



Uuden prosessilaitteiston käyttöönottoon liittyvien pesujen optimointi panimossa

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Bio- ja elintarviketekniikka, Hämeenlinna

Syksy 2023

Jonna Airisniemi

Bio- ja elintarviketekniikka

Tekijä Jonna Airisniemi

Työn nimi Uuden prosessilaitteiston käyttöönottoon liittyvien pesujen optimointi panimossa

Ohjaaja Susanna Peltonen

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida panimon uuden prosessilaitteiston käyttöönottoon liittyvä pesu työn tilaajan tarpeisiin. Työn tarkoituksena oli saada pesuohjelma sellaiseksi, että se takaisi prosessilaitteiston turvallisen käytön, sekä tilaajayrityksessä ymmärrettäisiin pesujen tärkeys prosessilaitteiston toiminnassa. Tilaajana toimi Oy Sinebrychoff Ab ja työ suoritettiin Sinebrychoffin panimolla Keravalla.

Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta ja työelämälähtöisestä toiminnallisesta osasta. Teoriaosuutta varten selvitettiin CIP-pesujen menetelmiä sekä pesutulokseen vaikuttavia tekijöitä. Teoriaosuudessa on myös kerrottu panimon yhdestä pesukeskuksesta.

Toiminnallinen osuus oli työelämälähtöinen ja se toteutettiin panimon oikeiden tuotantoaikataulujen mukaisesti. Toiminnallisessa osuudessa selvitettiin koeajojen ja niistä eri menetelmillä saatujen tulosten avulla pesun onnistumista. Työssä saadut lopputulokset olivat pH:n mittauksien, aistinvaraisten sekä mikrobiologisten analyysien tuloksia. Näiden tuloksien pohjalta suoritettiin pesureseptin optimointia. Näytteiden keräys, pH:n mittaus sekä aistinvaraiset arviointit suoritettiin itsenäisesti, mutta mikrobiologiset analyysit huuhteluvesinäytteistä hoiti Sinebrychoffin laadunvalvontalaboratorio. Tuloksia tarkasteltiin myös kustannustehokkuuden näkökulmasta veden- ja sähkönkulutukseen käytettyjä kustannuksia laskemalla.

Saatujen tulosten perusteella vastattiin tutkimuskysymyksiin ja pohdittiin työn onnistumista. Työn kokeellisesta osuudesta saatuja kustannuslaskelmia verrattaessa pesutuloksiin, voitiin todeta, etteivät pesutehokkuuden ja kustannustehokkuuden vastaukset ole samanlaisia. Kun mietittiin kokonaisuutta tuoteturvallisuuden ja laadun kannalta, todettiin että optimointia täytyy vielä jatkaa tilaajayrityksessä tämän opinnäytetyön päätyttyä.

Avainsanat CIP, kiertopesu, optimointi

Sivut 22 sivua

Degree Programme in Biotechnology and Food Engineering

Author Jonna Airisniemi

Subject Optimization of Washes Related to the Introduction of New Process Equipment
in the Brewery

Supervisor Susanna Peltonen

Abstract

Year 2023

The aim of the thesis was to optimize the washing related to the introduction of the new process equipment for the needs of the commissioner of this thesis. The objective of the thesis was to make the washing program such that it would guarantee the safe use of the process equipment, and the commissioner company would understand the importance of washing in the operation of the process equipment. The commissioner was Oy Sinebrychoff Ab, and the work was carried out at the Sinebrychoff brewery in Kerava.

The thesis consisted of a theoretical part and a functional part based on working life. The methods of CIP (Clean-In-Place) washing and the factors affecting the washing result were clarified for the theoretical part. In the theory section was also a brief overview of one of the washing centers in the brewery.

The operational part was working life-oriented and it was carried out in accordance with the brewery's production schedules. In the functional part, the success of the washing was determined with the help of the test runs and the results obtained from them using different methods. The results obtained in the work were the results of pH measurements, sensory and microbiological analyses. Based on these results, the washing recipe was optimized. Sample collection, pH measurement and sensory evaluations were done by the author of this thesis, but the microbiological analyzes were carried out by quality control laboratory of Sinebrychoff. The results were also examined from the cost-effective point of view by calculating the costs used for water and electricity consumption.

Based on the results, the research questions were answered, and the success of the work was considered. When comparing the cost calculations obtained from the experimental part of the work with the washing results, it could be concluded that the answers to washing efficiency and cost-efficiency are not the same. When considering the whole in terms of product safety and quality, it was concluded that work still needs to continue at the company after the completion of this thesis.

Keywords CIP, cycle wash, optimization

Pages 22 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tavoite, tutkimuskysymykset ja kestävä kehitys.....	1
2.1	Tutkimuskysymykset.....	2
2.2	Kestävä kehitys panimon prosessipesussa	2
3	CIP.....	2
3.1	CIP-menetelmät	3
3.1.1	Pesuliuksia kerran käyttävä CIP-järjestelmä (single-use).....	3
3.1.2	Pesuliuksia uudelleen käyttävä CIP-järjestelmä (re-use)	3
3.2	Pesutulokseen vaikuttavat tekijät	4
3.3	CIP-pesun vaiheet	5
3.4	CIP-pesut Sinebrychoffin panimolla	7
4	Menetelmät	8
4.1	Koeajo ja näytteenotto	8
4.2	Aistinvarainen analyysi.....	9
4.3	Kokonaisbakteerit	10
4.3.1	Petrifilm	10
4.3.2	UBA ae.....	10
4.4	pH.....	11
5	Työn toteutus	11
6	Tulokset	13
6.1	Lopputulokset	13
6.2	Eri näytehanojen tulokset.....	15
6.3	Aistinvaraiset tulokset	16
6.4	Kustannukset.....	17
7	Johtopäätökset ja pohdinta	18
7.1	Johtopäätökset	18
7.2	Pohdinta	20
7.3	Jatkotutkimukset	20
7.4	Opinnäytetyöprosessi	21
	Lähteet	22

