

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Biotekniikka

2015

Nea Valtonen

# VÄLIAIKAISEN ILMASTUKSEN JÄRJESTÄMINEN

– Pihtiputaan jätevedenpuhdistuslaitos



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bio- ja elintarviketekniikka | Biotekniikka

2015 | 40 sivua

Ohjaajat:

Juha Nurmio, Päätoiminen tuntiopettaja

Ari Kahilainen, Toimitusjohtaja, Pihtiputaan Lämpö ja Vesi Oy

Nea Valtonen

## VÄLIAIKAISEN ILMASTUKSEN JÄRJESTÄMINEN

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Pihtiputaan Lämpö ja Vesi Oy:n jätevedenpuhdistamo. Se on kunnallinen jätevedenpuhdistamo, johon on tulossa ilmastusaltaan saneeraus. Työn tavoitteena oli suunnitella väliaikainen ilmastus tälle ajalle. Suunnitteluun kuuluu mitoitusarvojen määrittäminen, laitteiden ja välineiden mitoitus, investointilaskelmat sekä prosessikuvaus.

Ilmastusaltaan puhdistusprosessi on biologinen ja puhdistusteho perustuu siihen, että jätevedessä olevat mikrobit lisääntyvät ja alkavat käyttää jäteveden ravintosuoloja sekä orgaanisia epäpuhtauksia ravintonaan. Ilmastimien avulla mikrobit saavat tarvitsemaansa happea ja pohjailmastuksen avulla altaaseen saadaan muodostettua kiertoliike, joka mahdollistaa tasaisen ilmastuksen.

Suunnitelman perusteella ilmastus toteutetaan puhdistamon vieressä olevan varastorakennuksen altaassa. Allas on aiemmin ollut jätevesikäytössä, mutta nyt siihen pitää asentaa toimiva ilmastusjärjestelmä. Tähän altaaseen jätevesi pumpataan hiekanerotusaltaasta ja ilmastuksen jälkeen jätevesi pumpataan selkeytysaltaaseen. Aktiivilietekierto toteutetaan pumpaamalla se selkeytysaltaasta takaisin ilmastusaltaaseen.

Allas on noin seitsemäsosa normaalista ilmastusaltaasta. Tämän vuoksi keskeisimmät puhdistustulokseen vaikuttavat tekijät ovat viipymäaika ja tilavuuskuorma. Näiden perusteella ilmastusallas on liian pieni. Saneeraus kuitenkin toteutetaan kesäaikana, jolloin tulevan veden määrä on keskimääräisesti ollut pienimmillään ja tämän vuoksi on mahdollista, että Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintoviraston määrittämät raja-arvot täyttyvät. Oletettavasti raja-arvot ylittyvät ainakin hetkellisesti.

ASIASANAT:

jätevesi, ilmastus, tilavuuskuorma, viipymäaika

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Biotechnology

2015 | 40 pages

Instructors:

Juha Nurmio, Lecturer

Ari Kahilainen, Managing Director, Pihlputaan Lämpö ja Vesi Oy

Nea Valtonen

## ARRANGEMENT OF TEMPORARY AERATION

This Bachelor's Thesis was commissioned by the wastewater treatment plant of Pihlputaan Lämpö ja Vesi Oy. It is a municipal wastewater treatment plant which awaits renovation of the activated sludge tank. The aim was to plan the arrangement of temporary aeration. The project consisted of determination of design values, dimensioning of equipment and apparatus, investment calculations, and process description.

The purification capacity of the aeration tank is based on the fact that the microbes in the wastewater feed on wastewaters nutrients of plant and organic impurities. The air diffuser produces the air that microbes need and when using the bottom aerator, the air blends in the tank evenly.

According to the plan, aeration will be implemented in a tank located in the warehouse building next to the purification plant. The tank used to be a wastewater tank but is now empty and operational aeration system need to be installed. The wastewater is pumped from the preliminary sedimentation tank to this temporary activated sludge tank. The wastewater is then pumped into the clarification tank from where where the activated sludge is pumped back into the activated sludge tank.

The temporary tank is about one seventh of the size of the normally used activated sludge tank. Thus, the most essential factors affecting the purification result are dwell time and space load. Based on these factors, the aeration tank is too small. However, the renovation is going to be put into action during the summertime, because the amount of the incoming wastewater is presumably low. Therefore, it will be possible to achieve the limit values determined by the Regional State Administration Agencies of Western and Inland Finland.

KEYWORDS:

wastewater, aeration, space load, dwell time

# SISÄLTÖ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>   | <b>6</b>  |
| <b>1 JOHDANTO</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2 ILMASTUS JÄTEVEDENPUHDISTUKSESSA</b>                               | <b>8</b>  |
| 2.1 Biologinen hapenkulutus   | 9         |
| 2.2 Kemiallinen hapenkulutus  | 10        |
| 2.3 Aktiivilieteprosessi  | 10        |
| 2.4 Fosforin poiston tehostaminen ferrosulfaatilla                      | 12        |
| 2.5 Typen poisto jätevedestä  | 13        |
| 2.6 Pihtiputaan Lämpö ja Vesi Oy  | 15        |
| 2.6.1 Jäteveden puhdistusprosessi                                       | 16        |
| 2.6.2 Jätevedenpuhdistuslaitokselle tuleva kuorma ja laitoksen mitoitus | 18        |
| 2.6.3 Jätevedenpuhdistuslaitokselta lähtevä kuorma                      | 20        |
| <b>3 VÄLIAIKAISEN ILMASTUKSEN JÄRJESTÄMINEN</b>                         | <b>22</b> |
| 3.1 Suunnittelukohde  | 22        |
| 3.2 Mitoitusarvot   | 23        |
| 3.2.1 Tilavuuskuorma  | 23        |
| 3.2.2 Viipymäaika   | 24        |
| 3.3 Laitteet ja välineet  | 25        |
| 3.3.1 Pohjailmastimet   | 25        |
| 3.3.1.1 Putki-ilmastimien mitoitus                                      | 26        |
| 3.3.1.2 Lautasilmastimen mitoitus                                       | 27        |
| 3.3.2 Kompessorit   | 28        |
| 3.3.2.1 Ruuvikompressorin mitoitus                                      | 29        |
| 3.3.3 Pumput  | 30        |
| 3.3.4 Putkisto  | 30        |
| 3.4 Aktiivilietteen kierrätys   | 31        |
| 3.5 Näytteenotto  | 32        |
| 3.6 Prosessikuvaus  | 32        |
| 3.7 Investointilaskelmat  | 33        |
| <b>4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>                                     | <b>35</b> |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 4.1 Laitteiden mitoitukset        | 35 |
| 4.2 Happipitoisuus                | 35 |
| 4.3 Tilavuuskuorma ja viipymäaika | 36 |
| 4.4 Raja-arvojen täytyminen       | 36 |
| 4.5 Yhteenveto                    | 37 |

|                |           |
|----------------|-----------|
| <b>LÄHTEET</b> | <b>39</b> |
|----------------|-----------|

## **LIITTEET**

- Liite 1. Tämänhetkinen prosessikaavio.  
Liite 2. Puhdistamoalueen pohjakartta.

## **KUVAT**

|   |    |
|---|----|
| Kuva 1. Tyypillisen aktiivilietelaitoksen lohkokaaavio (Karttunen ym. 2004, 184).   | 11 |
| Kuva 2. Lämpötilan vaikutus nitrifikaatiobakteerien kasvunopeusvakioon sekä lieteikään (Karttunen ym. 2004, 545).                   | 15 |
| Kuva 3. Pihtiputaan jätevedenpuhdistusprosessin lohkokaaavio.   | 16 |
| Kuva 4. Väliaikaisen ilmastusaltaan mitat.  | 23 |
| Kuva 5. Lähtevän veden orgaanisen aineen pitoisuus sekä poistotehokkuus solujen viipymän funktiona (Karttunen ym. 2004).            | 25 |
| Kuva 6. Putki-ilmastimet ilmastusaltaassa (Hyxo Oy 2015).   | 26 |
| Kuva 7. Lautasilmastimien tuottokäyrä veteen siirretyn hapen ja syötetyn happimäärän suhde ilmastuslaitteen funktiona (Xylem 2015). | 27 |
| Kuva 8. Ruuvikompressorin puristusperiaate (LUT 2007).  | 29 |
| Kuva 9. Prosessikuva väliaikaisesta ilmastusaltaasta.   | 33 |

## **TAULUKOT**

|   |    |
|---|----|
| Taulukko 1. Rengaskanavailmastuksen prosessiyksiköt.                    | 17 |
| Taulukko 2. Jätevedenpuhdistusvaatimusten raja-arvot 31.12.2015 asti.   | 18 |
| Taulukko 3. Jätevedenpuhdistuksen raja-arvot 31.12.2015 jälkeen.        | 19 |
| Taulukko 4. Jätevedenpuhdistamolle tuleva kuormitus vuosina 2011–2014.  | 19 |
| Taulukko 5. Puhdistamon mitoitussarvot.                                 | 20 |
| Taulukko 6. Tämänhetkisen ilmastusaltaan mitoitussarvot.                | 20 |
| Taulukko 7. Jätevedenpuhdistamolta lähtevä kuormitus vuosina 2011–2013. | 21 |
| Taulukko 8. Laitteista sekä työstä koituvat kustannukset.               | 34 |

## KÄYTETYT LYHENTEET

|                    |   |
|--------------------|---|
| BOD                | Biochemical Oxygen Demand, biologinen hapenkulutus  |
| BOD <sub>7</sub>   | Biologinen hapenkulutus seitsemän vuorokauden aikana                                      |
| BOD <sub>ATU</sub> | Biologisen hapenkulutuksen määrittäminen allyyliurealiuosta käyttäen                      |
| MLSS               | Mixed Liquid Suspended Solids, ilmastusaltaan kiintoainemäärä                             |
| COD                | Chemical Oxygen Demand, kemiallinen hapenkulutus  |
| COD <sub>CR</sub>  | Kemiallisen hapenkulutuksen määrittämiseen käytettävä dikromaattihapetusmenetelmä         |
| SOTE               | Standard Oxygen Transfer Efficiency, veteen siirretyn hapen ja syötetyn happimäärän suhde |

# 1 JOHDANTO

Pihtiputaan jätevedenpuhdistuslaitoksen piiriin kuuluu 586 kiinteistöä ja noin 3060 asukasta. Toiminta-alue rajautuu kuitenkin pääsääntöisesti kirkonkylän asemakaava-alueelle. Tyypiltään puhdistamo on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos, jossa fosforin poistoa tehostetaan ferrosulfaatilla. Puhdistusprosessi koostuu välppäyksestä, hiekanerotuksesta, ilmastuksesta ja selkeytyksestä.

Mahdollisten nykyisen ilmastusaltaan muutos- ja korjaustöiden vuoksi tehdään suunnitelma ilmastuksen väliaikaisesta järjestämisestä käytöstä poistetussa altaassa. Saneeraus on ajankohtainen, koska Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintovirasto määrittäi ympäristölupapäätöksellään tiukennetuista puhdistusvaatimuksista.

Vesi- ja viemärilaitoksiin kohdistuu paljon julkista valvontaa, koska se on erittäin tärkeä osa ihmisen jokapäiväistä toimintaa. Siksi näiden muutos- ja korjaustöiden tärkein päämäärä on huolehtia siitä, että vesijohtoverkko on tiivis ja turvallinen ja sen tulee noudattaa lainsäädännön sekä julkisten viranomaisten vaatimuksia. (Karttunen 2010, 86.)

Työn tarkoituksena on siis tehdä kattava suunnitelma tilapäisen ilmastuksen järjestämisestä sekä tehdä tähän liittyvät kustannuslaskelmat. Suunnitelman tulee noudattaa vesi- ja viemärilaitoksille annettua ohjeistusta. Varsinainen saneeraus tehdään kuitenkin tämänhetkisessä ilmastusaltaassa ja tämän suunnitelman perusteella ilmastus hoidetaan saneerauksen aikana altaassa, joka on tällä hetkellä poissa käytöstä.

Mahdolliset muutos- ja korjaustyöt pyritään järjestämään niin sanotun vähän veden aikaan eli kesäaikana (kesäkuu–syyskuu). Tällöin arvioitu puhdistamolle tuleva jäteveden määrä on 400–600 m<sup>3</sup>/d kun se keskimäärin on vuodessa noin 700 m<sup>3</sup>/d. Lisäksi kesäaikaan toteutettu työ ei aiheuta lisävaatimuksia suunnitelmaan pakkasen, lumen ja jään vuoksi.

