
Aktiivilieteprosessista vesi menee selkeytysaltaaseen, jossa jäteveden ravinteilla kasvanut sakka vajaa pohjalle ja pinnalle jää melko kirkas vesi, joka johdetaan jälkikäsitteilyyn. Jälkiselkeytyksessä veden virtaama pidetään riittävän pienenä suhteessa altaan kokoon, jotta kevyinkin aines ehtii laskeutua altaan pohjalle. Altaan pohjalle laskeutunut ja tiivistynyt liete kerätään talteen ja osa palautetaan ilmastusaltaisiin puhdistamaan uutta jätevesierää. Ylimääräinen liete poistetaan ja johdetaan jatkokäsittelyyn. Lähtevän veden laatua voidaan parantaa johtamalla se jälkikäsitteilyyn kuten hiekkasuodatukseseen, jossa jätevedestä poistetaan epäpuhtauksia. (Kabata.)

### 2.3.4 Lietteet

Jäteveden puhdistuksessa syntyy lietettä, joka sisältää orgaanista ainesta ja suuria määriä vettä. Lietteen käsittelyn tavoitteena on lietteen hygienisointi ja eteenpäin sijoittaminen, joten liete kerätään talteen ja mädätetään. Mädätyksen tarkoituksena on muuttaa orgaaninen aines biokaasuksi, jolloin biokaasusta voidaan tuottaa energiaa, jota käytetään muun muassa puhdistamoiden sähkötuotantoon ja mädättämöiden lämmittämiseen. Mädätyksen jälkeen liete kuivataan ja jatkojalostetaan esimerkiksi multatuotteiksi. (Kabata.)

## 2.4 Sähkösaostus

Sähkösaostuksessa jätevesi kulkee metallisten levyjen välillä olevan sähkökentän kautta. Metallionit liukenevat veteen laitteiston metallianodilta vetäen puoleensa negatiivisesti varautuneita pieniä epäpuhtauksia, jolloin vedessä muodostuu yhdisteitä, jotka flokkautuvat eli kokoontuvat suuremmiksi saostumiksi. Katodi-elektrodilla syntyvä vetykaasu tarttuu likapartikkeleiden muodostamiin kasaumiin ja nostaa saostumat veden pinnalle, josta ne voidaan poistaa. Katodilla muodostuu hydroksyyli-ioneja, jotka nostavat veden pH:ta, jolloin puhdistetun veden pH:ta ei tarvita erikseen säätää. Saostus ja sakan erotus voidaan tehdä samassa laitteistossa. Sähkösaostuksen avulla saavutetaan alhainen orgaanisen aineksen ja alumiinin pitoisuus ja näin ollen menetelmä soveltuu erityisesti teollisuuden raakaveden ja juomaveden valmistukseen. (Partanen 2013.) Sähkösaostuksen periaate on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Sähkösaostuksen periaate (Partanen 2013)

Sähkösaostus soveltuu erityisesti pintavesien humuksen ja rikkivetytitoisten teollisuusjätevesien puhdistamiseen. Menetelmä poistaa erityisen hyvin raakaveden värillisiä humusyhdisteitä, jotka aiheuttavat usein laatuongelmia ja saostumia teollisuusprosesseissa sekä muodostavat orgaanisia, syöpää aiheuttavia klooriyhdisteitä juomavettä valmistettaessa. Jätevesistä saadaan poistettua esimerkiksi metalleja ja puun kuorinnasta syntyviä hartsihappoja, jotka ovat voimakkaasti haisevia sulfideja ja myrkyllisiä yhdisteitä. Lisäksi menetelmä soveltuu kaivosjätevesien raskasmetallien poistoon. (Partanen 2013.)

Alumiinielektrodit soveltuvat erityisen hyvin epäpuhtauksien poistamiseen järvi- ja jokivesistä. Rautaelektrodit puolestaan saostavat sulfidin jätevedestä, joten ne soveltuvat erityisesti haisevien jätevesien puhdistukseen. Käsittelyn alku- ja loppu -pH ovat tärkeitä, sillä ne vaikuttavat niin liukenemisnopeuteen kuin metalliyhdisteiden ja likapartikkeleiden varaukseen. (Partanen 2013.)

### 3 SELLU- JA PAPERITEOLLISUUDEN JÄTEVEDET

#### 3.1 Sellu- ja paperiteollisuuden vedet

Sellu- ja paperiteollisuudessa vettä käytetään muun muassa prosessien raaka-aineena sekä prosessilaitteiden jäähdytyksessä ja voitelussa. Prosessin jäähdytysvetenä käytetään raakavettä miltei sellaisenaan. Jäähdytysvesi ei likaannu käyttökohteissaan, joten se palautetaan takaisin vesistöön ilman erillistä käsittelyä. Sellu- ja paperiteollisuuden valmistusprosesseissa puhdasta vettä tarvitaan muuan muassa huuhteluihin ja pesuihin sekä kemikaalien ja massojen laimennukseen. Valmistusprosesseissa syntyvät vedet likaantuvat käytön aikana, joten ne puhdistetaan ennen vesistöön takaisin johtamista. Sellu- ja paperiteollisuuden jätevedet sisältävät muun muassa ligniiniä, tärkkelystä ja alkoholia sekä erilaisia prosessin apuaineita ja kemikaaleja alkuperäisessä tai muuttuneessa muodossa. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

Sellulaitoksen prosessijätevesien määrään vaikuttavat oleellisesti lopputuote sekä tuotantolaitteisto. Sellutehtaat, jotka tuottavat valkaistua kemiallista sellua, tuottavat puhdistamatonta jätevettä vuosittain noin 60–90 m<sup>3</sup>. Tuotantoprosessissa vettä haihtuu ja poistuu rejektien mukana noin 2–4 m<sup>3</sup>/t. Jätevesimäärät vaihtelevat moderneissa kartonki- ja paperitehtaissa 5–15 m<sup>3</sup>/t. Määrät ovat pienimmät kiertovesijärjestelmän ollessa yksivaiheinen, kuten kartonki- ja sanomalehtipaperiteollisuudessa. Huomattavasti suurempiin jätevesimääriin päästään esimerkiksi hienopaperi- ja painopaperitehtailla useampivaiheisen kiertovesijärjestelmän takia. Prosessivesikiertojen sulkemista on tehty jo pitkään Suomen metsäteollisuudessa, joskaan täysin suljettu prosessi ei vielä ole mahdollinen, koska esimerkiksi valkaisusta tulevia tiettyjä jakeita ei voida hyödyntää prosessissa puhdistamattomina. (Seppälä ym. 2005, 171–172.)

Pääosa sellulaitoksen jätevesistä muodostuu valkaisulinjalla. Valkaisulinjalla muodostuvien suodosten hyötykäyttö on vaikeaa, koska puusta ja valkaisukemikaaleista tulevat suolat, pääasiassa kloridi ja kalium kertyvät lipeäkiertoon ja aiheuttavat ongelmia muun muassa soodakattilassa. Muilta osin prosessien jätevedet pystytään hyödyntämään laitoksen muissa prosesseissa. Sellun valkaisussa syntyvät jätevedet sisältävät puusta liuenneita orgaanisia yhdisteitä sekä puun mukana tulleita epäorgaanisia suoloja. Jätevesien mukana poistuu klorideina suurin osa ECF-valkaisussa käytetystä kloorioksidista ja pieni osa kloorattuina orgaanisina yhdisteinä. Jätevesien orgaanisista aineista osa on rikkipitoisia ja siten myrkyllisiä. Haihuttamon lauhdeiden tehokas hyötykäyttö on vähentänyt näitä päästöjä huomattavasti. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

Paperiteollisuuden jätevedet ovat pääasiassa paperikoneiden kiertojen ylijouksuja. Puun aineosien lisäksi jätevedet sisältävät kemikaaleja ja prosessin apuaineita, esimerkiksi täyteaineita ja päällystyspigmenttejä. Jätevesipäästöjä aiheutuu mekaanisen massan valmistuksesta, silloin kun kaikki jätekomponentit ovat puuperäisiä. Kuorimossa syntyvissä jätevesissä on korkeina pitoisuuksina puun kuoresta liuenneita rasva- ja hartsihappoja, joista osa on kollodeina (hiukkasen koko 0,003–1 µm), kiinteässä muodossa tai liuenneina. Suuri kolloidien määrä on tyypillinen puunjalostuksen jätevesille,



kun taas ravinteita on suhteellisen vähän verrattuna kunnallisiin jätevesiin. Suomessa teollisuuden jätevesistä seurataan etupäässä kiintoainetta, BOD<sub>7</sub>, COD<sub>Cr</sub>, AOX ja ravinteita. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.) Taulukossa 2 on kuvattu sellu- ja paperiteollisuuden päästöt tuotettua tonnia kohti vuonna 2014. Tuotantolukuna on käytetty paperin, kartongin ja markkisellun yhteenlaskettua tuotantoa, poikkeuksena AOX-valkaistu sellu ja rikkipäästöt.

Taulukko 2. Sellu- ja paperiteollisuuden päästöt tuotettua tonnia kohti vuonna 2014 (Metsäteollisuus ry 2014)

	<b>1992</b> päästöt kg / tuotantoton- ni	<b>2014</b> päästöt kg / tuotantoton- ni	<b>Päästön muu- tos</b> <b>2014/1992</b> %
COD, kemiallinen hapenkulutus	31,10	9,53	-69 %
BOD, biologinen hapenkulutus	5,70	0,65	-89 %
Kiintoaine	3,32	0,92	-72 %
P	0,04	0,01	-79 %
N	0,32	0,16	-51 %
AOX	1,12	0,12	-89 %
NO <sub>x</sub>	1,80	1,30	-28 %
SO <sub>2</sub>	2,00	0,31	-85 %
Hiukkaset	1,23	0,17	-86 %
Rikkipäästöt (sellu 1)	1,01	0,05	-95 %
CO <sub>2</sub> 2)	478	189	-60 %
Kaatopaikkajätteet	89	6	-93 %
Jäteveden määrä milj. m <sup>3</sup>	70	30	-58 %

1) Hajukaasupäästöt, TRS 2) Vertailu vuoteen 1990

## **Typpi ja fosfori**

Sellu- ja paperiteollisuuden jätevesien sisältämät typpi ja fosfori ovat peräisin puusta ja jäteveeseen tarkoituksellisesti lisätyistä ravinteista, fosfori lähinnä fosforihaposta ja typpi ureasta. Aktiivilietelaitoksen mikrobikanta saa lisäravinteista orgaanista ainetta sekä ravinteita toimiakseen mahdollisimman tehokkaasti. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

## **BOD ja COD**

BOD eli biologinen hapenkulutus (mg/l) kuvaa hapenkulutuksen suuruutta mikrobien hajottaessa vedessä olevaa orgaanista ainesta. BOD-arvon avulla saadaan selville jäteveden helposti hajoavien eloperäisten aineiden määrät. BOD<sub>7</sub>:llä tarkoitetaan jäteveden hapenkulutusta bakteerien hajottaessa yhdisteitä seitsemän päivän ajan ja BOD<sub>5</sub> vastaavasti viiden päivän aikana. COD eli kemiallinen hapenkulutus (mg/l) kuvaa hapenkulutuksen suuruutta, kun jäteveden sisältämä orgaaninen aines hajoo täydellisesti kemiallisesti. Koska teollisuuden jätevedet sisältävät yleensä myrkyllisiä aineita, COD-arvo antaa BOD:tä paremman käsityksen veden sisältämän orgaanisen aineen määrästä. Sellu- ja paperitehtailla massan valmistuksessa puusta liukenevat aineet, muua muassa hiilihydraatit ja ligniini kuluttavat happea hajotessaan vedessä. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

## **Kiintoaine**

Jäteveden sisältämä kiintoaine on puun kuorinnassa ja massanvalmistuksessa veteen päässyttä puuainesta, muun muassa kuoren osia ja puukuituja, täyte- ja päällystysaineiden jäämiä paperitehtaalta sekä jäteveden puhdistuksessa kiinteään muotoon muutettuja epäpuhtauksia. Kiintoaines poistetaan vedestä laskeuttamalla tai selkeyttämällä. (Seppälä ym. 2005, 190.)

## **AOX**

Tyypillisiä sellutehtaiden jätevesien toksisia eli myrkyllisiä yhdisteitä ovat orgaaniset halogeenit (AOX). Ne ovat pääasiassa orgaanisesti sidotun kloorin päästöjä, jotka syntyvät sellun klooridioksidivalkaisun yhteydessä. Valkaisuprosessien kehittyminen on pienentänyt omalta osaltaan klooripäästöjä. Suomessa kloorikaasun (Cl<sub>2</sub>) käyttö on lopetettu ja se on korvattu klooridioksidilla (ClO<sub>2</sub>). Klooridioksidin hapetustehokkuus on yli 2-kertainen verrattuna kloorikaasuun eli pienemmät klooridioksidiannokset riittävät samaan valkaisu tulokseen. Klooridioksidin teho ei myöskään kokonaan perustu additio- eli orgaanisten yhdisteiden liittymisreaktioihin, joten AOX-päästöt klooridioksidivalkaisussa ovat siitäkin syystä huomattavasti pienemmät. Happipohjaiset valkaisu kemikaalit, muun muassa O<sub>2</sub> ja H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ovat lisääntyneet merkittävästi, mikä omalta osaltaan vähentää AOX-päästöjä. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

## 3.2 Tyypillinen jätevesien puhdistusprosessi

Suuri osa metsäteollisuuden jätevesistä puhdistetaan biologisissa jätevedenkäsittelylaitoksissa, joissa käytetään aktiivilietemenetelmää. Puhdistukseen käytetään mekaanisia, kemiallisia ja biologisia menetelmiä, jotka on jaettu esikäsittely-, primääri-, sekundääri- ja tertiäärivaiheisiin. Taulukossa 3 on esitetty metsäteollisuuden jätevedenpuhdistamoiden puhdistustuloksia, kun puhdistamolla on käytössä mekaaninen, biologinen ja kemiallinen puhdistusvaihe. Prosessivettä pyritään kierrättämään mahdollisimman tehokkaasti puhdistamalla sitä tasaisin väliajoin haitta-aineiden kertymisen estämiseksi. Näin saadaan vähennettyä tehtaalta pois johdettavan jäteveden määrää. Riittävän puhtaan veden käytöllä osaprosesseissa vältetään ”liian” puhtaan veden käyttöä ja vähennetään jäteveden määrää. Paperitehtailla käytetään ns. vastavirtaperiaatetta, jossa vesi kierrätetään paperikoneelta massaosastolle ja edelleen esimerkiksi kuorimolle, johon kelpaa huonompilaatuinenkin vesi. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

