

Mika Lietjärvi

# Prosessiveden hygienisointilaitteiston selvitys ja käyttöönotto

Opinnäytetyö

Biotuotetekniikka

2020



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkintonimike</b>	<b>Aika</b>
Mika Lietjärvi	Insinööri (AMK)	Joulukuu 2020
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		31 sivua
Prosessiveden hygienisointilaitteiston selvitys ja käyttöönotto		5 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Labio Oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Ritva Käyhkö, Niko Wassholm, Matti Puranen		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä yhdistetyn biokaasun tuotannon ja kompostointilaitoksen prosessivesien hygienisointilaitteiston toimintakuvaus ja käyttöönotto syksyn 2020 aikana. Hygienisointilaitteiston tarkoituksena on tehdä vedestä hygieenistä, jotta sitä voidaan käyttää laitoksen sisällä esimerkiksi lopputuotteen kasteluvetenä.</p> <p>Opinnäytetyö laadittiin käyttämällä tutkimusmenetelmänä soveltavaa tutkimusta, koska työ vaati taustatiedon kasaamista, näytteiden ottamista ja analysointia sekä itse laitteiston teknisen käyttöönoton.</p> <p>Alkukartoitus prosessivesinäytteiden osalta suoritettiin jo kesällä 2020, mutta vanhoja näytteiden dokumentteja menneiltä vuosilta on käytetty hyväksi tilanteen kartoittamiseksi ja tarpeellisen pohjatiedon saamiseksi prosessivesien osalta.</p> <p>Hygienisointilaitteiston selvitystä tehdessä laskettiin myös investoinnista aiheutuvat käyttökustannukset ja laitteiston tuomat säästöt LABIO Oy:lle. Käyttökustannukset ovat kohtuullisen matalat ja säästöt koostuvat jätevesimaksuista sekä puhtaan veden käytön vähenemisestä.</p> <p>Käyttöönottotavoite toteutui ja ensimmäiset koe-erät olivat hygieeniseltä laadultaan hyviä ja tavoitteen mukaisia.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
prosessivesi, hygienisointi, jätevesi		

Author	Degree	Time
Mika Lietjärvi	Bachelor of engineering	December 2020
<b>Thesis title</b>		
Explanation and deployment for process water hygienisation equipment		31 pages 5 pages of appendices
<b>Commissioned by</b>		
Labio Oy		
<b>Supervisor</b>		
Ritva Käyhkö, Niko Wassholm, Matti Puranen		
<b>Abstract</b>		
<p>The objective for this thesis was to make a description of the hygienisation equipment of process waters in a combined biogas and composting plant. The deployment was planned for fall 2020. The purpose of hygienisation is to make process water hygienic for use. After hygienisation, water can be used inside the plant, for example, in moistening a final product.</p>		
<p>Applied research was used as the research method for this thesis because the work required collecting background information, sampling, and analysis. It was also included technical deployment for the hygienisation equipment.</p>		
<p>The initial survey for process waters was done in early summer of 2020. Old sample documents were also utilised to get more background information about process waters.</p>		
<p>During the report, the operation costs of the investment were calculated. It was also calculated how much savings the investment will bring for Labio Oy. It seems that operation costs are low, and savings will be created in a couple of ways. These are wastewater charges and the reduction in the use of clean water.</p>		
<p>The main goal was achieved, and the first test batches were of good hygienised quality.</p>		
<b>Keywords</b>		
process water, hygienisation, wastewater		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LABIO OY.....	6
2.1	Biokaasulaitos.....	7
2.2	Kompostointilaitos.....	8
3	LABION PROSESSIVESIEN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄ.....	10
3.1	Nitrifikaatio.....	12
3.2	Denitrifikaatio.....	12
3.3	Prosessiveden määrä ja laatu.....	12
3.3.1	Salmonella.....	14
3.3.2	Escherichia coli.....	14
3.4	Prosessiveden hinta.....	15
4	HYGIENISOINTILAITTEISTON TOIMINTAKUVAUS.....	15
4.1	pH:n mittaus ja rikkihapon annostelun säätöjärjestelmä.....	16
4.2	Hygienisointiprosessi.....	17
4.3	Esilämmityksen ohjaus.....	17
4.4	Hygienisoinnin ohjaus.....	19
4.5	Hygienisoidun veden säiliö.....	19
5	KÄYTTÖÖNOTTO.....	20
5.1	Toimintatestit.....	20
5.2	Ajoparametrit.....	23
5.3	Prosessiveden tarkkailunäytteet.....	24
5.4	Lopputuotteen hygieeninen laatu.....	26
6	INVESTOINNIN TALOUDELLINEN TARKASTELU.....	26
7	YHTEENVETO.....	28
	LÄHTEET.....	30
	LIITTEET	

Liite 2. Titraustulokset ja rikkihapon kulutuslaskenta

Liite 3. Vertailulaskenta investoinnille

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää LABIO Oy:n yhdistetyn biokaasun tuotanto- ja kompostointilaitoksen prosessivesien kierto ja määrät sekä tehdä selvitys ja käyttöönotto prosessivesien hygienisointilaitteistolle.

Prosessiveden hygienisointilaitteistolle syntyi tarve alkuvuodesta 2020, kun aiemmin viemäriin johdetun ja sitä kautta jäteveden puhdistuslaitokselle menneen prosessiveden kuutiohinta nousi rajusti erinäisten syiden takia. Hinnan nousu pakotti Labio Oy:n miettimään ratkaisua ja ratkaisuksi löydettiin prosessiveden hygienisointilaitteisto. Laitteiston on suunnitellut ulkopuolinen pitkäaikainen kumppani ja tässä työssä esitetty toimintakuvaus on laadittu heidän pohjamateriaaliaan apuna käyttäen.

Toimiessaan hygienisointilaitteistolla hygienisoitu prosessivesi on mahdollista käyttää laitoksen sisällä esimerkiksi kompostointilaitoksen puolella lopputuotteen kasteluun. Näin toimimalla puhdasta vettä säästyy ja prosessivettä ei tarvitse ohjata viemäriin. Tällä saavutetaan merkittäviä taloudellisia hyötyjä, joita työssä käydään läpi.

Työssä tuodaan esille myös teoriaa jäteveden laadusta ja vedessä olevista mahdollisista taudinaiheuttajista sekä selvennetään hygienisoinnin toimintaperiaatetta.

Laitteiston käyttöönottovaiheeseen liittyy myös olennaisesti näytteenotto vedestä ja tulosten tarkastelu siten, että vesi on hygieenistä. Näytteenotolla saadaan varmistettua laitteiston toiminta siten, kuin se on suunniteltu toimivan.

## 2 LABIO OY

Labio Oy on vuonna 2003 perustettu yritys, joka toimi vuoteen 2013 asti Kujalan Komposti Oy:nä. Labio Oy tarjoaa käsittelypalveluita biojätteille ja muille biohajoaville materiaaleille kuten teollisuuden sivuvirroille, mädätetyille ja mädättämättömille lietteille, rasvoille ja viherbiomassoille. Näistä raaka-aineista tuotetaan biokaasua ja kompostituotteita maanviljelys- ja viherrakentamiskäyttöön.

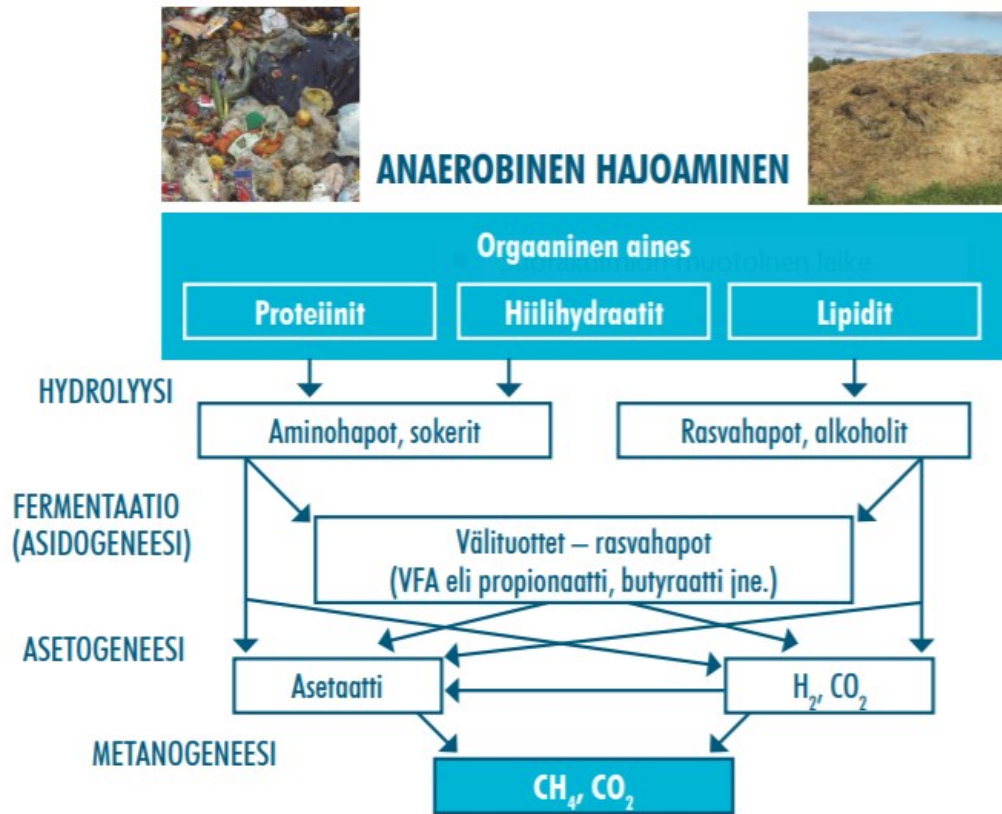
Labio Oy:n omistajina ovat Lahti Aqua Oy (60 %) ja Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy (40 %). Laitoksen kokonaiskäsittelykapasiteetti on 80 000 tonnia jakeita vuodessa. Laitoksella on yhdistetty kaasutus- ja kompostointiprosessi, joiden ansiosta laitokselle tulevasta raaka-aineesta pystytään hyödyntämään jopa 98 %. (Labio Oy s.a.)