## 2 ILMASTUS JÄTEVEDENPUHDISTUKSESSA

Jäteveden biologinen käsittely eli ilmastus perustuu siihen, että jätevedessä olevat mikrobit lisääntyvät ja alkavat käyttää ravintonaan jätevedessä olevia ravintosuoloja, kuten typpeä ja fosforia sekä orgaanisia epäpuhtauksia. Näin aerobiset mikrobit puhdistavat samalla jätevettä. Jotta mikrobikanta pysyisi riittävänä, ilmaa syötetään jatkuvasti kuplina. Tarpeeksi suuren mikrobikannan lisäksi mikrobikannan tulee olla monipuolinen, jotta saadaan taattua tehokas jäteveden puhdistus. (VirtuaaliAMK 2015.)

Puhdistettava vesi tulee ilmastusaltaaseen esiselkeytyksen eli välppäyksen ja hiekanerotuksen kautta. Tämän jälkeen ilmastettu jätevesi johdetaan jälkiselkeytysaltaaseen, josta osa palautuu takaisin ilmastusaltaaseen palautuslietteenä. Tällä tavoin aktiivilietteen mikrobikanta saadaan pysymään oikeana. Ilmastuksen optimaaliseen happipitoisuuteen vaikuttaa puhdistettavan jäteveden hapenkulutus, toksisuus, ravinteet sekä lämpötila. Hapenkulutukseen puolestaan vaikuttaa jätevedessä olevan orgaanisen aineksen hajoamiseen kuluva happimäärä. Keskimäärin ilmastusaltaan tavoitehappipitoisuus on noin 2mg/l. (VirtuaaliAMK 2015.)

Itse ilmastusprosessi on kuitenkin luonteeltaan fysikaalinen yksikköprosessi, jossa kaasu siirretään vesifaasin ja kaasufaasin välillä. Ilmastuksen avulla siis voidaan muuttaa jätevedeen liuenneiden kaasujen määrää. Fysikaalisesta luonteestaan huolimatta ilmastuksen seurauksena voi olla kemiallisia tai biokemiallisia laadun muutoksia kuten hapen lisääminen jätevedeen aerobisen hajotusprosessin hapenkulutusta vastaavaksi. Pihtiputaan jätevedenpuhdistamolla toimitaan juuri näin lisäämällä happea jätevedeen. Kaasun lisäystä veteen kutsutaan absorptioksi. (Karttunen ym. 2004, 69.)

Tämän biologisen prosessin päätehtävänä on jätevesien puhdistus. Yleisesti biologisen puhdistusprosessin jälkeen vesi ei ole ilman lisäkäsittelyä talousvedeksi kelpaavaa, mutta jäteveden sisältämät ravinteet luovat paremman lähtökohdan käyttää biologisia prosesseja kuin talousveden raaka-aineena käytettä-



vät pohja- ja pintavedet. Biologinen puhdistusprosessi perustuu siihen, että jätevedessä olevat mikro-organismit muuttavat jätevedessä olevat kolloidit ja liuenneessa muodossa olevat orgaaniset aineet solumassaksi eli lietteeksi. Tämä solumassa on tiheydeltään jättevettä suurempi, joten liete laskeutuu pohjalle ja on poistettavissa mekaanisesti esimerkiksi laskeuttamalla. (Karttunen ym. 2004, 169.)

## 2.1 Biologinen hapenkulutus

Biologisen puhdistusprosessin tarkoituksena on laskea BOD-arvoa jätevedestä. BOD on tärkeä mittari orgaanisille epäpuhtauksille. Sen avulla mitataan kuinka paljon happea vaaditaan mätänevien aineiden hajottamiseen. Tästä seuraa, että matala BOD kertoo puhtaasta vedestä ja korkea puolestaan saastuneesta. Orgaanisten epäpuhtauksien hapenkulutuksen lisäksi, BOD määrittää myös epäorgaanisten aineiden kemiallista hapettumista. Tämä tarkoittaa hapen määrää vedessä, joka kuluu kemialliseen reaktioon. (Byrne ym. 2013, 263.)

Bakteerit käyttävät veteen liuennutta happea hyväkseen, jos jätevedessä on orgaanista ainetta tai muita epäpuhtauksia. Näin ollen mikro-organismit kuluttavat jätevedessä olevan todellisen määrän happea. Siksi biologisessa puhdistusprosessissa pyritään laskemaan BOD saattamalla solut lähikontaktiin hapen kanssa. Tämä onnistuu kahdella eri tavalla: mekaanisella sekoituksella, jota käytetään aktiivilieteprosessissa sekä ei-mekaanista keinoa käyttäen. (Byrne ym. 2013, 263.)

Usein jätevedessä BOD on 150 mg/l ja se tulisi saada laskettua 20–30 mg:aan/l ennen eteenpäin viemistä (Byrne ym. 2013, 263). Pihtiputaan jätevedenpuhdistuslaitoksella tulevan jäteveden BOD on vaihdellut 50 ja 220 kg/d välillä, keskimäärin se on ollut noin 127 kg/d. Näin ollen keskimääräisen tulevan jäteveden (700 m<sup>3</sup>/d) määrän avulla laskettuna, BOD on noin 180 mg/l. Tällä hetkellä Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintoviraston raja-arvojen mukaisesti BOD tulee olla puhdistuksen jälkeen  $\leq 15$  mg/l ja sen antaman ympäristölupapäätöksen mukaisesti raja-arvo on 1.1.2016 alkaen  $\leq 10$  mg/l.

## 2.2 Kemiallinen hapenkulutus

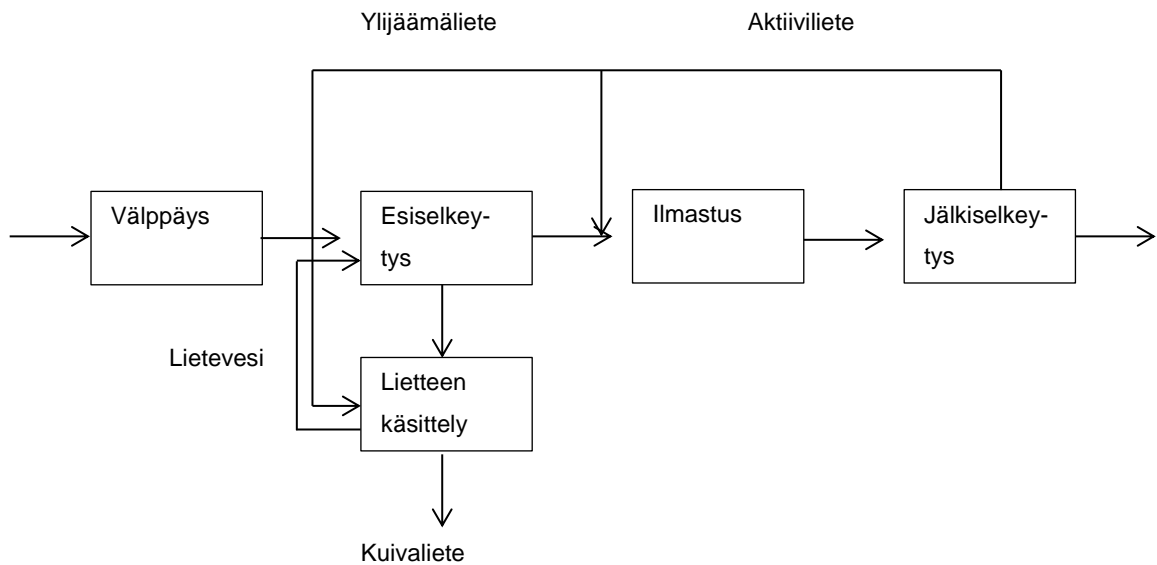
Jätevedessä on lukematon määrä kemiallisia aineita, joten sitä tarkasteltaessa keskitytään vain muutamaankin yleiseen luokkaan. Biologisen hapenkulutuksen lisäksi kemiallisen hapenkulutuksen eli COD:n avulla voidaan määrittää jätevedessä olevia orgaanisia epäpuhtauksia. (Cornwell & Davis 1991, 324.)

COD:n avulla saadaan määritettyä orgaanista ainesta vastaava määrä happea. Tämä saadaan testattua hapettamalla tämä jäteveden orgaaninen aine vahvalla hapettimella, joka on suspensoitu happoon. Usein hapettimena on käytetty kaliumdikromaattia. (Cornwell & Davis 1991, 324.)

COD:a voidaan hyödyntää prosessin operoinnissa sekä kontrolloinnissa, jos se saadaan korreloitua BOD<sub>5</sub>:n kanssa. Jätteen COD on kuitenkin suurempi kuin BOD<sub>5</sub>, koska useampia aineita voidaan hapettaa kemiallisesti verrattuna mahdollisuuteen hapettaa niitä biologisesti. (Cornwell & Davis 1991, 324.)

## 2.3 Aktiivilieteprosessi

Aktiivilieteprosessi on erittäin yleinen keino jätevedenpuhdistuksessa. Tässä menetelmässä on kaksi allasta, joista ensimmäisessä suoritetaan ilmastus, kuten kuvan 1 prosessikaaviossa esitetään. Pohjailmastimien avulla saadaan järjestettyä kunnan sekoitus. Tällöin ilma nousee pinnalle muodostaen kuplia ja näin luoden turbulenssin ja oikean mikro-organismien vaatiman happipitoisuuden. (Byrne ym. 2013, 263.) Sekoituksen ansiosta vesi pysyy jatkuvassa liikkeessä. Tämä varmistaa mikro-organismien ja epäpuhtauksien paremman kontaktin. Lisäksi se estää syntyneiden flokkien ennenaikaisen laskeutumisen. (Karttunen ym. 2004, 183.)



Kuva 1. Tyypillisen aktiivilietelaitoksen lohkokkaavio (Karttunen ym. 2004, 184).

Biomassan kasvun edettyä haluttuun vaiheeseen, ilmastusaltaassa syntyvä liete kuljetetaan seuraavaan altaaseen, jossa ei ole sekoitusta. Jätkiselkeytysvaihe suoritetaan laskeutusaltaassa eli liete painuu pohjalle ja yläosaan jäävä puhdistunut vesi imetään pois. Osa tästä lietteestä eli aktiiviliete kuljetetaan takaisin ilmastusaltaaseen siirrostena kuvan 1 mukaisesti, jolloin mikrobikanta saadaan pysymään stabiilina ja mahdollistetaan seuraavan biomassan synty. (Byrne ym. 2013, 263–264.)

Ilmastus voidaan toteuttaa pohja-, pinta- tai yhdistelmäilmastimien avulla. Näiden kaikkien osalta ilmastuksen tulee olla riittävän tehokas happipitoisuuden säilyttämiseksi suurimmankin kuormituksen aikana. Turbulenssin tulee myös ulottua kaikkiin altaan osiin tehokkaana, jotta käyttöhäiriöitä ei pääse syntymään. (Karttunen ym. 2004, 184.)

Aktiivilieteprosessin päämääränä on saada aikaan mahdollisimman nopea orgaanisten jätteaineiden hajoamisreaktio. Tämän lisäksi prosessissa syntyvien flokkien tulee olla riittävän laskeutumiskelpoisia, jotta ne voidaan erottaa laskeutusaltaassa. Flokit ennättävät muodostua silloin kun biomassan viipymäaika on riittävän pitkä laskeutusaltaassa. Viipymäaika laskeutusaltaassa ei saa olla kui-

tenkaan liian pitkäkään, koska silloin biomassaan sitoutuneet ravinteet alkavat liueta takaisin jäteveteen. (Karttunen ym. 2004, 184.)

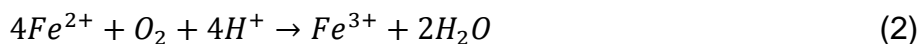
#### 2.4 Fosforin poiston tehostaminen ferrosulfaatilla

Pihtiputaan jätevedenpuhdistuslaitos on biologis-kemiallinen rinnakkaissaostuslaitos. Tällöin biologisen käsittelyn eli ilmastuksen lisäksi käytetään kemiallista menetelmää eli ferrosulfaattia fosforin poiston tehostamisena. Ferrosulfaattiliuosta voidaan annostella joko ilmastettuun hiekanerottimeen tulevaan veteen tai siitä lähtevään veteen. Prosessissa muodostuu niukkaliukoista fosfaattia, joka poistetaan ylijäämälietteen mukana. Ilmastusaltaassa mikrobien kasvu sitoo hiilen lisäksi myös jonkin verran fosforia ja typpeä, mutta pääosa fosforista saostuu ferrosulfaatin avulla lieteflokeiksi, jotka sitten poistetaan kaksilinjaisessa jälkiselkeytyksessä.