Taulukko 3. Metsäteollisuuden jätevedenpuhdistamoiden puhdistustuloksia (KnowPap 2014)

Aine	Poistettu määrä
Kiintoaine	98-99 %
BOD	98-99 %
COD	80-90 %
Fosfori	80-95 %
Typpi	75-85 %

### Esikäsittelyvaihe

Esikäsittelyssä jätevedestä poistetaan karkea kiintoaine, jotta se ei vahingoita prosessilaitteita tai aiheuta häiriötä puhdistusprosessissa. Esikäsittelyyn käytetään yleensä mekaanisia puhdistusmenetelmiä, esimerkiksi välppäystä ja hiekanerotusta, mutta siihen voi sisältyä myös neutralointi, jäähdytys, pH:n säätö ja määrän tasaus. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

### Primäärivaihe

Primäärikäsittelyn tarkoituksena on poistaa jätevedestä kuidut, kuoren kappaleet, hiekat ja muut kiintoainekset selkeyttämällä jätevesi mekaanisesti laskeutuksen tai flotaation avulla. Selkeytyksen tehostamiseen voidaan lisäksi käyttää kemiallista saostusta. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

### Sekundäärivaihe

Sekundäärikäsittely sisältää pääosin biologisia käsittelyvaiheita. Jätevedestä poistetaan mikroorganismien avulla orgaanista ainesta eli pyritään vähentämään jäteveden biologista hapenkulutusta, kiintoainesta sekä ravinteita. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

## Tertiäärivaihe

Ennen jäteveden vesistöön palauttamista, varmistetaan tertiäärikäsitteilyllä jäteveden riittävä laatu. Käsitteilyn tarkoituksena on poistaa jätevedestä kiintoainejäämiä, orgaanista ainesta sekä tarvittaessa viruksia ja mikrobeja. Tertiäärivaihe perustuu esim. mekaaniseen suodatukseen, flotaatioon tai hapetustekniikoihin ja sitä käytetään vain tarvittaessa korkeiden kustannusten vuoksi eli yleensä ympäristöluparajojen saavuttamiseksi. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

### 3.3 Puhdistusmenetelmät

#### 3.3.1 Mekaaninen käsittely

Mekaaninen puhdistus on usein ensimmäinen vaihe nesteen ja kiintoaineen erottamiseksi. Mekaanisessa puhdistuksessa jätevedestä poistetaan pääosa muun muassa kuitumaisista epäpuhtauksista sekä hiekasta selkeytyksen eli laskeutuksen, vaahdotuksen eli flotaation tai suodatuksen avulla. Myös välppäys ja hiekanerotus ovat yleisesti käytössä olevia menetelmiä kiintoaineen poistoon jätevedestä. Valittavan menetelmän määräävät veden puhdistusvaatimukset sekä veden kiintoaineksen ominaisuudet. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

#### 3.3.2 Biologinen käsittely

Biologista käsittelyä käytetään sekundäärivaiheena mekaanisen puhdistuksen jälkeen, erityisesti pienimolekyylisten orgaanisten aineiden vähentämiseen jätevedestä. Puhdistuksen kannalta tärkeää on, että jäteveden mukana tulevaa kiintoainetta on mahdollisimman vähän. Puhdistus perustuu luonnon mikrobikantoihin, jotka käyttävät ravintonaan jäteveden orgaanista ainetta ja ravinteita. Mikrobit hajottavat liuenneet tai kolloidimuodossa olevat jätteaineet, jotka poistuvat biomassan muodossa, hiilidioksidina, vetenä tai biokaasuna. Mikrobit tarvitsevat toimiakseen oikean lämpötilan, pH:n, riittävästi ravinteita, hapelliset tai kokonaan hapettomat olosuhteet. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

Puhdistukseen käytetään muun muassa aktiivilieteprosessia, anaerobista käsittelyä ja biosuodinta. Biologinen puhdistus suojataan usein neutraloinnin, tasausaltaan ja jäädytyksen avulla, koska puhdistusprosessi on herkkä jäteveden laadun vaihteluille. Mikrobitoiminnan tehostamiseksi jäteveeseen lisätään ravinteita. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.) Biologiset puhdistamot ovat tehokkaita poistaen noin 98 prosenttia kuormituksesta (Metsäteollisuus ry 2016).

### 3.3.3 Kemiallinen käsittely

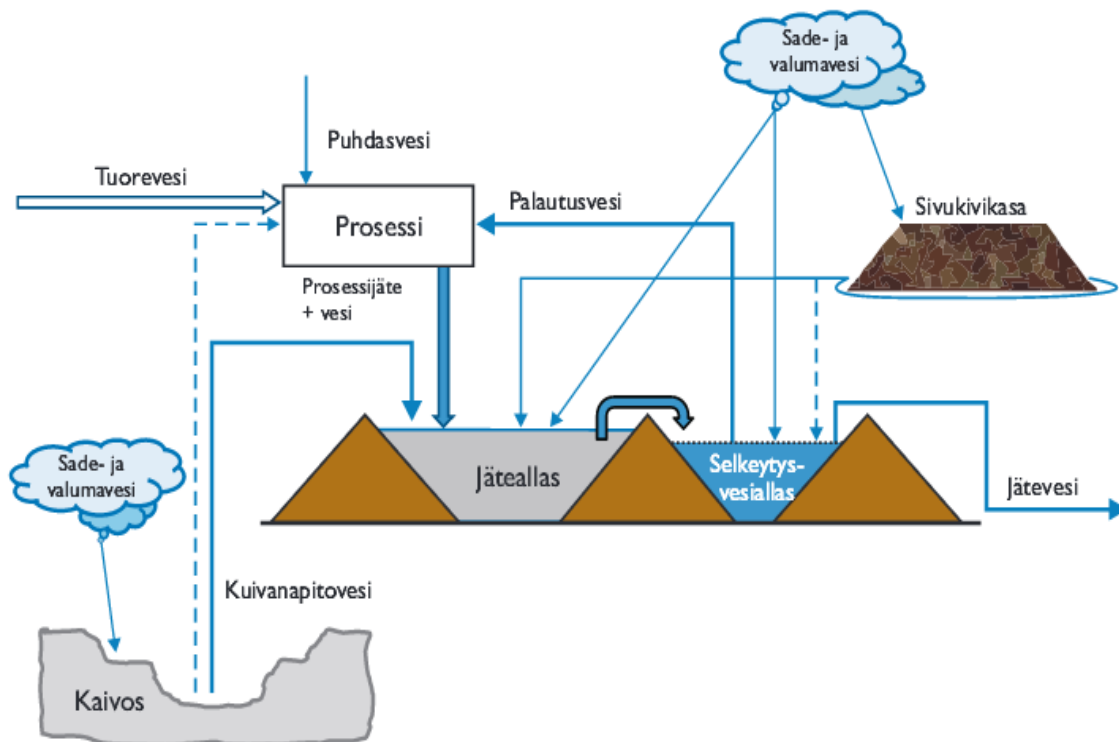
Sellu- ja paperitehtaiden jätevesien käsittelyssä kemiallinen saostus soveltuu etupäässä konsentroitujen, muun muassa valkaisussa ja kuorimoilla syntyvien jätevesijakeiden erilliskäsittelyyn. Kemiallisessa puhdistuksessa veteen lisätään saostuskemikaalia reagoimaan jäteveden yhdisteiden kanssa, jolloin haitta-aineista – etupäässä fosforista muodostuu kiinteitä flokkeja. Flokit erotetaan vedestä selkeyttämällä tai ilmakuplien avulla pinnalle nostamalla. Saostuskemikaalina käytetään yleensä rauta- tai alumiinisuoloja. Usein tapana on lisätä saostuskemikaalia biologisen käsittelyn kanssa samaan altaaseen, jolloin kemiallinen ja biologinen puhdistus tapahtuvat samaan aikaan, jolloin puhutaan rinnakkaissaostuksesta. Kemiallinen saostus soveltuu myös tertiäriveriäisiin puhdistusmenetelmäksi. Tavallisia kemiallisia puhdistuskäsittelyitä ovat lisäksi muun muassa hapetus, koagulointi, desinfiointi ja neutralointi. (KnowPap 2014, rajattu käyttöoikeus.)

## 4 KAIVOSTEOLLISUUDEN JÄTEVEDET

### 4.1 Kaivosteollisuuden vedet

Kaivosteollisuudessa vettä käytetään suuria määriä muun muassa poraukseen, jauhatukseen, rikastukseen, huuhteluun ja pesuun. Suuri osa vedentarpeesta katetaan veden takaisinkierätyksellä, mutta prosessissa tarvitaan myös riittävän puhdasta tuorevettä. Kierrätys kasvattaa vedessä olevien aineiden pitoisuuksia, jolloin pitoisuudet mahdollisesti nousevat rikastusprosessia haittaavalle tasolle ja estävät veden käytön prosessissa. Jossain tapauksissa kierrätys ei ole mahdollista tai on vaikeaa muun muassa prosessissa käytettyjen kemikaalien takia. (Kauppila, Räsänen ja Myllyoja 2011, 34.)

Prosessiin tarvittava tuorevesi otetaan yleensä läheisestä järvestä tai joesta, mutta tuorevetenä voidaan käyttää myös kaivoksen kuivanapitovettä käsittelemättömänä tai käsittelyn, esimerkiksi metallien saostuksen tai kiintoaineen laskeutuksen jälkeen. Useat rikastamot kattavat vedentarpeensa lähes kokonaan veden kierrätyksellä ja kaivoksen kuivanapitoveden käytöllä. Kaivoksen ulkopuolinen tuorevedenotto ei ole toisinaan käytännössä mahdollista ja talousvesi ostetaan yleensä ulkopuoliselta toimittajalta. Kaivoksen omilla puhdistuslaitteilla puhdistettua vettä voidaan käyttää esimerkiksi suodinkankaiden pesuun tai kompressorien jäähdytykseen. (Kauppila ym. 2011, 35.) Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen kaivoksen vesikierto ja taulukossa 4 esimerkkejä Suomessa toimivien metallimalmikaivosten veden käytöstä ja kierrätyksestä.



Kuva 3. Kaivoksen tyypillinen vesikierto (Kauppila ym. 2011)

Taulukko 4. Esimerkkejä Suomessa toimivien metallimalmikaivosten veden käytöstä ja kierrätyksestä (Kauppila ym. 2011)

Kaivos/ tuotantolaitos	Vedenotto m <sup>3</sup> /v	Tuoreveden ottopaikka	Kierrätysveden lähteet	Kierrätys %
Kemin kaivos <sup>1)</sup>	2 546 900	Selkeytysallas	Selkeytysallas	98
Kittilän kaivos	n. 1 000 000	Seurujoki	Rikastushiekka-allas	65–70
Pyhäsalmen kaivos	4 970 000	Pyhäjärvi	Prosessiin kuuluvan sakeuttimen ylite	18
Talvivaaran kaivos	1 360 000	Kolmisoppijärvi (kaivospiirin sisällä)	Louhoksen kuivanapitovesi, kipsisakka-altaiden vesi	10–20
Sastamalan rikas- tamo	1 200 000	Kiertovettä	Rikastushiekka-allas, vanha Ni-kaivos	100
Sotkamon kaivos	800 000	Louhoksen kuivanapito	Louhoksen kuivanapitovesi, rikastushiekka-allas	yli 90

Kaivosteollisuuden jätevedet ovat muun muassa kaivoksen kuivanapitovesiä ja prosessivesiä. Kaivoksien prosessivedet sisältävät suuria määriä alkali- ja maa-alkalimetalleja sekä sulfaatteja, jotka aiheuttavat kohonneita veden suolapitoisuuksia. Prosessivesissä on myös liuenneiden metallien lisäksi kemikaalijäämiä ja korkea kiintoainepitoisuus. Kuivanapitovesiä syntyy pinta- ja pohjavesivalunnasta ja ne sisältävät räjähdysainejäämiä kaivoksilla käytettävien räjähteiden vuoksi, sekä öljyä ja kiintoainetta. Nämä vedet voivat olla hyvinkin happamia (pH 2–3), jos alueella on sulfidimineraaleja. Koska sulfaatti ei yleensä saostu tai hajoa rikastushiekka-altaassa, rikkiyhdisteiden käyttäminen prosessissa voi aiheuttaa huomattavia sulfaattipäästöjä. (Kauppila ym. 2011, 34.)

Jätevesiä saastuttavat aineet voivat olla fysikaalisia, kemiallisia, biologisia tai radiologisia (taulukko 5). Biologiset saasteet ovat peräisin pääosin saniteettivesistä ja radiologiset saasteet lähinnä uraanin louhimisesta. (Tolppi 2015, 43.)

Taulukko 5. Kaivosjätevesien saasteet (Tolppi 2015, 43)

Saaste	Alaluokat
<b>Fysikaalinen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kiintoaine</li> <li>- Sameus</li> <li>- Lämpötila</li> <li>- Maku ja haju</li> </ul>
<b>Kemiallinen (orgaaninen)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kivihili (hiilikaivoksissa)</li> <li>- Öljyt ja rasvat</li> <li>- Saippuat ja pesuaineet</li> <li>- Kumi</li> <li>- Väriaineet, fenoliset yhdisteet</li> </ul>
<b>Kemiaallinen (epäorgaaninen)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Raskasmetallit (Cr, Hg, Cu, Cd, Pb, Zn, Ni, jne.)</li> <li>- Hapot</li> <li>- Emäkset</li> <li>- Syanidi</li> <li>- Liuenneet suolat: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Kationit: Mg, Ca, K, Na, Fe, Mn, jne.</li> <li>o Anionit: Cl, SO<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub>, jne.</li> </ul> </li> </ul>
<b>Biologisia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bakteerit, virukset ja pienet organismit</li> </ul>
<b>Radiologisia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uraani</li> <li>- Tritium ja muut radioaktiiviset ainet kaivosten jätteistä</li> </ul>

## 4.2 Jätevesien puhdistus kaivosteollisuudessa

### 4.2.1 Aktiiviset menetelmät

Kaivosteollisuuden jätevesien puhdistamiseen käytetään aktiivisia ja passiivisia menetelmiä (taulukot 6 ja 7). Aktiivisessa puhdistuksessa veteen lisätään puhdistusta edistävää kemikaalia ja menetelmä vaatii myös hiilen ja/tai bakteeriympin lisäystä bakteerien energianlähteeksi. Suomessa kaivoksilla käytetään yleisesti aktiivista puhdistusta, jossa veden happamuuden neutraloimiseksi ja metallien saostamiseksi karbonaateina ja/tai hydroksideina veden pH:ta säädetään joko sammutetulla (kalsiumhydroksidi) tai sammuttamattomalla (kalsiumoksidi) kalkilla. Metallien saostamisessa ja pH:n säädössä voidaan käyttää myös lipeää (NaOH) tai karbonaattimineraalijauhetta esimerkiksi dolomiittia. Metalleista esimerkiksi liukoisen arseenin poistoon soveltuu ferro- tai ferrisulfaatti, joka edistää arseenin hapettumista. (Kauppila ym. 2011, 127.)