## 2.1 Biokaasulaitos

Labio Oy:n biokaasulaitos on syksyllä 2014 käynnistynyt tuotantolaitos. Kapasiteetti laitoksella on Suomen suurimpia ja biokaasun vuosituotanto on jopa 50 GWh raakakaasua. Raakakaasu johdetaan Gasum Oy:n puhdistusyksikköön, ja sieltä se johdetaan edelleen kaasuverkkoon. (Labio Oy s.a.)

Labio Oy:n biokaasulaitoksessa orgaaniset raaka-aineet mädätetään kuivamädätystekniikalla mesofiilisisä prosessiolosuhteissa. Kuivamädätystekniikalla toimivan biokaasun tuotantolaitoksen syötteiden kuiva-ainepitoisuus on 20–50 %. (Omavalvontasuunnitelma 2017, 14.) Mädätys eli anaerobinen hajoaminen perustuu orgaanisen aineen anaerobiseen hajoamiseen hapettomissa oloissa. Orgaanisen aineksen hajoamiseen voidaan käyttää kahta eri lämpötila aluetta, mesofiilinen (35–42 °C) ja termofiilinen (55–65 °C). Hajottamiseen osallistuu monia erilaisia mikro-organismeja eli bakteereita yhteistyössä. (Latvala 2009, 29.)

Anaerobisen hajoamisen vaiheet menevät kuvan 1 mukaisesti. Hajoamisprosessissa on neljä eri vaihetta. Hydrolyysivaiheessa pilkkoutuvat isot orgaaniset molekyylit kuten proteiinit, hiilihydraatit ja rasvat. Asidogeneesivaiheessa mikrobit käyttävät sokereita, aminohappoja ja alkoholeja muuttaen ne hapoiksi. Kolmannessa vaiheessa eli asetogeneesissä mikrobit tuottavat hapoista asetaatteja, vetyä ja hiilidioksidia ja viimeisessä vaiheessa eli metanogeneesissä metanogeenit tuottavat metaania ja hiilidioksidia. (Kymäläinen & Pakarinen 2015, 61–62.)



Kuva 1. Anaerobisen hajoamisen vaiheet (M. Kymäläinen & O. Pakarinen 2015, 60.)

Anaerobisen prosessin jäljiltä syntyvä mädätejäännös pumpataan kompostointilaitoksen puolelle, jossa sitä edelleen käsitellään (Omavalvontasuunnitelma 2017, 14).

## 2.2 Kompostointilaitos

Labio Oy:n laitokselle saapuvasta raaka-aineesta osa kompostoidaan suoraan ilman mädätystä. Kompostointiin menevä syöte sekoitetaan sopivaksi seokseksi käyttäen orgaanista biojätettä, viherbiomassoja ja laitoksen sisällä kiertävää tukiainetta. (Omavalvontasuunnitelma 2017, 16.) Kuvassa 2 on esitetty kompostoinnin vaiheet ja materiaalivirrat.

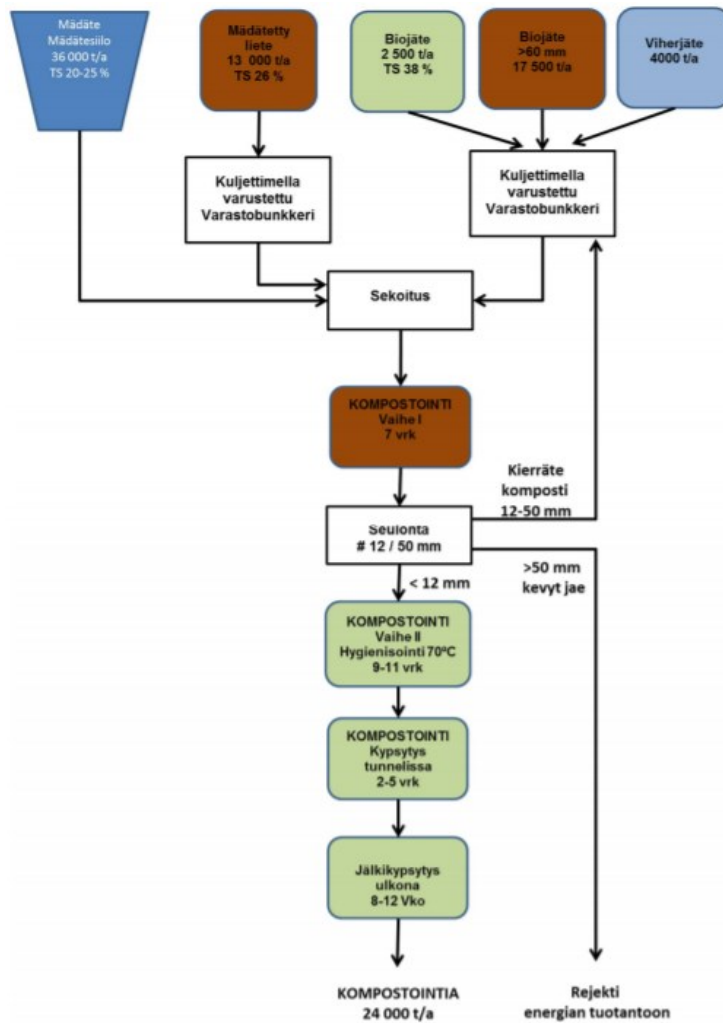
Ensimmäisenä vaiheena on kompostointi, joka kestää noin 7 vuorokautta. Labio Oy:n kompostointilaitoksella käytetään tunnelikompostointia, jossa tunneliin syötetään panos ja tämän jälkeen se kompostoidaan. Kompostointi eli aerobinen hajoaminen tapahtuu hapellisissa olosuhteissa ja hajoamista säädetään ja tarkkaillaan valvomo-ohjelmasta käsin.

Kompostoinnin onnistumiselle on muutama tärkeä vaihe. Ensimmäisessä vaiheessa alkaa mikrobitoiminta, joka nostaa lämpötilaa. Toisessa vaiheessa tapahtuu varsinainen biohajoaminen ja lämpöä vapautuu sekä kolmannessa vaiheessa jäähtyminen ja varsinainen kompostoituminen. Normaalisti tämä vie aikaa muutamia viikkoja. (Williams 2005, 348–349.) Tunnelikompostoinnissa tämä prosessi on kuitenkin nopeutettu erilaisilla säädöillä.

Kompostoinnin jälkeen on seulonta, jossa erotellaan erikokoiset partikkelit. Seulonnassa saadaan eroteltua alle 12 mm palakoon lopputuote, 12–50 mm ylite ja yli 50 mm ylite sekä energiakäyttöön menevä muovi. Tarvittaessa seulonnassa pystytään myös erittelemään kivet pois kierrosta. Lopputuote ohjataan seuraavaan vaiheeseen eli hygienisointiin, muovi energiakäyttöön ja muut jakeet uudelleen kompostointikiertoon. (Omavalvontasuunnitelma 2017, 16.)

Hygienisointivaiheessa kompostointiin menevän massan lämpötila on nostettava 70 °C asteeseen vähintään tunnin ajaksi partikkelikoon ollessa maksimissaan 12 mm EU:n eläinsivutuoteasetuksen vaatimusten mukaisesti, jotta lopputuote on hygieenistä (Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1069/2009).

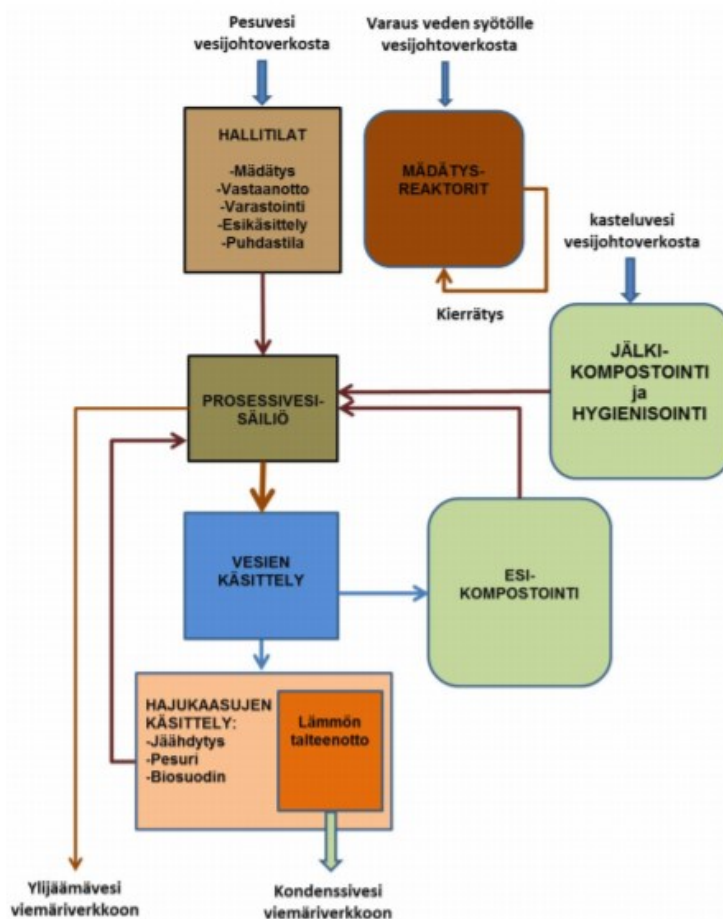
Hygienisointivaiheesta hygieeninen materiaali siirretään joko jälkikypsytykseen tunneliin tai suoraan ulos aumaan, jossa jälkikypsytyks voidaan myös toteuttaa.



Kuva 2. Kompostointilaitoksen materiaalivirrat ja vaiheet (Omavalvontasuunnitelma 2017, 17)

### 3 LABION PROSESSIVESIEN KÄSITTELYJÄRJESTELMÄ

Labio Oy:n laitoksella prosessivesiä syntyy hygienisointitunneleissa kasteluvedenä, kuormien purkualueella pesuvesinä, laitoksen vettä tarvitsevista yksikköprosesseista kuten seulonnasta ja hajukaasujen käsittelystä sekä erilaisista huoltotoimenpiteistä. Laitoksen sisällä käytetty vesi ohjataan valumavesinä keräyskaivoihin, joista se pumpataan prosessivesitankkiin ja siitä edespäin käsittelyjärjestelmään. Käsittelyjärjestelmä sisältää prosessivesien käsittelyn ja ilman hajukaasujen käsittelyn. Laitoksella syntyvät kondenssivedet on myös mahdollista ohjata prosessivesijärjestelmään, mutta tähän mennessä kondenssivesi on ohjattu viemäriin ja suoraan jäteveden puhdistuslaitokselle kenttävesien mukana. Tulevaisuudessa kondenssivettä on tarkoitus ohjata myös prosessivesijärjestelmään, jolloin prosessiveden laatu paranee laimentuessaan.