Rinnakkaissaostuksella eli simultaanisaostuksella tarkoitetaan aktiivilieteprosessin yhteydessä tapahtuvaa fosforin saostamista. Suomessa yleisin saostuskemikaali fosforin poistoon on ferrosulfaatti ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) ja tätä myös Pihtiputaan jätevedenpuhdistuslaitoksella käytetään. Ferrosulfaatti hajoaa vedessä kaavan 1 mukaisesti.



Sen toiminta perustuu siihen, että 2-arvoinen rauta hapettuu 3-arvoiseksi aktiivilieteprosessissa kaavan 2 mukaisesti.



Tämän vuoksi ei tarvita erillistä hapetusta. 3-arvoinen rauta reagoi vielä fosfaatin kanssa kaavan 3 mukaisesti muodostaen niukkaliukoista rautafosfaattia, joka saostuu.



Tämä saostunut rautafosfaatti saadaan erotettua vedestä laskeuttamalla. (Karttunen ym. 2004, 541–543, Pelto-Huikko 2009.)

Pihtiputaan jätevedenpuhdistuslaitoksella ferrosulfaatin syöttö veteen tapahtuu ennen ilmastusallasta, jolloin sitä kutsutaan konventionaaliseksi rinnakkaissaostukseksi. Syötön vaikutus prosessiin on pääasiassa positiivinen. Ferrosulfaatti nimittäin vaikuttaa lieteindeksiin pienentävästi ja lietteen paisumista ei yleensä tapahdu. Lisäksi veden erottaminen näin käsitellystä lietteestä helpottuu. Kuitenkin lietemäärä kuiva-aineena kasvaa normaalissa aktiivilietelaitoksessa noin 30 %. Tästä huolimatta lietteen tilavuus ei välttämättä juurikaan kasva. (Karttunen ym. 2004, 544.)

Ferrosulfaatin lisäämisestä aiheutuu alkaliteetin laskua. Alkaliteetilla tarkoitetaan veden kykyä vastustaa pH:n muutoksia. Rinnakkaissaostuksessa se laskee noin 0,5–1,2 mmol/l eli pH asteikossa laskua tapahtuu noin 2,9–3,3 yksikköä. Tämän vuoksi veteen joudutaan lisäämään emästä. Tähän käytetään usein kalkkia. Pienillä laitoksilla alkaliteetin laskun vaikutukset ovat sen verran pieniä, ettei alkaliteetin lisäystä aina tehdä. (Karttunen ym. 2004, 544.)

Aiemmin luullusta poiketen, ferrosulfaatti ei häiritse aktiivilieteprosessia. Päinvastoin, se nimittäin edesauttaa myös orgaanisen aineksen eroamista. (Karttunen ym. 2004, 544.)

## 2.5 Typen poisto jätevedestä

Pihtiputaan jätevedenpuhdistuslaitoksella puhdistettavasta jätevedestä noin 54 % on hulevesiä. Näiden hulevesien mukana puhdistamolle kulkeutuu muun muassa maatalouden mukana huomattavasti puhdistettavia ravinteita, kuten typpeä ja fosforia. Typen poistolle ei ole vielä raja-arvoja, mutta sen poiston tehostaminen on ajankohtaista saneerausta tehtäessä, koska Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintoviraston ympäristölupapäätöksen mukaisesti myös typelle on määritetty raja-arvot 31.12.2015 alkaen. Ennen saneerauksen aloitusta typenpoistoa yritetään kuitenkin tehostaa asentamalla puhdistamolle lipeäsyöttö. Tällä tavoin testataan auttaako pelkkä pH:n nosto tehokkuutta.

Suurin osa vesistöjen ravinnekuormasta (53,4 %) tulee juuri maataloudesta. Näiden ravinteiden eli typen ja fosforin päätyessä vesistöihin, ne aiheuttavat

rehevöitymistä. Kun kasvillisuutta on paljon, rehevöitymistä syntyy, koska elollisen aineen hajotustoiminta voimistuu ja tämä kuluttaa vesistöjen happea. Lisäksi rehevöitymistä edistävät jätevesissä olevat orgaaniset aineet, koska hajotessaan ne kuluttavat happea. (Pelto-Huikko 2009.)

Jätevedessä typpi esiintyy pääasiassa ammonium-muodossa ( $\text{NH}_4^+$ ). Aktiivilieteprosessin avulla typpeä saadaan poistettua jätevedestä 20–40 %, mutta käyttämällä biologista nitrifikaatio-denitrifikaatio -prosessia, typen poisto saadaan nostettua 75–85 %. (Pelto-Huikko 2009.)

Nitrifikaatio tarkoittaa ammoniumtypen hapettumista nitraattimuotoon välivaiheiden kautta. Nitrifikaatio saadaan käynnistettyä helposti puhdistamossa takamalla riittävä määrä liuennutta happea sekä varmistamalla tarpeeksi pitkä jäteveden viipymä. Denitrifikaation avulla typpi saadaan varsinaisesti poistettua jätevedestä. Tässä vaiheessa nitraattityppi pelkistyy typpikaasuksi. (Kujala-Räty ym. 2008, 90–91.)

Yleisin biologinen keino poistaa typpeä jätevedestä sisältää kaksi vaihetta, aerobisen nitrifikaation ja anaerobisen denitrifikaation. Prosessi olisi kuten aktiivilieteprosessi tai rinnakkaissaostuslaitos yhdistettynä anoksiseen vaiheeseen. Tämä perinteinen prosessi typen poistamiseksi on toimiva ja kustannustehokas. Molemmilla vaiheilla on kuitenkin omat vaatimuksensa liuenneen hapen määrälle, hiililähteille sekä viipymäajalle, jotka tulee ottaa huomioon prosessia suunniteltaessa. (Chen ym. 2015, Karttunen ym. 2004, 547.)

Nitrifikaation hapentarve saadaan laskettua kaavan 4 mukaisesti.

$$O = 4,6 \times C_N \times Q \quad (4)$$

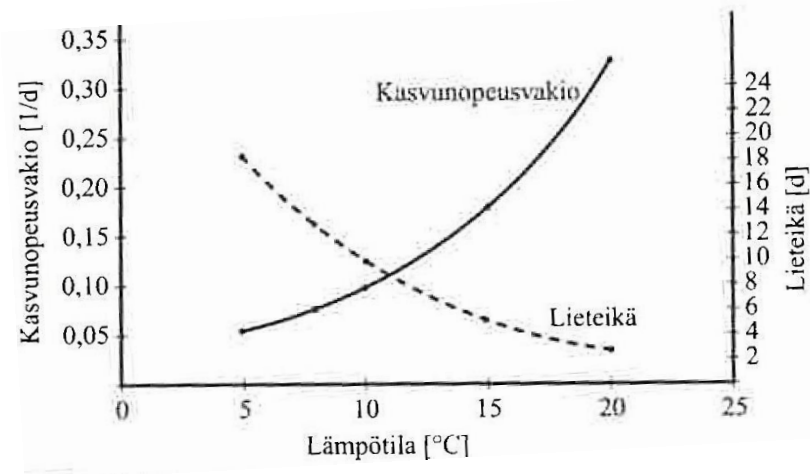
$O$  = hapentarve, kg  $\text{O}_2/\text{d}$

$C_N$  = typpimäärä, kg  $\text{N}_2/\text{m}^3$

$Q$  = virtaama,  $\text{m}^3/\text{d}$

Nitrifikaation nopeus riippuu puolestaan voimakkaasti lämpötilasta, kuten kuvasta 2 voidaan todeta. Lisäksi prosessissa syntyy vetyioneja eli veden pH laskee.

Liikaa laskua ei kuitenkaan saisi tapahtua, sillä nitrifikaation pH-optimi on 7–8,5. (Karttunen ym. 2004, 546.)



Kuva 2. Lämpötilan vaikutus nitrifikaatiobakteerien kasvunopeusvakioon sekä lieteikään (Karttunen ym. 2004, 545).

Denitrifikaatio puolestaan kuluttaa vetyioneja, jolloin pH nousee. Lisäksi denitrifikaatio tapahtuu anaerobisissa oloissa, joten happipitoisuuden tulisi olla lähellä nollaa. Prosessin toimimiseksi tarvitaan heterotroofisia eli toisenvaraisia bakteereja käyttämään orgaanista ainetta hiilen lähteeksi. Tämä orgaaninen aines saadaan prosessiin joko käyttämällä mikrobien endogeenihengitystä, käyttämällä käsittelemättömän jäteveden orgaanista ainetta tai lisäämällä sopivaa orgaanista ainetta esimerkiksi metanolia. Viipymä tässä anoksisessa vaiheessa on 0,5–2 h. (Karttunen ym. 2004, 547.)

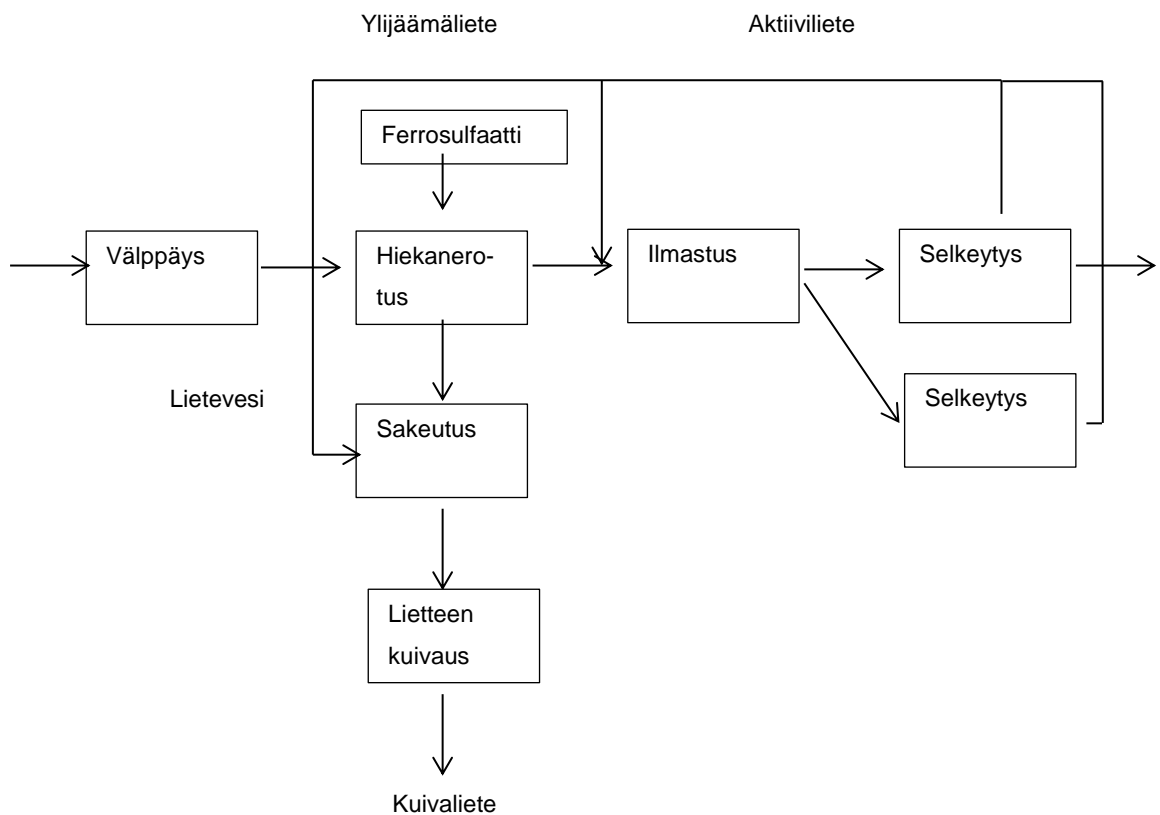
## 2.6 Pihtiputaan Lämpö ja Vesi Oy

Pihtiputaan Lämpö ja Vesi Oy on Pihtiputaan kunnan omistama osakeyhtiö. Yhtiön vastuualueisiin kuuluu hankkia ja jakaa kaukolämpöä ja vesijohtovettä sekä hoitaa viemäriveden johtaminen ja puhdistus. (Pihtipudas 2015.)

Vesihuoltolaitos koostuu sekä vesihuolto- että viemäröintilaitoksesta. Kylillä on omat vedenottamot ja kirkonkylällä vesiverkoston lisäksi siellä on jätevesiverkosto sekä jätevedenpuhdistuslaitos. (Pihtipudas 2015.)