Kiintoaineen poisto jätevesistä perustuu usein hienojakoisen aineen laskeuttamiseen altaissa eli vettä kierrätetään kahden tai kolmen altaan läpi pienellä virtauksella tai laskeutumista edistetään lisäämällä veteen koaguloivia tai flokkuloivia yhdisteitä. Nämä yhdisteet edistävät saostumajakeiden kasvua, mikä nopeuttaa jakeiden laskeuttamista altaisiin. Sakkalietteet, jotka syntyvät puhdistuksessa, jäävät altaiden pohjalle loppusijoitukseen. (Kauppila ym. 2011, 127.)

Aktiiviset puhdistusmenetelmät soveltuvat erityisen hyvin kaivosvesien puhdistukseen, koska menetelmät voidaan asettaa vastaamaan tulevaa vesilaatua tai vastaanottavan vesistön olosuhteita niiden muuttuessa. Koska kaivostoiminnassa vesien laatu voi muuttua oleellisesti, nopea säätö on erityisen tärkeää. Puhdistusmenetelmän valintaan vaikuttavat kaivosvesien pH, rauta-, metalli- sekä kiintoainepitoisuus. Lisäksi ympäristöluparajoitteet ja päästölainsäädäntö ohjaavat puhdistusmenetelmän valintaa. (Tolppi 2015, 46.)



Taulukko 6. Aktiiviset kaivosjätevesien puhdistusmenetelmät (Kauppila ym. 2011)

Aktiivinen vesien puhdistuskäsittely	Vaikuttava kemikaali / luonnon yhdiste	Puhdistuksen periaate
Alkalikäsittely (allas-/säiliökäsittely, automaatiotankkikäsittely, lisäykset lietsyötöön ennen allaskäsittelyä)	Kalkki $[Ca(OH)_2]$ tai $CaO$ , lipeä (NaOH) tai karbonaattijauhe (kalsiitti/dolomitti)	pH:n nosto, mikä edesauttaa veden neutraloitumista ja metallien saostumista hydroksideina tai sulfaattisuoloina
Ilmastus (ilman pumppaus altaaseen tai säiliöihin / veden keräysjärjestelmään)	Ei	Edistää raudan ( $Fe^{2+}$ ) hapettumista ja saostumista, mikä edesauttaa metallien tai metalloidien (As) pidättymistä rauta( $Fe^{3+}$ )saostumiin
Hapetinkemikaalin lisäys	Ferrosulfaatti / Ferrisulfaatti	Edistää liukoisen arseenin ( $As^{3+}$ ) hapettumista ja pidättymistä niukkaliukoisena ( $As^{5+}$ ) rautahydroksideihin
Typen poisto	Bakteerilisäys + $CO_2$	Nitrifikaatio (hapettuminen: ammonium $\rightarrow$ nitriitti $\rightarrow$ nitraatti), denitrifikaatio (pelkistyminen: nitraatti $\rightarrow$ typpikaasu)
Sulfaatin poisto	Kalkki- ja $Al(OH)_3$ -lisäys tai Ba-suolan lisäys	Sulfaatti saostetaan ettringittina $[Ca_6Al_2(SO_4)_3(OH)_{12} \cdot 26H_2O]$ tai Ba-sulfaattina
Sulfaatin ja metallien poisto (Bakteerilisäys säiliöön / louhosveteen)	Bakteeriympätty membraanikalvo / Sianlantalieliselisäys tai muun bakteereja sisältävän orgaanisen aineksen lisäys	Edistää sulfaatin pelkistymistä sulfidiksi ja siihen liittyen liukoisten metallien saostumista metallisulfideina
Kiintoaineksen poisto		
Laskeutus altailla	Ei	Vettä kierrätetään useamman altaan kautta hitaalla virtaamalla
Flokkuloivien / koaguloivien aineiden lisäys	Orgaaniset polymeerit / Fe tai Al suolat	Edistää hienorakeisen kiintoaineksen laskeutumista /saostumapartikkelien koon kasvua ja sitä kautta laskeutumista

#### 4.2.2 Passiiviset menetelmät

Passiivinen jäteveden puhdistus perustuu luonnollisiin biogeokemiallisiin reaktioihin ja luonnon energian eli muun muassa fotosynteesin käyttöön. Passiivinen puhdistus edellyttää yleensä yhtäjaksoista veden laadun seurantaan puhdistuksen toimivuuden varmistamiseksi, kun taas säännöllistä kemikaalin lisäystä tai energian käyttöä ei tarvita. Puhdistus perustuu joko aerobisiin tai anaerobisiin kemiallisiin tai biokemiallisiin reaktioihin tai näiden yhdistelmään. Aerobisissa reaktioissa rauta tai mangaani hapettuu, jolloin tapahtuu saostuminen ja muut metallit pidättyvät saostumien pintaan (adsorptio) tai saostumaan itseensä (fiksaatio). Anaerobisessa prosessissa sulfaatti pelkistyy bakteeritoiminnan avulla ja metallit saostuvat sulfideina altaan pohjakerroksiin. Passiiviset puhdistamot rakentuvat vesien keräysjoista, imeytyskentistä ja/tai vesialtaista sekä jälkiselkeytysaltaista. Tällainen puhdistamo voi olla aktiivisen puhdistamon jälkipuhdistamona. (Kauppila ym. 2011, 127.)

Taulukko 7. Passiiviset kaivosjätevesien puhdistusmenetelmät (Kauppila ym. 2011)

Passiivinen vesien puhdistus	Reaktiivinen rakenne	Puhdistuksen periaate
Rakennetut kosteikkoaltaat	Pohjarakenteena orgaaninen aines-karbonaattikivimurske (tai emäksinen kuona)-orgaaninen aines	Sulfaatin pelkistymisen bakteerien avulla edistää metallien / metalloidien saostumista metalli-/metalloidisulfideina; metallien pidättyminen orgaaniseen ainekseen (kompleksisidos); veden neutraloituminen
Imeytyskentät / kaivannon täyte	Orgaaninen aines (turve, kompostimulta, kompostoitu lanta) ja/tai metalleja sitova emäksinen kuona	Edistää liukoisten metallien / metalloidien sitoutumista kiintoaineksen pintaan (fysikaalinen tai kemiallinen adsorptio); veden neutraloituminen
Reaktiiviset ojat	Karbonaattipitoinen kivilouhe / emäksinen, karkearakeinen kuona	Edistää happaman veden neutraloitumista; virtauksen säätelyllä ja katteella voidaan edistää raudan saostumista / pysymistä liukoisena / estää saostumien kertymistä rakenteeseen ja tukkeutumista
Reaktiivinen pato / penkere / maanalainen seinämä	Orgaaninen aines (turve, kompostimulta, kompostoitu lanta) / metalleja sitova emäksinen, karkearakeinen kuona	Edistää liukoisten metallien / metalloidien sitoutumista kiintoaineksen pintaan (fysikaalinen tai kemiallinen adsorptio); veden neutraloituminen

## 5 CASE-KOHTTEET

### 5.1 Stora Enso Oyj Varkaus

Stora Enson Varkauden tehtaat sijaitsevat Varkauden kaupungin keskustassa. Nykyiseen toimintaan kuuluu sellu- ja paperitehdas, kuusitavaraa valmistava Varkauden saha oheistoimintoinen, uusiokuitulaitos, biomassan kuivaus- ja kaasutuslaitos, tehtaan energiantuotanto ja satamatoiminta. (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 3.) Pakarisen (2016-02-25) mukaan sellutehtaan tuote muuttui vuonna 2015 valkaistusta lyhytkuitu- ja pitkäkuitusellusta valkaisemattomaksi pitkäkuituselluksi ja paperikone muutettiin hienopaperikoneesta aaltopahvin raaka-ainetta tuottavaksi koneeksi. Lisäksi kuitulinjan valkaisu prosessit ja klooridioksidilaitos poistettiin käytöstä tuotantosuunnan muutoksen myötä. Sellun tuotanto on ollut noin 250 000 tonnia vuodessa, mutta tuotannon odotetaan nousevan 310 000 tonniin tuotantosuunnan muutoksen vuoksi.

#### **Jätevedenpuhdistus**

Prosessivesi johdetaan Unnukan vesistöä Komminselältä noin 1,8 km päästä tehtaasta. Talousvesi ja osa jäähdytysvesistä johdetaan kaupungin vesilaitokselta. Vettä otetaan tehtaan prosesseihin sekä lauhdutus- ja jäähdytysvedeksi noin 23 miljoonaa m<sup>3</sup> vuosittain. Raakaveden humusta poistetaan kemiallisella puhdistuksella sekä flotaation ja hiekkasuodatuksen avulla. Kemiallinen puhdistus tehdään polyalumiinikloridisaostuksella ja flotaation avulla erotettu sakka johdetaan jäteveden puhdistamolle. Puhdistettu vesi käytetään muun muassa kattilaveden valmistukseen. (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 19.)

Pakarisen (2016-02-25) mukaan jätevedenkäsittelyprosessi on tertiäärivaiheella täydennetty mekaanis-biologinen käsittely, jonka yksikköprosesseja ovat

- neutralointi
- varoallas
- esiselkeytys
- urean tai typpipitoisen vesiliuoksen ja tarvittaessa fosforihapon annostus
- biologinen lammikkipuhdistamo jälkiselkeytys
- kemiallinen saostus/flotaatiojälkikäsitteily
- jälkineutralointi natriumhydroksidilla
- primääri- ja biolietteen tiivistäminen
- lietteen kuivaus puristimella tai suotonauhakuivaimella.

Jos biologisen puhdistamon tehokkuus ei yllä haluttuun puhdistustasoon, käytetään flotaatiota tertiäärikäsittelyinä. Tyypeä annostellaan ureana tai typpipitoisena vesiliuoksena tehostamaan ilmastetun lammikon biotoimintaa. Fosforia ei ole viime vuosina käytetty, joskin sitä voidaan annostella biologiseen osaan tarpeen vaatiessa. Saostuskemikaalina käytetään polyalumiinikloridia, joka nostaa kemiallisen lietteen kiintoainepitoisuutta ja näin ollen parantaa lietteen kuivattavuutta. (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 20.) Pakarisen (2016-02-25) mukaan liete poltetaan voimalaitoksella ja käytetään kaatopaikkojen pintarakenteissa. Taulukossa 8 on esitetty puhdistamon reduktiot vuosina 2008–2013.

Taulukko 8. Jätevedenpuhdistamon reduktioprosentit vuosina 2008–2013 (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 20)

Reduktio	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Kiintoaine	94	96	96	97	94	96
COD	87	88	85	84	81	80
BOD	95	95	96	97	96	96
Fosfori	74	74	68	68	54	60
Typpi	29	22	13	-22	-54	-73
AOX	49	46	61	68	44	64
Negatiivinen reduktio johtuu ravinnelisäyksestä						

Tuotantosuunnan muutoksen yhteydessä jätevesipäästöihin vaikutetaan prosessien kehitysinvestoinneilla, joiden myötä AOX-yhdisteitä ei synny valkaisun poistuessa käytöstä ja puhtaan veden kulutus pienenee, kun kierrätyskuidun laimennusvetenä käytetään paperikoneen suodoksia ja sellun kuivauskoneen vesikiertojen kehittämisen myötä jätevesimäärät ja energian kulutus pienenevät. Lisäksi puhdistamolle tuleva COD-kuormitus pienenee mustamassan pesua tehostettaessa ja fosforikuormitus vähenee, kun kaustistamon viherlipeän suodatus uusitaan. (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 21.)

Parhaan käyttökelpoisen tekniikan (BAT) vaatimukset koskevat Stora Enson Varkauden tehtaalla pääasiassa massan, paperin ja kartongin valmistusta. Jätevesipäästöjä tarkastellaan tehdastasolla, koska tehtaalla on käytössä tehokas vesien sisäinen kierrätys, jolloin jätevesipäästöjä ei voida tarkastella osastoittain. Paperitehtaalla ja sahalla on käytössä ISO 14001 -ympäristöjärjestelmä, ISO 9001 -laatu järjestelmä, OHSAS 18001 -työterveys- ja työturvallisuusjärjestelmä sekä sertifioitujen puun alkuperän hallintajärjestelmät PEFC ja FCS. Tehtaalla on myös ISO 50001 -energiatehokkuusjärjestelmä. (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 21–22.)

### **Prosessijätevedet, jäädytysvedet ja puhtaat prosessivedet**

Pakarisen (2016-02-25) mukaan tehtaalla jätevesistä noin 70 % syntyy sellutehtaalla. Prosessin kiertovesi selkeytetään ja laskeutettu liete käsitellään jäteveden puhdistamolla. Paperitehtaalla on käytössä suljetut kiertovesijärjestelmät, jotka toimivat vastavirtaperiaatteella. Sellun ja kierrätyskuidun laimennukseen käytetään paperitehtaan kiertovettä ja ylimääräiseksi jäävä kiertovesi puhdistetaan

kuidun talteenottosuotimilla. Puhtaat tiivistevedet ja lauhdevedet kerätään erilleen jätevesistä ja käytetään kuorimolla raakavetenä. Prosessijätevedet johdetaan tehtaan jätevedenpuhdistamolle ja edelleen purkuviemärillä Pirtinvirtaan. Sahalla jätevettä ei synny lainkaan tukkien kuivakuorinnan vuoksi, joskin sahatavaran kuivauksessa muodostuu kondenssivesiä noin 15 m<sup>3</sup>/d, jotka johdetaan sadevesiviemäriin kautta vesistöön. Tehtaalla syntyvät saniteettivedet ja jäähdytysvedet menevät Varkauden kaupungin jätevedenpuhdistamolle. Tehtaalla jätevesiviemäriin johdettu jätevesimäärä on noin 20 000 m<sup>3</sup> vuosittain.