Kuva 3. Prosessivesien kierto (Omavalvontasuunnitelma 2017, 21)

Kuvassa 3 on esitetty prosessivesien kierto järjestelmässä lohkokaaaviona. Laitoksen prosessivedet kiertävät hajukaasujen käsittelyprosessin kautta, jotta ilman biologinen puhdistus on mahdollista. Hajukaasusuodattimissa ilman ammoniakki sitoutuu veteen ammoniumtyyppinä ja nostaa täten prosessiveden typpipitoisuutta. Prosessivesi menee hajukaasujen käsittelyn suodattimien kautta keräyskaivoihin, joista se palautuu takaisin prosessivesisäiliöihin. Ylimääräinen prosessivesi menee ylijäämävetenä viemäriin ja sitä kautta jätevedenpuhdistuslaitokselle.

Varsinainen veden puhdistusprosessi tapahtuu prosessivesitankeissa, joita laitoksella on kaksi kappaletta. Näissä tankeissa hyödynnetään tyypin poistoon nitrifikaatio-denitrifikaatioprosessia. (Wassholm 2020.)

Tyypin poisto on biologinen prosessi, jota käytetään yleisesti aktiivilietemene- telmissä jätevesilaitoksilla. Typpi on ensin sitoutunut orgaanisiin yhdisteisiin, mutta hajoaa aluksi hydrolyysin avulla ammoniummuotoon. (Laitinen ym.

2014, 43.) Typen poistoon tarvitaan kaksivaiheista prosessia, joka perustuu näin ollen nitrifikaatioon ja denitrifikaatioon (Karttunen 2004, 211).

### 3.1 Nitrifikaatio

Nitrifikaatio on prosessin ensimmäinen vaihe, jossa *Nitrosomonas*-bakteerit hapettavat ammoniumtypen nitriitin kautta nitraatiksi (Karttunen 2004, 211; Laitinen ym. 2014, 43). Nitrifikaatiobakteerit ovat herkkiä olosuhdemuutoksille ja tarvitsevat kasvaakseen ammoniumioneja ja happea. Tästä syystä nitrifikaatio tapahtuu altaissa tai säiliöissä, jotka ovat ilmastettuja. (Laitinen ym. 2014, 44.) Labio Oy:n prosessivesitankissa tämä on toteutettu ilmastamalla tankkiin tulevaa prosessivettä ilmastimella (RAB GmbH 2006, 40).

### 3.2 Denitrifikaatio

Toisessa typenpoiston vaiheessa eli denitrifikaatiossa denitrifikaatiobakteerit pelkistävät nitrifikaatiossa syntyneen nitraatin typpikaasuksi. Denitrifikaatio vaatii onnistuakseen yleensä hapettomat olosuhteet, jotta denitrifikaatiobakteerit pystyvät käyttämään nitraatin sisältämää happea kasvaakseen. On myös mahdollista, että denitrifikaatioprosessissa on happea, jolloin denitrifikaatiobakteerit eivät pelkistä nitraattia. (Laitinen ym. 2014, 44.) Denitrifikaatiossa tarvitaan bakteereille ulkopuolinen hiilenlähde ravinnoksi. Usein tarvittava orgaaninen aines on käsittelemättömässä jätevedessä mukana valmiiksi. (Karttunen 2004, 213.) Labio Oy:n järjestelmässä hiiltä on kuitenkin liian vähän ja ulkopuolista hiiltä tarvittaisiin. Hiilen lisäys ei kuitenkaan käytännössä ole mahdollista, sillä se nostaisi prosessiveden määrää ja sitä kautta virtaamaa ylijäämävetenä viemäriin.

### 3.3 Prosessiveden määrä ja laatu

Denitrifikaatitankista ylimääräinen prosessivesi johdetaan viemäriin ja OIVA-pumppaamon kautta Lahti Aqua Oy:n Ali-Juhakkalan jätevedenpuhdistamolle (PHJ Oy, s.a.)

Vuonna 2019 prosessiveden määrä, joka johdettiin OIVA-pumppaamolle, oli 3 473 m<sup>3</sup> (PHJ Oy 2020, 13). Edellisten viiden vuoden viemäriin menneet prosessivedet on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Prosessivesien määrä viemäriin

Vuosi	2019	2018	2017	2016	2015
m <sup>3</sup>	<b>3 473</b>	<b>2 701</b>	<b>3 313</b>	<b>5 211</b>	<b>7 680</b>

Labio Oy:n prosessivesien laatua seurataan neljä kertaa vuodessa otettavilla näytteillä. Näytteet otetaan suoraan denitrifikaatiotankin jälkeisestä viemäriinjasta. Kuten taulukosta 2 voi nähdä, Labio Oy:n prosessivesien kuormitus on ollut suurta OIVA-pumppaamolla huolimatta prosessivesien käsittelyjärjestelmästä ja typen poistosta. Oleellista taulukossa 2 on typen (N) ja ammoniumtyypen (NH<sub>4</sub>-N) määrät. Kokonaistyyppi on 58 395 kiloa vuodessa, joka on taulukon mukaan 372 prosenttia koko typen määrästä OIVA-pumppaamolla. Tässä on kuitenkin huomioitava, että näytteitä otetaan vain neljä vuodessa ja tästä syystä näytteenottohetken olosuhteet korostuvat laskennassa. Tämä näkyy taulukossa yli 100 prosentin osuuksina. Mikäli kokonaistypen ja ammoniumtyypen osuus jätetään kuormituksesta huomioimatta, on Labio Oy:n prosessivesien osuus kuormituksesta noin 30 prosenttia (PHJ Oy 2020, velvoitetarkkailu.) Tällöin laskentaan on huomioitu kiintoaine, biologinen hapenkulutus (BOD), kemiallinen hapenkulutus (COD) ja kokonaisfosfori (P).

Taulukko 2. Labio Oy:n prosessivesien kuormitus vuonna 2019 (PHJ Oy 2020, velvoitetarkkailu)

2019	LABIO/ Collection shaft	OIVA-pumppaamo	LABION LASKENNALLINEN OSUUS OIVA- PUMPPAAMON KUORMITUKSESTA
Virtaama, m <sup>3</sup>	3 473	19 888	17 %
<b>KUORMITUS</b>	<b>kg/a</b>	<b>kg/a</b>	<b>%</b>
Kiintoaine	1681	5260	32 %
BOD <sub>7</sub>	556	10 290	5 %
COD <sub>Cr</sub>	6854	23 710	29 %
Kok. N	58 395	15 702	372 %
NH <sub>4</sub> -N	31 083	7 260	428 %
Kok. P	60	130	46 %

Kuormitustekijöiden lisäksi prosessivedessä esiintyy myös taudinaiheuttajabakteereita. Näitä varten prosessivedestä otetaan myös omavalvontaan liittyviä näytteitä, joilla tarkkaillaan prosessivedessä olevia taudinaiheuttajia eli bakteereita, kuten *Escherichia coli* (*E. coli*) ja salmonellabakteereita. Näiden seuraaminen on tämän työn kannalta tärkeää, sillä näiden bakteerien hävittäminen vedestä on saatava onnistumaan hygienisointilaitteistolla, jotta taudinaiheuttajia ei päädy veden mukana esimerkiksi lopputuotteeseen. Prosessivesinäytteen esimerkkiraportti on esitetty liitteessä 1. Kyseisestä näytteestä ei löytynyt salmonellaa, mutta *E. colia* näytteestä löytyi. Taudinaiheuttajabakteerien takia prosessivesi on hygienisoitava ennen sen käyttöä laitoksen tunneleiden kasteluvetenä.

### **3.3.1 Salmonella**

Salmonella on taudinaiheuttajabakteeri, joka on laajasti levittäytynyt elinympäristöömme. Salmonellabakteereita tunnetaan yli 2000 serotyyppiä, ja se on vallitseva bakteeri jätevesissä. (Bitton 2005, 117.) Suolistobakteerina salmonellat voivat lisääntyä sekä hapellisissa että hapettomissa olosuhteissa. Salmonellabakteereista Salmonella typhi ja Salmonella paratyphi voivat aiheuttaa ihmiselle vakavia infektioita, kuten lavantautia tai pikkulavantautia. Yleisimmin ihmiselle salmonellat kuitenkin aiheuttavat kuumeisen ripulin. Salmonellaa pystytään torjumaan kuumentamalla se yli 70 °C asteeseen. (Ruokavirasto 2019.) Tästä syystä myös hygienisointilaitteiston tarkoituksena on kuumentaa prosessivesi tarpeeksi kuumaksi, jotta sitä voidaan käyttää tehtaan sisällä eri tarkoituksiin, esimerkiksi kompostin lopputuotteen kasteluun.

### **3.3.2 Escherichia coli**

*Escherichia coli* eli *E. coli* -bakteerit ovat hyödyllisiä ihmisten ja tasalämpöisten eläinten suoliston bakteereita. Osa *E. coli* bakteereista on kuitenkin muuttanut ominaisuuksiltaan siten, että ne voivat aiheuttaa suolistotulehduksia. *E. coli* bakteerin voi hävittää kuumentamalla kuten salmonellankin. Ihmiselle se voi tulla esimerkiksi saastuneesta elintarvikkeesta, jota on lannoitettu virheellisesti. (Ruokavirasto 2019.) Myös tämän takia on tärkeää, ettei *E. coli* -bakteeria esiinny enää hygienisointilaitteistolla hygienisoidussa vedessä, jotta sitä voidaan käyttää lopputuotteen kasteluun.

### 3.4 Prosessiveden hinta

Edellisissä kappaleissa esitetyt asiat ovat olleet vaikuttamassa prosessiveden hintaan merkittävästi. Labio Oy:n kokonaisvirtaama on ollut koko OIVA-pumppaamon virtaamasta 17 %, mutta kuormittavuus niin korkea verrattuna veden määrään, että Labio Oy:n prosessiveden hinta nousi 2020 vuoden alkupuolella rajusti.

Vuoden 2019 prosessivedet (3 473 m<sup>3</sup>) maksoivat yhteensä n. 10 700 euroa viemäriin johdettuna. Hinnan ollessa 3,09 €/m<sup>3</sup>.