Kuvat ja taulukot

Kuva 1 Eräs Sinebrychoffin panimon pesukeskus (Oy Sinebrychoff Ab, henkilökohtainen tiedonanto, 15.5.2023).....	8
Kuva 2. Värikoodit pesujen tuloksille.....	11
Kuva 3. Lopullinen pH verrattuna raakaveden pH:seen.	15
Kuva 4. Eri näytehanojen loppuhuuhtelun pH jokaisena näytteenottopäivänä.....	16
Taulukko 1. Koeajojen näytteenottosuunnitelma.	9
Taulukko 2. Pesureseptin muutokset eri näytteenottopäivinä.....	12
Taulukko 3. Koeajojen tulokset. Taulukosta selviää jokaisen näytteenottopäivän pesutapa, pH:n, aistinvaraisen- ja kokonaisbakteerien tulokset sekä näytteenoton ajankohta.....	14
Taulukko 4. Pesun kustannukset. Taulukosta nähdään omista sarakkeissa, kuinka paljon prosessilaitteiston pesuun käytetty sähkö ja vesi kustantavat panimolle, ja mikä on näiden yhteenlaskettu kokonaiskustannus.....	18

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli uuden prosessilaitteiston käyttöönottoon liittyvien pesujen optimointi työn tilaajan tarpeisiin. Työn tilaaja on Oy Sinebrychoff Ab ja työ on toteutettu Sinebrychoffin panimolla Keravalla. Sinebrychoff on perustettu vuonna 1819 ja on täten yksi Pohjoismaiden vanhimmista panimoista sekä Suomen vanhin elintarvikealan yritys. Sinebrychoff kuuluu osaksi kansainvälistä Carlsberg- konsernia. (Sinebrychoff, n.d.)

Opinnäytetyö on toiminnallinen, eli siinä on käytännön työosuus sekä teoriaosuus. Eri menetelmiä käyttämällä oli tavoitteena saada optimoitua pesu niin, että laitetta on turvallista ja kustannustehokasta käyttää. Aihe on ajankohtainen panimolle, sillä prosessilaitteen käyttöönottoa ei ole vielä työskentelyn alkaessa aloitettu, eikä sen pesuja ole vielä tarkasteltu tarkemmin.

Pesu tapahtuu CIP eli Cleaning In Place -kiertopesuna. Prosessilaitteistoon on rakennettu yhteys CIP-pesukeskukseen, jonka ansiosta automaatio hoitaa reitityksen ja seuraa asetettuja raja-arvoja. CIP-pesulla tarkoitetaan yleisesti laitteistojen ja linjojen pesemistä ilman että niitä tarvitsee purkaa osiin. CIP-menetelmällä pesuliukuksia ja pesuvesiä kierrätetään pesukeskukselta pumppujen avulla laitteistolle. (Watson Marlow Fluid Technology Solutions, n.d.)

Pesun onnistumista seurattiin erilaisin menetelmin, joista saadut tulokset kirjattiin ylös Excel taulukoihin. Pesusta otettiin huuhteluvesinäytteitä, joista mitattiin pH, tehtiin mikrobiologiset analyysit sekä katsottiin näytteet aistinvaraisesti läpi. Näytteiden keräys, pH:n mittaus sekä aistinvaraiset arvioinnit tehtiin itse, mutta mikrobiologiset analyysit suoritti Sinebrychoffin laadunvalvontalaboratorio. Pesun aikana seurattiin myös aistinvaraisesti laitteistoa ja tarkasteltiin automaatio-ohjelmasta pesun etenemistä.

Tavoitteena oli saada lopputulokseksi tilaajan tarpeisiin sopiva pesumenetelmä. Tulokset on esitetty työssä tilaajan määrittämällä tarkkuudella, yksityiskohtia suojaten. Työn aikana kerätty aineisto sekä tulokset ovat tilaajan hyödynnettävissä työn loputtua omaan toimintaansa.

2 Tavoite, tutkimuskysymykset ja kestävä kehitys

Opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida uuden prosessilaitteiston käyttöönottoon liittyvä pesu työn tilaajan tarpeisiin. Työn tarkoituksena on saada pesuohjelma sellaiseksi, että se takaa

prosessilaitteiston turvallisen käytön, sekä tilaajayrityksessä ymmärretään pesujen tärkeys laitteen toiminnassa. Prosessilaitteisto on uusi, joten varsinaista kehittämistehtävää ei työssä ole vaan keskitytään ainoastaan pesuohjelman optimointiin.

2.1 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset on mietitty yhdessä tilaajan kanssa ja niiden tavoitteena on hakea parasta pesua prosessilaitteistolle eri näkökulmista katsottuna.

Tutkimuskysymyksiä ovat:

1. Mikä on pesun merkitys prosessilaitteiston turvallisen käytön varmistamiseksi?
2. Mikä on tehokkain pesu prosessilaitteistolle?
3. Mikä on kustannustehokkain pesu prosessilaitteistolle?

2.2 Kestävä kehitys panimon prosessipesussa

Tässä opinnäytetyössä kehitystä lähdettiin hakemaan veden ja pesuaineiden säästöä optimoimalla pesureseptiä, tuotteen laatu ja turvallisuusvaatimukset huomioiden.

Turvallisuuden sekä laadun parannusta pesureseptin avulla voidaan pitää kestävä kehityksen näkökulmaan sopivana, sillä sen avulla pystytään estämään laadun heikkeneminen ja prosessilaitteella valmistettava lopputuote on myös kuluttajille turvallista. Tutkimuskysymyksen 3 kustannustehokkuuden laskeminen on hyödyllinen kestävä kehitystä ajatellen, sillä on tärkeää miettiä kustannusten kautta säästökohteita ja vähentää turhaa materiaalien kulutusta.

3 CIP

CIP eli Clean in place -menetelmässä pestävää laitteistoa tai linjastoa ei tarvitse purkaa, vaan ne on suunniteltu niin, että pesu kulkee niiden lävitse suljetussa järjestelmässä. CIP on siis kiertopesujärjestelmä, jossa on pesukeskus sekä siihen liitetty laitteisto ja mahdolliset pesuainesäiliöt. Pesukemikaalit ja huuhteluvedet kulkevat putkistoissa ja laitteessa erilaisten pumppujen avulla. Pumppujen luomaa virtausnopeutta voidaan säätää halutun mekaanisen puhdistustehon saamiseksi. Pesukemikaalien annostelua säädetään niin, ettei tapahdu yli- tai aliannostelua. Yli- tai aliannostelu vaikuttaa pesukustannusten nousuun ja pesutehokkuuteen. (Watson Marlow Fluid Technology Solutions, n.d.) CIP-pesut on isommissa panimoissa automatisoituja pesuja, jolloin automaatio osaa ohjata pesua

laaditulla pesureseptillä eikä ylimääräistä työtä tarvitse tehdä. CIP-pesut ovat nykyaikaisessa panimossa kustannusten, energian sekä ajanhallinnan kannalta paras vaihtoehto.