Jäähdytysvesiä ja puhtaita prosessivesiä muodostuu noin 12 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa. Näiden jätevesijakeiden erottamiseen toisistaan käytetään erillisviiemäröintiä, jonka jälkeen vedet johdetaan vesistöön. Suuri osa tehtaan puhtaista prosessivesistä ohjataan puhdasvesikanaalin kautta Voimakanaan. (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 23.)

### Jätevesipäästöt

Jätevesipäästöjen ympäristölupamääräykset ovat Stora Enson Varkauden tehtailla taulukon 9 mukaiset ja ne lasketaan kalenterikuukauden ja vuoden keskiarvoina kalenteripäivää kohti. Vanhoja päästömääräyksiä noudatetaan AOX:n päästörajaa lukuun ottamatta kunnes uudet luparajat tulevat voimaan 1.10.2018. Puhdistamolle johdettavan kuormituksen arvioidaan olevan seuraavaa: COD 4200 kg/a, fosfori 7 kg/a, BOD 2000 kg/a, TOC 1400 kg/a ja kiintoaine 400 kg/a. Jätevesien tarkkailulla selvitetään vesistöön ohjattavien jätevesien määrää ja laatua. Tarkkailun tarkoituksena on kerätä tietoa tehtaan aiheuttaman vesistökuormituksen muutoksista ja valvoa jätevesiluvan lupaehtojen täyttymistä. Jätevesistä kerätään näytteitä keräilyastioihin automaattisin näytteenottomin ja näytteet analysoidaan tehtaan laboratoriossa tarkkailusuunnitelmassa määrätyn mukaisesti. (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 41.)

Taulukko 9. Stora Enson Oyj:n Varkauden tehtaiden jätevesipäästöjen ympäristöluparajat nykyhetkellä ja 1.10.2018 alkaen uudet voimaan tulevat luparajat (Stora Enso Oyj Varkauden tehtaan ympäristölupa 2015, 41)

Päästö	Nykyiset luparajat		Uudet luparajat	
	Kuukausikeskiarvo	Vuosikeskiarvo	Kuukausikeskiarvo	Vuosikeskiarvo
COD <sub>Cr</sub>	25 t O <sub>2</sub> /d	20 t O <sub>2</sub> /d	15 t O <sub>2</sub> /d	10 t O <sub>2</sub> /d
AOX	110 kg/d	90 kg/d	-	-
Fosfori	25 kg/d	20 kg/d	25 kg/d	20 kg/d

## 5.2 Savon Sellu Oy Sorsasalo

Savon Sellu Oy on Powerflute Oyj:n suomalainen tytäryhtiö, joka on erikoistunut paperituotteisiin sekä pakkausmateriaaleihin kansainvälisillä markkinoilla. Yrityksen aallotuskartonkia valmistava tehdas sijaitsee Kuopion Sorsasalossa, jossa kartongista valmistetaan pääasiassa vihannes- ja hedelmälaatikoita. Tehtaan tuotantokapasiteetti on noin 275 000 tonnia kartongia vuodessa ja myynti kattaa 5 eri mannerta ja noin 50 eri maata. Savon Sellu Oy:n liikevaihto oli vuonna 2014 130 M€ ja liikevoitto 15,3 M€. (Savon Sellu Oy.)

### Jätevedenpuhdistus

Koistisen (2016-02-03) mukaan prosessien tarvitsema raakavesi otetaan Etelä-Kallaveden rannalla sijaitsevalta vedenpumppaamolta. Savon Sellu käyttää vuosittain noin 8 - 9 miljoonaa m<sup>3</sup> raakavettä ja jätevettä syntyy noin 2,4 miljoonaa m<sup>3</sup> vuosittain. Tehtaan jätevedet muodostuvat muun muassa kuorimolta, kartonkikoneelta ja puoliselun valmistuksesta tulevista prosessijätevesistä. Jätevesien puhdistamiseen käytetään kaksivaiheista biologista aktiivilieteprosessia, jota seuraa flotaatio tertiäärivaiheena. Puhdistamo on mitoitettu 8 000 m<sup>3</sup> virtaamalle ja 12 000 m<sup>3</sup> maksimivirtaamalle. Tasaustalteen avulla mahdolliset virtaamahiput saadaan tasattua. Puhdistamon keskimääräiset reduktiot on esitetty taulukossa 10.

Taulukko 10. Puhdistamon keskimääräinen puhdistustehokkuus (Savon Sellun ympäristölupa 2007, 6)

Reduktio	%
Kiintoaine	84
COD	83
BOD	96
Fosfori	90
Ammoniumtyppi	59
Kokonaistyyppi	73

Koistisen (2016-02-03) mukaan jätevedet johdetaan ensin esiselkeytykseen, jossa vedestä poistetaan kuituja ja kiintoainetta laskeuttamalla. Selkeytyksestä vesi johdetaan avo-ojaa pitkin esiilmastusaltaaseen, jonka tilavuus on 3000 m<sup>3</sup>. Esi-ilmastuksessa vettä hapetetaan yhdellä tai kahdella pintailmastimella. Lähes hapeton jätevesi ilmastetaan aerobiseen tilaan, jolloin aktiivilieteprosessi saadaan nopeammin käyntiin ja vedestä poistuu siinä olevat orgaaniset, haihtuvat aineet. Kuormituksen ollessa korkea tai virtaamien suuria, osa vedestä voidaan johtaa varoaltaaseen, josta vesi ohjataan ylivuotona esi-ilmastukseen.

Puhdistamolla on kaksi biologisen puhdistuksen linjaa, joista molemmat on varustettu ilmastus- ja selkeytysaltaalla. Esi-ilmastuksesta vesi johdetaan BIO 2:en ilmastusaltaaseen, pienempää allasta (BIO 1) käytetään lähinnä varoaltaana. Ilmastus tapahtuu suurelta osin pohjailmastimilla, mutta myös pintailmastimia käytetään tarvittaessa jäteveden sekoittumisen varmistamiseksi. Jälkiselkey-

tyksessä sakeutunut liete laskeutuu altaan pohjaan ja se poistetaan ylijäämälietteenä lietteen käsittelyyn tai palautuslietteenä takaisin ilmastusaltaaseen. Selkeytynyt kirkaste eli puhdas vesi ohjataan tarvittaessa tertiäärikäsittelyyn flotaattoriin. (Koistinen 2016-02-03.)

Flotaattoriin vesi johdetaan keskiössä olevaan syöttölieriöön syöttöputken kautta. Veteen syötetään saostuskemikaalia ja saostunut liete nostetaan dispersioveden avulla pinnalle, jonka jälkeen liete siirretään lietetiivistimeen. Jos pohjalle pääsee laskeutumaan lietettä, se poistetaan pohjakaapimilla keskiöön ja edelleen putkea pitkin sakeuttimeen. Vaakaselkeyttimen liete ja jälkiselkeytyksen ylijäämäliete menevät sakeuttimen kautta tiivistyneenä suotonauhapuristimeen, jossa liete kuivataan. Kuivattu liete varastoidaan asfaltoidulle kentälle, josta Ekokem Oy noutaa sen omaan käsittelyynsä. (Koistinen 2016-02-03.)

### Jätevesipäästöt

Jätevesipäästöjen ympäristölupamääräykset ovat Savon Sellulla taulukon 11 mukaiset. Raja-arvoon verrattava päästö lasketaan kaikki kalenteripäivät mukaan lukien kolmen perättäisen kalenterikauden liukuvana keskiarvona. Lisäksi päästöihin lasketaan mukaan ohijuoksutusten, ylivuotojen ja häiriötilanteiden päästöt. (Savon Sellun ympäristölupa 2007, 48.) Puhdistamolta vesistöön meneviä vesiä tarkkaillaan kokoomanäytteistä, jotka kerätään automaattioittimilla. Näytteistä analysoidaan COD<sub>Cr</sub>, kokonaisfosfori, kiintoaine, kokonaistyyppi, ammoniumtyppi, BOD ja rikki. Laitokselle tulevan jäteveden laatua tarkkaillaan puhdistamon puhdistustehon määrittämiseksi. (Savon Sellun ympäristölupa 2007, 21.)

Taulukko 11. Savon Sellun jätevesipäästöjen ympäristöluparajat (Savon Sellun ympäristölupa 2007, 48)

Päästö	Raja-arvo (kg/d)
COD <sub>Cr</sub>	7 000
Fosfori	8

Koistisen (2016-03-02) mukaan jätevedenpuhdistukseen haasteita tuo muuttuva lainsäädäntö ja tekniikan kehittyminen sekä tehtaan tuotantomäärän nousu, joka luonnollisesti vaatii lisäkapasiteettia laitokselta. Haasteita tuovat myös mahdolliset uudet lupaehdot, jotka vaativat investointeja. Kustannuksia taas tulee jätevesilaitokselta ja ne koostuvat henkilöstöstä, energian käytöstä ja kemikaaleista, lietteestä sekä ylläpidon aiheuttamista kuluista.

### 5.3 Kylylahden kaivos

Kylylahti Copper Oy toimii Boliden-konsernin tytäryhtiönä Suomessa. Boliden Kylylahti Oy:n toiminta jakautuu kahdella eri paikkakunnalla oleviin toimintoihin – Polvijärvellä toimii maanalainen kaivos ja Kaavin Luikonlahdella yhtiön rikastamo. Kaivoksella tuotetaan malmista kuparia, nikkeliä, kobolttia ja sinkkiä sisältävää yhteisrikastetta. Yhteisrikaste viedään rikastettavaksi Luikonlahden rikastamolle. (Janhunen 2016-02-26.)

Raakavesi otetaan Juurusveden Kuustalahdessa sijaitsevalta vedenottamolta. Prosessivedet, ionivaihdetut vedet ja talousvedet valmistetaan vedenkäsittelylaitoksella raakavedestä, jonka tarve on noin 500 m<sup>3</sup>/d. (Kylylahti Copper Oy:n ympäristölupa 2007, 17.) Janhusen (2016-02-26) mukaan kaivoksella muodostuvat saniteettivedet johdetaan kunnan viemäriin ja edelleen kunnan jätevedenpuhdistamolle. Kaivoksen kuivanapito- ja hulevedet kootaan ja johdetaan purkuputkea pitkin Polvijärveen. Vedet johdetaan keräysaltaan kautta tai maan alta pumpaten kolmeen käsittelyaltaaseen, joissa tapahtuu kiintoaineen erotus PAX-XL 60 saostuskemikaalia käyttäen. Kaivoksen kuivanapitovesiä sekä suoto- ja sadevesiä juoksutettiin Polvijärveen vuonna 2015 noin 390 400 m<sup>3</sup>. Läjitys- ja kivien käsittelyalueen suoto- ja valumavesiä on vuoden 2015 aikana pumpattu vedenkäsittelyjärjestelmään noin 13 200 m<sup>3</sup>.

Kaivoksessa käytettävä porausvesi ja huoltopaikan pesu- ja muut tarvevedet otetaan louhosvesien käsittelyjärjestelmän viimeisestä altaasta. Kierrätysveden määrä on vuonna 2015 ollut 114 000 m<sup>3</sup>, joka on 22,6 % kaivoksella käsitellyn ja Polvijärveen johdetun veden määrästä. Prosessivedelle on asetettu laitteiston laatuvaatimukset laitteiston kulumisen ja korroosion estämiseksi. (Janhunen 2016-02-26.)

Rikastamolla käytetään vettä pääasiassa rikastusprosessissa. Lisäksi vettä tarvitaan tilojen ja kaluston pesuun sekä saniteettivedeksi. Rikastamolla käytetään prosessivettä noin 2,3 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa. Kierrätysveden määrä on noin 1,2 miljoonaa m<sup>3</sup> vuodessa. Rikastamolla rikastusprosessista poistetaan vettä joko koboltti-nikkeli -rikasteen, rikkirikasteen tai rikastushiekan mukana, jotka pumpataan vesilietteenä. Koboltti-nikkeli -rikasteen tai rauta -rikasteen mukana poistettava vesi palautetaan takaisin prosessiin. Rikastushiekan mukana kulkeutuvat vedet johdetaan dekantointikaivon kautta ensimmäiseen selkeytysaltaaseen, josta edelleen toisen dekantointikaivon kautta selkeytysaltaaseen Heinälampeen. Heinälammesta vesi johdetaan ajoittaisina juoksutuksina Rikkaveden Luikonlahden vesistöön. Tarvittaessa toisen dekantointikaivon alapuolella virtaamaan annostellaan kalkkimaitoa pH:n nostamiseksi vaaditulle tasolle. Heinälampeen on rakennettu kierrätysvesipumppaamo, josta prosessiin johdettavan veden avulla on tarkoitus nostaa veden kierrätysastetta nykyisestä noin 50 %. (Janhunen 2016-02-26.)

Kylmäpuroon johdettavalle jätevedelle on annettu lupavaatimukset ympäristölupapäätöksessä (taulukko 13). Päätöksessä on asetettu pitoisuusraja-arvot virtaamapainotteisina vuosikeskiarvoina ja kokonaismäärinä. Vesiin ja vesistöön kohdistuva valvonta tapahtuu viranomaisen hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti. Näytteiden analysoinnista vastaa Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy, jo-



ka on akkreditoitu laboratorio. Jätevedenpuhdistusprosessin kustannukset koostuvat kemikaali- ja kiertoveden pumppaus kustannuksista. (Janhunen 2016-02-26.)

Taulukko 12. Kylmäpuroon johdettavien jätevesien ympäristöluparajat (Kylylahti Copper Oy:n ympäristöluvan muutos 2011, 2)

	Pitoisuus mg/l (tavoite arvo)	Kokonaismäärä kg/a (raja-arvo)
Rauta	3,0	3000
Nikkeli	0,3	310
Kupari	0,3	310
Koboltti	0,3	310
Arseeni	0,1	200
Kiintoaine	15	30 000

#### 5.4 Yara Oy Siilinjärvi

Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan tuotantotoiminta on alkanut vuonna 1969 ja apatiittimalmin louhinta ja rikastaminen louhoksella vuonna 1979. Saarisen kaivos avattiin vuonna 2012 Särkijärven päälouhoksen rinnalle. Saarisen kaivoksen malmintuotanto vastasi vuonna 2014 23 % koko kaivoksen louhittavasta malmista. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 24.)