Vuoden 2020 tammi-toukokuun prosessivedet (826 m<sup>3</sup>) tulivat jo maksamaan n. 39 000 euroa viemäriin johdettuna. Hinnan ollessa 47,19 €/m<sup>3</sup>.

Prosessiveden kuormittavuuden takia oli hintaa nostettava Labio Oy:n prosessivesien osalta, ja näin ollen yhtiö mietti ratkaisua, jossa prosessivettä voitaisiin käyttää itse hyväksi ja päädyttiin hygienisointilaitteiston investointiin. Hygienisoinnin menetelmäksi on valittu lämmön avulla hygienisointi, koska sivutuoteasetuksen mukaisesti tämä on menetelmä, joka on hyväksytty käytettäväksi. Investoinnin tarkoituksena on puhtaasti säästää jäteveden kuluista, koska investoidun laitteiston käynnistyessä ja toimiessa prosessivettä ei ole tarpeen laskea viemäriin ollenkaan.

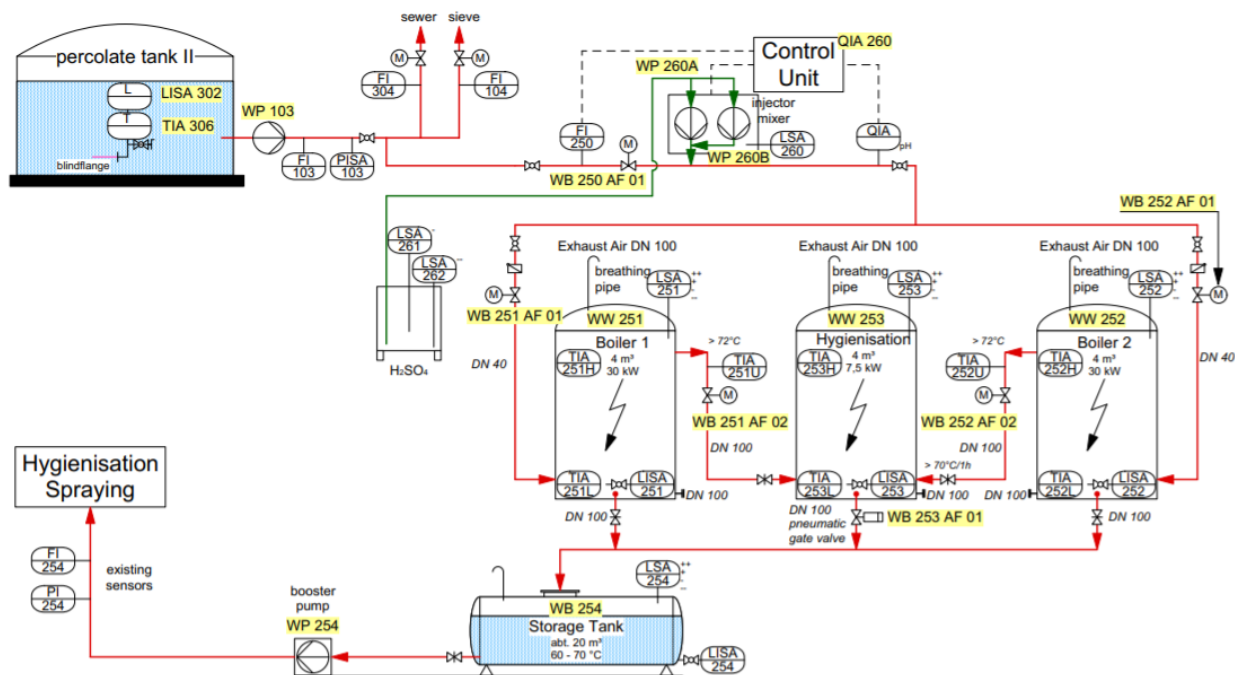
Samalla myös puhtaan veden käyttö vähenee, koska hygienisoitua prosessivettä voidaan käyttää korvaavana kasteluvetenä. Puhtaan veden käyttö tunneleiden kastelussa on ollut noin 3400 m<sup>3</sup> vuodessa ja kuutiohintaa noin 2 euroa.

## 4 HYGIENISOINTILAITTEISTON TOIMINTAKUVAUS

Hygienisointilaitteiston tarkoituksena on hygienisoida prosessivesi eli saada vedestä bakteerit (E. coli ja salmonella) pois, jotta vettä voidaan käyttää laitoksen sisällä esimerkiksi lopputuotteen hygienisointitunneleissa kasteluvetenä.

Hygienisointilaitteiston päälaitteita ovat pH:n mittaus ja säätöyksikkö (kuvassa 4 QIA 260), esilämmitysboilerit 1 ja 2 (WW 251/252), hygienisointiboileri 3 (WW 253), hygienisoidun veden varastotankki (WB254) sekä hygienisoidun

veden pumppu (WP 254). Laitteisto tulee toimimaan panostoisena, ja systeemin täyttöä ohjataan automaation avulla tarpeen mukaan. (RAB 2020, 11.)

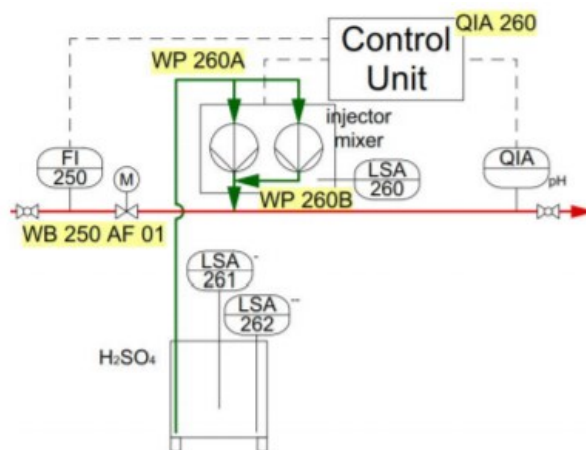


Kuva 4. Prosessiveden hygienisointijärjestelmän PI-kaavio (RAB 2020, 7)

#### 4.1 pH:n mittaus ja rikkihapon annostelun säätöjärjestelmä

Systeemissä on integroitu pH:n mittausjärjestelmä, jolla mitataan pH:n arvoa, joka auttaa annostelemaan oikean määrän rikkihappoa sisään hygienisointiin menevään prosessiveteen. pH-arvon pitäisi olla noin 6, jotta typpi ei haihdu vedestä veden hygienisoinnin eli lämmönoston aikana (Luonnonvarakeskus 2018, 21). Näin tehden typpi saadaan tunneleiden kastelun mukana lopputuotteeseen.

Hapon annosteluun on valittavissa kaksi pumppua (kuvassa 6 WP 260A ja B), joista toinen on aina valittuna käyttöön ja toinen varalla. Hapon annostelu on mahdollista vain silloin, kun venttiili WB 250 AF01 on antanut sähköisen signaalin auki asennosta säätöjärjestelmään eli tällöin veden virtaus on mahdollista. (RAB 2020, 13.)



Kuva 5. pH mittaus, säätö- ja hapon annostelujärjestelmä (RAB 2020, 12)

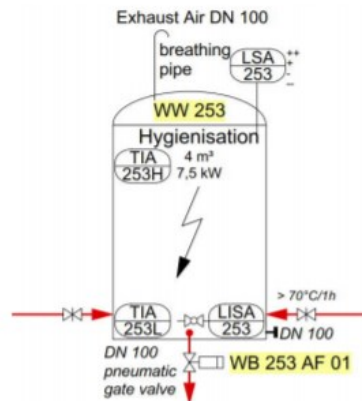
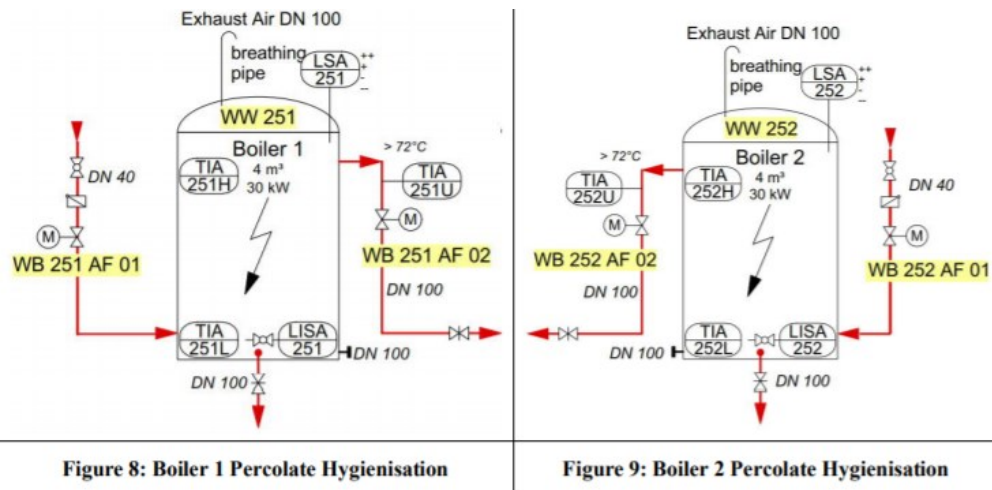
Rikkihappo tullaan säilyttämään erillisessä IBC kontissa. Kontissa tulee olemaan kaksi pinnankorkeusanturia (LSA 261,262). Toinen varoittaa käyttäjää tilaamaan täytön (LSA 261), ja toinen ilmoittaa tankin olevan tyhjä (LSA 262). Mikäli LSA 262 antaa hälytyksen, koko systeemin mahdollinen täyttö pysähtyy, kunnes uusi säiliö on vaihdettu tai vanha täytetty. (RAB 2020, 13.)

## 4.2 Hygienisointiprosessi

Hygienisointivaihe on jaettu kahteen vaiheeseen: veden esilämmitykseen ja veden hygienisointiin. Esilämmitys tehdään boilerissa yksi ja kaksi, sekä hygienisointi boilerissa kolme. (RAB 2020, 14.) Jokainen näistä säiliöistä on tilavuudeltaan 4m<sup>3</sup>, ja ne sisältävät sähkövastukset veden lämmittämiseen. Esilämmittimissä vastusten teho on 30 kilowattia sisältäen neljä vastusta, ja hygienisointisäiliössä 7,5 kilowattia sisältäen yhden vastuksen. (RAB 2020, PI-kaavio.)