(Beer&Brewing, n.d.)

3.1 CIP-menetelmät

Tässä luvussa kerrotaan kahdesta eri CIP-menetelmästä ja niiden eroavaisuuksista. Menetelmät valittiin sen mukaan, että ne voisivat olla todellisuudessa käytössä tämän kaltaisissa prosesseissa.

3.1.1 Pesuliuksia kerran käyttävä CIP-järjestelmä (single-use)

Pesuliuksia kerran käyttävä CIP-järjestelmä kierrättää pesuaineet ja pesuvedet aina käyttökerran jälkeen suoraan viemäriin. Nämä järjestelmät ovat pienempiä kokonaisuuksia ja niiden kierrätyskapasiteetti ja virtausnopeus ei ole suuri. Yleensä tätä järjestelmää käytetään hyvin likaisten, pienen tuotannon laitteisiin ja linjoihin tai prosesseihin, joissa ristikontaminaatio on ehdottomasti kielletty. Tällaisia prosesseja ovat muun muassa hiivan eri prosessin vaiheet, kuten annostelu tai talteenotto. (Hill, 2015, s. 232)

Elintarviketeollisuudessa tämä CIP-järjestelmä on harvoin käytössä. Vaikka tässä CIP-järjestelmässä pesuliukset menevät viemäriin pesukierron jälkeen, yleensä viimeinen huuhteluvesi voidaan ottaa kuitenkin talteen erilliseen säiliöön. Tätä huuhteluvettä voidaan käyttää seuraavassa pesussa esihuuhtelussa ja näin ollen pienentää vesihävikkiä pesuprosessissa. (Moerman ym., 2014, Luku 10.3.3 Single-use CIP systems)

3.1.2 Pesuliuksia uudelleen käyttävä CIP-järjestelmä (re-use)

Pesuliuksia uudelleen käyttävä CIP-järjestelmä koostuu emäsäiliöstä, happosäiliöstä, vedentalteenotto säiliöstä (paluuvesisäiliö) sekä puhdasvesisäiliöstä- tai linjasta. Mahdollisesti CIP-järjestelmään on myös kytkettynä desinfiointiainekontti tai -säiliö. Eri säiliöt ovat kytkettynä toisiinsa putkilla ja varustettu omilla venttiileillä, jotka ohjaavat reseptin mukaisesti CIP-järjestelmän reittiä. Erilliset syöttö- ja paluupumput ohjaavat reseptin mukaan pesunesteiden ja vesien virtausnopeuksia. Virtausnopeuksille on omia virtausmittareita, joita seuraamalla tiedetään miten pesunesteet liikkuvat linjastoissa ja laitteissa. (Moerman ym., 2014, Luku 10.3.4 Re-use CIP systems) Emäs- ja happotankeissa on johtokykyä mittaavia antureita, joiden avulla pystytään tietämään pesuaineen vahvuus. Johtokyky mittarit erottavat konsentraation ja johtokyvyn avulla pesukemikaalit ja huuhteluveden toisistaan. (Ifm, n.d.)

Johtokyky on suoraan verrannollinen pesuaineen pitoisuuteen. Tämä CIP-järjestelmä on huomattavasti isompi kuin pesuliuoksia kerran käyttävä järjestelmä. (Moerman ym., 2014, Luku 10.3.4 Re-use CIP systems)

CIP-järjestelmässä on myös oma levy- tai putkilämmönvaihdin, joka lämmittää säiliössä tai putkistossa olevan pesunesteen haluttuun lämpötilaan tai pitää lämpötilaa yllä. Optimaalinen pesuliuoksia uudelleen käyttävä CIP-järjestelmä kierrättää pesuliuoksia laitteistoissa, täyttää pesusäiliöitä sekä säätelee niiden sisältämien pesuaineiden pitoisuudet, ohjaa liuosten kiertoa automaattisesti reseptin avulla ja säätelee lämpötilaa. Pesuliuoksia uudelleen käyttävä CIP-järjestelmä pyrkii ottamaan talteen niin paljon emäs- ja happopesun sekä huuhtelujen pesuliuoksia kuin on vain mahdollista. Tämä järjestelmä on hyödynnettävissä, kun laitteistojen ja linjastojen likaantuminen ei ole niin suurta, että se estäisi pesuliuosten talteenotot. (Moerman ym., 2014, Luku 10.3.4 Re-use CIP systems)

Etuna luvussa 3.1.1. kerrottuun CIP-järjestelmään verrattaessa on veden, pesuaineiden ja energian säästö. Alkukustannukset ovat suurempia kuin kerran pesuliuoksia käyttävässä järjestelmässä, mutta kustannukset tasoittuvat pidemmässä ajanjaksossa yllä mainittujen säästöjen myötä.

3.2 Pesutulokseen vaikuttavat tekijät

Pesutulokseen vaikuttavia tekijöitä on monia, kuten puhdistettavan laitteen lämpötila, käytetyt pesukemikaalit, pesunesteen lämpötila, vaikutusaika, virtausnopeus ja pesuaineen vahvuus. Niin pesunesteen kuin myös laitteen tai linjan lämpötila vaikuttaa pesutulokseen. Mikäli pestävä laitteisto on kylmä, on pesu parempi aloittaa heti prosessin päätyttyä, ettei lika ehdi kuivumaan laitteiston pinnoille. Pesunesteen lämpötila on suositeltavaa olla hapoille +60-70 astetta ja emäksille +70–80 astetta. Pesulämpötilan valintaan vaikuttaa käytössä olevan pesuaineen suosituslämpötilat sekä vaatimukset. Pesuaineen vahvuus vaikuttaa vaikutusajan pituuteen. Mikäli pesuainevahvuus on korkea, voi vaikutusaika olla lyhyempi ja taas toisaalta, mikäli pesuainevahvuus on matala, vaatii se pidemmän vaikutusajan. (Wirtanen, 2002, s. 108)