##### **Kaivosvesien johtaminen**

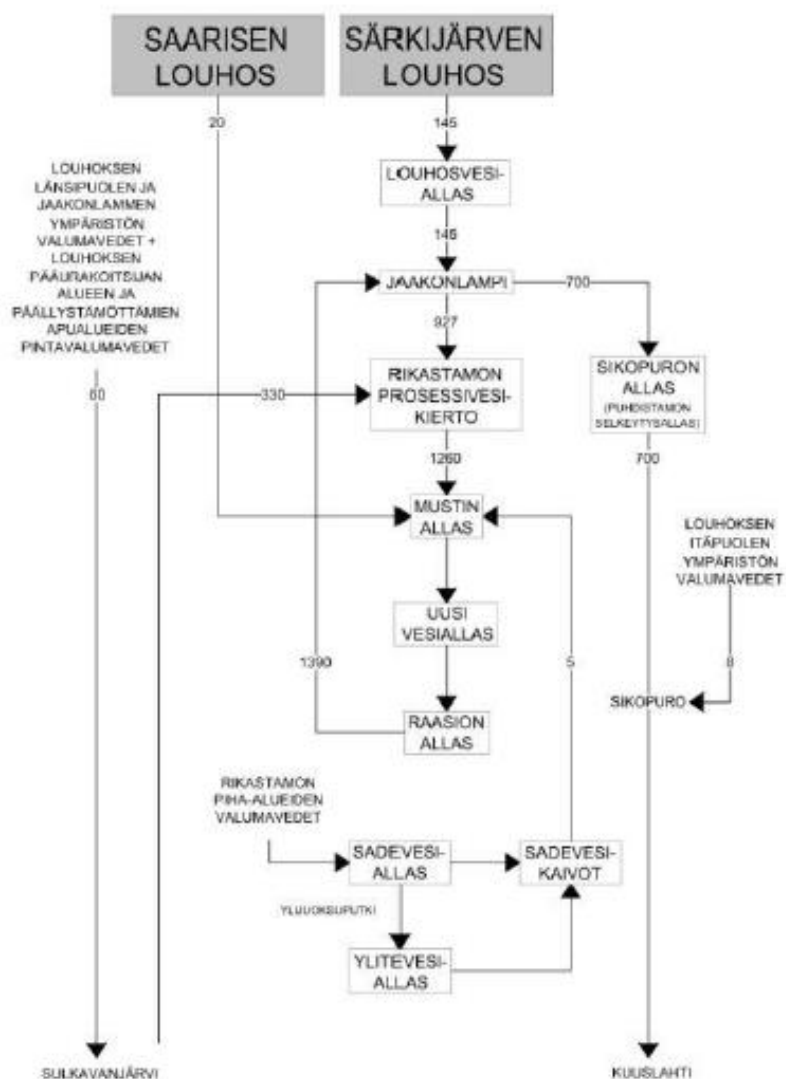
Rikastamon raakavesi otetaan Sulkavanjärvestä, Kuuslahdesta sekä avolouhoksen kuivatusvesistä (taulukko 14). Päälouhoksen pohja- ja pintavedet pumpataan louhosvesialtaaseen ja sieltä Jaakonlampeen. Jos louhosvesien laatu on hyvä, ylitevedet johdetaan louhosvesialtaasta Sikopuroon. Kiintoainepitoisuuden ylittäessä 15 mg/l vedet pumpataan Jaakonlammen kautta rikastamon vesikiertoon. Prosessikierron ylimääräinen vesi ja louhoksen kuivanapitovedet käsitellään omassa kemiallisessa puhdistamossa ja puhdistetut vedet johdetaan Kuuslahteen. Rikastamon vedet pumpataan vesilietteenä Mustin altaaseen, joka toimii laskeutusaltaana ja jonne rikastushiekka suurelta osin läjittyy. Rikastushiekka-altaasta vesi valutetaan ylivuotona vesialtaaseen. Saarisen louhoksella syntyvät vedet johdetaan Mustin altaaseen ja sieltä vedet johdetaan edelleen Raasion altaan läpi Jaakonlammen altaaseen. Suuri osa vedestä palautetaan rikastamon prosessivesikiertoon, jonne otetaan vesiä myös Sulkavanjärvestä. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 47.)

Taulukko 13. Pumpattujen vesien määrät ja jätevesien johtaminen (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 49)

Vuosi	Vedenotto (m <sup>3</sup> /d)			Veden johtaminen Kuuslahteen (m <sup>3</sup> /d)		
	Kuuslahti	Sulkavanjärvi	Avolouhos	Jäähdytysvesi	Kem.puhdistamo	Sikopuro
2004	164 441	7 585	2 663	164 891		10 895
2005	169 181	7 489	1 250	169 181	3 047	8 668
2006	161 147	7 608	1 509	161 147	3 433	6 662
2007	156 365	7 743	871	156 365	3 465	11 975
2008	155 029	7 937	2 269	155 029	4 047	14 463
2009	154 028	7 562	1 374	154 028	4 222	7 421
2010	165 558	8 917	1 269	165 558	3 860	9 585
2011	163 129	7 981	2 244	163 129	4 282	13 064
2012	152 836	7 768	2 374	152 836	4 097	20 401
2013	159 980	6 348	2 092	159 980	4 357	18 433
2014	147 411	6 030	2 006	147 411	4 309	16 615
Lupaehto	225 000	12 000	n. 2 600	206 000		17 000

Ylitevesi, joka muodostuu vesikiertoon, ohjataan Jaakonlammesta Sikopuron altaalle, jossa tapahtuu veden kemikalisointi ferrisulfaatilla ja puhdistetut vedet lasketaan Kuuslahteen johtavaan Sikopuroon. Osa louhoksen ympäristön puhtaista valumavesistä johdetaan myös Sikopuroon. Kiintoainetta tai muita epäpuhtauksia sisältävät vedet kerätään altaisiin ja ohjataan rikastamon vesikiertoon – tällaisia vesiä ovat muun muassa rikastamoalueen piha-, tuotteiden varastointi- ja lastaus- sekä varastosäiliöalueiden vedet. Oljynerotuskaivojen ja laskeutusaltaiden kautta Sulkavanjärven Pirttilahteen johdetaan ympäristön puhtaampia valumavesiä. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 47–49.)

Rikastamon piha-alueen vedet ja muut valumavedet kerätään sadevesialtaaseen ja johdetaan sadevesikaivojen tai ylitevesialtaan läpi Mustin altaaseen. Jaakonlammen ympäristön ja louhoksen länsipuolen valumavedet, pääurakoitsijan piha-alueen vedet ja päällystämättömien apualueiden valumavedet johdetaan Sulkavanjärveen. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 49.) Kaivoksen ja rikastamon prosessivesikaavio on esitetty kuvassa 4. Kaavio sisältää myös alueella syntyvät hulevedet.



Kuva 4. Kaivoksen prosessivesikaavio (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 48)

### Kemiallinen puhdistamo

Tehdasalueella on kemiallinen jätevedenpuhdistamo, joka uusitaan kokonaisuudessaan vuonna 2018. Nykyinen puhdistamo puretaan ja uusi puhdistamo sijoitetaan nykyisen puhdistamon eteläpuolelle. Puhdistamolle johdetaan tehtaiden piha-alueiden vedet, rikkihappotehtaan ratapiha-alueen ja lumien läjitysalueen vedet sekä fosforihappotehtaan kiertoveden puhdistuksen- ja poistokaasun raakavesipesurin vedet. Lisäksi puhdistamoon johdetaan tehtaiden saniteettivedet. Fosforin keskimääräinen puhdistustehokkuus on ollut nykyisessä puhdistamossa noin 98 % ja ammoniumtyypen keskimääräinen puhdistustehokkuus noin 42 %. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 32.) Veden laatua tarkkaillaan ympäristöluvan lupamääräyksen mukaisesti. Sikopuroon johdettavien jätevesien kokonaisfosforin pitoisuusraja-arvo on 0,1 mg/l, kiintoaineen pitoisuusraja-arvo 15 mg/l ja COD<sub>Mn</sub> pitoisuusraja-arvo 15 mg/l kuukausikeskiarvoina laskettuna (taulukko 15). Kuuslahteen johdettavien jätevesien kokonaisfosforikuormituksen raja-arvo on 3 kg/d, ammoniumtyypen tavoitearvo 30 kg/d ja Sulkavanjärveen johdettavan jäteveden kokonaisfosforikuormituksen raja-arvo on 2 kg/d puolivuosiskeskiarvoina laskettuna. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 58–63.) Taulukossa 16 on esitetty tehtaiden ja Sikopuron kemiallisten puhdistamoiden reduktiot vuosina 2004–2014.

Taulukko 14. Sikopuron puhdistamon yliteveden kokonaisfosfori, kiintoaine ja COD<sub>Mn</sub> pitoisuudet vuosikeskiarvona 2004–2014 (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 64)

	Kok-P	Kiintoaine	COD <sub>Mn</sub>
	mg/l	mg/l	mg/l
2004	0,050	10,7	3,5
2005	0,054	10,8	3,9
2006	0,054	9,3	4,1
2007	0,066	9,8	4,3
2008	0,063	9,6	4,5
2009	0,082	16,1	6,1
2010	0,054	8,8	6,8
2011	0,054	8,2	6,0
2012	0,049	8,2	6,0
2013	0,047	8,6	5,4
2014	0,039	7,2	5,3
Luparaja	0,1	15	15

Taulukko 15. Tehtaiden ja Sikopuron kemiallisten puhdistamoiden reduktioprosentit vuosina 2004–2014 (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 65)

	Kemiallinen puhdistamo		Sikopuron kem.puhdistamo		
	Kok-P (%)	NH <sub>4</sub> -N (%)	Kok-P (%)	Kiintoaine (%)	COD <sub>Mn</sub> (%)
2004	98	39	90	76	52
2005	98	40	92	82	45
2006	97	63	90	82	35
2007	98	38	90	83	31
2008	99	43	85	67	34
2009	98	47	87	61	63
2010	98	43	84	57	49
2011	99	44	86	66	44
2012	99	31	85	68	39
2013	99	35	85	61	45
2014	98	36	92	86	46
keskiarvo	98	42	88	72	44

### Jätevedenpuhdistus

Uuden puhdistuslaitoksen käsittelyprosessiin on suunniteltu 500 m<sup>2</sup> tasausallasta ennen neutralointia. Tasausaltaan maksimi käyttötilavuus tulee olemaan 2 000 m<sup>3</sup>. Laitos toimii vaihtelevalla syötöllä 50–480 m<sup>3</sup>/h, joten esiselkeytyksen ja neutraloinnin osalta prosessiratkaisuksi on suunniteltu kahta linjaa. Esiselkeytyksen jälkeinen jälkiselkeytykseen tulee molemmille linjoille yhteiseksi. Käsittelyprosessi on painovoimainen, jolloin tasausallas voidaan tyhjentää noin 10 %:n tilavuuteen, jolloin käsiteltävää vettä jää altaaseen noin 125 m<sup>3</sup>. Lopputyhjennys tehdään esimerkiksi pumppaamalla. Koska puhdistusprosessi on koko ajan toiminnassa, tyhjenetään yksi linja kerrallaan ja varalla oleva neutralointilinja tyhjenetään syvimmän altaan pohjasta painovoimalla tyhjennyskaivon kautta neutra-

loinnin yhdyskaivolle tai vaihtoehtoisesti pumppaamalla. Tällöin toinen puhdistuslinja voidaan huoltaa toisen puhdistuslinjan ollessa käytössä, jolloin puhdistamon käyttöaste paranee. Saniteettivesien käsittely tehdään erillisenä sakokaivokäsittelynä 500 henkilön kulutuksen mukaan, jolloin saniteettivesien määrä on noin 1,7 m<sup>3</sup>/h. Sakokaivot (3 kpl) tulevat olemaan 3-vaiheisia rinnankytkettyjä yksikköjä, jolloin järjestelmässä on noin 24 tunnin viipymä. Harmaat vedet johdetaan yhdyskaivon kautta kemialliseen käsittelyyn. Sakokaivon lietteet poistetaan imuautolla ja kuljetetaan kunnalliselle puhdistamolle. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 32–33.)

Prosessivedet johdetaan uuden laitoksen jakokaivoon painovoimaisesti. Jakokaivosta vesi johdetaan putkiston kautta tasausaltaalle, joka on virtaaman ja pH:n tasaaja. Jätevesi johdetaan altaan etuosaan, joka on varustettu ylikaadolla, jolloin saadaan varmistettua, että jäteveden mukana tulevat laskeutuvat epäpuhtaudet eivät pääse neutralointiin ja saadaan poistettua virtauksesta. Puhdistettava vesi jaetaan neutraloinnin jakokaivossa yhteen tai kahteen käsittelylinjaan. Molemmat linjat on mitoitettu 50–240 m<sup>3</sup>/h virtaamalle. Kalkkia annostellaan noin 50 m<sup>3</sup> siilosta kalkkisekoitussäiliöön suhteessa virtaukseen ja/tai pH-mittaukseen. pH-mittaus luetaan jälkisekoituksen jälkeen pH:n ollessa tasoittunut mahdollisimman tehokkaasti. Kun kalkki on annosteltu, vedet johdetaan altaan 2-vaiheiseen pikasekoitusosaan ja sen jälkeen jälkisekoitusosaan. Sekoittimien taajuusmuuntajat säädetään sopivaan sekoitusnopeuteen, jolloin kalkki sekoittuu tehokkaasti ja virtaus pysyy riittävässä liikkeessä. Kalkkikäsittelyn ja sekoittimien jälkeen käsittelylinjat yhdistyvät yhdyskaivossa, josta vedet ohjataan esiselkeytyksen jakokaivosta esiselkeytysaltaaseen (2 kpl rinnankytkettyinä). Esiselkeytysaltaat on varustettu pohjalaahaimella, jolla laskeutunut liete kaavitaan altaan lietetaskuun. Lietteet poistetaan imuautolla. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 33–34.)

Esiselkeytysaltailta ylitevesi johdetaan yhdyskaivoon ja siitä edelleen jälkiselkeytysaltaalle. Riippuen käsiteltävän veden määrästä, käsitelty vesi voidaan johtaa joko toiseen tai molempiin rinnankytketyistä jälkiselkeytysaltaista. Jälkimmäinen jälkiselkeytysallas on aiempia altaita suurempi ja sieltä käsitellyt vedet johdetaan Kuuslahteen. (Yara ympäristöluvan päivitys 2015, 34.)