## 4.3 Esilämmityksen ohjaus

Esilämmitysvaiheessa eli ensimmäisessä vaiheessa prosessiveden lämpötila on tarkoitus nostaa hetkellisesti yli 72 °C. Säiliöissä on lämpötila-anturit säiliöiden pohjassa ja pinnassa (TIA 251,2 L ja TIA 251,2H), joilla lämpötilaa pystytään tarkkailemaan. Halutun lämpötilan arvoa voidaan asetuksista operaattorin toimesta muuttaa, mikäli se on tarpeellista. Säiliöissä on myös prosessiveden pinnan paineanturit (LISA 251, 252), jotka näyttävät pinnan tason prosentteina säiliöissä.



Kuva 6. Esilämmitys- ja hygienisointisäiliöt (RAB 2020, 14)

Esilämmitysvaiheen käynnistys on mahdollista, kun seuraavat ehdot täyttyvät:

- Prosessivesitankin II pinta (LISA 302) on yli asetetun arvon
- Seulonnan kastelun venttiili (WB104 AF01) on kiinni
- Säiliöiden 1 ja 2 pinta-antureiden (LISA 251,252) arvot ovat alle + arvon
- Hygienisoidun veden varastotankin pinta (LSA 254) on alle maksimi arvon
- Lämpötila-antureiden (TIA 251H, 252H) mittausarvot ovat yli 72 °C
- Säiliön 3 pinta (LSA 253) on alle + arvon

(RAB 2020, 15).

Syöttö boilereihin 1 ja 2 pysähtyy, mikäli varastotankin pinnanmittauksen (LSA 254) *täynnä* -signaali tulee aktiiviseksi. Tässä tapauksessa boileri kolme jatkaa hygienisointivaiheen loppuun, mikäli siellä on erän hygienisointi meneillään. (RAB 2020, 14.)

#### 4.4 Hygienisoinnin ohjaus

Hygienisointivaiheessa eli vaiheessa kaksi tarkoituksena on pitää prosessiveden lämpötila yli 70 °C vähintään tunnin ajan. Lämpötilaa tarkkaillaan antureilla, jotka on sijoitettu tankin ylä- ja alareunaan (TIA 253H, 253 L). Säiliössä kolme on myös pintaa mittaava paineanturi (LISA 253), joka näyttää pinnan tason prosentteina.

Hygienisointisäiliöön on mahdollista saada esilämmitettyä prosessivettä vain niin kauan kuin esilämmityksestä tuleva vesi on yli 72 °C. Hygienisointiin tulevan veden lämpötilaa seurataan antureilla TIA 251U ja TIA 252U. Mikäli prosessiveden lämpötila laskee alle 72 °C, menee säiliöistä yksi ja kaksi ulostulevan veden venttiilit kiinni (WB251 AF02 ja WB252 AF02).

Kun säiliö kolme on täynnä eli pinta-anturi (LSA 253) antaa + -arvon tai asetusarvo ohjelmassa (LISA 253) saavutetaan, säiliön täyttö pysähtyy, ja esilämmityssäiliöiden ulostuloventtiilit sulkeutuvat. Tässä vaiheessa hygienisointi käynnistyy ja aikalaskuri käynnistyy kyseiselle erälle. Erä on hyväksytty, kun asetusarvot täyttyvät (>70 °C min. 1 h). (RAB 2020, 17.)

#### 4.5 Hygienisoidun veden säiliö

Hygienisoidun veden säiliö on tilavuudeltaan 20m<sup>3</sup> ja veden lämpötila tulee olemaan 60–70 °C asteen välillä. Tankin vettä voidaan käyttää tässä vaiheessa laitoksen sisällä kasteluvetenä hygienisointiin ja tämän seurauksena puhdasta linjavettä ei tarvitse käyttää.

Hygienisointisäiliön tyhjennys varastosäiliöön on mahdollista, mikäli pinta-anturi (LSA 254) on alle maksimiarvon. Mikäli pinnanmittauksen (LSA 254) + -arvo aktivoituu, venttiili WB253 AF01 menee kiinni välittömästi. Pinnanmittauksen paineanturi (LISA 254) näyttää tankin täyttöasteen prosentteina. (RAB 2020, 17.)

Varastosäiliöstä vesi pumpataan pumpulla (WP 254) haluttujen asetusten mukaisesti haluttuihin tunneleihin. Virtausta mitataan virtausanturilla (FI 254) ja painetta anturilla (PI 254). (RAB 2020, 18.)

## 5 KÄYTTÖÖNOTTO

Käyttöönotto on alun perin suunniteltu tehtävän marraskuun alussa ja laitteiston asennustyöt alkoivat jo syyskuun alussa. Ensimmäisenä paikalle vedettiin sähkönsyöttökaapelit pääkeskukselta ja valaistiin tiloja lisää asentamalla uusia valaisimia paikalle sekä valamalla lämmitysboilereiden alle valuma-allas ja tuet. Tämän jälkeen syyskuun lopussa tehtiin putkilinjoille läpivientejä sekä prosessiveden lämmitykseen käytettäville varaajille valettiin paikat. Lokakuun alussa varaajat saapuivat tontille, ja varsinaiset laiteasennukset alkoivat etenemään. Osa laitteiston toimituksista oli myöhässä ja tästä syystä käyttöönotto hieman viivästyi alkuperäisestä suunnitelmasta. Marraskuun aikana päästiin jo testailemaan toimilaitteita, ja rakentamaan automaatiota käsin tehtyjen kokemusten perusteella.

Aluksi testattiin toimilaitteiden toimivuus ja saatiin varmistus ohjauksen toiminnasta sekä kytkennöistä ja tämän jälkeen turvallisuuden takia hälytys- ja lukitusrajat. Tämän jälkeen laitteistoon ryhdyttiin ajamaan prosessivettä sisään. Tässä vaiheessa laitteisto täytettiin prosessivedellä ja laitteiston ohjausta sekä toimintaa päästiin testaamaan todellisuudessa käsin ajamalla paikallisesta pääkeskuksella sijaitsevasta käyttöpaneelista.

### 5.1 Toimintatestit

Laitteiston käyttöönotto aloitettiin toimilaitteiden toimintakokeilla. Toimilaitteita ovat venttiilit ja pumput tässä systeemissä. Venttiileiden käyttövoimana on paineilma ja ne testattiin siten, että paikalliselta käyttöpaneelilta suoritettiin komento ja todennettiin kentällä venttiin olevan komennon mukaisessa asennossa. Samalla todettiin venttiilien raja-arvojen toiminta. Raja-arvoja olivat venttiilien *auki* ja *kiinni* -asennot ja nämä toimivat eli tieto tuli kentältä. Kuvassa 7 on esitelty paineilmatoiminen venttiili.



Kuva 7. Varaajan 2 ulostuloventtiili

Systeemiin ei tullut kuin yksi uusi vesipumppu, jonka kytkentä ja toimintavalmius kokeiltiin ja todettiin sen olevan kunnossa. Rikkihapon annostelua ei päästy tässä vaiheessa aikataulusyistä kokeilemaan ja se tulee jäämään tämän työn ulkopuolelle.

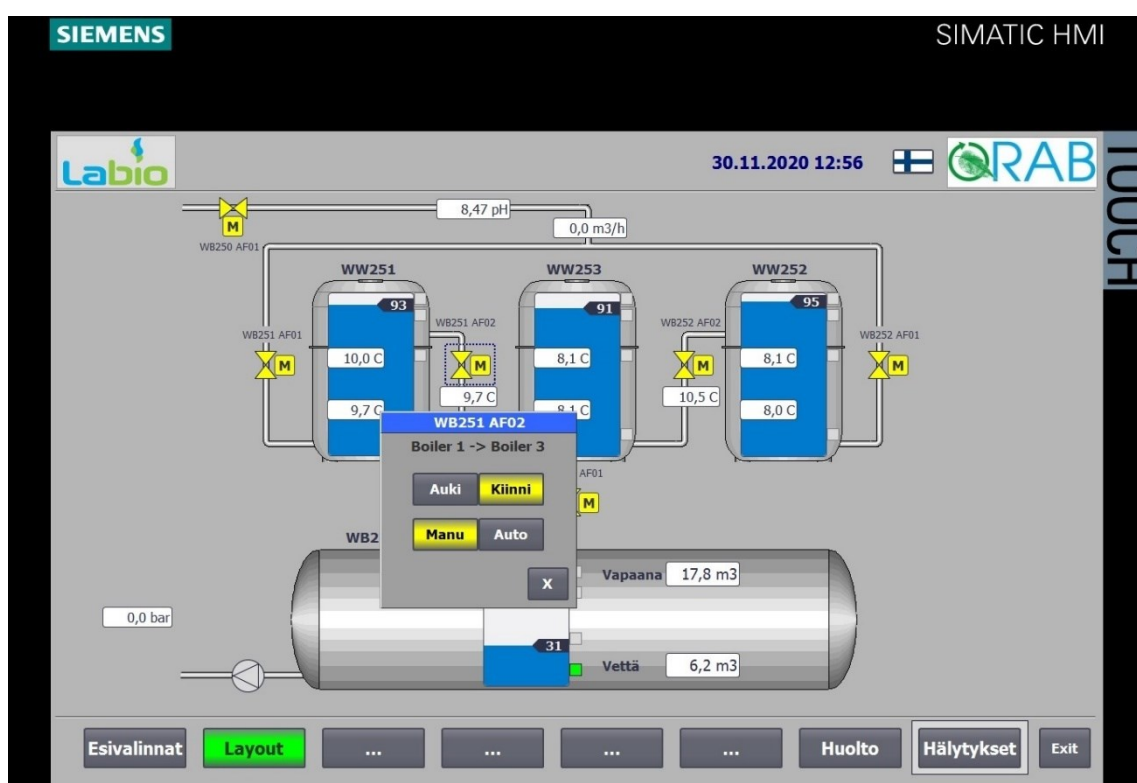
Laitteiston mittauksille suoritettiin mittausten kalibrointi ennen kuin päästiin ajamaan laitteistoa käsiajolla. Kalibroitavia mittauksia olivat lämpötilamittaukset, pH:n mittaus, virtausmittaukset ja paineanturit, joilla mitataan varaajien sekä varastosäiliön veden pinnan tasoa. Kalibroinnissa mittauslaitteille syötetään simuloiden viestinä milliampeeriarvo ja todennetaan se käyttöpaneelissa. Näin saadaan tietoon kytkennän oikeellisuus. Kalibrointimittari kuvassa 8.