### 2.6.1 Jäteveden puhdistusprosessi

Jätevedenpuhdistuslaitoksella toimiva prosessi on tyypillisen aktiivilietelaitoksen kaltainen kuvan 3 lohkokaaavion mukaisesti. Ainoa poikkeus on se, että laitos on rinnakkaissaostuslaitos, joten esiselkeytyksen aikana suoritetaan ferrosulfaatin syöttö. Liitteen 1 prosessikaaviossa esitetään prosessin kulku tarkemmin. Siinä on kuitenkin muutama eroavaisuus tällä hetkellä toteutettavaan prosessiin verraten. Nimittäin kalkin syöttö aiotaan muuttaa lipeän syötöksi typen poiston tehostamiseksi ja tekninen käyttövesi ei ole yhteydessä puhdasvesiverkkoon. Tällä tavalla varmistetaan, ettei jätevettä pääse vahingossakaan puhtaan veden joukkoon.



Kuva 3. Pihtiputaan jätevedenpuhdistusprosessin lohkokaavio.



Puhdistusprosessin esikäsitteily koostuu välppäyksestä ja hiekanerotuksesta, johon ferrosulfaatti lisätään. Ilmastus toteutetaan yksilinjaisena rengasilmastuksena pintailmastimien avulla. Tämän jälkeen jätevesi pumpataan kaksilinjaiseen jälkiselkeytykseen. Tässä vaiheessa ylijäämäliete pumpataan sakeuttamoon, ja aktiiviliete johdetaan takaisin ilmastusaltaaseen. Sakeutettu liete kuivataan ruuvipuristimella ja kuljetaan tämän jälkeen kompostoitavaksi. Puhdistusprosessissa puhdistetut vedet johdetaan vieressä sijaitsevaan Kolimajärveen.

Rengaskanavailmastusta käytetään aktiivilieteprosessin biologisen puhdistuksen vaiheessa. Siinä hyödynnetään pitkää jatkuvaa viipymäaika, jotta biohajoavat aineet saadaan poistettua. Tyypillinen rengaskanava koostuu yksi- tai monikanavaisesta kokoonpanosta, jossa on renkaan, ovaalin tai hevosenkengän muotoinen pohja. Vaakasuoraan tai pystysuoraan asetellut ilmastimet synnyttävät kanavaan kiertoa, ilman siirtymistä sekä ilmastusta. (EPA 2000.)

Ilmastusallas on tavanomaisen rengaskanavan erikoisovellutus, jolle on ominaista veden nopea kiertoliike altaan ympäri. Kahden kartioilmastimen tehtävänä on lisätä veteen riittävästi ilmaa sekä kierrättää ja sekoittaa vettä riittävästi. Näiden pintailmastimien hapetuskapasiteetti on 25 kgO<sub>2</sub>/h ilmastuksen happipitoisuuden ollessa keskimäärin noin 7 mg/l. Lisäksi taulukossa 1 ovat muut ilmastusaltaan prosessiyksiköt.

Taulukko 1. Rengaskanavailmastuksen prosessiyksiköt.

|                       |                |  |
|-----------------------|----------------|--|
| <b>Allastilavuus</b>  |                | 682 m <sup>3</sup>                         |
| <b>Tilakuorma</b>     |                | 0,22 kg*BOD <sub>7</sub> /m <sup>3</sup> d |
| <b>Lietekuorma</b>    |                | 0,033 kg*BOD <sub>7</sub> /kg*MLSS*d       |
| <b>Lietepitoisuus</b> |                | 6,5 kg/m <sup>3</sup>                      |
| <b>Viipymä</b>        | keskimääräinen | 25 h                                       |
|                       | maksimi        | 9,5 h                                      |

Viipymäaika taulukossa 1 on laskettu jakamalla ilmastusaltaan tilavuus vuorokausivirtaamalla. Tämän vuoksi keskimääräisellä virtaamalla viipymäaika on suurempi kuin maksimivirtauksella.

Jätevedenpuhdistuslaitos sijaitsee Pihtiputaan kirkonkylässä liitteen 2 pohjapiirustuksen mukaisesti. Liitteessä merkatussa rakennuksessa sijaitsee käytöstä poistettu allas, jossa on tarkoitus järjestää saneerauksen aikainen ilmastus.

### 2.6.2 Jätevedenpuhdistuslaitokselle tuleva kuorma ja laitoksen mitoitus

Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintoviraston antaman ympäristölupapäätöksen mukaisesti, jätevedenpuhdistamolla tulee noudattaa taulukon 2 mukaisia puhdistusvaatimuksia 31.12.2015 asti. Tämän jälkeen puhdistusvaatimukset tiukentuvat taulukon 3 mukaisiksi. Biologisen- ja kemiallisen hapenkulutuksen, fosforin ja kiintoaineen osalta raja-arvot tiukentuvat sekä pitoisuuden että käsittelytehon suhteen. Lisäksi uutena vaatimuksena tulee ammoniumtyypen raja-arvojen täyttäminen.

Raja-arvot lasketaan ammoniumtyypen osalta vuosikeskiarvona ja muiden osalta neljännesvuosikeskiarvioina. Näihin keksiarvioihin otetaan huomioon myös kaikki poikkeustilanteet, kuten ylivuodot. Väliaikaisen ilmastuksen tulee myös noudattaa näitä raja-arvoja, jotta Kolimajärveen johdettavat vedet ovat riittävän puhtaita. Raja-arvot on määritelty sekä pitoisuuksina että käsittelytehoon. Pitoisuudet mitataan milligrammoina litraa kohden. Käsittelyteho on prosentuaalinen arvo, joka lasketaan tulevan ja lähtevän kuorman pitoisuuksien perusteella.

Taulukko 2. Jätevedenpuhdistusvaatimusten raja-arvot 31.12.2015 asti.

|                           | <b>Pitoisuus (mg/l)</b> | <b>Käsittelyteho (%)</b> |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <b>BOD<sub>7ATU</sub></b> | ≤ 15                    | ≥ 93                     |
| <b>Fosfori</b>            | ≤ 0,7                   | ≥ 93                     |
| <b>COD<sub>CR</sub></b>   | ≤ 125                   | ≥ 75                     |
| <b>Kiintoaine</b>         | ≤ 35                    | ≥ 90                     |

Taulukko 3. Jätevedenpuhdistuksen raja-arvot 31.12.2015 jälkeen.

|                           | <b>Pitoisuus (mg/l)</b> | <b>Käsittelyteho (%)</b> |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------|
| <b>BOD<sub>7ATU</sub></b> | ≤ 10                    | ≥ 93                     |
| <b>Fosfori</b>            | ≤ 0,5                   | ≥ 93                     |
| <b>COD<sub>CR</sub></b>   | ≤ 100                   | ≥ 85                     |
| <b>Kiintoaine</b>         | ≤ 10                    | ≥ 90                     |
| <b>Ammoniumtyppi</b>      | ≤ 8                     | ≥ 90                     |

Tällä hetkellä jätevedenpuhdistuslaitokselle tuleva jätevesivirtaama on keskimääräisesti 700 m<sup>3</sup>/d, kun se kesäaikaan on keskimäärin ollut 400–600 m<sup>3</sup>/d. Pienemmän jätevesivirtaaman vuoksi saneeraus pyritään järjestämään kesäaikaan. Tulevan kuormituksen määrä on esitetty taulukossa 4. Typelle sekä kiintoaineelle ei ole määritetty tarkkaa mitoitussarvoa, mutta ne on arvioitu muiden parametrien avulla. Tulevasta typpikuormasta 75 % on ammoniumtyppimuodossa. Lisäksi puhdistamolle tulee vuorokaudessa keskimäärin 50 m<sup>3</sup> sako- ja umpikaivolietettä. Tämä saattaa jopa kaksinkertaistaa vuorokauden BOD-kuormituksen.

Taulukko 4. Jätevedenpuhdistamolle tuleva kuormitus vuosina 2011–2014.

|                   | <b>Keskimääräinen kuormitus (kg/d)</b> | <b>Vaihteluväli (kg/d)</b> | <b>Käyttöosa prosessin mitoituksesta (%)</b> |
|-------------------|--|----------------------------|--|
| <b>BOD</b>        | 127                                    | 50–220                     | 57   |
| <b>Fosfori</b>    | 5,5                                    | 3–10                       | 39   |
| <b>Typpi</b>      | 35                                     | 20–60                      | 60 (arvioidusta mitoitussarvosta)            |
| <b>Kiintoaine</b> | 165                                    | 50–360                     | 35 (arvioidusta mitoitussarvosta)            |

Taulukon 5 mitoitussarvot osoittavat kuinka suurelle kuormalle puhdistamo on tällä hetkellä suunniteltu keskimääräisesti. Lisäksi siinä on maksimiarvo tulevalle virtaamalle. Taulukossa 6 puolestaan on esitetty pelkän tällä hetkellä käytössä olevan ilmastusaltaan mitoitussarvot.

Taulukko 5. Puhdistamon mitoitusarvot.

|   | <b>Yksikkö</b>    | <b>Mitoitus</b> |
|---|-------------------|-----------------|
| <b>Q<sub>kesk</sub> (puhdistamoon tuleva jätevesimäärä)</b> | m <sup>3</sup> /d | 1070            |
| <b>q<sub>mit</sub> (mitoitusvirtaama)</b>                   | m <sup>3</sup> /h | 72              |
| <b>q<sub>max</sub> (maksimivirtaama)</b>                    | m <sup>3</sup> /h | 120             |
| <b>BOD<sub>7ATU</sub></b>                                   | kg/d              | 224             |
| <b>Kokonaisfosfori</b>                                      | kg/d              | 14              |
| <b>Kokonaistyyppi</b>                                       | kg/d              | -               |
| <b>Kiintoaine</b>   | kg/d              | -               |
| <b>Asukasvastineluku</b>                                    |                   | 3200            |

Taulukko 6. Tämänhetkisen ilmastusaltaan mitoitusarvot.

|                            | <b>Yksikkö</b>                        | <b>Mitoitus</b> |
|----------------------------|---------------------------------------|-----------------|
| <b>Kanavan leveys</b>      | m                                     | 4,2             |
| <b>Vesisyvyys</b>          | m                                     | 2,1             |
| <b>Vesitilavuus</b>        | m <sup>3</sup>                        | 682             |
| <b>Viipymä</b>             | h                                     | 15              |
| <b>Tilavuuskuorma</b>      | kg BOD <sub>7</sub> /m <sup>3</sup> d | 0,33            |
| <b>Lietepitoisuus</b>      | MLSS/m <sup>3</sup>                   | 3000            |
| <b>Lietekuorma</b>         | kg BOD <sub>7</sub> /kg MLSS d        | 0,11            |
| <b>Happipitoisuus</b>      | mg O <sub>2</sub> /l                  | 2               |
| <b>Hapetuskapasiteetti</b> | kg O <sub>2</sub> /h                  | 25              |

### 2.6.3 Jätevedenpuhdistuslaitokselta lähtevä kuorma

Jätevedenpuhdistamon puhdistustehokkuutta kuvaa taulukossa 7 esitetyt lähtevän kuorman pitoisuus ja käsittelyteho. Puhdistustehokkuus on vuosien 2011–2013 vuosikeskiarvojen osalta taulukon 2 perusteella ollut hyvää ja raja-arvot ovat täyttyneet. Näissä vuoden 2015 loppuun asti voimassa olevissa raja-arvoissa ei ole määritetty ammoniumtyypelle puhdistusvaatimuksia.

Taulukossa 3 määritettyihin ja vuonna 2016 voimaantuleviin raja-arvoihin, vuosina 2011–2013 ei kuitenkaan vielä pystytty vastaamaan täysin. Kiintoainepitoisuus oli vähän liian korkea kaikkina vuosina ja fosforin pitoisuus vuonna 2011. Ammoniumtyypen puhdistustehokkuus jää paljon tavoitearvoista ja tämän vuoksi saneeraus on ajankohtainen.