## 6 TUOTEKEHITYSPROSESSI

Tuotekehitys on prosessi, jonka tavoitteena on kokonaan uusi tuote tai tuoteparannus, jolloin jo olemassa olevaa tuotetta kehitetään teknisesti paremmaksi ja valmistuskustannuksiltaan edullisemmaksi. Tuotekehityksen tarkoituksena on sekä etsiä ja kehittää yritykselle uusia tuotteita että karsia markkinoilta jo kilpailukykynsä menettäneitä tuotteita. Tuotekehitystä käytetään usein myös uuden tekniikan tai osaamisen tuomiseen yritykseen. Tuotekehitysvaiheessa saadaan selville, voidaanko keksitystä tai ostetusta ideasta kehittää niin teknisesti kuin kaupallisesti toteuttamiskelpoinen tuote tai palvelu. Idea muunnetaan markkinoitavaksi tuotteeksi, joka on olemassa olevia tuotteita parempi ja halutumpi. (Hietikko 2008, 15–16.)

Uuden tuotekehitysprojektin käynnistämiseen tarvitaan tuotteen tarve ja idea sen toteuttamismahdollisuudesta. Tarpeen ja toteuttamismahdollisuuksien havaitseminen tapahtuu joko sattumalta tai systemaattisen hakutoiminnan tuloksena. On tärkeää selvittää ns. yrityspotentiaali eli ne voimavarat, joilla yritys voi toimia. Tarpeen vaatiessa voimavaroja voidaan vahvistaa esimerkiksi etsimällä yhteistyökumppaneita. Tuotekehitysprojekti aloitetaan projektin asettamisella, jonka yhteydessä määritetään projektin lähtökohdat, rajaus ja tavoite. Suuremmissa projekteissa toteutetaan usein esiselvitys, jossa perehdytään muun muassa projektin kannattavuuteen. Seuraavaksi projektin tavoite täsmennetään ja valitulle idealle määritetään tavoitteet muun muassa resurssien, aikataulun ja markkinoiden osalta. Tällöin tuotekehitysprojekti lähtee varsinaisesti käyntiin ja ideaa lähdetään kehittämään kohti tuotetta. (Hietikko 2008, 45–46.)

Esisuunnitteluvaiheessa tuoteideasta lähdetään tekemään tarpeeksi yksityiskohtainen ja tarkka suunnitelma, jotta tuotekehitysprojekteista vastaava päättäjät voi arvioida tuoteidean soveltuvuutta yrityksen tuotettavaksi ja edelleen myytäväksi. Projektille asetetaan aikataulu ja budjetti sekä suunnitellaan tuotteen markkinointia ja teknistä tuotantoa. (Harjula, Koskinen 2007, 9.)

Tuotesuunnittelun tarkoituksena on tarkentaa tuotteen suunnitelmat ja päättää prototyyppien valmistamisesta. Lisäksi tehdään tuotteen valmistukseen liittyvät selvitykset kuten valmistusprosessin tarkastelu, markkinointisuunnitelma sekä henkilöstö- ja muiden resurssien määrittäminen. Seuraavaksi prototyypit valmistetaan, koekappaleet testataan ja testitulokset analysoidaan. Testaamalla saadaan selville tuotteen mahdolliset puutteet ja riskit. Tässä vaiheessa mukana ovat edustajat osttoista, teknisestä valmistuksesta, myynnistä ja mahdollisesti asiakkaat esimerkiksi koeryhmänä. Tällöin valmistuvat myös investointi- ja markkinointisuunnitelmat sekä markkinatutkimukset. Tuotekehitysprojekteissa kustannusten arviointi on merkittävässä asemassa ja kustannukset ovatkin sitä suuremmat, mitä pidemmälle projektissa on edetty. Aiemmin toteutetut, vastaavanlaiset projektit ovat tärkeä tiedon lähde ja lisäksi voidaan hyödyntää erilaisia kustannuslaskennan keinoja. (Harjula, Koskinen 2007, 9.)

Seuraavaksi tehdään päätös tuotteen tuomisesta markkinoille. Erityistä huomiota on kiinnitettävä tuotteen realistisiin tuotto-odotuksiin ja markkinatilanteeseen. Jos tuote tuodaan markkinoille, tehdään päätökset myös konkreettisten tekijöiden kuten investointien, henkilörekrytointien, alihankki-

joiden ja fyysisten jakeluteiden osalta. Kun tuote on ollut markkinoilla jonkin aikaa, tehdään menestysarvio, jossa keskitytään pääasiassa tuotteen tuotannon ja myynnin kokemuksiin. Markkinoilta tulevaan palautteeseen voidaan reagoida ja tuotetta mahdollisesti kehittää edelleen. (Harjula, Koskinen 2007, 9.)

## 7 TEKES -RAHOITUSHAKEMUKSEN VAATIMAT SELVITYKSET

### 7.1 Yleiskuvaus

Pure Water Finland Oy on keväällä 2016 perustettu Startup-yritys, jonka liiketoiminnan alkuvaihe perustuu patentoituun, innovatiiviseen teollisuuden jätevesien puhdistusmenetelmään ja sen markkinointiin, myyntiin ja tuotekehitykseen. Yrityksen perustajia ovat Risto Kempainen, Mikko Kempainen ja Anssi Suhonen.

Risto Kempainen on kyseisen vedenpuhdistusmenetelmän keksijä; hän on erikoistunut MST-tekniikkaan sekä hänellä on 30 vuoden kokemus teollisuudesta. Risto Kempainen tulee olemaan yrityksen toimitusjohtaja, jonka lisäksi hän osallistuu tuotekehitykseen sekä myynnin ja markkinoinnin tukitehtäviin. Mikko Kempainen on Risto Kempaisen poika ja tulee toimimaan yrityksen juridisten asioiden hoitajana oman toimensa ohessa. Mikko Kempaisen päätoimena on Securitas Finland Oy:n lakiasioiden hoitaminen. Anssi Suhonen toimii yrityksen myynti- ja markkinointitehtävissä, projektinhoidossa ja tuotekehityksessä. Anssi Suhosen päätoimi on Savonia AMK:n lehtorina ja aluksi hän toimii yrityksessä oman toimensa ohessa.

Alkuvaiheessa Pure Water Finland Oy toimii tiiviissä yhteistyössä Savonia AMK:n kone- ja ympäristötekniikan osaajien kanssa. Konetekniikan tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiopalvelujen kautta hankitaan prototyyppiin valmistus ja prototyyppiä testataan ja koeajetaan ympäristötekniikan laboratoriossa. Yrityksen liiketoiminta käynnistyy heti, kun yrityksen rahoitusjärjestelyt saadaan kuntoon.

### 7.2 Tarve

Teollisuuslaitoksilla syntyy jätevesiä, joiden määrä ja laatu eroavat suuresti yhdyskuntajätevesistä. Prosesseissa syntyvät jätevedet ovat usein laadultaan sellaisia, ettei niiden ympäristöön tai vesistöön johtaminen sellaisenaan ole sallittua. Tällaiset jätevedet sisältävät ympäristölle haitallisia ja mahdollisesti eliöille myrkyllisiä yhdisteitä, joten vedet on joko käsiteltävä syntykohteessaan tai johdettava muualle käsiteltäväksi. Jos jätevedet käsitellään tehdasalueella, siitä syntyy kustannuksia ja vastaavasti, jos jätevedet johdetaan muualle käsiteltäväksi, puhdistuslaitosten veloittamat maksut aiheuttavat merkittäviä kustannuksia teollisuuslaitoksille. Tiukentuneet ympäristömääräykset vaativat teollisuuslaitoksilta veden- ja energiankulutuksen sekä kemikaalien käytön vähentämistä ympäristökuormituksen pienentämiseksi. Ympäristömääräysten tavoitteena on taata teollisuusalueen lähialueen vesistön hyvä laatu ja sitä kautta vaikuttaa puhtaan juomaveden riittävyyteen. Puhtaan juomaveden riittävyydestä on muodostunut globaali ongelma, joka vaikuttaa miljardeihin ihmisiin.

Suomessa on viime vuosina tehty investointeja kaivosteollisuuteen. Uusia kaivoksia on avattu ja alasta on kehittymässä liiketoimintamahdollisuus useille teknologiatoimittajille. Kaivoksien prosessivedet aiheuttavat suuria ympäristöongelmia kaivosten lähiympäristölle, koska ne aiheuttavat esimerkiksi vesien happamoitumista ja suolaantumista, jolloin sekä vesiliöt että vesien talous- ja virkistyskäyttö kärsivät. Nykyiset menetelmät kaivosjätevesien haitallisten aineiden poistoon ovat usein te-



hottomia tai kalliita. Teollisuudenaloista lisäksi mm. selluteollisuus on ollut Suomessa jo pitkään yksi tärkeimmistä viennin tukipilareista ja tarjoaa liiketoimintamahdollisuuksia useille teknologiatoimittajille. Lähes kaikki alan yritykset toimivat kansainvälisillä markkinoilla, jonne myös Pure Water Finland Oy aikoo tulevaisuudessa laajentaa toimintaansa.

Uuden, innovatiivisen sähkösaostukseen perustuvan teollisuuden jätevesien puhdistusteknologian avulla on mahdollista puhdistaa 30 m<sup>3</sup> jätevettä tunnissa. Menetelmä perustuu molekyylitason ainerotteluun, jossa jätevedestä erotetaan epäpuhtaudet ioni- ja molekyylitason seulonnalla rautaistooppia käyttäen. Puhdistusmenetelmä mahdollistaa jäteveden sisältämien ravinteiden lisäksi virusten ja bakteerien poiston jätevedestä, jolloin prosessivedet voidaan kierrättää osana tehtaan jätevedenpuhdistusjärjestelmää ja näin ollen saadaan vähennettyä sekä tehtaan vedenkulutusta että tehtaalta pois johdettavan jäteveden määrää. Menetelmä soveltuu erityisen hyvin kaivos- ja selluteollisuuden jätevesien puhdistukseen, joissa jäteveden määrä ja laatu ovat haasteellisimpia.

Tarkoituksena on tarjota uudenaikaista ja laadukasta jätevedenkäsittelyratkaisua yrityksille, jotka rakentavat puhdistamoita tai tehtaille, joilla on ongelmia tai puutteita jätevedenpuhdistuksessa. Tuotteen avulla saadaan ratkaistua teollisuuden alati kasvavat jätevesiongelmat. Vesi puhdistetaan tehokkaasti perustuen molekyylitason teknologiaan, jollaista markkinoilla ei vielä ole. Puhdistusjärjestelmä on suunniteltu mahtumaan ns. High Cube -merikontin kokoiseen tilaan (12,04 m x 2,35 m x 2,7 m) ja se voidaan rakentaa paikan päällä tehdasalueella. Koska kaivos- ja selluteollisuuden alan pk-yrityksillä ei välttämättä ole tarpeeksi taloudellisia resursseja sijoittaa suuriin investointeihin, puhdistusmenetelmää tarjotaan pilottihankkeena, josta asiakas kustantaa vain tietyn prosenttiosuuden.

Tällaisten suurten, yhteiskunnallisesti merkittävien palvelujen ja tuotteiden myyntisopimukset solmitaan yleensä vuosien ajaksi ja ostopäätös tehdään erittäin tarkkaan harkiten investoinnin määrän ollessa suuri. Siksi tällaisista myytävistä tuotteista tehdään usein asiakkaan pyynnöstä tarjous, jolloin hintaan vaikuttavat asiakasyrityksen koko, resurssit ja tarpeet. Luotettavuus, kilpailukykyinen hinta ja laatu ovat ratkaisevia tekijöitä, jotka vaikuttavat asiakkaan ostopäätökseen. Kestävyyttä, laatua ja luotettavuutta onkin tärkeää korostaa asiakkaalle, sillä välttämättä hinnalla kilpaileminen ei ole oleellista yrityksen ollessa vielä alkutekijöissään.

### 7.3 Hyödyt

Uuden teknologian avulla teollisuuslaitokset voivat kierrättää prosessivedet osana tehtaan jätevedenpuhdistusjärjestelmää ja näin ollen vähentää sekä tehtaan vedenkulutusta että tehtaalta pois johdettavan jäteveden määrää. Teollisuuslaitokset säästävät myös vedenpuhdistuslaitosten veloittamat maksut sekä prosessivesien aiheuttamat ympäristöpäästöt. Menetelmällä saadaan tuotettua puhdasta vettä ja kuivaa kiintoainetta käsitellyn veden ja lietteen sijaan. Ekologisuuden ja taloudellisuuden näkökulmasta menetelmän avulla saadaan säästettyä luontaisia vesivaroja ja suojeltua luonnon monimuotoisuutta.

Muihin vastaaviin menetelmiin verrattuna keksintö on rakenteeltaan yksinkertaisempi ja se tarjoaa pienemmät käyttökustannukset sekä laajemman skaalattavuuden. Sähkösaostuksessa sekä saostus että sakan erotus voidaan tehdä samassa laitteistossa, kun taas esimerkiksi kemiallinen saostus vaatii useita peräkkäisiä vaiheita. Menetelmässä veden puhdistukseen tarvitaan vain vähän kemikaaleja, joten se on myös ympäristöystävällisempi ja kustannustehokkaampi kuin esimerkiksi nykyiset kemialliset saostusmenetelmät. Lisäksi nykyiset vedenpuhdistusjärjestelmät ovat useine altaineen kookkaita laitoksia, kun taas sähkösaostusjärjestelmä on mahdollista rakentaa pienikokoisempana.

Sähkösaostus soveltuu erityisesti pintavesien humuksen ja rikkivetytipoisten teollisuusjätevesien puhdistamiseen. Menetelmä poistaa erityisen hyvin raakaveden värillisiä humusyhdisteitä, jotka aiheuttavat usein laatuongelmia ja saostumia teollisuusprosesseissa sekä muodostavat orgaanisia, syöpää aiheuttavia klooriyhdisteitä juomavettä valmistettaessa. Jätevesistä saadaan poistettua esimerkiksi metalleja ja puun kuorinnasta syntyviä hartsihappoja, jotka ovat voimakkaasti haisevia sulfideja ja myrkyllisiä yhdisteitä. Lisäksi menetelmä soveltuu kaivosjätevesien raskasmetallien poistoon.