Kuva 8. Silmukkakalibrointilaitte druck ups III

Kaikki mittaukset toimivat ja tämän jälkeen aloitettiin esilämmitysvaraajien täyttö prosessivedellä.

Esilämmitysvaraajiin ajettiin prosessivesi käsiajolla. Käyttöpaneelista avattiin halutut venttiilit ja käynnistettiin prosessivesipumppu WP103, joka on vanhan olemassa olevan vesijärjestelmän osana. Pumppua ajettiin käsiajolla tässä vaiheessa, mutta tulevaisuudessa kun automaatio rakentuu, se liitetään myös uuteen järjestelmään prosessin osana.



Kuva 9. Käyttöpaneeli ja venttiilin ohjauksen ikkuna (Siemens 2020)

Ensimmäisenä täytettiin varaaja 1 (WW251) ja samalla testattiin prosessivesilinjan ja varaajan tiiveys. Prosessivesilinja ja varaaja olivat tiiviitä, mutta muutaman mittausanturin kohdalla vettä hiukan tihkui. Näitä kohtia olivat lämpötilan mittausanturit säiliössä sekä ulostuloputken lämpötilan mittaus. Tiivisteet menivät näistä antureista vaihtoon. Varaajaa täytettäessä testattiin myös turvarajat, joita on neljä (-, --, + ja ++). Näiden kohdalla kaikki muut toimivat kuten pitikin paitsi ++ -raja. Selvisi, että mittausanturi oli hiukan liian lyhyt ja se ei tunnistanut veden pintaa ennen kuin vesi tuli ylitäyttöputkesta ulos. Nämä anturit vaihdettiin kaikkiin varaajiin samalla pidemmiksi.

Varaajien 1 ja 2 veden pinnan ollessa 90 %, päätettiin aloittaa lämmitys ja lopettaa veden syöttö. Vastukset laitettiin ensin päälle varaajaan 1. Vastukset alkoivat lämmittämään kuten pitääkin, joten lämmitys pidettiin päällä tarkoituksena lämmittää prosessivesi haluttuun noin 72°C asteeseen. Varaajan 2 lämmityksen aloituksen jälkeen yhden vastuksen rele laukesi ja se jouduttiin jättämään lämmityksestä pois. Lämmitystä jatkettiin kuitenkin kolmella muulla vastuksella, jotta saatiin käyttökokemus myös kolmella vastuksella lämmittämisestä. Releen laukaisseesta vastuksesta selvisi, että kytkentä oli väärin ja tästä syystä rele laukesi. Kytkenän uusimisen jälkeen vastus toimi normaalisti.

Kun vesi oli esilämmitysvaraajissa 73 °C astetta, päätettiin tehdä hygienisointisäiliön 3 (WW253) täyttö ja kokeilla sen lämmitysvastusta. Varaajassa kolme on vain yksi lämmitysvastus varalla, koska siinä ei tarvitse käyttää lämmitystä muuten kuin poikkeustilanteissa ja mahdollisena ylläpitolämmittäjänä. Oletuksena on, että veden lämpötila pysyy yli 70 °C asteen tunnin ajan ilman lämmitystä. Esilämmityssäiliöistä ajettiin hygienisointisäiliöön yli 72 °C asteinen vesi ja oletus piti paikkansa. Lämmitystä ei tarvinnut pitää päällä ollenkaan hygienisoinnin aikana. Lämmitysvastus kuitenkin käytettiin päällä ja todettiin sen olevan käyttökunnossa. Hygienisoinnin jälkeen vesi ajettiin varastosäiliöön ja näin päästiin todentamaan varastosäiliön (WB254) pintaa mittaava paineanturi ja turvarajat.

Käsin tehtyjen prosessiajojen kokemusten perusteella pystytään rakentamaan automaatio valmiiksi, jolloin aiemmin mainitut ongelmat ovat jo korjattuna ja automaation toiminnasta muodostunut selkeä kuva.

## **5.2 Ajoparametrit**

Prosessiveden hygienisointilaitteiston yleisasetukset on tehty käsiajojen kokemusten perusteella. Aikataulusyistä automaation kokeilu ja käyttöönotto jää opinnäytetyön ulkopuolelle, mutta automaatioon liittyvät asetusrvot on saatu kokemusten perusteella alla olevaan taulukkoon. Näillä arvoilla voidaan systeemiä lähteä ajamaan myöhemmin valvomosta.

Taulukko 3. Hygienisointilaitteiston yleisasetukset

<b>Yleisasetukset</b>							
						Asetusarvo	Viive
Käynnistys prosessivesitankki II pinta [LISA 302]					yli	2,3m	3 s
Pysäytys prosessivesitankki II pinta [LISA 302]					alle	2,1m	3 s
Käynnistuksen sallinta varaaja 1 pinta [LISA 251]					väh.	75 %	5 s
Pysäytys varaaja 1 pinta [LISA 251]					yli	92 %	3 s
Käynnistuksen sallinta varaaja 2 pinta [LISA 252]					väh.	75 %	5 s
Pysäytys varaaja 2 pinta [LISA 252]					yli	92 %	3 s
Käynnistuksen sallinta varaaja 3 pinta [LISA 253]					alle	5 %	5 s
Pysäytys varaaja 3 pinta [LISA 253]					yli	92 %	3 s
Minimilämpötila varaaja 1 [TIA 251H]					min	72 °C	
Minimilämpötila varaaja 2 [TIA 252H]					min	72 °C	
Veden minimilämpötila varaajaan 3 [TIA 251U] + [TIA 251U]						72 °C	2 s
							Erän kesto
Haluttu lämpötila varaaja 3 [TIA 253 L]					väh.	70 °C	3600
Käynnistuksen sallinta varastotankki pinta [LISA 254]					alle	70 %	3 s
Pysäytyspinta varastotankki [LISA 254]					alle	8 %	3 s
Minimipinta varastotankki [LISA 254]						5 %	3 s

### 5.3 Prosessiveden tarkkailunäytteet

Prosessiveden tarkkailunäytteillä tarkoitetaan näytteitä, jotka otetaan ennen ja jälkeen veden hygienisoinnin. Vertailunäyte ennen hygienisointia otettu 8.10.2020 prosessivesitankilta ja viety laboratorioon analysoitavaksi. Näytteen tulokset saapuivat 27.10.2020 ja näitä käytetään vertailuarvoina, kun tutkitaan prosessiveden hygienisoinnin onnistumista uusilla näytteillä. Näytteessä oli E. colia 10000 MPN/ 100 ml, mikä tarkoittaa bakteerien todennäköisintä lukumäärää 100 millilitrassa prosessivettä. Salmonellaa ei näytteessä todettu. Kuvassa kymmenen näkyvät tulokset.

## Labio prosessivesitutkimus

<b>Näyttenumero</b>	<b>750-2020-00070565</b>		
<b>Näytteen nimi</b>	Prosessivesinäyte		
<b>Näytteen kuvaus</b>	Prosessivesi		
<b>Näytteenottoaika</b>	08.10.2020		
<b>Mikrobiologiset testit</b>			
E. coli, Colilert	RZM20	MPN/100 ml	10000
Salmonella, toteaminen	RZM35	/1000 ml	Ei todettu
<b>Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset</b>			
pH	RZB10		8,3
Kokonaistyyppi (N)	RZC16	mg/l	7900
Ammoniumtyppi (NH <sub>4</sub> -N)	RZC35	mg/l	2500
Nitraattityppi (NO <sub>3</sub> -N)	RZB94	mg/l	3800
Nitriittityppi (NO <sub>2</sub> -N)	RZC00	mg/l	210

Kuva 10. Vertailuanalyysin tulokset (Eurofins Environment Testing Finland Oy, 2020)

Hygienisoidun prosessiveden näytteet vietiin laboratorioon 27.11.2020. Tulokset olivat hygieeniseltä laadultaan halutut eli salmonellaa ei löytynyt, ja E. coli oli kokonaan hävinnyt eli tulos oli 0 MPN/100 ml. Hygienisoidun veden tulokset esitetty kuvassa 11. Kun verrataan hygienisoidun veden tuloksia vertailunäytteeseen (kuva 10), voidaan olla tuloksiin tyytyväisiä ja laitteisto voidaan ottaa käyttöön. Näytteenottoa jatketaan laitteiston käyttöönoton jälkeen viikoittain. Tällä varmistetaan prosessiveden puhtaus ja saadaan arvokasta tietoa Labio Oy:lle.

## Vesitutkimus

<b>Näyttenumero</b>	<b>750-2020-00086184</b>		
<b>Näytteen nimi</b>	Labio prosessivesi		
<b>Näytteen kuvaus</b>	Prosessivesi		
<b>Näytteenottoaika</b>	27.11.2020		
<b>Mikrobiologiset testit</b>			
E. coli, Colilert	RZM20	MPN/100 ml	0
Salmonella, toteaminen	RZM35	/1000 ml	Ei todettu
<b>Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset</b>			
pH	RZB10		8,0
Kokonaistyyppi (N)	RZC16	mg/l	10000
Ammoniumtyppi (NH <sub>4</sub> -N)	RZC35	mg/l	6500
Nitraattityppi (NO <sub>3</sub> -N)	RZB94	mg/l	4900
Nitriittityppi (NO <sub>2</sub> -N)	RZC00	mg/l	1000

Kuva 11. Hygienisoidun veden tulokset (Eurofins Environment Testing Finland Oy, 2020)

#### 5.4 Lopputuotteen hygieeninen laatu

Lopputuotteella tarkoitetaan kompostointilaitoksen tuotetta eli kompostia. Jokaisesta kompostointierästä otetaan näyte, joka lähetetään tutkittavaksi salmonellan ja E. colin varalta. Viimeisimpien kompostituote-erien analyysitulokset tulivat 6.10.2020 ja näissä kaikissa erissä E. coli oli alle 10 MPN/ml, ja salmonellaa ei löytynyt. Näitä tuloksia tullaan käyttämään vertailuarvoina hygienisoidulla prosessivedellä kastellun kompostituotteen tuloksiin. Prosessiveden hygienisoinnin toimiessa näytteiden arvojen ei pitäisi muuttua. Lopputuotteen näytteiden tuloksien analysointi tulee jäämään tämän työn ulkopuolelle aikataulusyistä, mutta se tehdään heti, kun laitteistolla hygienisoitua prosessivettä on syötetty lopputuotteen kasteluun.