Taulukko 7. Jätevedenpuhdistamolta lähtevä kuormitus vuosina 2011–2013.

|                           | <b>Vuosikeskiarvot</b> | <b>Pitoisuus<br/>(mg/l)</b> | <b>Käsittelyteho<br/>(%)</b> |
|---------------------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <b>BOD<sub>7ATU</sub></b> | 2011                   | 8,1                         | 96                           |
|                           | 2012                   | 6,0                         | 96                           |
|                           | 2013                   | 6,3                         | 97                           |
| <b>COD<sub>CR</sub></b>   | 2011                   | 43                          | 92                           |
|                           | 2012                   | 37                          | 91                           |
|                           | 2013                   | 41                          | 93                           |
| <b>Fosfori</b>            | 2011                   | 0,55                        | 95                           |
|                           | 2012                   | 0,32                        | 96                           |
|                           | 2013                   | 0,38                        | 96                           |
| <b>Ammoniumtyppi</b>      | 2011                   | 22                          | 46                           |
|                           | 2012                   | 23                          | 44                           |
|                           | 2013                   | 27                          | 44                           |
| <b>Kiintoaine</b>         | 2011                   | 16,0                        | 94                           |
|                           | 2012                   | 12,7                        | 95                           |
|                           | 2013                   | 12,0                        | 95                           |

### 3 VÄLIAIKAISEN ILMASTUKSEN JÄRJESTÄMINEN

Vesihuoltoverkon saneerauksen suunnitteluprosessi alkaa kehittämissuunnitelman ja teknisen suunnitelman teolla. Kehittämissuunnitelmaan kuuluu jäteveden puhdistuksen nykytilan selvitys sekä kehitysnäkymät ja kehittämiskäytösten vaikutukset. (Karttunen 2010, 68.) Nykytilan analyysi on käsitelty luvussa 2.5, mutta kehitysnäkymien ja vaikutusten arviointi ei varsinaisesti kuulu tähän työhön, sillä työ ei ole lopullinen eikä tämän avulla pyritä varsinaisesti parantamaan prosessia. Työn tarkoituksena on mahdollistaa varsinainen ilmastusaltaan saneeraus, johon otetaan huomioon tarkasti kaikki tulevaisuuden näkymät.

Tekninen suunnitteluprosessi jakautuu kolmeen päävaiheeseen: esisuunnitteluun, yleissuunnitteluun ja rakennussuunnitteluun (Karttunen 2010, 68). Nämä vaiheet kattavat tarvittavien välineiden selvityksen sekä niihin liittyvät laskelmat, mm. pumppujen tehot ja ilmastuksen tehokkuus. Lisäksi suunnitelmaan kuuluu prosessikuvaus sekä investointilaskelmat.

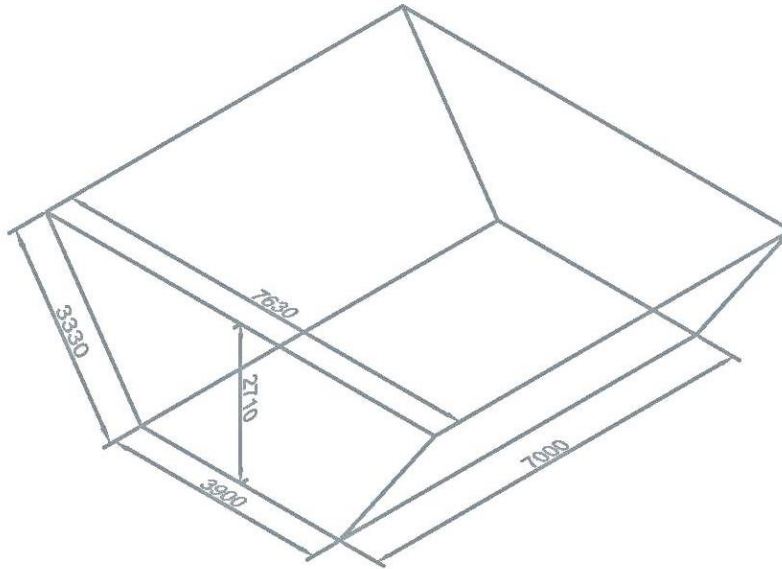
Väliaikainen ilmastus järjestetään liitteen 2 pohjakartassa näkyvässä neliönmalisessa varistorakennuksessa. Pääpiirteissään jätevesi pumpataan normaalin välppäyksen ja hiekanerotuksen jälkeen tähän väliaikaiseen altaaseen, johon on asennettu pohjailmastimet sekä kompressori. Ilmastusaltaasta se pumpataan taas takaisin selkeytysaltaaseen, jonka jälkeen aktiiviliete pumpataan takaisin ilmastusaltaaseen. Tämän jälkeen puhdistusprosessi jatkuu normaalisti.

Väliaikainen ilmastus toteutetaan niin sanotun vähän veden aikaan eli kesäaika, jolloin puhdistamolle tulevan veden määrä on 400–600 m<sup>3</sup>/d. Kesäaika ja väliaikaisuus mahdollistavat myös pintaputkituksen käytön.

#### 3.1 Suunnittelukohde

Väliaikaiseen ilmastukseen varattu allas on käytöstä poistettu jätevedenpuhdistuskäytössä aiemmin ollut allas. Se sijaitsee puhdistamon vieressä olevassa rakennuksessa, jossa on nykyisin varasto. Altaan tilavuus on 100 m<sup>3</sup>, joten se

on huomattavasti pienempi kuin tällä hetkellä käytössä oleva rengasilmastusallas (682 m<sup>3</sup>). Kuvassa 4 ovat käytettävän altaan mitat.



Kuva 4. Väliaikaisen ilmastusaltaan mitat.

### 3.2 Mitoitusarvot

Käytettävissä oleva ilmastusallas on tilavuudeltaan 100 m<sup>3</sup>, joten sen koko vaikuttaa oleellisesti väliaikaisen ilmastuksen puhdistustehoon. Tilavuuskuormalle sekä viipymäajalle pitää laskea uudet arvot. Näiden mitoitusarvojen perusteella määritetään ilmastuslaitteiden tarvittava tehokkuus ja niiden avulla pystytään myös päättelemään puhdistustehokkuus.

#### 3.2.1 Tilavuuskuorma

Tilavuuskuormalla tarkoitetaan tulevan ravinnekuormituksen (BOD<sub>7</sub>) suhdetta ilmastusaltaan tilavuuteen. Sen suositusarvo on ≤ 1,0 ja se saadaan laskettua kaavan 5 avulla.

$$L_v = \frac{Q \times BOD}{V} = \frac{600 \text{ m}^3/d \times 0,32 \text{ kg/m}^3}{100 \text{ m}^3} = 1,92 \frac{\text{kg} \times BOD_7}{\text{m}^3 \times d} \quad (5)$$

$Q$  = puhdistamoon tuleva jätevesimäärä,  $m^3/d$

$BOD$  = jäteveden  $BOD_7$ -kuorma,  $g/m^3$

$V$  = ilmastusaltaan tilavuus,  $m^3$  (Karttunen ym. 2004, 520.)

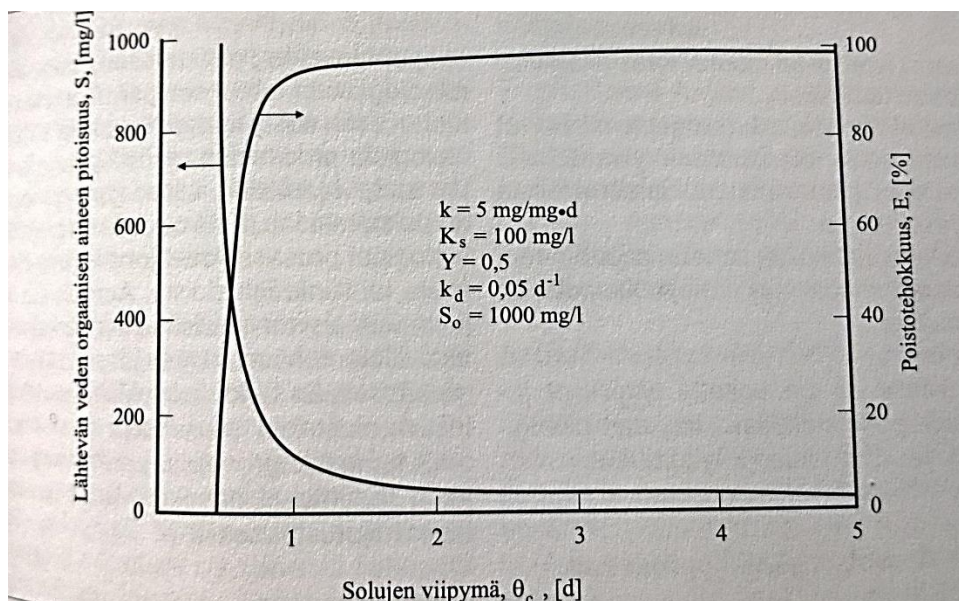
Käytettäessä puhdistamolle tulevan jätevesimäärän arvona  $600 m^3/d$ , arvoksi saatiin  $1,92 (kg \cdot BOD_7)/(m^3 \cdot d)$ . Kesäajaksi keskimäärin minimijätevesimääräksi on arvioitu  $400 m^3/d$  ja tällä arvolla laskettaessa, tilavuuskuormaksi saadaan  $1,28 (kg \cdot BOD_7)/(m^3 \cdot d)$ .

### 3.2.2 Viipymäaika

Viipymäaika nykyisessä ilmastusaltaassa on keskimääräisesti 25 h (taulukko 1). Se saadaan laskettua jakamalla ilmastusaltaan tilavuus keskimääräisellä vesimäärällä. Laskussa käytetään puhdistamolle tulevana vesimääränä  $600 m^3/d$ , koska väliaikainen ilmastus toteutetaan kesäaikaan. Ilmastusaltaan ollessa  $100 m^3$ , viipymäajaksi saadaan näin ollen 4 h. Tulevan veden määränä käytettäessä arvoa  $400 m^3/d$ , viipymäajaksi saadaan 6 h.

Solujen viipymäaika vaikuttaa kuvan 5 mukaisesti lähtevän veden orgaanisen aineen pitoisuuteen sekä poistotehokkuuteen (Karttunen ym. 2004, 181). Kuvan funktion perusteella vaikutus on erittäin suurta näin pienen viipymäajan suhteen. Tämän vuoksi väliaikaisessa ilmastuksessa käytettävä pieni allas vaikuttaa puhdistustulokseen jos tulevan veden määrä on suuri.





Kuva 5. Lähtevän veden orgaanisen aineen pitoisuus sekä poistotehokkuus solujen viipymän funktiona (Karttunen ym. 2004).

### 3.3 Laitteet ja välineet

Väliaikainen ilmastus toteutetaan pohja- eli diffuusioilmastuksella. Ilmastimien lisäksi tarvitaan kompressori, pumppuja sekä putkia. Yhteensä tarvitaan neljä pumppua, joiden tuottovaatimukset vaihtelevat  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  ja  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  välillä. Ensimmäisen pumpun ja putkitusten avulla jätevesi johdetaan hiekanerotuksesta ilmastusaltaalle. Ilmastusaltaassa tarvitaan kompressori, pohjailmastimet ja tähän liittyvä putkitus. Ilmastusaltaalta pumpataan vesi laskeutusaltaille ja aktiiviliete sieltä takaisin ilmastusaltaaseen kahden pumpun avulla. Putkitus tarvitaan siis molempiin suuntiin.

#### 3.3.1 Pohjailmastimet

Pohja- eli diffuusioilmastimilla ilma tai puhdas happi johdetaan pieninä kuplina veteen. Ilmastuksen teho on sitä parempi, mitä pienempi kuplakoko on. Tämän vuoksi valitaan hienokuplailmastus, jossa kuplakoko on  $2\text{--}3 \text{ mm}$  sekä hapetus-teho  $1,7\text{--}3,0 \text{ kg O}_2/\text{kWh}$ . Tehokkuus perustuu siihen, että kuplien ollessa pienempiä ilman ja nesteen välinen pinta-ala kasvaa. Näin ollen tarvittava ilmas-

tusteho saavutetaan pienemmällä ilmamäärällä keskikarkea- ja karkeakuplailmastimiin verrattuna. Kuitenkin hienokuplailmastimilla syntyvä painehäviö on suurempi ja ne ovat herkempiä tukkeutumaan. (Karttunen ym. 2004, 527–528.)

Ilmastimet sijoitetaan altaaseen epäsymmetrisesti. Tällä tavoin edistetään ilman kiertoliikettä, joka syntyy kuplien vaikutuksesta. Kiertoliikkeen avulla varmistetaan tasainen ilmastus. (Karttunen ym. 2004, 528.)

### 3.3.1.1 Putki-ilmastimien mitoitus

Hienokuplailmastimista putki-ilmastimet soveltuvat hyvin kunnallistekniikan ilmastustarpeisiin ja niiden investointikustannukset ovat edullisia. Lisäksi ilmastimen tehollinen pinta-ala on suuri ja hapetushyötysuhde korkea. EDI:n kehittämässä paneelisysteemissä putki-ilmastimien diffuusioilmastus toteutetaan joustavan kalvon avulla. (Hyxo Oy 2015.)