Tekesin rahoituksen avulla yritys pystyy rahoittamaan osan prototyypin valmistuskustannuksista. Prototyyppi mahdollistaa teknologian toiminnan tutkimisen käytännössä sekä esittelemisen potentiaalisille asiakkaille.

### 7.4 Kilpailu

Uutena, aloittavana yrityksenä ei lähdetä suoranaiseen kilpailuun suurempia jo asemansa vakiinnuttaneita yrityksiä vastaan. Yritys keskittää toimintansa verkostoitumiseen, oman liiketoiminnan kehittämiseen sekä asiakkaiden odotusten täyttämiseen. Vedenpuhdistusalalla on erityisen tärkeää tuottaa räätälöity ratkaisu jokaisen asiakkaan tarpeisiin. Yrityksen tarkoituksena on keskittää tulevat asiakassuhteet Suomen kaivos- ja selluteollisuuden yrityksiin ja sen jälkeen päästä jonkin suuren organisaation mukana globaaliin liiketoimintaan.

Kilpailevia palveluita ja tuotteita kehitettävälle ratkaisulle ovat eri vedenpuhdistustekniikoiden valmistajat eli muut vedenpuhdistusmenetelmät. Aquaflo on johtava ympäristöalan yritys, joka tarjoaa räätälöityjä ratkaisuja teollisuuden jätevesien käsittelyyn. Yritys tarjoaa mekaanisia, biologisia ja

kemiallisia vedenpuhdistusmenetelmiä sekä lietteenkäsittelytekniikoita sellu- ja paperiteollisuuden tarpeisiin. Kaivosteollisuuteen yritys tarjoaa mm. pohja-, pinta- ja meriveden käsittelyä juoma- tai prosessiveden tuottamiseksi ja saastuneiden kaivosvesien epäpuhtauksien poistamista mineraalien talteenottoa tai vesien uudelleen käyttöä varten. WatMan on yksi Suomen johtavia vedenkäsittelylaitteiden toimittajia, joka tuottaa räätälöityjä vedenpuhdistusratkaisuja eri teollisuusalojen tarpeisiin. WatMan keskittyy toteuttamaan tehokkaammin toimivia prosesseja ja ulkonäöltään viimeisteltyjä lopputuotteita asiakkaan toiveiden, ympäristömääräysten ja kohteen tarpeiden mukaan.

Jätevedenpuhdistusalan markkinat ovat kasvavat, joten asiakastarpeen osalta markkinariskit ovat melko pienet. Riskinä voi olla samankaltaisen kilpailevan tuotteen tai menetelmän tuleminen markkinoille. Rahoitusta haettaessa huomioidaan mahdolliset markkinoinnista syntyvät kulut. Yrityksen päämääränä ovat globaalit markkinat, joten markkinoinnissa tulee huomioida eri kieli- ja kulttuuriympäristöt. Pienen, aloittavan yrityksen riskejä voivat olla rahoituksen järjestäminen ja vähäiset resurssit. Korkeat tuotantokustannukset voivat olla riski esimerkiksi rahoitusta haettaessa ja valmista tuotetta myytäessä. Prototyypin puute on heikkous markkinoissa tuotetta mahdollisille asiakkaille. Uuden, aloittavan yrityksen kontaktit ovat lähinnä yrittäjien aiempien henkilökohtaisten suhteiden varassa sekä aloittavan yrityksen heikkoutena on myös tunnettavuuden puute.

## 7.5 Toteutus ja tulokset

Uudelle teknologialle on saatu patentti helmikuussa 2016 ja seuraavaksi ryhdytään suunnittelemaan ja valmistamaan prototyyppiä sekä etsimään pilottiasiakkaita. Savonia AMK:n kone- ja ympäristötekniikan osaajat ovat mukana menetelmän tuotekehityksessä ja konetekniikan tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiopalvelujen kautta hankitaan prototyypin valmistus. Prototyyppiä testataan ja koeajetaan ympäristötekniikan laboratoriossa.

Yritys etsii rahoittajia ja yhteistyökumppaneita, jotta vedenpuhdistusyksikön prototyypin valmistaminen ja testaaminen voidaan aloittaa. Yrityksen pyrkimyksenä on yhteistyöverkosto, johon kuuluvat rahoittaja, prototyypin tilaaja sekä alihankkija, joka rakentaa vedenpuhdistusyksiköt yritykselle. Lisäksi tehdään huoltosopimus jonkin yrityksen kanssa, joka käy tietyin väliajoin huoltamassa yksiköitä. Prototyyppi on tarkoitus rakentaa puhdistusteknologiaa tarvitsevan asiakasyrityksen tiloissa. Yksiköiden rakentaminen toteutetaan jonkin valitun rakennusyrityksen kanssa, jolla on riittävät resurssit sekä ammattitaito. Yhden yksikön rakentamiseen menee noin 6 kk ja rakentamiseen tarvitaan noin 5 työntekijää, jotka toteuttavat yksikön automatiikan, rungon, sähkötyöt ja putkiston. Yksikön toiminnan ja kunnon tarkastuksen hoitaa päivittäin esimerkiksi tilaajayrityksen huoltomies. Ylläpitoon ei tarvita erillistä työntekijää, koska järjestelmä on pitkälti automatisoitu.

Yrityksen liiketoiminnan alkaessa on tavoitteena keskittää tulevat asiakassuhteet Suomen kaivos- ja selluteollisuuden yrityksiin. On otettava huomioon, että mahdolliset asiakasyritykset ovat jo laajentaneet toimintaansa kansainvälisille markkinoille, jolloin tämä lisäisi yrityksen mahdollisuuksia päästä jonkin suuren organisaation mukana globaaliin liiketoimintaan. Yritys hyödyntää MarketStep palvelua uusasiakashankinnassa. MarketStep luo yritykselle kohderyhmiä puhuttelevan myyntiviestin, jonka

avulla etsitään potentiaalisia pilottiasiakkaita. Yrityksen maksavia asiakkaita ovat paperi- ja selluteollisuuden sekä kaivosteollisuuden yritykset. Yritys pyrkii markkinoimaan teknologiaa muun muassa alan messuilla (Jäte, Vesi, Ympäristö -messut, Yhdyskuntatekniikan näyttely tms.) ja kaivos- ja selluteollisuuden yrityksissä. Kehitetyn teknologian tuotekehitys viedään loppuun kotimaisten loppuasiakkaiden kanssa, jonka jälkeen se viedään kansainvälisille markkinoille kotimaisten suuryritysten kautta. Potentiaalisia sellu- ja kaivosteollisuuden yrityksiä, joissa teknologiaa sekä prototyyppiä voitaisiin markkinoida, ovat muun muassa Stora Enso Oyj, Savon Sellu Oy, Yara Suomi Oy ja Boliden Kylylahti Oy.

Menetelmän tarkoituksena on poistaa jätevedestä epäpuhtaudet sähköflotaatiolla käyttämällä horisontaalisesti kallistettuja virtauskanavia, joissa on elektrodeina toimivat lamellit. Menetelmässä puhdistettava jätevesi johdetaan elektrolyysikennoon, joka sisältää putkimaisia, pystysuoria elektrodeja. Elektrolyysi tapahtuu kahden elektronegatiivisen elektrodin välissä. Elektronegatiivisempaa elektrodia, joka ei kulu puhdistusprosessissa, käytetään vetykaasun ja hydroksyyli-ionien tuottamiseen. Vähemmän elektronegatiivista elektrodia, joka kuluu puhdistusprosessissa, käytetään tuottamaan metalli-ioneja jätevedestä. Haluttu hapetus-pelkistysreaktio tapahtuu kennossa tiukasti kontrolloidussa sähkökentässä, jolla saadaan poistettua yksi tai useampi epäpuhtaus. Edellämäin mainitun menetelmän lisäksi tehdasmittakaavaiseen järjestelmään tarvitaan lisälaitteita, kuten pumppuja. Muihin vastaaviin menetelmiin verrattuna keksintö on rakenteeltaan yksinkertaisempi ja se tarjoaa pienemmät käyttökustannukset sekä laajemman skaalattavuuden.

Menetelmä perustuu virtauskanavaan, jossa jätevesi virtaa. Virtauskanava on tehty sähköisesti eristetyistä materiaalista ja virtauskanavien pohjalla on lamellit, joissa sähköflotaation vaatima elektrolyysi tapahtuu. Jäteveden virratessa kanavaan, sähköflotaatio nostaa epäpuhtaudet flokkina pintaan ja puhdas vesi virtaa kanavan pohjalla. Kanavan lopussa puhdas vesi ja flokki erotetaan ja puhdas vesi poistetaan kanavasta. Jätevesi virtaa kanavassa painovoimaisesti eikä suuria pumppuja välttämättä tarvita. Järjestelmää pystytään skaalaamaan ylöspäin kasvattamalla lamellien kokoa.

Mitä hitaammin jätevesi virtaa kanavassa, sitä lyhyemmäksi kanavan voi rakentaa siinä tapauksessa, että epäpuhtauksilla on tarpeeksi aikaa flokkautua. Elektrolyysissä vapautuva vety käytetään flokin nostamiseen pinnalle. Jokainen lamellielementti on eristetty toisistaan ja jokaisen elementin läpi kulkevaa sähkövirtaa voidaan säätää erikseen. Lamelleille syötettävää sähkövirtaa muutetaan puhdistettavan jäteveden mukaan. Kun jäteveden laatu muuttuu merkittävästi, täytyy myös syötettävää sähkövirtaa muuttaa. Optimaaliset virta- ja jännitearvot saadaan selville testaamalla ja jäteveden sähköjohtavuutta säädetään lisäaineilla. Lamellielementit on yhdistetty erillisiin virtalähteisiin, joita voidaan säätää erikseen. Negatiivisesti varautunut lamelli voidaan valmistaa ruostumattomasta teräksestä, nikkelistä, kromista, platinumista tai muista jalometalleista. Näiden materiaalien elektronegatiivisuuserot verrattuna positiivisesti varautuneisiin lamelleihin ovat suuria. Alumiinilamellit liuottavat jätevedestä jäännösrautaa.

## 7.6 Kustannusarvio ja rahoitussuunnitelma

Yritys pyrkii saamaan rahoitusta prototyypin valmistukseen yksityisiltä sijoittajatahoilta. Prototyyppi valmistetaan jonkin yrityksen alihankintana ja sitä testataan pilottiasiakkaan kanssa. Yhden jätevedenpuhdistusyksikön alkuinvestointikustannus on noin 500 000 €. Alkuinvestoinnin jälkeen kustannukset koostuvat pääasiassa yksikön toimintaan liittyvistä kustannuksista, kuten energian- ja metallikulutuksesta. Yhden kuutiolitrin puhdistukseen kuluu energiaa 3–6 kWh sekä metallilamellien kuluminen kustantaa noin 1 €/m<sup>3</sup>. Lisäksi kuluja tulee yksikköön liittyvistä huoltotehtävistä, kuten lamellien vaihdosta. Yksikön ylläpitoon ei tarvita erillistä työntekijää, koska järjestelmä on pitkälti automatisoitu. Yksikön toiminnan ja kunnan tarkastamisen voi hoitaa esim. päivittäin tilaajayrityksen huoltomies, jolloin ylläpitokustannuksia syntyy vähän. Yhden yksikön huoltoväli on noin 3–4 kuukautta, jolloin vaihdetaan sähkösaostamiseen tarvittavat lamellit. Lamellien käyttöikä riippuu veden laadusta ja vedenkäsittelykapasiteetista. Taulukossa 17 on esitetty perustettavan yrityksen liiketoimintatavoitteet ja taulukossa 18 yrityksen kustannusarvio.

Taulukko 16. Yrityksen liiketoimintatavoitteet

	Markkinoilletulovuosi	Seuraava vuosi 1	Seuraava vuosi 2	Projektin vaikutus liikevaihtoon, vientiin ja työpaikkoihin
Vuosi	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	
<b>Liikevaihto</b>	-82 800,00 €	-123 700,00 €	173 200,00 €	Kokonaan uusi
<b>Vienti</b>	-	-	-	Kokonaan uusi
<b>Työpaikat, kpl</b>	5	5	6	Kokonaan uusi

Taulukko 17. Yrityksen kustannusarvio

Kustannuslaji					
Vuosi	1. vuosi	2. vuosi	3. vuosi	Yhteensä	Prosenttia
<b>Rahapalkka</b>	216 000 €	300 000 €	336 000 €	852 000 €	24 %
<b>Henkilösivukustannukset</b>	64 800 €	90 000 €	100 800 €	255 600 €	7 %
<b>Yleiskustannukset</b>	122 000,00 €	212 000,00 €	162 000,00 €	496 000,00 €	14 %
<b>Matkat</b>	20 000,00 €	50 000,00 €	60 000,00 €	130 000,00 €	4 %
<b>Aineet ja tarvikkeet</b>	20 000,00 €	20 000,00 €	20 000,00 €	60 000,00 €	2 %
<b>Laiteostot</b>	200 000,00 €	300 000,00 €	800 000,00 €	1 300 000,00 €	37 %
<b>Laitepoisto/vuokrat</b>	0,00 €	61 200,00 €	61 200,00 €	122 400,00 €	3 %
<b>Ostettavat palvelut</b>					0 %
<b>pk-yrityksiltä</b>					0 %
<b>tutkimuslaitoksilta</b>					0 %
<b>konserni/intressiyrityksiltä</b>					0 %
<b>muilta organisaatioilta</b>	60 000,00 €	100 000,00 €	180 000,00 €	340 000,00 €	10 %
<b>Yhteensä</b>	<b>702 800 €</b>	<b>1 133 200 €</b>	<b>1 720 000 €</b>	<b>3 556 000 €</b>	<b>100 %</b>

## 8 YHTEENVETO JA JATKOTOIMENPITEET

Opinnäytetyön tavoitteena oli laatia esimerkinomainen rahoitushakemus Startup-yritykselle uuden vedenpuhdistusinnovaation kehittämiseksi. Rahoitushakemuksessa käsiteltiin uuden teknologian tarvetta, kohdemarkkinoita, hyötyjä ja kilpailijoita sekä laadittiin kustannusarvio perustettavalle yritykselle. Opinnäytetyönä tehtyä rahoitushakemusta tullaan hyödyntämään haettaessa Tekesin rahoitusta tuotekehitysprojektille. Rahoitus mahdollistaa yrityksen perustamisen ja uuden tuotteen lanseeraamisen markkinoille.