### 6 INVESTOINNIN TALOUDELLINEN TARKASTELU

Prosessiveden hygienisointilaitteiston investointi oli katsottu ennakkoon kannattavaksi tehdä, sillä jäteveden hinnan korotus oli niin iso vuoden 2020 alussa. LABIO Oy:n prosessivedet ovat kustantaneet viimeisen viiden vuoden (2015–2019) aikana noin 10 000 euroa vuodessa, joten se ei ole ollut aikaisemmin taloudellisesti suuri ongelma. Oli myös tiedossa riski opinnäytetyötä aloitettaessa, joka saattaisi nostaa hintaa tulevaisuudessa vielä korkeammaksi sillä hinnoittelu perustuu kuormittavuustekijöihin. Tämä riski myös toteutui toukokuun 2020 jälkeen, jolloin kuutiohinta viemäriin johdettavalle prosessivedelle nousi 47,19 eurosta 66,85 euroon juuri kuormittavuuden takia. Tuolla uudella hinnalla laskettuna esimerkiksi 3500 kuutiota prosessivettä viemäriin johdettuna kustantaisi noin 233 000 euroa.

Käyttökustannukset lämmityksen osalta ovat ennakkoon laskettaessa noin 13 000 euroa vuodessa. Tähän tietysti vaikuttaa suuresti lämmitettävän veden määrä ja lämpötila. Alapuolella olevassa taulukossa 3 on laskettu esimerkiksi veden lämmityskustannukset, kun lämmitettävää prosessivettä on vuodessa 3500 m<sup>3</sup> ja lämmitettävän veden lämpötila 40 °C.

Taulukko 4. Prosessiveden lämmityskustannukset

Lämmitettävän veden määrä (V)	3500	m <sup>3</sup>
Lämmitettävän veden lämpötila (t1)	40	°C
Veden ominaislämpökapasiteetti (Cp)	4,2	kJ/kg

Veden tiheys ( $\rho$ )	1000	kg/m <sup>3</sup>
Muuntokerroin (kJ>kWh)	3600	
Haluttu veden lämpötila (t <sub>2</sub> )	72	°C
<b>Lämmitykseen tarvittava energia</b>	130666,7	kWh/v
Sähkön hinta	5,3	snt/kWh
Siirto + vero	5	snt/kWh
<b>YHT.</b>	10,3	snt/kWh
<b>Lämmityskustannukset</b>	1345867	snt/v
	<b>13458,67</b>	<b>€/v</b>

Toinen käyttökuluihin liittyvä isompi tekijä on rikkihapon kulutus. Titrauskoe rikkihapon tarpeesta prosessiveden pH:n laskuun tehtiin Lahti Aquan laboratoriossa. Liitteenä 1 olevasta prosessiveden tutkimustodistuksesta selviää, että prosessiveden pH on 8 ja kyseinen arvo on laskettava noin kuuteen. Titrauskokeen perusteella 2 %:sta rikkihappoa tarvitaan 80 millilitraa yhteen kuutioon prosessivettä, jotta pH on noin 6. Labio Oy:lle tuleva rikkihappo on 93 %:sta, joten titrauskokeen tuloksesta laskemalla saatiin syöttötarve rikkihapolle, joka on 1,7 litraa jokaista prosessivesikuutiota kohden. Titraustulokset ja niistä johdettu rikkihapon kulutuslaskenta liitteenä 2. Kulutuslaskennasta saatiin laskettua rikkihapon käyttökustannukset vuodessa eri määriille vettä. Kulut on laskettu alla olevassa taulukossa 4. Vihreällä merkitty on todennäköisin vaihtoehto, jossa kustannus on noin 4440 euroa vuodessa.

Taulukko 5. Rikkihapon käyttökustannukset

Vesimäärä (m <sup>3</sup> /v)	Hapon kulutus (l/v)	Hapon kulutus (kg/v)	Hinta (€)
1500	2550	4641	1903
3500	5950	10829	4440
4000	6800	12376	5074
<b>Taustatiedot</b>			
Rikkihapon kulutus	1,7	l/m <sup>3</sup>	
Rikkihapon tiheys (93%)	1,82		
Rikkihapon hinta (93%)	410	€/ton (sisältää rahdin)	

Investoinnin kustannukset asettuvat noin 95 000 euroon. Investointi maksettiin kertaeränä, joten korkokuluja ei investoinnista aiheudu. Liitteessä kolme on tehty laskentaa kolmelle erilaiselle vaihtoehdolle. Vaihtoehto 1 on huonoin vaihtoehto, joka olisi toteutunut ilman prosessiveden hygienisoinnin laitteistoa prosessiveden hinnannousun tapahduttua. Vaihtoehto 2 tehtiin ajatellen sellaista tilannetta, jossa prosessivettä on pakko hygienisoinnista huolimatta laskea viemäriin. Vaihtoehto 3 on tavoite, johon pyritään. Siinä kaikki prosessivesi hygienisoidaan ja käytetään kasteluun, jolloin myös puhtaan veden käytön kulut menevät nolliin. Laskennassa hygienisoitavan veden määrä on 3500 kuutiota ja käyttökustannukset saadaan lämmitys- sekä rikkihapon käyttökustannustaulukoista, jotka aikaisemmin oli esitetty. Kun verrataan huonointa vaihtoehtoa ja tavoitevaihtoehtoa, huomataan, että säästö vuodessa on jopa 223 000 euroa ja näin ollen takaisinmaksuaika vain noin 5 kuukautta.

Taloudellisessa tarkastelussa on myös hyvä huomioida kondenssivesi, jota muodostuu noin 10 000 kuutiota vuodessa. Tuota määrää ei pystytä laitoksen sisällä millään kierrättämään kokonaisuudessaan, mutta pieni osa kyllä varsinkin kesäaikaan, kun prosessivettä on vähemmän käytössä. Kondenssivesi on ohjattu laitoksen kenttävesien mukana jäteveden puhdistuslaitokselle hintaan 5,09 €/m<sup>3</sup>. Näin ollen vuosittainen kulu on 50 900 euroa. Kondenssiveden kulu ei kuitenkaan tässä työssä huomioitu, koska se ei aiheuta työn kannalta muutoksia. On kuitenkin hyvä mainita, että kesäaikaan on mahdollista ohjata kondenssivettä prosessivesijärjestelmään 1000–1500 kuutiota, ja näin ollen uudelleenohjauksella on mahdollista säästää kondenssiveden kuluissa 5000–7600 euroa vuodessa.

Ennen prosessiveden hygienisointilaitteistoa laitoksessa käytettiin hygienisointitunneleiden kastelussa puhdasta vettä, jota kului vuodessa noin 3400 m<sup>3</sup>. Puhtaasta vedestä tuli näin kuluja vuodessa vajaat 7000 euroa. Tämä summa tulee vuosittain säästymään, kun kasteluvetenä tunneleihin voidaan käyttää prosessivettä.

## **7 YHTEENVETO**

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia selvitys prosessiveden hygienisointilaitteistosta ja selvityksen perusteella suorittaa laitteiston käyttöönotto. Apuna

selvityksessä käytettiin laitteiston suunnitelleen yrityksen toimittamaa dokumenttia, josta toimintakuvaus täytyi suomeksi kääntää. Työn edetessä myös mietittiin laitteiston käytön koulutusta tehtaan käyttöhenkilöstölle. Tämä päätettiin myös toteuttaa selvityksen pohjalta ja tätä dokumenttia on mahdollista käyttää koulutusmateriaalina osittain.

Opinnäytetyöhön kerättiin myös hyödyllistä taustatietoa jätevesien kuormitus-tekijöistä ja taudinaiheuttajista, kuinka prosessivedet Labio Oy:llä kiertävät sekä hygienisoinnin määritelmästä, joka on hygienisointilaitteiston toiminnan perustana.

Käyttöönotto vaihe jäi valitettavasti automaation osalta vajavaiseksi aikatauluisista, mutta käyttöönottoa jatketaan opinnäytetyön palauttamisen jälkeen. Projekti oli muutaman viikon alkuperäisestä aikataulusta myöhässä erinäisten syiden takia, mutta muuten projekti meni hyvin ja onnistuneesti. Käyttöönotto- vaiheessa suoritettiin paljon käsiajoilla testejä, joiden perusteella saatiin tärkeää tietoa automaation rakentamiseen.

Laitteiston testiajojen aikana otetut hygienisoidun prosessiveden näytteet olivat hygieeniseltä laadultaan puhtaita verrattaessa näytteisiin, jotka otettiin vertailunäytteiksi. Tästä voidaan päätellä, että laitteisto toimii kuten kuuluukin ja laitteisto voidaan ottaa normaaliin käyttöön. Hygienisoidun veden näytteenottoa jatketaan viikoittain, jotta saadaan tärkeää tietoa toimivuudesta Labio Oy:lle.

Taloudellisen tarkasteluun tehdyt laskennat ja vertailut kertoivat, että toimiesaan laitteisto tuo merkittäviä taloudellisia hyötyjä Labio Oy:lle. Taloudelliset hyödyt koostuvat jätevesimaksuista, puhtaan veden käytön vähentymisestä ja kondenssiveden uudelleenohjauksesta käyttöön. Investoinnin käyttökulut ovat matalat ja tämän seurauksena investoinnin takaisinmaksuaika on vain 5 kuukautta verrattaessa kalleimpaan vaihtoehtoon ilman prosessiveden hygienisointilaitteistoa. Verrattaessa vaihtoehtoon, jossa osa vedestä menisi viemäriin ja osa veden hygienisointilaitteiston kautta tehtaan käyttöön, takaisinmaksuaika on reilu 11 kuukautta, joten tätä voidaan pitää asianmukaisena ja tarpeellisena investointina Labio Oy:lle.

## LÄHTEET

Bitton, G. 2005. Wastewater microbiology, third edition. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Ltd.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus 1069/2009. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/> [viitattu 3.9.2020].

Karttunen, E. 2004. Vesihuolto II. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Kymäläinen, M. & Pakarinen, O. 2015. Biokaasuteknologia. Raaka-aineet, prosessointi ja lopputuotteiden hyödyntäminen. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu.

Labio Oy s.a. Labio Oy. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.labio.fi/yrytysinfo/labio-oy/> [viitattu 19.8.2020].

Labio Oy s.a. Laitokset. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.labio.fi/yrytysinfo/laitokset/> [viitattu 25.8.2020].

Labio Oy, 2017. Omavalvontasuunnitelma.