Pesuainetta valittaessa on syytä huomioida, minkälaiseen laitteeseen sitä käytetään, millaista poistettava lika on sekä mikä on pestävän laitteiston materiaali. Kiertopesuihin pesuaineiden ei toivottu ominaisuus on vaahtoutuminen, sillä erilaiset laitteiden anturit voivat vaurioitua ja vaahto vaikeuttaa pesuaineen liikkumista. Emäspohjaiset pesuaineet irrottavat happamia pesuaineita paremmin proteiineja ja rasvaa. Emäspohjaisissa pesuaineissa käytetään usein natriumhydroksidia eli tutummin lipeää, kun taas happamissa pesuaineissa

käytetään usein typpihappoa. Happamat pesuaineet soveltuvat paremmin maito- ja olutkiven, suolojen ja pinnoille palaneen lian puhdistamiseen. Kun halutaan saavuttaa hyvä pesutulos, on pesuaineisiin lisätty usein myös erilaisia pinta-aktiivisia aineita. Nämä aineet alentavat veden pintajännitystä, jolloin pesuaineen vaikuttava aine pääsee vaikuttamaan paremmin likamolekyyleihin. (Wirtanen, 2002, s. 109)

Virtausnopeutta säätämällä voidaan vaikuttaa mekaaniseen puhdistustehoon. CIP-pesu edellyttää tehokkaaseen pesuvaikutukseen pääsemiseksi virtausnopeuden ylittämisen 1,5 m/s ja virtauksen on oltava turbulენტista. Putkistot eivät ole koskaan pelkästään suoria, vaan ne muodostavat mutkia ja kapenevat tai levenevät välillä. Nämä seikat aiheuttavat painehäviöitä ja hidastavat virtausta, tällöin virtausnopeuden täytyy käytännössä olla nopeampi kuin 1,5 m/s. (Wirtanen, 2002, ss. 110–111)

CIP-pesuilla on merkittävä vaikutus prosessilaitteistolla valmistetun tai linjastoissa kiertävän lopputuotteen kannalta. Lopputuote ei saa kontaminoitua pesuaineiden tai lian kanssa, vaan sen täytyy olla puhdasta. Erilaisilla mikrobiologisilla analyysillä voidaan varmistua pesun onnistumisesta, jolloin myöskään riskiä sekoittumiseen lopputuotteen kanssa ei ole.

3.3 CIP-pesun vaiheet

Tyypillinen CIP-pesu voidaan jakaa kuuteen eri vaiheeseen: Esihuuhtelu, emäspesu, välihuuhtelu, happopesu, desinfiointi/sterilointi ja loppuhuuhdeltu. On huomioitavaa, että desinfiointia tai sterilointia käytetään vain tarvittaessa, muut vaiheet toistuvat yleensä aina reseptistä ja tarpeesta riippuen. Esimerkiksi mikäli tarvitaan pelkkä emäspesu, ei tällöin tule happopesua ja toisinpäin. (Moerman ym., 2014, Luku 10.2.7 Applied CIP programme)

Esihuuhtelussa käytetään joko edellisistä pesuista talteen otettua huuhteluvettä tai uutta puhdasta vettä laitteiston huuhteluun. Esihuuhtelun tehtävänä on poistaa mahdollisimman paljon näkyvää tai heikosti kiinnittynyttä likaa laitteiston tai linjaston pinnoilta. Tämä lika voi olla muun muassa hiilihydraatteja, proteiinia tai rasvaa. Tässä huuhteluvaiheessa vesi kiertää pesukohteen läpi kerran ja tämä kestää yleensä noin 3–5 minuuttia. (Kunze, 2014, s. 701) Esihuuhtelussa käytetty vesi ohjataan yleensä viemäriin, sillä se on monesti jo kertaalleen edellisestä pesusta palautunutta vettä ja nyt siinä voi olla likapartikkeleita jo niin paljon, että sen säilyttäminen olisi puhtausriski säiliölle. (Moerman ym., 2014, Luku 10.2.7 Applied CIP programme)

Seuraava pesuvaihe on emäspesu. Tämä tapahtuu emäksisellä pesuaineella, usein natriumhydroksidilla eli lipeällä. Emäkselle on asetettu jokin pitoisuus ja lämpötila, jossa se

pysyy koko pesun läpi. Emäspesussa vaikutusaika on yleensä pitkä riippuen pesukohteesta, noin 20–60 min. Pitkä vaikutusaika voi vaatia pesuaineen kierrätyksen useampaan kertaan. Emäksinen pesuaine kiertää takaisin emässäiliöön, jossa johtokykymittarin avulla pesukeskus osaa väkevöidä emäksen sille haluttuun pitoisuuteen. (Moerman ym., 2014, Luku 10.2.7 Applied CIP programme) Emäspesussa käytettävä lipeä reagoi proteiinien ja rasvojen kanssa voimakkaasti ja lisää niiden liukoisuutta, jolloin ne saadaan helposti ja nopeasti pois puhdistettavilta pinnoilta. Lämpötiloilla voidaan vielä tehostaa proteiinien ja rasvojen pois huuhtoutumista. On tärkeää saada nämä liat pinnoilta pois, sillä ne heikentävät lämmönsiirron tehokkuutta tuotannossa. (Hill, 2015, s. 235)

Kun emäspesu on päättynyt, alkaa välihuuhtelu, jossa puhtaalla pesuvedellä poistetaan emäsjäännökset ja mahdolliset irtonaiset liat. Välihuuhtelun vesi voidaan kierrättää useampaan kertaan läpi laitteiston tai linjaston. Välihuuhtelu on valmis, kun ei havaita jäämiä emäksestä. Tätä voidaan seurata esimerkiksi johtokykymittareilla. Välihuuhtelun kesto on keskimäärin 10–15 minuuttia. (Kunze, 2019, s. 701) Huuhteluun käytetty vesi voidaan ottaa talteen paluuvesisäiliöön seuraavaa esihuuhtelua varten (Moerman ym., 2014, Luku 10.2.7 Applied CIP programme).