Ilma syötetään kuvassa 6 näkyvän syöttöputken välityksellä paneeleihin. Paneelit koostuvat putkesta, jonka ympärillä on rei'itetty kalvo ja syöttöputkesta ilma kulkeutuu näiden väliin, jolloin kalvon rei'istä tulee kuplia. Paneelit asennetaan vastakkain pareittain satulakiinnityksellä kuvan 6 mukaisesti DN 100, 150 tai 200 jatkoputkille. (Hyxo Oy 2015.)



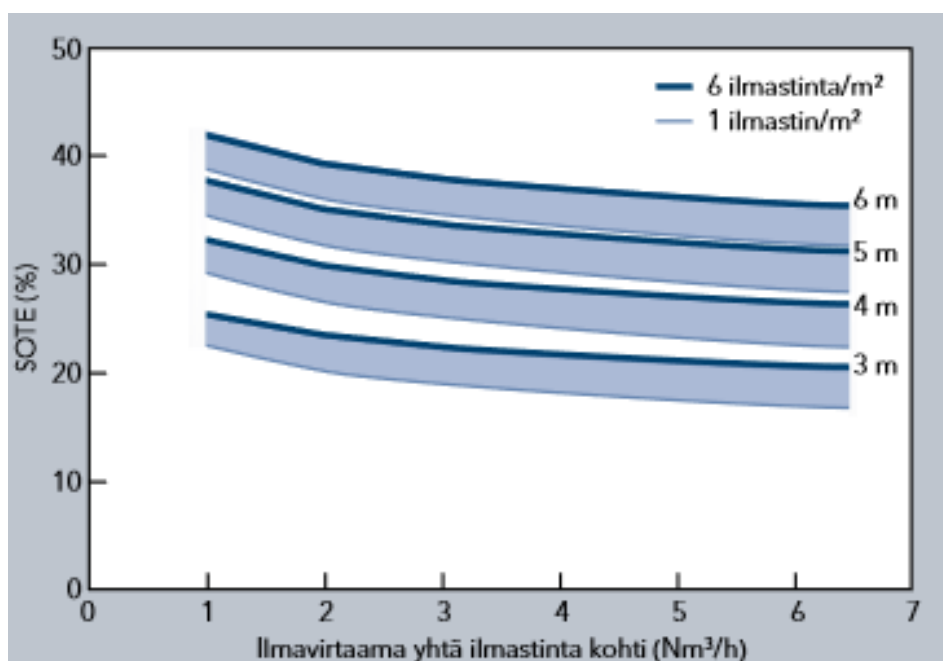
Kuva 6. Putki-ilmastimet ilmastusaltaassa (Hyxo Oy 2015).

Hyxo Oy:n suunnittelijan mukaan tähän väliaikaiseen ilmastusaltaaseen sopii kuusi paria putki-ilmastimia. Tällöin ilmastusaltaaseen saadaan riittävä ilmastus, joka kattaa koko altaan. Yhden paneelin arvioitu ilmavirtaus on 0–32 Nm<sup>3</sup>/h.

Tällöin kuuden ilmastimen kokonaisilmavirtaukseksi tulee maksimissaan standardiolosuhteissa  $192 \text{ Nm}^3/\text{h}$ .

### 3.3.1.2 Lautasilmastimen mitoitus

Sanitairien kalvoilmastimet ovat tällä hetkellä yleisimpiä hienokuplailmastusjärjestelmiä. EPDM-elastomeerikalvon reikäjako ja muotoilu varmistavat ilmastimen tehokkaan hapensiirron. Sen energiatehokkuutta lisää puolestaan integroitu O-rengas, kalvon muotoilu sekä kierteistetty ja tiivis ilmavuotoja estävä kiinnitysrengas. Yhden lautasan standardi ilmastustehokkuus on  $2,5\text{--}6 \text{ kg O}_2/\text{kWh}$  ja yhtä lautasta kohden ilman virtausalue on  $0,8\text{--}7 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . (Xylem 2015.)



Kuva 7. Lautasilmastimien tuottokäyrä veteen siirretyn hapen ja syötetyn happimäärän suhde ilmavirtaaman funktiona (Xylem 2015).

Kuvan 7 kuvaajan perusteella ilmastimien määrällä neliometriä kohden ei ole suurtakaan merkitystä veteen siirretyn hapen ja syötetyn happimäärän suhteeseen. Ilmavirtaaman jakautuessa useamman ilmastimen kesken veteen siirretyn

hapen ja syötetyn happimäärän suhde kasvaa. Enemmän ilmastimien upotussyvyys vaikuttaa tähän. (Xylem 2015.) Ilmastuksesta tulee tasaisempi ja jäteveden sekoituksesta tulee tehokkaampaa silloin, kun ilmastimia on neliometriä kohden useampia.

Käytettäessä neljää ilmastinta neliometriä kohden, kokonaisilmastimien määräksi tulee 109. Jotta ilmastimet saadaan aseteltua altaaseen säännöllisesti, sopiva määrä on 112 ilmastinta. Tässä tapauksessa ilman virtausalueen perusteella laskettuna, minimi ilmavirtaama on  $90 \text{ Nm}^3/\text{h}$  ja maksimi ilmavirtaama on  $784 \text{ Nm}^3/\text{h}$ . Optimaalisin ilmavirtaama yhtä ilmastinta kohden olisi  $1\text{--}2 \text{ Nm}^3/\text{h}$  kuvan 8 perusteella. Tällöin kokonaisilmavirtaamaksi tulisi  $112\text{--}224 \text{ Nm}^3/\text{h}$

### 3.3.2 Kompessorori

Pohjailmastimien ilmantuottoon tarvitaan yksi kompressorori. Se on laite, jolla kaasun paine voidaan vähintään kaksinkertaistaa verrattuna tulopaineeseen. Tähän valitaan jatkokäyttömahdollisuuksien vuoksi ruuvipuristin, joka on yleisimpiä teollisuudessa käytettyjä paineilman tuottolähteitä. Ruuvikompressorin keskimääräinen tuotettu paine on  $0,08\text{--}3 \text{ MPa}$  ja tilavuusvirta  $0,25\text{--}10 \text{ m}^3/\text{min}$ . (LUT 2007.)

Ominaisuuksiltaan ruuvikompressororit soveltuvat raskaaseen käyttöön, ne ovat hiljaisia ja tärinättömiä sekä ne on helppo huoltaa. Huonona puolena on niiden huomattavasti kalliimpi hinta verrattuna mäntäkompressoreihin. Ruuvikompressoroiden toimintaperiaate perustuu siihen, että puristus tapahtuu ruuvi- ja luisinroottorin väliin jäävissä urissa. Näin roottorin ympärillä oleva pesä tiivistää roottoireiden ulko- ja päätypinnat. Tarkemmin puristusperiaatetta selventää kuva 8. Kuva esittää, että roottorin kiertoliikkeen avatessa tuloaukon, ilma siirtyy roottorin päästä puristuskammioon. Näin ilma jää ulkonevan uran alle jäävään ”lokeroon” ja roottorin pyöriessä lokero pienenee ja ilma muuttuu paineilmaksi. Lopuksi paineilma poistuu lähtöaukosta. (LUT 2007.)



Kuva 8. Ruuvikompressorin puristusperiaate (LUT 2007).

Käytettäessä hieno- tai keskikarkeakuplailmastimia tarvitaan lisäksi imuilmansuodatin, koska kompressorin ei anna näiden vaatimaa riittävän puhdasta ilmaa. Normaaliolosuhteissa tähän tarkoitukseen riittää kuivasuodatin. (Karttunen ym. 2004, 529.)

### 3.3.2.1 Ruuvikompressorin mitoitus

Aktiivilieteprosessissa kompressorien minimipaineen on oltava 10–15 kPa ja rinnakkaissaostuksessa 15–20 kPa suurempi kuin ilmastusjärjestelmän kokonaispainehäviö lisättynä hydrostaattisella paineella. Järjestelmän painehäviö muodostuu ilmansuodattimien, putkiston, venttiilien, mittauksen sekä ilmastimien aiheuttamasta häviöstä. (Karttunen ym. 2004, 529.)

Ruuvikompressorin teoreettinen hapetusteho on 1,7–3,0 kg O<sub>2</sub>/kWh, mutta käytännössä tehon tulee olla suurempi. Erityisesti tässä tilanteessa, jossa viipymäaika jää lyhyeksi. Liian suuri kompressorin tosin aiheuttaa vain liiallista kustannusten nousua hankintahinnan ja kulutuksen takia.

Ilmastusaltaan tavoitehappipitoisuus on keskimäärin 2 mg/l ja putki-ilmastimien avulla ilmavirtaus saadaan maksimissaan arvoon 192 Nm<sup>3</sup>/h. Tällöin kompressorin tulisi tuottaa ilmaa 3200 l/min. Lautasilmastimia käytettäessä puolestaan maksimivirtauksen ollessa 784 Nm<sup>3</sup>/h, kompressorin ilmantuoton tulisi olla noin 13100 l/min. Käytännössä näin suurta tuottoa ei tarvita, sillä lautasilmastimien hapetustehokkuus on parempi jaettaessa ilmavirtaama useammalle lautaselle kerrallaan. Käytettäessä optimi-ilmavirtaamaa eli kokonaisilmavirtaaman ollessa

112–224 Nm<sup>3</sup>/h, kompressorin vaadittavaksi ilmantuotoksi tulee noin 1900–3700 l/min.

Ilman tiheyden ollessa normaaliolosuhteissa 1,225 kg/m<sup>3</sup> ja ilman happipitoisuuden ollessa 21 %, saadaan laskettua hapen määrä litraa kohden. Lautasilmastimien kokonaisilmavirtaaman ollessa 112–224 Nm<sup>3</sup>/h ja tulevan veden määrän ollessa 600 m<sup>3</sup>/d (25000 l/h), saadaan happipitoisuudeksi 1,2–2,3 mg/l. Jos tulevan veden määrä on puolestaan 400 m<sup>3</sup>/d (17000 l/h), happipitoisuudeksi saadaan 1,7–3,4 mg/l. Putki-ilmastimien maksimi-ilmavirtaaman (192 Nm<sup>3</sup>/h) avulla happipitoisuudeksi tulee 2,9 mg/l jätevesivirtaaman ollessa 400 m<sup>3</sup>/d ja 2,0 mg/l virtaaman ollessa 600 m<sup>3</sup>/d.

Maksimaalinen jätevesivirtaama, jonka putki- ja lautasilmastimet kestävät näillä ilmavirtaamilla, voidaan myös laskea. Tässä tilanteessa happipitoisuus on tasan 2 mg/l. Putki-ilmastimille tämä maksimi on yllä todettu 600 m<sup>3</sup>/d. Lautasilmastimille optimaalisen ilmavirtauksen alueelle, maksimaaliseksi jätevesivirtaamaksi saadaan noin 690 m<sup>3</sup>/h.

### 3.3.3 Pumput

Väliaikaisen ilmastuksen järjestämiseksi tarvitaan yhteensä neljä jätevesipumppua. Tällä hetkellä pääpumppaamossa on käytössä Flygtin 3,1 kW:n uppopumput. Näiden pumppujen nostokorkeus sekä tuottovaatimus ovat riittäviä, joten näitä käytetään myös väliaikaisessa ilmastuksessa. Lisäksi ne sopivat jo olemassa oleviin kiskoihin, joten niitä voidaan jatkossa käyttää varapumppuina. Osa pumpuista voidaan myös vuokrata, jolloin kuluissa saadaan säästöä.

### 3.3.4 Putkisto

Putkitus väliaikaiseen ilmastusaltaaseen tehdään pintaputkituksena, koska remontin kestoksi on arvioitu vain kaksi viikkoa. Tällä tavoin säästetään kustannuksia. Lisäksi kesällä ei tarvitse ottaa huomioon pakkasta yms. talvella putkiin vaikuttavia seikkoja.

Putkia tarvitaan kuljettamaan jätevettä hiekanerotuksesta ilmastusaltaalle ja sieltä takaisin selkeytysaltaalle. Selkeytysaltailta aktiiviliete pumpataan vielä seuraavaa putkea pitkin takaisin ilmastusaltaaseen. Lisäksi ilmastusaltaaseen tarvitaan putkitus. Tällöin putkiston yhteispituudeksi tulee noin 100 metriä. Putken halkaisijaksi valitaan 160 mm, koska silloin se on yhteensopiva puhdistamon muiden putkien kanssa.