Perustettavan yrityksen työnimi on Pure Water Finland Oy ja yrityksen rahoitusneuvottelut ovat parhaillaan käynnissä. Kun rahoitusjärjestelyt on saatu kuntoon, Savonia-ammattikorkeakoulun kone-tekniikan TKI-palvelujen kautta hankitaan prototyypin valmistus. Prototyyppiä testataan ja koeajetaan Savonia-ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan laboratoriossa. Teknologiaa tarjotaan yrityksille, jotka rakentavat puhdistamoita tai teollisuuslaitoksille, joilla on ongelmia tai puutteita jätevedenpuhdistuksessa. Liiketoiminnan alkaessa keskitetään tulevat asiakassuhteet Suomen paperi- ja selluteollisuuden sekä kaivosteollisuuden yrityksiin, jotka ovat perustettavan yrityksen maksavia asiakkaita. Kehitetyn teknologian tuotekehitys viedään loppuun kotimaisten loppuasiakkaiden kanssa, jonka jälkeen se viedään kansainvälisille markkinoille kotimaisten suuryritysten kautta.

Laadittujen kustannusarvioiden perusteella voidaan päätellä perustettavan yrityksen vaativan suuren alkuinvestoinnin. Käytännössä uuden tuotteen saaminen markkinoille vaatii Tekesin rahoituksen ohella myös yksityisten sijoittajien sijoituksia. Kustannuslaskelmien mukaan yritys alkaa tuottaa voittoa kolmantena toimintavuotenaan. Komponentit ja aliurakointina tilattava järjestelmän rakentaminen muodostavat suurimman yksittäisen kuluerän yrityksen ensimmäisenä toimintavuotena.

Mielestäni opinnäytetyölle asetettu tavoite täyttyi ja perustettavalle yritykselle saatiin alustava rahoitushakemus. Työn toteutuksessa haasteena oli sähkösaostuksesta saatavilla olevan tiedon vähyys, koska menetelmä ei ole teollisuudessa yleisesti käytössä. Ympäristötekniikan opinnot eivät anna tarpeeksi laajaa teoriapohjaa yrityksen perustamisesta ja rahoituksesta, joten tarkan rahoitushakemuksen ja -laskelman toteuttaminen oli haastavaa. Tekesin ohjeistus rahoitushakemuslomakkeen täyttämiseen ei ollut joka kohdassa tarpeeksi selkeä, esimerkiksi kuinka yksityiskohtaisesti uuden menetelmän tekniikkaa tulisi selvittää. Yrityksen alustavia rahoituslaskelmia olisi hyvä tarkentaa varsinaista rahoitushakemusta laadittaessa. Esimerkiksi prototyyppivaiheen projektisuunnitelma ja kustannuslaskelma tulisi tehdä tarkemmalla tasolla laskemalla mukaan materiaali-, työ- ja testauskustannukset.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

Energiateollisuus ry 2008. Alle 50 MW:n lämpölaitosten teollisuusjätevesiselvitys. Pienten lämpölaitosten jätevesien laatu, käsittely ja johtaminen. [Viitattu 2016-02-09.] Saatavissa:

[http://energia.fi/sites/default/files/alle\\_50\\_mw\\_lampolaitostenteollisuusjatevesiselvitys\\_ramboll\\_20081104.pdf](http://energia.fi/sites/default/files/alle_50_mw_lampolaitostenteollisuusjatevesiselvitys_ramboll_20081104.pdf)

Finnvera. Finnvera lyhyesti. [Viitattu 2016-02-09.] Saatavissa:

<https://www.finnvera.fi/Finnvera/Finnvera-lyhyesti/Finnvera-Esittely> Polku: <https://www.finnvera.fi/>.

Finnvera. Finnvera lyhyesti.

HARJULA, Erno, KOSKINEN, Pirita 2007. Tuotekehitysprosessi. Lahden ammattikorkeakoulu. Liiketalouden koulutusohjelma. Opinnäytetyö. [Viitattu 2016-03-21.] Saatavissa:

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/11238/2007-11-29-03.pdf?sequence=1>

HIETIKKO, Esa 2008. Tuotekehitystoiminta. Kuopio: Savonia-ammattikorkeakoulun kuntayhtymä.

JANHUNEN, Kari 2016-02-26. Boliden Kylylahti Oy [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Jenni Koivuniemi. Saatavissa: Tekijän sähköposti.

KABATA, Laura. Jätevedenpuhdistus. Puhdistusprosessi. [Viitattu 2016-03-01.] Saatavissa:

<https://jatevedenpuhdistus.wordpress.com/jatevedenpuhdistus/puhdistusprosessi/>

KAUPPILA, Päivi (toim.), RÄISÄNEN, Marja Liisa ja MYLLYOJA, Sari (toim.) 2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2016-02-17.] Saatavissa:

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37056/SY\\_29\\_2011.pdf?sequence=3](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37056/SY_29_2011.pdf?sequence=3)

Keksintösäätiö 2014. [Viitattu 2016-02-09.] Saatavissa: <http://www.keksintösäätiö.fi/>

KnowPap 2014. Paperitekniiikan ja tehtaan automaation oppimisympäristö. Rajattu käyttöoikeus.

KOISTINEN, Kari 2016-03-02. Ympäristöpäällikkö. [haastattelu.] Kuopio: Savon Sellu Oy.

Kylylahti Copper Oy. Kylylahden kaivoksen yhteisrikasteen jatkokäsittelyn ympäristövaikutusten arviointi. YVA-ohjelma. 3.10.2007. [Viitattu 2016-03-04.] Saatavissa: [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Ymparistovaikutusten\\_arviointi/YVAhankkeet/Kylylah-](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/Kylylah-)

[den\\_kaivoksen\\_yhteisrikasteen\\_jatkokasittely\\_Siilinjarvi/Kylylahden\\_kaivoksen\\_yhteisrikasteen\\_jat%2811000%29](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/Kylylahden_kaivoksen_yhteisrikasteen_jatkokasittely_Siilinjarvi/Kylylahden_kaivoksen_yhteisrikasteen_jat%2811000%29)

Kylylahti Copper Oy. Luikonlahden kaivoksen ja rikastamon ympäristöluvan nro 104/08/2 muutos ja toiminnanaloittamislupa. 26.8.2011. [Viitattu 2016-03-15.] Saatavissa:

[http://www.avi.fi/documents/10191/56914/isavi\\_paatos\\_76\\_2011\\_1-2011-8-26.pdf](http://www.avi.fi/documents/10191/56914/isavi_paatos_76_2011_1-2011-8-26.pdf)

LEHTINEN, Uolevi 2014. Startup-yritykset ja liiketoimintaosaaminen. Liiketaloudellinen Aikakauskirja.

[Viitattu 2016-04-15.] Saatavissa: [http://njb.fi.s189994.gridserver.com/wp-](http://njb.fi.s189994.gridserver.com/wp-content/uploads/2015/04/2014_4_Lehtinen_Discussion.pdf)

[content/uploads/2015/04/2014\\_4\\_Lehtinen\\_Discussion.pdf](http://njb.fi.s189994.gridserver.com/wp-content/uploads/2015/04/2014_4_Lehtinen_Discussion.pdf)

LEHTORANTA, Olavi 2003. Spin-off-yritykset ovat menestyksekkäämpiä kuin muut uudet yritykset.

Tilastokeskus. [Viitattu 2016-02-17.] Saatavissa:

[http://www.stat.fi/tup/tietoaika/tilaajat/ta\\_11\\_03\\_spinoff.html](http://www.stat.fi/tup/tietoaika/tilaajat/ta_11_03_spinoff.html)

MAKKONEN, Eero 2015. Teollisuusjätevesien seuranta ja hallinta – tapauskohteena Jyväskylän seutu. Tampereen Teknillinen Yliopisto. Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelma. Diplomityö.

[Viitattu 2016-02-08.] Saatavissa: [http://js-puhdistamo.fi/wp-](http://js-puhdistamo.fi/wp-content/uploads/2015/08/Makkonen.pdf)

[content/uploads/2015/08/Makkonen.pdf](http://js-puhdistamo.fi/wp-content/uploads/2015/08/Makkonen.pdf)

Metsäteollisuus ry, 2016. Vesi on metsäteollisuudelle elintärkeää. [Viitattu 2016-02-09.] Saatavissa:

[http://www.metsateollisuus.fi/painopisteet/ymparisto/tehtaiden-ymparistoasiat/Vesi-on-](http://www.metsateollisuus.fi/painopisteet/ymparisto/tehtaiden-ymparistoasiat/Vesi-on-metsateollisuudelle-elintarkeaa--90.html)

[metsateollisuudelle-elintarkeaa--90.html](http://www.metsateollisuus.fi/painopisteet/ymparisto/tehtaiden-ymparistoasiat/Vesi-on-metsateollisuudelle-elintarkeaa--90.html) Polku: [www.metsateollisuus.fi](http://www.metsateollisuus.fi). Painopisteet. Ympäristö.

Tehtaiden ympäristöasiat.

NUORTIMO, Kalle 2002. Jätevesien ja poistokaasujen käsittely Suomen kemianteollisuudessa. Suomen ympäristökeskus. Helsinki. [Viitattu 2016-02-17.] Saatavissa:

[https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40507/SY\\_520.pdf?sequence=1](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40507/SY_520.pdf?sequence=1)

PAKARINEN, Tenho 2016-02-25. Osastomestari. [haastattelu.] Varkaus: Stora Enso Oyj.

PARTANEN, Petja 2013. Sähkö korvaa vedenpuhdistuskemikaalit. Tekniikan akateemiset. [Viitattu

2016-03-03]. Saatavissa: [https://issuu.com/tekniikanakateemisetek/docs/tek\\_1\\_2013/44](https://issuu.com/tekniikanakateemisetek/docs/tek_1_2013/44)

Savon Sellu Oy. Ympäristölupa. 8.10.2007. Dnro ISY-2004-Y-273. [Viitattu 2016-03-03.] Saatavissa:

[https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj6p6mAmdHL](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj6p6mAmdHLAhXDB-)

[ZoKHfvdP0QFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B26ED459D-C93B-4C97-A480-](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj6p6mAmdHLAhXDB-ZoKHfvdP0QFggmMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload%2Fnoname%2F%257B26ED459D-C93B-4C97-A480-)

[9A6CDBAA75BA%257D%2F83358&usg=AFQjCNFR1\\_Pvc\\_AW1qreUaudRw0VPPsq8Q&sig2=LYtXRudJMYugNTkWRpwJA&cad=rja](https://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwj6p6mAmdHLAhXDB-9A6CDBAA75BA%257D%2F83358&usg=AFQjCNFR1_Pvc_AW1qreUaudRw0VPPsq8Q&sig2=LYtXRudJMYugNTkWRpwJA&cad=rja)

SEPPÄLÄ, Markku (toim.), KLEMETTI, Ursula, KORTELAINEEN, Veli-Antti, LYYTIKÄINEN, Jorma, SIITONEN, Heikki ja SIRONEN, Raimo 2005. Paperimassan valmistus. 2-3. painos. Saarijärvi: Gummerus Kirjapaino Oy.



Stora Enso Oyj. Varkauden tehtaan ympäristöluvan muutos ja toiminnanaloittamislupa, Varkaus, Joroinen ja Rantasalmi. 27.8.2015. Dnro ISAVI/4379/2014. [Viitattu 2016-03-02.] Saatavissa:

[https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia\\_ID=869453](https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/Lisatiedot.aspx?Asia_ID=869453)

Tekes 2016. Tekesin rahoitus yrityksille. [Viitattu 2016-02-09.] Saatavissa:

<http://www.tekes.fi/rahoitus/rahoitusta-yritysten-kehitysprojekteihin/pilotointi/> Polku:

<http://www.tekes.fi/>. Rahoitus. Yritykset.

Turun Seudun Puhdistamo Oy. Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo – käyttö. Esiselkeytys. [Viitattu 2016-02-09.] Saatavissa: <http://www.turunseudunpuhdistamo.fi/esiselkeytys.html>

TOLPPI, Rodica 2015. Rikastusprosessit ja prosessivesien käsittely metallimalmikaivoksissa. Lapin ammattikorkeakoulu. Teollisuus ja luonnonvarat. Kone- ja tuotantotekniikka. Kaivostekniikka. Opin- näytetyö. [Viitattu 2016-03-14.] Saatavissa:

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87137/R.%20Tolppi\\_9.2.2015.Rikastus%20ja%20vesien%20kasittely.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/87137/R.%20Tolppi_9.2.2015.Rikastus%20ja%20vesien%20kasittely.pdf?sequence=1)

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry 2016. Jätevedenpuhdistus. Yhdyskuntapuhdistamot. [Viitattu 2016-02-24.] Saatavissa:

<http://www.vhvsy.fi/content/fi/1007/1064/Yhdyskuntapuhdistamot.html> Polku: [www.vhvsy.fi](http://www.vhvsy.fi). Jätevedenpuhdistus. Yhdyskuntapuhdistamot.

Vesihuolto I: RIL 124-1-2003. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Vesilaitosyhdistys 2011. Teollisuusjätevesiopas-asumajätevesistä poikkeavien jätevesien johtaminen viemäriin. Vesilaitosyhdistyksen julkaisusarja nro 50. Helsinki.

Yara Suomi Oy 2013. Siilinjärven kaivoksen sivukivialueiden laajennus. YVA-ohjelma. [Viitattu 2016-03-01]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/fi->

[FI/Asiointi\\_luvat\\_ja\\_ymparistovaikutusten\\_arviointi/Ymparistovaikutusten\\_arviointi/YVAhankkeet/Yara\\_Suomi\\_Oyn\\_Siilinjarven\\_kaivoksen\\_sivukivialueiden\\_laajennus\\_Siilinjarvi/Yara\\_Suomi\\_Oyn\\_Siilinjarven\\_kaivoksen\\_si%2811103%29](http://www.ymparisto.fi/fi-Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Ymparistovaikutusten_arviointi/YVAhankkeet/Yara_Suomi_Oyn_Siilinjarven_kaivoksen_sivukivialueiden_laajennus_Siilinjarvi/Yara_Suomi_Oyn_Siilinjarven_kaivoksen_si%2811103%29)

Yara Suomi Oy. Ympäristöluvan päivitys 2015. Siilinjärven toimipaikka. [Viitattu 2016-03-01.] Saatavissa: <https://tietopalvelu.ahp.fi/Lupa/>