Happopesu tehdään kierrättämällä happamaa pesuainetta laitteistossa tai linjastossa. Emäspesun jälkeen pintoihin voi jäädä pesuainekalvoja, joita välihuuhtelulla ei saada pois, tällöin happopesu on erinomainen lisä pesuun. Happopesuaineet puhdistavat ja samalla lievästi steriloiivat pintoja eivätkä niinkään poista likaa, kuten emäspesuaineet. Happopesut eivät siis sovellu yksinään tehtäviksi likaisille linjoille tai laitteistoille, vaan vaativat ensin emäspesun. (Hill, 2015, s. 235) Hapon vaikutusaika on lyhyt verrattuna emäkseen, noin 5–20 min. Happopesun jälkeen pesuneste kierrätetään takaisin happosäiliöön, missä se johtokykymittarin avulla väkevöidään sille haluttuun pitoisuuteen. (Moerman ym., 2014, Luku 10.2.7 Applied CIP programme)

Mikäli happopesun jälkeen tulee vielä desinfiointi tai sterilointi, tehdään toinen välipesu. Kun välipesu on ohitse, voidaan aloittaa desinfiointi tai sterilointi. Desinfiointi tapahtuu kierrättämällä desinfiointiainetta laitteistojen tai linjastojen läpi. Sterilointi tapahtuu pelkällä kuumalla vedellä. Desinfiointiaineen vaikutusaika voi olla 10–60 min ja steriloinnin vähintään 20 min. (Moerman ym., 2014, Luku 10.2.7 Applied CIP programme)

Loppuhuuhdeltu poistaa desinfiointiainejäämät prosessista. Loppuhuuhdeltuun käytetty huuhteluvesi otetaan talteen paluuvesisäiliöön. Huuhtelu-aika on noin 5–10 min ja huuhtelun ja koko pesun onnistumista voidaan seurata muun muassa pH:ta tai johtokykyä mittaamalla, kun tiedetään että lopussa huuhteluveden tulee olla puhdasta. Joissakin tapauksissa

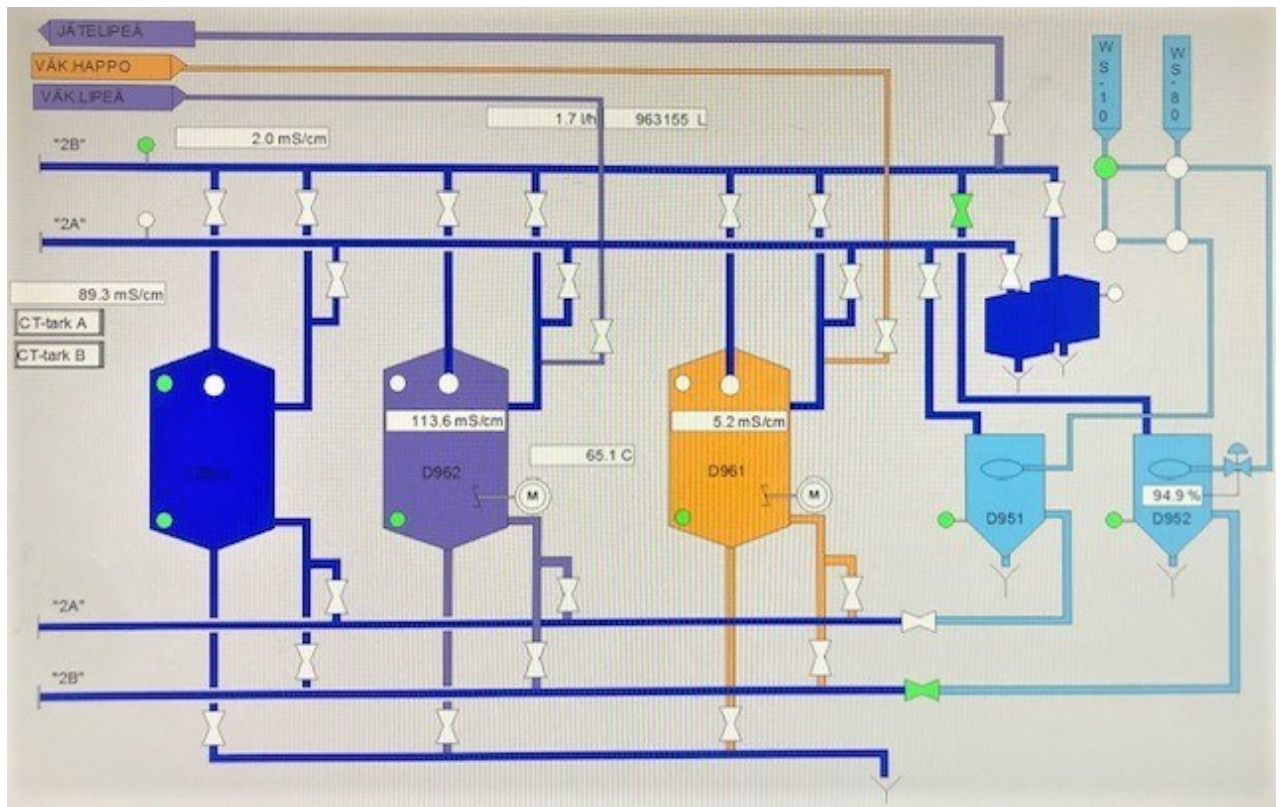
loppuhuuhtelun puhdas vesi voidaan jättää linjastoon odottamaan seuraavaa käyttöä.
(Moerman ym., 2014, Luku 10.2.7 Applied CIP programme)

3.4 CIP-pesut Sinebrychoffin panimolla

Sinebrychoffin CIP-pesujen ohjaus tapahtuu automaatiojärjestelmän kautta prosessivalvomosta. Panimon pesujärjestelmänä on luvussa 3.2.1. selitetty re-use järjestelmä, eli pesukeskuksessa on omat emäs- ja happosäiliöt sekä palautusvesisäiliö ja järjestelmä käyttää pesuaineita uudelleen (Kuva 1). Palautusvesisäiliö on tumman sininen vasemmalla oleva säiliö, lipeäsäiliö on violetti ja happosäiliö oranssi. Kuvassa näkyvät pienet vaaleansiniset säiliöt ovat huuhteluvesisäiliötä, joihin tulee puhdas vesi WS-10 ja WS-80 linjoja pitkin. Emäkselle ja hapolle on myös omat lisäaineensa. Pesukeskukseen kuuluu myös lämmönvaihdin, joka säätelee pesuaineet ja huuhteluveden haluttuun lämpötilaan. Lämmönvaihdin ei ole kuvassa 1 näkyvässä. Ohjelma mittaa säiliöiden johtokykykymittareiden avulla emäksen ja hapon vahvuutta ja säätelee niihin lisää emästä tai happoa tarvittaessa. Lipeäsäiliölle on oma lämpötilamittari, jonka avulla seurataan, että lipeä on pesureseptin mukaan vaaditussa lämpötilassa.