Varsinaisten putkien sijaan väliaikaisessa ilmastuksessa voitaisiin käyttää letkuja. Niiden asentaminen on nopeampaa ja ne sopivat hyvin tällaiseen väliaikaiseen käyttöön. Allas on vähän maanpinnan alapuolella, joten letku muotoutuu sinne hyvin ilman putken vaatimia kulmapaloja. Lisäksi maan epätasaisuudet eivät haittaa letkua käytettäessä. Ainoastaan ilmastusaltaan pohjalle pitää asentaa putket pohjailmastimia varten. Nämä putket hankitaan ilmastimien valmistajalta suoraan.

### 3.4 Aktiivilietteen kierrätys

Selkeytysaltaasta pumpataan osa lietteestä aktiivilietteenä takaisin ilmastusaltaaseen. Näin saadaan ylläpidettyä haluttua lietekonsentraatiota ilmastusaltaassa. Palautuslietteen määrä,  $q_r$ , saadaan laskettua kaavalla 6.

$$q_r = \frac{r}{100} \times q_{mit} = \frac{100}{100} \times 72 \text{ m}^3/\text{h} = 72 \text{ m}^3/\text{h} \quad (6)$$

$r$  = kierrätysuhde, %

$q_{mit}$  = mitoitusarvo (taulukko 5)

(Karttunen ym. 2004, 518–522.)

Kierrätysuhteen arvoa ei voida laskea etukäteen, mutta suunnittelussa käytetään arvoa 30–100 %. Kuitenkin arvon tulee olla säädettävissä ja häiriötapauksia varten on varauduttava jopa 200 % lietteen kierrätykseen. (Karttunen ym. 2004, 522.) Kierrätysuhteen, 100 %, on kokemuksen perusteella todettu olevan Pihtiputaan jätevedenpuhdistuslaitoksella hyvä kierrätysuhde, joten sitä käytetään myös väliaikaisen ilmastuksen aikana.

### 3.5 Näytteenotto

Pienen altaan vuoksi jäteveden viipymäaika sekä tilavuuskuorma ovat väliaikaisen ilmastuksen aikana nykyistä heikompia. Tämä vaikuttaa jonkin verran puhdistustehokkuuteen ja siksi näytteenottoa tehostetaan tällä ajalla.

Remontin kestoksi on arvioitu kaksi viikkoa ja siksi tällä ajalla tehostetaan näytteenottoa, jotta saadaan varmempaa tietoa, että neljännesvuoden puhdistusvaatimukset täyttyvät varmasti.

Normaalisti näytteenotto suoritetaan ohjelman mukaisesti kerran kuukaudessa ja tämän lisäksi aina silloin kun jotain hälyttävää tapahtuu esimerkiksi kiintoainepitoisuuden ollessa hetkellisesti koholla. Näytteidenotto-ohjelmaan kuuluu seuraavien aineiden pitoisuuksien seuranta: BOD<sub>7</sub>, kokonaisfosfori, COD<sub>cr</sub> sekä kiintoaine. Näytteet otetaan kuukauden välein ja niiden perusteella lasketaan neljännesvuosikeskiarvot. Näiden keskiarvojen tulee täyttää taulukon 2 mukaiset Länsi- ja Sisä-Suomen Aluehallintoviraston määrittämät raja-arvot.

Näiden ulkopuolisessa laboratoriossa analysoitavien näytteiden lisäksi, puhdistamalla tehdään päivittäin kenttälaboratoriotutkimuksia. Näihin päivittäisiin analyysiin kuuluu jäteveden pH:n sekä lähtevän veden fosforin ja lämpötilan mittaaminen. Lisäksi tarkastetaan laskeutusaltaan näkösyvyys ja tehdään palautuslietteelle sekä 0,5 h että 2 h laskeumatestit. Lopuksi vielä arvioidaan aistinvaraisesti mm. hajua, palautuslietteen väriä ja lietekuivauksen kuivuus.

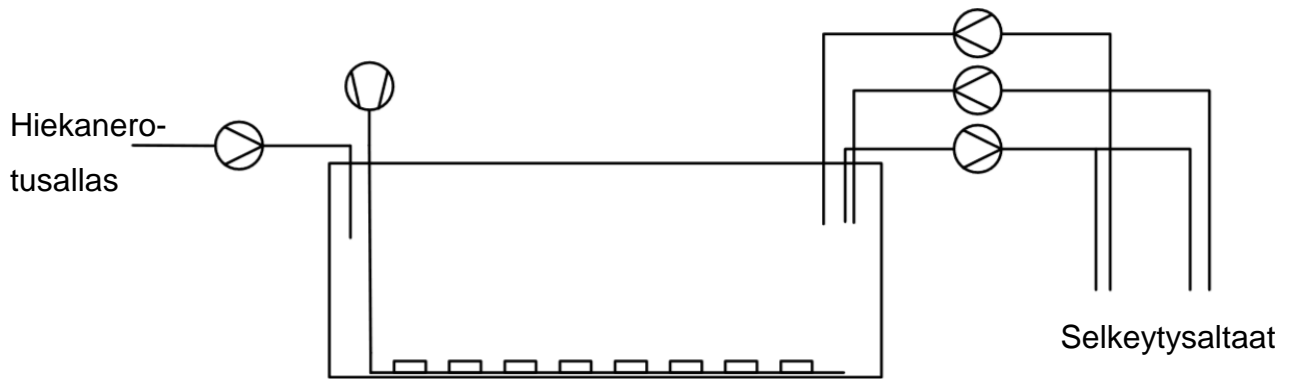
Väliaikaisen ilmastuksen aikaan olisi perusteltua ottaa ulkopuolisessa laboratoriossa analysoitavat näytteet useammin. Sopiva seurantaväli olisi tälle ajalle kaksi kertaa kuukaudessa. Näin saadaan tarkemmin seurattua erityistilanteen puhdistustehokkuutta ja sitä kautta vaikutuksia vesistöön.

### 3.6 Prosessikuvaus

Kuvassa 9 esitetään väliaikaisen ilmastuksen prosessikuva. Ilmastusaltaan pohjalle on asennettu putki- tai lautasilmastimet, joihin ilma syötetään ruuvikom-



pressorin avulla putkea pitkin. Jätevesi pumpataan hiekanerotusaltaasta tähän ilmastusaltaaseen, josta se pumpataan yhden pumpun avulla kahteen selkeytysaltaaseen. Näistä selkeytysaltaista aktiiviliete palautetaan ilmastusaltaaseen kahden pumpun avulla.



Kuva 9. Prosessikuva väliaikaisesta ilmastusaltaasta.

Pumput ovat uppopumppuja, joten ne pitää olla aina käytettäessä veden alla ja ne sijoitetaan vedenpoistoa vaativaan altaaseen. Tämän vuoksi yksi pumppu sijoitetaan hiekanerotusaltaaseen, yksi pumppu ilmastusaltaaseen ja kaksi pumppua selkeytysaltaisiin aktiivilietettä pumppaamaan.

### 3.7 Investointilaskelmat

Investointilaskelmissa on otettu huomioon kaikki vaadittavat laitteet sekä näiden asennustyö. Taulukossa 8 nämä on eritelty tarkemmin. Hinnat on laskettu sen mukaan, että remontti kestää arvioidut kaksi viikkoa. Yksi jo olemassa oleva pumppu on mahdollista ottaa tilapäisesti käyttöön, jolloin säästetään sen hankintahinnan verran. Loput pumput ja ruuvikompressori hankitaan omaksi. Niitä on kuitenkin mahdollista käyttää jatkossakin. Myös ilmastimet täytyy hankkia omaksi. Letkut on kuitenkin mahdollista vuokrata, jolloin tulee jonkin verran säästöä. Jos remontti pitkittyy, letkuista tulee lisähintaa 12 €/d aina kymmeneltä metriltä letkua (Xylem 2015).

Investointilaskelmat kattavat myös asennuksista aiheutuneen hinnan. Tämä toteutetaan urakkana. Lisäksi tällä ajalla kuluu energiaa erityisesti kompressorin käyttöön sekä työtä. Näitä ei kuitenkaan ole otettu investointilaskelmissa huomioon, sillä nämä ovat kuluja, joita menee myös normaalisti eikä tämä aiheuta näiden kohdalla lisäkuluja.

Taulukko 8. Laitteista sekä työstä koituvat kustannukset.

| Laiteluettelo/työ               | Ominaisuus                                | Hinta    |
|---------------------------------|---|----------|
| <b>Pumppu 1 (olemassaoleva)</b> | Flygt 3,1 kW uppopumppu                   | 0 €      |
| <b>Pumppu 2</b>                 | Flygt 3,1 kW uppopumppu                   | 4 000 €  |
| <b>Pumppu 3</b>                 | Flygt 3,1 kW uppopumppu                   | 4 000 €  |
| <b>Pumppu 4</b>                 | Flygt 3,1 kW uppopumppu                   | 4 000 €  |
| <b>Ruuvikompressori</b>         | 1800–3700 l/min                           | 15 000 € |
| <b>Putki-ilmastimet 6 kpl</b>   | FlexAir MiniPanel                         | 3 500 €  |
| <b>Lautasilmastimet</b>         | Sanitaire Silver Series II                | 3 500 €  |
| <b>Putkitus</b>                 | Letkut DN                                 | 600 €    |
| <b>Työ</b>                      | Urakka                                    | 2 000 €  |
|                                 | <b>Hinta 1 (putki-ilmastimien kanssa)</b> | 33 100 € |
|                                 | <b>Hinta 2 (lautasilmastimien kanssa)</b> | 33 100 € |

Taulukon 8 laskelmien perusteella arvioiduksi hinnaksi tulee sama ilmastimien mallista riippumatta. Ilmastimien hinta ei ole siis ratkaisevassa roolissa väliaikaisen ilmastuksen suunnittelussa. Tämän vuoksi valinta voidaan tehdä pelkästään teknisten ominaisuuksien ja saatavuuden perusteella.

## 4 TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tulokset koostuvat tarvittavien laitteiden mitoitusarvoista sekä väliaikaisen ilmastusaltaan mitoitusarvoista. Näiden perusteella arvioidaan ilmastuksen toimivuutta ja puhdistustehokkuutta.

### 4.1 Laitteiden mitoitukset

Mitoituslaskelmien mukaan saneerauksen aikaiseen ilmastukseen sopii pumpuiksi Flygtin 3,1 kW uppopumput, kompressoriksi 3700 l/min tuottava ruuvi-kompressori ja pohjailmastimiksi 192 Nm<sup>3</sup>/h ilmavirtauksen tuottavat putki-ilmastimet tai optimaalisimmalla ilmavirtausalueella 112–224 Nm<sup>3</sup>/h ilmavirtauksen tuottavat lautasilmastimet. Nämä ilmavirtausmäärät saadaan, kun putki-ilmastimia on kuusi paria ja lautasilmastimia neljä lautasta aina neliometriä kohden eli yhteensä lautasia olisi 112 kappaletta.

### 4.2 Happipitoisuus

Tulevan jätevesimäärän ollessa keskimääräisen arvion mukaiset 400–600 m<sup>3</sup>/d, putki-ilmastimien avulla happipitoisuudeksi saadaan 2,0–2,9 mg/l. Tämä happipitoisuus saavutetaan silloin, kun mahdollinen ilmavirtaama on maksimissaan. Lautasilmastimilla samalla jätevesimäärällä, happipitoisuudeksi saadaan 1,2–3,4 mg/l optimaalisimmalla ilmavirtausalueella eli ilmavirtauksen ollessa 112–224 Nm<sup>3</sup>/h.

Ilmastusaltaan tavoitehappipitoisuus on 2 mg/l. Tämän alle mentäessä puhdistustehokkuus laskee. Molemmilla pohjailmastusvaihtoehdoilla saavutetaan riittävä happipitoisuus tulevan jätevesimäärän ollessa 400–600 m<sup>3</sup>/d. Kuitenkin tulevan jäteveden määrä perustuu aiempien vuosien keskimääräisen vesimäärän avulla laskettuun arvioon. Tämän vuoksi myös väliaikaisen ilmastuksen ajalla täytyy varautua suurempiin vesimääriin. Suunnitelluilla pohjailmastimilla mak-

simaalinen jätevesimäärä, jonka ne pystyvät hapettamaan riittävän tehokkaasti (2 mg/l), on putki-ilmastimille 600 m<sup>3</sup>/d ja lautasilmastimille 690 m<sup>3</sup>/d.