Laitinen, J., Nieminen, J., Saarinen, R. & Toivikko, S. 3/2014. Yhdyskuntien jäteveden puhdistamot. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT). Ympäristöministeriö. Helsinki: Edita Prima Oy.

Latvala, M. 2009. Biokaasun tuotanto suomalaisessa toimintaympäristössä. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT). Helsinki: Suomen ympäristökeskus.

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy, 2020. Kujalan jätekeskus velvoitetarkkailuraportti vuodelta 2019.

Päijät-Hämeen Jätehuolto Oy s.a. Yritysinfo. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.phj.fi/yritysinfo/kujalan-jatekeskus/> [viitattu 16.9.2020].

RAB GmbH, 2006. Laitoksen käyttöohje.

Ruokavirasto, 2019. Tietoa elintarvikkeista. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ruokavirasto.fi/henkiloasiakkaat/tietoa-elintarvikkeista/elintarvikkeiden-turvallisen-kayton-ohjeet/ruokamyrkytykset/ruokamyrkytyksia-aiheutta-via-bakteereja/salmonella/> [viitattu 6.10.2020]

Tampio, E., Vainio, M., Virkkunen, E., Rahtola, M. & Heinonen, S. 2018. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus. Opas kierrätyslannoitevalmisteiden tuottajille. Helsinki: Luonnonvarakeskus. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://ju-kuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542240/luke-luobio\\_37\\_2018\\_2X.pdf?sequence=8&isAllowed=y](https://ju-kuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/542240/luke-luobio_37_2018_2X.pdf?sequence=8&isAllowed=y) [viitattu 9.10.2020]

Wassholm, N. 2020. Toimitusjohtaja. Henkilökohtainen tiedonanto 15.10.2020. Labio Oy.

Williams, P.T. 2005. Waste treatment and disposal. Second edition. Chichester, West Sussex, England; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Ltd.

## Laboratorion tutkimustodistus



**LABIO Oy**  
**Niko Wassholm**  
 Sapelikatu 7  
 15160 LAHTI  
 FINLAND  
 s-posti: niko.wassholm@labio.fi

Tutkimustodistus AR-20-RZ-023741-01 Sivu 1/2  
 Päivämäärä 27.07.2020  
 Näyte saapui 15.07.2020  
 Tutkimusno EUAA56-00052861  
 Asiakasno RZ0000023  
 Näytteenottaja Lietjärvi M. /asiakas  
 Tutkimuksen yhteyshenkilö Sami Tyrväinen

## Prosessivesitutkimus

<b>Näyttenumero</b>	750-2020-00041756		
<b>Näytteen nimi</b>	Labio prosessivesinäyte		
<b>Näytteen kuvaus</b>	Prosessivesi		
<b>Näytteenottoaika</b>	15.07.2020		
<b>Mikrobiologiset testit</b>			
E. coli, Colifert	RZM20	MPN/100 ml	4600
Salmonella, toteaminen	RZM35	/1000 ml	Ei todettu
<b>Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset</b>			
pH	RZB10		8,0
Kokonaistyyppi (N)	RZC16	mg/l	13000
Ammoniumtyppi (NH4-NRZC35)		mg/l	6800
Nitraattityppi (NO3-N)	RZB94	mg/l	6200
Nitriittityppi (NO2-N)	RZC00	mg/l	<1,5

**Eurofins Environment Testing Finland Oy**  
 Niemenkatu 73  
 15140 Lahti  
 FINLAND

+35 840 358 7895  
 ask@eurofins.fi  
 www.eurofins.fi

Y-tunnus: 2752292-5

## Laboratorion tutkimustodistus



Tutkimustodistus AR-20-RZ-023741-01

Sivu 2/2

Päivämäärä 27.07.2020

Näyte saapui 15.07.2020

## Menetelmätiedot

Testikoodi	Parametrin nimi, CAS	Menetelmän mittausepävarmuus	Menetelmän määrittäysraja	Akkreditoitu	Menetelmä	Laboratorio
<b>Mikrobiologiset testit</b>						
RZM20	E. coli, Colilert			Kyllä	ISO 9308-2	RZ T039
RZM35	Salmonella, toteaminen			Ei	ISO 19250	RZ
<b>Yleiset vedestä tehtävät tutkimukset</b>						
RZB10	pH	± 0,2 yks./3%		Kyllä	SFS 3021:1979, mod.	RZ T039
RZC16	Kokonaistyyppi (N), 7727-37-9	25%(<5mg/l) 15%(≥5mg/l)	0.8	Kyllä	Sis. men. EF2021, perustuu mm. SFS 5505:1988, Kjeldahl (titraus)	RZ T039
RZC35	Ammoniumtyppi (NH4-N), 7664-41-7	20%(<10mg/l) 10%(>10mg/l)	0.4	Kyllä	SFS 5505:1988 mod.	RZ T039
RZB94	Nitraattityppi (NO3-N)	15%	0.25	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ T039
RZC00	Nitriittityppi (NO2-N), 14797-85-0	15%	0.03	Kyllä	Sis. men., IC, per. mm. SFS-EN ISO 10304-1:2009, IC-EC	RZ T039

## Laboratorio

RZ	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	(Ei akkreditoitu)
RZ T039	Eurofins Environment Testing Finland (Lahti)	FINAS akkr. num. SFS-EN ISO/IEC 17025:2017 FINAS T039

Jakelu : valvomo@labio.fi

## ALLEKIRJOITUS

Sami Tyrväinen +358 50 434 4092  
 Analyysipalvelupäällikkö SamiTyrvainen@eurofins.fi

Tutkimustodistus on sähköisesti hyväksytty.

## Huomautukset

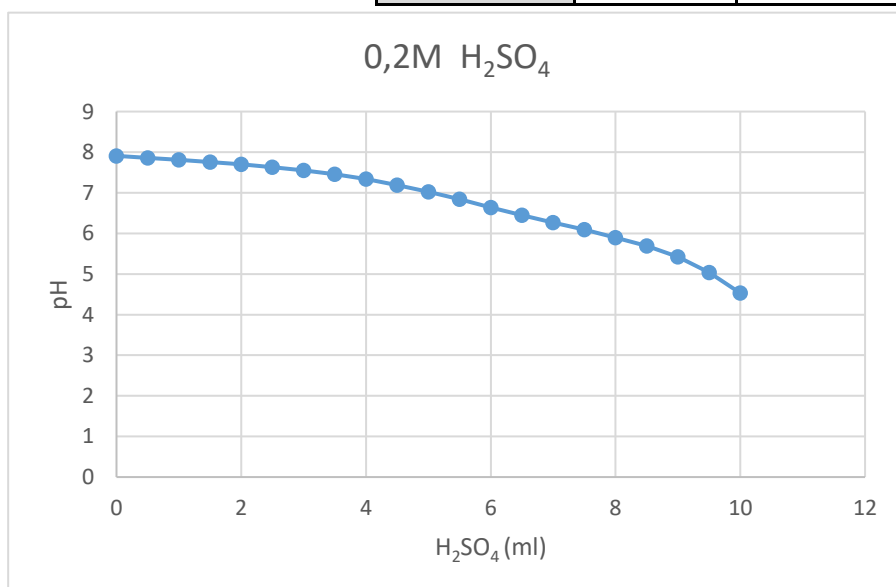
Tutkimustodistuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain laboratorion kirjallisella luvalla. Testaustulokset koskevat vain vastaanotettua ja tutkittua näy. Mahdollinen lausunto ei kuulu akkreditoinnin piiriin.

## Titraustulokset ja rikkihapon kulutuslaskenta

näytteen tilavuus **100 ml**,  $t = 22,0^{\circ}\text{C}$

0,2M = 2% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (ml)	pH	2% h <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> l H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> / m <sup>3</sup>	10% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> litraa / m <sup>3</sup>	93 % litraa / m <sup>3</sup>
0	7,91	0	0	0,0
0,5	7,86	5	1	0,1
1	7,81	10	2	0,2
1,5	7,76	15	3	0,3
2	7,7	20	4	0,4
2,5	7,63	25	5	0,5
3	7,55	30	6	0,6
3,5	7,46	35	7	0,8
4	7,34	40	8	0,9
4,5	7,19	45	9	1,0
5	7,02	50	10	1,1
5,5	6,84	55	11	1,2
6	6,64	60	12	1,3
6,5	6,45	65	13	1,4
7	6,27	70	14	1,5
7,5	6,09	75	15	1,6
8	5,9	80	16	1,7
8,5	5,69	85	17	1,8
9	5,42	90	18	1,9
9,5	5,04	95	19	2,1
10	4,53	100	20	2,2



## Vertailulaskenta investoinnille

<b>Vaihtoehto 1</b>				
Prosessivesi vie- märiin	3500	m3		
Prosessiveden hinta	66,85	€/m3		
<b>YHT.</b>	<b>233975</b>	€/v		
Ei hygienisointia	0	€	(ei lämmitysku- luja)	
Puhdas vesi kasteluun	7000	€/v		
Kulut vuodessa	<b>240975</b>	€		

<b>Vaihtoehto 2</b>				
Prosessivesi vie- märiin	2000	m3		
Prosessiveden hinta	66,85	€/m3		
<b>YHT.</b>	<b>133700</b>	€/v		
Hygienisoitava vesi	1500	m3/v		
Hygienisointi- kustannus	7690,7	€/v	Lämmityskulut	
Rikkihappo	1903	€/v		
Puhdas vesi kasteluun	2000	€/v		
Kulut vuodessa	<b>145293,7</b>	€		
Säästö vs. sken1	<b>95681,3</b>	€/v		
Investointi	<b>95000</b>			
<b>Takaisinmaksuaika</b>	<b>0,99</b>	<b>vuotta</b>		
	<b>11,3</b>	<b>kk</b>		

## Vertailulaskenta investoinnille

<b>Vaihtoehto 3 (tavoite)</b>				
Prosessivesi vie- märiin	0	m3		
Prosessiveden hinta	66,85	€/m3		
<b>YHT.</b>	<b>0</b>	€/v		
Hygienisointi- kustannus	13458,67	€/v	Läm- mityskulut	
Rikkihappo	4440	€/v		
Puhdas vesi kasteluun	0	€/v		
Kulut vuodessa	<b>17898,67</b>	€/v		
Säästö vs. sken1	<b>223076,3</b>	€/v		
Investointi	<b>95000</b>	€		
<b>Takaisinmaksuaika</b>	<b>0,4</b>	<b>vuotta</b>		
	<b>4,8</b>	<b>kk</b>		