Sinebrychoffin CIP-pesut etenevät omia putkistoja prosessilaitteisiin ja linjastoihin erilaisten pumppujen ja venttiilien automaatio-ohjauksen avulla. Pesuputkiston loppupäässä on johtokykykymittari, joka antaa tiedon, milloin loppupäässä virtaa lipeä, happo tai pesuvesi. Johtokyvyn avulla voidaan seurata myös sitä, milloin pesuaine on huuhdeltu onnistuneesti pois. Putkiston alussa ja lopussa on virtausmittarit sekä lämpötilamittareita. Lämpötilalla seurataan, että pesuvesi tai pesuaineet kiertävät koko putkiston ja laitteiston läpi ennalta määrätyissä lämpötiloissa. Virtausmittarit kertovat virtauksen putkistossa ja niiden avulla nähdään, milloin putkiston loppupäähän tulee laitteiston läpi kiertänyt pesuaine ja voidaan laskea, kauanko kiertämisessä menee. (Oy Sinebrychoff Ab, Henkilökohtainen tiedonanto, 15.5.2023)

Kuva 1 Eräs Sinebrychoffin panimon pesukeskus (Oy Sinebrychoff Ab, henkilökohtainen tiedonanto, 15.5.2023).



4 Menetelmät

Opinnäytetyössä käytettäviä menetelmiä ovat käytännön testaukset eli koeajot, kirjallisuuden tutkiminen sekä laboratorioanalyysit. Näiden menetelmien avulla pyritään vastaamaan kaikkiin tutkimuskysymyksiin. Koeajoista kerätään huuhtovesinäytteitä, joista analysoidaan aistinvaraisin menetelmin ulkonäköä, hajua, tuntoa sekä lämpötilaa ja tehdään pH:n mittaukset. Laboratoriossa näytteistä tehdään mikrobiologiset analyysit käyttäen kahta erilaista kasvatusalustaa: Petrifilmiä ja UBA ae:ta. Näillä kasvatusmenetelmillä seurataan kokonaisbakteerien kasvua.

4.1 Koeajo ja näytteenotto

Prosessilaitteiston pesujen käytännön testauksesta käytetään nimitystä koeajo. Nämä koeajot ajoittuvat prosessilaitteiston tuotannon aikataulun mukaan, jolloin pesujen aikataulu on tuotannosta riippuvainen. Osa koeajoista tehdään ennen prosessilaitteistolla tehtävää tuotantoa ja osa tuotannon jälkeen. Koeajo pitää sisällään prosessilaitteiston pesun

ohjauksen, prosessilaitteistolla tehtävän aistinvaraisen tutkimisen sekä näytteiden oton ja analysoinnin. (Oy Sinebrychoff Ab, Henkilökohtainen tiedonanto, 15.5.2023)

Näytteitä kerätään jokaisesta lipeän jälkeisestä huuhtelusta kolmesta eri kohdasta, joita ovat A, B ja C (Taulukko 1). Huuhteluvesinäytteitä kerätään siis yhteensä huuhteluiden lukumäärän mukaan 5–11 kpl. Näytehanat A ja B sijaitsevat prosessilaitteistolla ja näytehana C sijaitsee pesukeskuksen läheisyydessä. Näytehana A sijaitsee prosessilaitteiston lopputuotteen linjassa ja näytehana C sijaitsee prosessilaitteiston sivutuotelinjassa. Näistä näytteistä viimeisen näytteenottoaika eli näytehana C:n näyte on pesutuloksen kannalta olennaisin. Muiden näytehanojen näytteet antavat osviittaa, miten pesu toimii eri välihuuhteluiden aikana.

Taulukko 1. Koeajojen näytteenottosuunnitelma.

Näytehana	Huuhtelu			
	1	2	3	4
A	x	x	x	x
B	x	x	x	x
C		x	x	x

Huuhteluvesinäytteiden lisäksi otetaan jokaisen pesun aikana yksi näyte myös taloon tulevan raakaveden näytteenottohanasta. Näin ollen analysoitavia näytteitä on lopulta huuhteluiden mukaan yhteensä 6–12 kpl.

Laadunvalvontalaboratorioon otetaan mikrobiologinen näyte näytehanasta C aina viimeisessä huuhtelussa. Ennen pesujen alkamista näytehana höyrytetään. Näin voidaan varmistua mikrobiologisen näytteen oikeanmukaisuudesta, sillä tiedetään, tuleeko mahdolliset mikrobiologiset poikkeamat itse näytteestä vai onko hana ollut likainen.

4.2 Aistinvarainen analyysi

Prosessilaitteiston pesun ollessa käynnissä ja näytteitä kerätessä katsotaan, tunnustellaan sekä kuunnellaan prosessilaitteistolla olevia putkistoja ja osia. Prosessilaitteistolla on lämpötilamittareita, mutta tunnustelun avulla havainnoidaan, että kaikki laitteiston osat ovat kierronvaiheen mukaisissa lämpötiloissa. Huuhteluvesinäytteistä analysoidaan lämpötilaa eli onko näyte lämmin vai kylmä, kirkkautta, väriä sekä hajua. Aistinvaraisia tuloksia arvioidaan sekä sanallisesti että myös värikoodein (Kuva 2). Aistinvarainen osuus on hyväksytty silloin, kun näyte on kirkas, väritön, siinä ei ole tuoksua ja se on kylmä. Tällöin tulos merkitään myös vihreällä värillä. Mikäli jokin näistä ei toteudu näyte on hylätty ja merkitään tulos punaisella.

4.3 Kokonaisbakteerit

Tässä luvussa kerrotaan kokonaisbakteerien mittaamisesta huuhteluvesinäytteistä. Kokonaisbakteereita mitataan petrifilm- ja UBA ae- viljelyiden avulla. Lähteinä on käytössä Sinebrychoffin laadunvalvontalaboratorion sisäisiä työohjeita.