Tästä johtuen lautasilmastimet voisivat olla parempi vaihtoehto ilmastukseen, koska niiden ilmastustehoa on tässä tilanteessa helpompi muunnella. Yllä olevat happipitoisuuksien arvot on laskettu optimaalisella ilmanvirtausalueella, mutta lautasilmastimilla ilmapirtaamaa voidaan vielä nostaa. Tällöin myös kompressorin tuottovaatimuksen täytyy olla suurempi kuin 3700 l/min. Nostettaessa ilmapirtaamaa yhtä lautasta kohden, veteen siirretyn hapen ja syötetyn happimäärän suhde heikkenee vähän. Tämä tarkoittaa sitä, että energiatehokkuus heikkenee. Lautasia voidaan myös asentaa kuusi yhtä neliometriä kohden, jolloin ilmastusteho kasvaa.

#### 4.3 Tilavuuskuorma ja viipymäaika

Allaskoko on vakio (100 m<sup>3</sup>) ja tähän ei pystytä väliaikaisen ilmastuksen aikana vaikuttamaan. Altaan koko vaikuttaa tilavuuskuormaan ja viipymäaikaan. Tulevan jätevesimäärän ollessa keskimäärin kesäajalla 400–600 m<sup>3</sup>/d, tilavuuskuormaksi saadaan 1,28–1,92 (kg\*BOD<sub>7</sub>)/(m<sup>3</sup>\*d). Tilavuuskuorman suositusarvo on ≤ 1, joten lasketut arvot eivät täytä suositeltua raja-arvoa. Tämän vuoksi jätevesimäärän ollessa arvioidun suuruinen, tilavuuskuorma on hieman liian suuri käytettävissä olevalle altaalle.

Viipymääjaksi saatiin 4–6 h jätevesimäärän ollessa 400–600 m<sup>3</sup>/d. Normaaliolosuhteissa viipymäaika on Pihtiputaan jätevedenpuhdistamolla keskimäärin 25 h (taulukko 1) ja kuvan 5 perusteella näin suurella viipymääjan tippumisella on merkittäviä vaikutuksia puhdistustulokseen.

#### 4.4 Raja-arvojen täyttyminen

Taulukon 7 perusteella raja-arvot ovat täyttyneet puhdistamon nykyisellä prosessilla erittäin hyvin. Selkeää matemaattista mallinnusta siihen, että voitaisiin varmasti osoittaa raja-arvojen täyttyminen, ei kuitenkaan ole. Keskeisiä tähän

vaikuttavia tekijöitä sitä vastoin ovat tilavuuskuorma, viipymäaika ja tulevan veden määrä. Saneerauksen aikana ilmastusaltaan koko pienenee huomattavasti ja tämän vuoksi muiden puhdistamon osaprosessien toimivuus tulee merkittävämpään rooliin. Saneeraus toteutetaan kesäaikaan ja tällä tavoin pyritään siihen, että tulevan veden määrä olisi mahdollisimman pieni.

Tilavuuskuorman ja viipymäajan perusteella ilmastusaltaan koko ei ole riittävä, mutta tulevan veden määrä vaikuttaa myös suuresti tähän. Jos saneeraus toteutetaan tulevana kesänä, raja-arvot ovat suuremmat ja täten helpommin saavutettavissa. Lisäksi taulukon 7 vuosikeskiarvojen perusteella puhdistusteho on ollut reilusti tehokkaampaa kuin vaadittavat raja-arvot. Tämän perusteella voitaisiin olettaa, että kesäaikana pienemmällä tulevan veden määrällä, raja-arvot saataisi pienestä allaskoosta huolimatta olla saavutettavissa.

Puhdistustehokkuus lasketaan aina vuosineljänneksinä, joten hetkellinen raja-arvojen ylittyminen ei kuitenkaan vaikuta kovinkaan paljoa keskiarvoon. Tästä johtuen raja-arvojen neljännesvuosikeskiarvot täyttyvät pienestä ilmastusaltaasta huolimatta. Ainoastaan jos saneerauksen kesto pitkittyy oletetusta kahdesta viikosta, tällä voi olla vaikutusta neljännesvuosikeskiarvoihin.

#### 4.5 Yhteenveto

Nykyisen ilmastusaltaan muutos- ja korjaustöiden vuoksi, väliaikainen ilmastus toteutetaan puhdistamon varastorakennuksessa sijaitsevassa altaassa. Saneerauksen arvioitu kesto on kaksi viikkoa ja se toteutetaan, jotta ilmastusaltaan puhdistusteho saadaan vastaamaan tiukentuneita raja-arvoja. Väliaikainen ilmastusallas on tilavuudeltaan noin 100 m<sup>3</sup> ja sen pohjalle asennetaan putki- tai lautasilmastimet, joihin ilma syötetään ruuvikompressorilla, jonka tuottokapasiteetti on 3700 l/min.

Jätevesi pumpataan hiekanerotusaltaasta väliaikaisen ilmastusaltaaseen, josta se pumpataan selkeytysaltaisiin. Aktiiviliete pumpataan kahdella pumpulla selkeytysaltaista takaisin ilmastusaltaseen. Tämän jälkeen loppu puhdistusprosessi jatkuu normaalisti. Pumppuina käytetään Flygtin 3,1 kW uppopumppuja ja

putkistona vuokrattuja letkuja. Väliaikaisen ilmastuksen investointihinnaksi saatiin 33 100 € tällä tavoin toteutettuna.

Työssä saatiin kartoitettua tämä vaihtoehto saneerauksen aikaisen ilmastuksen järjestämisestä. Tilavuuskuorman ja viipymäajan perusteella ilmastusallas on liian pieni, mutta tähän ei pystytä vaikuttamaan. Tulevan veden määrällä on myös suuri vaikutus ja siksi saneeraus tehdään kesäaikana ja näin pyritään minimoimaan vesimäärä. Raja-arvot saattavat ylittyä, mutta todennäköisesti neljänneskeskiarvoissa pysytään. Saneerauksen kestolla on myös suuri vaikutus raja-arvojen ylittymiseen. Jos kahden arvioitu kahden viikon kesto ylitetään, epäpuhtauksia pääsee aina enemmän puhdistamolta pois.

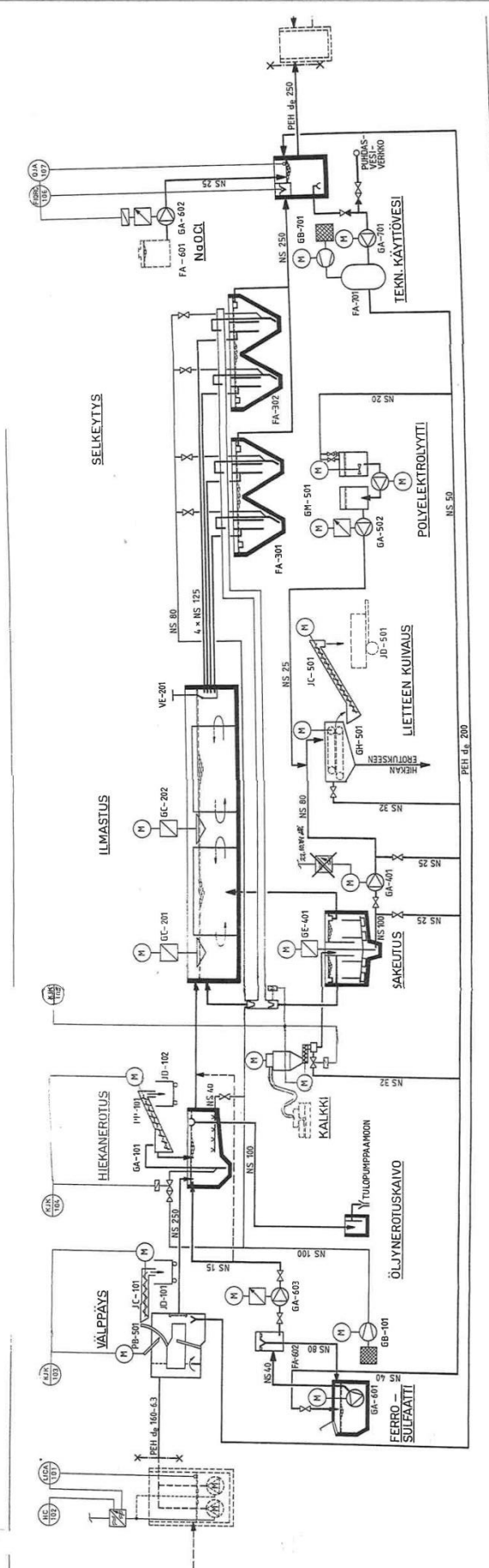
Kaiken kaikkiaan tällä tavoin saavutettava vähäisempikin puhdistus on erittäin hyvä. Näin ollen mahdollistetaan ilmastusaltaan muutos- ja korjaustyöt, jonka avulla tulevaisuudessa saavutetaan paremmin toimiva laitos. Tämä hetkellinen raja-arvojen ylitys on siis satsaus tulevaisuuteen.

## LÄHTEET

1. Byrne, J.A.; Feroz, S.; Rao, D.G. & Senthilkumar, R. 2013. Wastewater Treatment: Advanced Processes and Technologies. Lontoo: IWA Publishing
2. Chen, M.; Dong, X.; Shi, Z.; Zhang, Y. & Zhou, J. 2015. Evaluation of simultaneous nitrification and denitrification under controlled conditions by an aerobic denitrifier culture. Bioresource technology. Volume 175. Pages 602–605. Viitattu 11.2.2015.  
<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S096096085241X#>
3. Cornwell, D. & Davis, M. 1991. Introduction to Environmental Engineering: Second Edition. New York: McGraw-Hill
4. EPA. United States Environmental Protection Agency. 2000. Wastewater Technology Fact Sheet Oxidation Ditches. Viitattu 17.2.2015.  
[http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2002\\_06\\_28\\_mtb\\_oxidatio\\_o\\_ditch.pdf](http://water.epa.gov/scitech/wastetech/upload/2002_06_28_mtb_oxidatio_o_ditch.pdf)
5. Hyxo Oy. Putki-ilmastimet. 2015.  
[http://www.hyxo.fi/products/fin/putki\\_ilmastimet-p-196-344/](http://www.hyxo.fi/products/fin/putki_ilmastimet-p-196-344/). Viitattu 9.4.2015.
6. Karttunen, E. 2010. RIL 237-1-2010 Vesihuoltoverkkojen suunnittelu: perusteet ja toiminnallisuus. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki: Saarijärven Offset Oy
7. Karttunen, E.; Kiuru, H. & Tuhkanen, T. 2004. RIL 124-2 Vesihuolto II. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Vammala: Vammalan kirjapaino
8. Kujala-Räty, K; Mattila, H & Santala, E. 2008. Haja-asutusalueiden vesihuolto. Hämeen ammattikorkeakoulu. Hämeenlinna: Saarijärven Offset Oy
9. LUT. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. 2007. Ko4210000 Mekatronikan peruskurssi. Pneumatiikka. Viitattu 2.3.2015.  
<https://noppa.lut.fi/noppa/opintojakso/bk60a0001/.../pneumatiikka.pdf>

10. Peltö-Huikko, A. & Vieno, N. 2009. Vesikoulu: tietopaketti jätevedestä, sen puhdistuksesta ja ympäristövaikutuksista Suomessa. Vesi-Instituutti WANDER/Prizztech Oy. Viitattu 9.2.2015.  
[http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu\\_tietopaketti\\_jatevedesta.pdf](http://www.vesikoulu.fi/assets/docs/vesikoulu_tietopaketti_jatevedesta.pdf)
11. Pihtipudas: Pihtiputaan Lämpö ja Vesi Oy. 2015. Viitattu 12.2.2015.  
<http://www.pihtipudas.fi/asuminen-ja-ymparisto-2/lampo-vesi-ja-jatehuolto/pihtiputaan-lampo-ja-vesi-oy>
12. VirtuaaliAMK 2015. Jätevedenpuhdistamon toiminta. Viitattu 22.1.2015.  
<http://www2.amk.fi/mater/ymparisto/jatevedenpuhd/ILMAS.html>
13. Xylem: Ilmastustuotteet, Energiätehokkaaseen biologiseen käsittelyyn. 2015. Viitattu 14.5.2015.  
<http://www.xylemwatersolutions.com/scs/finland/Documents/IlmastustuottIllm.pdf>





Liite 2. Puhdistamoalueen pohjakartta.