4.3.1 Petrifilm

Sinebrychoffin oma laadunvalvontalaboratorio suorittaa huuhteluvesinäytteen Petrifilm-viljelyn. Petrifilm-kasvatusalustoiden avulla mitataan kokonaisbakteerien määrää näytteissä. Laadunvalvontalaboratoriossa käytettävä petrifilm on 3M™ Petrifilm™ Aerobic Count (AC). 3M™ Petrifilm™ on näytevalmis kasvatusalusta, minkä ansiosta se on nopea tapa saada näytteet viljeltyä. Kasvatusalustalle annostellaan pipetin avulla 1 ml näytettä, jonka jälkeen näyte levitetään siihen tarkoitetulla levittimellä. Alusta siirretään inkuboitumaan 22 asteeseen kolmeksi vuorokaudeksi, minkä jälkeen siitä luetaan mahdollisten pesäkkeiden lukumäärä. Pesäkkeitä saa olla korkeintaan 20pmy/ 1 ml. Tuloksien havainnoimiseen käytetään kuvassa 2 olevia värikoodeja. Värikoodien rajoina toimii 0-5 pmy/ 1 ml (vihreä), 5-20pmy/ 1 ml (keltainen) ja >20 pmy/ 1 ml (punainen). (Oy Sinebrychoff Ab, Henkilökohtainen tiedonanto, 9.6.2023)

4.3.2 UBA ae

Sinebrychoffin oma laadunvalvontalaboratorio suorittaa huuhteluvesinäytteen UBA ae - viljelyn. UBA eli Universal Beer Agar on kasvualusta, jonka ominaisuudet ovat lähempänä oluelle tyypillisiä ympäristöolosuhteita. Ae viittaa aerobisiin eli hapellisiin olosuhteisiin. UBA-maljat tehdään DIFCO Universal Beer Agar -jauheesta, joka sekoitetaan veden ja oluen kanssa. Olut parantaa kasvualustan selektiivisyyttä panimoympäristön mikrobeihin ja se stimuloi oluenpilaajamikrobien kasvua. Oluesta tuleva alkoholi ja humalayhdisteet estävät useiden ei olutta pilaavien mikrobien kasvua. Alustaan lisätään lisäksi vielä kalsiumkarbonaattia ja bromokresolivihree väri-indikaattoria. Väri-indikaattori auttaa tunnistamaan happoa muodostavat pesäkkeet.

Maljojen valmistuttua huuhteluvesinäytteet viljellään niihin kalvosuodatusmenetelmällä, jolloin näytteen bakteerit jäävät kalvolle. Kalvo siirretään aseptisia työskentelytekniikoita käyttäen UBA-maljalle ja maljat laitetaan inkuboitumaan aerobisiin olosuhteisiin 27 asteeseen kolmeksi vuorokaudeksi. Maljoilta luettavien mahdollisten pesäkkeiden maksimimäärä saa olla 20pmy/ 100 ml. Tuloksien havainnoimiseen käytetään kuvassa 2 olevia värikoodeja. Värikoodien rajoina toimii 0-5pmy/ 1 ml (vihreä), 5-20pmy/ 1 ml

(keltainen) ja >20pmy/ 1 ml (punainen). (Oy Sinebrychoff Ab, Henkilökohtainen tiedonanto, 9.6.2023)

4.4 pH

Jokaisesta näytteestä mitataan pH, joka kertoo, onko huuhteluvedessä vielä lipeää. Sinebrychoff on määritellyt raja-arvot huuhteluvesien pH:lle, joita tässä työssä on käytetty todentamaan pesun onnistumista eri värikoodein. Tarkkoja raja-arvoja ei haluttu paljastaa, joten värikoodit ilmentävät liikennevalojen tavoin, mikä on hyväksytty, rajalla tai hylätty tulos (Kuva 2). Jotta voidaan varmistua mittausten tuloksien oikeanmukaisuudesta, pH-mittari kalibroidaan aina ennen näytteiden analysointia ja kaikki näytteet mitataan huoneenlämpöisinä. Mittaukseen käytetään panimolta löytyvää pöytä pH-mittaria.

Kuva 2. Värikoodit pesujen tuloksille.

	Hylätty
	Rajalla, mutta hyväksytty
	Hyväksytty

5 Työn toteutus

Työ suoritettiin Sinebrychoffin panimolla Keravalla tuotannon aikataulujen mukaan. Koeajot aloitettiin maaliskuun lopussa 2023, ja ne kestivät noin 5 kk.

Prosessilaitteistolle oli valmiiksi asetettu tuotevalmistajan määrittämät pesutavat sekä laitteen sisäiset sekvenssit. Työ aloitettiin tutustumalla näihin sekvensseihin ja prosessilaitteiston toimintaan. Etsittiin tiedot mitä sekvenssejä tai asioita voitiin itse määrittää ja muuttaa, ja mitkä taas ovat sellaisia asioita mihin ei ollut mahdollisuutta vaikuttaa. Huomattiin että muun muassa virtausnopeuksiin ei ollut mahdollisuutta vaikuttaa, mutta eri sekvenssien keston voitiin vaikuttaa. Näin ollen virtausta pystyttiin ajallisesti kasvattamaan tai pienentämään.

Pesureseptinä käytettiin PPNK, missä ensimmäinen P tarkoittaa pitkää pesua ja toinen P kertoo, että pesussa käytetään palautusvettä. Pesureseptin N tarkoittaa lipeäpesua ja K, että lipeän vahvuus on korkea. Korkea lipeän vahvuus pesureseptissä on määritetty yli 85 mS/cm. Prosessilaitteiston pesu tapahtuu erilaisten kierrosten avulla. Kierrosten pituuteen voitiin vaikuttaa ja niitä voitiin lisätä tai poistaa. Pesussa seurattiin virtausmittareita, lämpötiloja sekä johtokykyä prosessilaitteistolla ja pesukeskuksella. Johtokyvyn seuraaminen

oli erityisen tärkeää, jotta nähdään kiertääkö lipeä prosessilaitteiston kokonaan. Myös pesusekvenssejä seurattiin pesun aikana tarkasti, jotta tiedettiin näytteenottoajankohdat.

Prosessilaitteiston pesu aloitettiin laitevalmistajan suosittamalla pesulla, jotta nähtiin, mikä on lähtötilanne. Kun oltiin perillä, miten pesu käytännössä toimii ja mitä kaikkia asioita seurata pesun aikana, oli pesureseptin muokkaus helpompaa. Muokkaaminen aloitettiin lisäämällä yksi huuhteluvesikierto (Taulukko 2). Tulosten perusteella tehtiin toisto samalla pesureseptillä seuraavana näytteenottopäivänä. Näytteenottopäivänä 4. huuhteluaikaa pidennettiin 60 sekuntia. Näytteenottopäivinä 5., 6. ja 7. tehtiin sama pesu kuin 4. päivänä. Näiden neljän pesun tulosten perusteella muokattiin pesureseptiä poistamalla yksi huuhteluvesikierto ja lisäämällä toisen huuhteluvesikierron aika 10 minuutilla. Tämä pesu toistettiin 8. ja 9. näytteenottopäivinä. Taas saatujen tulosten perusteella tehtiin muokkaus prosessilaitteiston sisäisiin sekvensseihin, niin että prosessilaitteiston erään osan huuhteluaikaa pidennettiin. Seuraava pesureseptin muutos tehtiin lisäämällä huuhteluaikaa 10 minuutista 15 minuuttiin. Tämä pesu suoritettiin 11. ja 12. näytteenottopäivinä. Tulosten tullessa, päätettiin lisätä kolmas huuhteluvesikierto takaisin ja vähentää huuhteluaikaa 15 minuutista takaisin 10 minuuttiin.

Taulukko 2. Pesureseptin muutokset eri näytteenottopäivinä.

Näytteenottopäivä	Pesutapa
1	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua, laitevalmistajan suositus
2	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua
3	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua (toisto 2. näytteenottopäivästä)
4	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua, huuhteluaikaa pidennetty
5	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua, (toisto 4. näytteenottopäivästä)
6	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua (toisto 4. ja 5. näytteenottopäivästä)
7	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua (toisto edellisistä)
8	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +10 min
9	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +10 min (toisto 8. näytteenottopäivästä)
10	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +10min (laitteiston muutokset)
11.	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +15min
12.	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +15min (toisto 11. näytteenottopäivästä)
13.	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua +10 min

6 Tulokset

Tässä luvussa käydään läpi, millaisia tuloksia työssä saatiin. Kappaleissa 6.1 ja 6.2 kerrotaan, millaisia tuloksia saatiin huuhtovesinäytteiden avulla ja kappaleissa 6.3 ja 6.4 käydään läpi aistinvaraiset tulokset sekä pesujen kustannukset.

6.1 Lopputulokset

Pesujen lopullisena pH:na pidettiin näytehanasta C kerättyä viimeisen näytteen pH:ta, joka on merkitty kohtaan pH taulukossa 3. Tästä samasta hanasta kerättiin aina mikrobiologinen näyte laboratorioon analysoitavaksi viimeisen huuhtelun jälkeen. Koeajojen ensimmäinen pesu suoritettiin laitevalmistajan suosittelemalla pesulla. Taulukossa 3 on havainnoitu eri menetelmillä saatujen tuloksien onnistumista värikoodeilla, jotka on kuvassa 2 selitetty. Taulukosta voi huomata, ettei ensimmäisen näytteenottopäivän tulos ollut hyväksyttävä, sillä sen pH 9,23 sekä aistinvarainen tulos on merkitty punaiseksi eli ne olivat hylättyjä. Ensimmäisen koeajon jälkeen pesuun lisättiin yksi loppuhuuhtelu, jotta kaikki lipeä huuhtoutuisi veden mukana laitteistosta pois. Tästä saadut pH:n ja aistinvaraiset tulokset olivat hyväksytyjä, mutta mikrobiologisia näytteitä ei otettu. Tulosten perusteella todettiin, ettei tehdä muutoksia seuraavaan koeajoon, vaan toteutetaan toisto näytteenottopäivästä 2. Seuraavan pesun tuloksista huomattiin, että lopullinen pH 8,01 jäi Sinebrychoffin määrittelemien lipeäpesujen pH-arvon ylärajaa liian lähelle, joten merkittiin tulos keltaisella.

Kolmannen näytteenottopäivän tuloksien perusteella lisättiin loppuhuuhteluaikaa 60 sekuntia seuraavaan pesuun. Neljännen päivän tuloksista huomattiin, että pH tippui takaisin hyväksyttävälle tasolle. Tästä pesusta tehtiin myös ensimmäiset mikrobiologiset analyysit, joiden tulokset osoittivat pesun onnistumisen. Viidentenä päivänä tehtiin toisto 4:n päivän pesusta, mutta huomattiin ettei pH:n ja UBA ae:n tulokset olleetkaan enää hyviä. Päätettiin toistaa kuudentena päivänä sama pesu kuin 4. ja 5. päivänä, mutta pH:n tulokset olivat yhä huonompia. Haluttiin varmistua vielä tulosten luotettavuudesta ja tehtiin sama pesu uudelleen. Tulokset pH:n ja aistinvaraisten suhteen olivat edelleen ristiriitaisia, joten päätettiin lähteä pidentämään viimeisen loppuhuuhtelun aikaa 10 minuuttia mutta samalla poistaa veden kulutusta ajatellen yksi huuhtelukierro.

Kahdeksannen näytteenottopäivän pesutulokset olivat kaikilla osa-alueilla hyväksyttäviä ja päätettiin toistaa sama pesu seuraavana näytteenottopäivänä. Yhdeksännen

näytteenottopäivän tulokset olivat samanlaiset kuin edellisessä pesussa. Tästä pesusta ei tehty mikrobiologisia analyysejä, joten kaikkia tuloksia ei tiedetty. Seuraavaan pesuun haluttiin kokeilla, saavutettaisiinko prosessilaitteiston pesussa vielä parempi tulos, jos prosessilaitteiston omia sekvenssejä muokataan niin, että sen tiettyjen osien huuhtelu-aika olisi pidempi. Tällä muutoksella huomattiin olevan pieni vaikutus edellisiin pesuihin verrattaessa, kun pH laski 7,33:sta 7,28:n.

Näytteenottopäivälle 11. pesua muokattiin kasvattamalla loppuhuuhtelun aikaa 10 minuutista 15 minuuttiin. Tuloksissa kaikki muut olivat hyväksytyjä, paitsi pH, joka oli 8,44. Päätettiin toistaa sama pesu vielä seuraavassa näytteenottopäivässä, jotta varmistutaan tuloksen luotettavuudesta. Näytteenottopäivänä 12. pH saatiin huuhteluilla laskemaan 7,17 ja aistinvaraiset tulokset olivat hyväksytyjä. Kun mikrobiologisten analyysien tulokset tulivat, huomattiin että UBA ae:ssa oli kasvanut pesäkkeitä yli määritetyn hyväksytyyn rajan.

Kun katsottiin kaikkia pesutuloksia kokonaisuutena 12. näytteenottopäivän jälkeen, päätettiin lisätä kolmas loppuhuuhtelu takaisin ja pienentää viimeisen loppuhuuhtelun aikaa takaisin 10 minuuttiin. Näytteenottopäivänä 13. pH:n tulos 7,53 ja aistinvaraiset olivat hyväksytyjä.

Taulukko 3. Koeajojen tulokset. Taulukosta selviää jokaisen näytteenottopäivän pesutapa, pH:n, aistinvaraisen- ja kokonaisbakteerien tulokset sekä näytteenoton ajankohta.

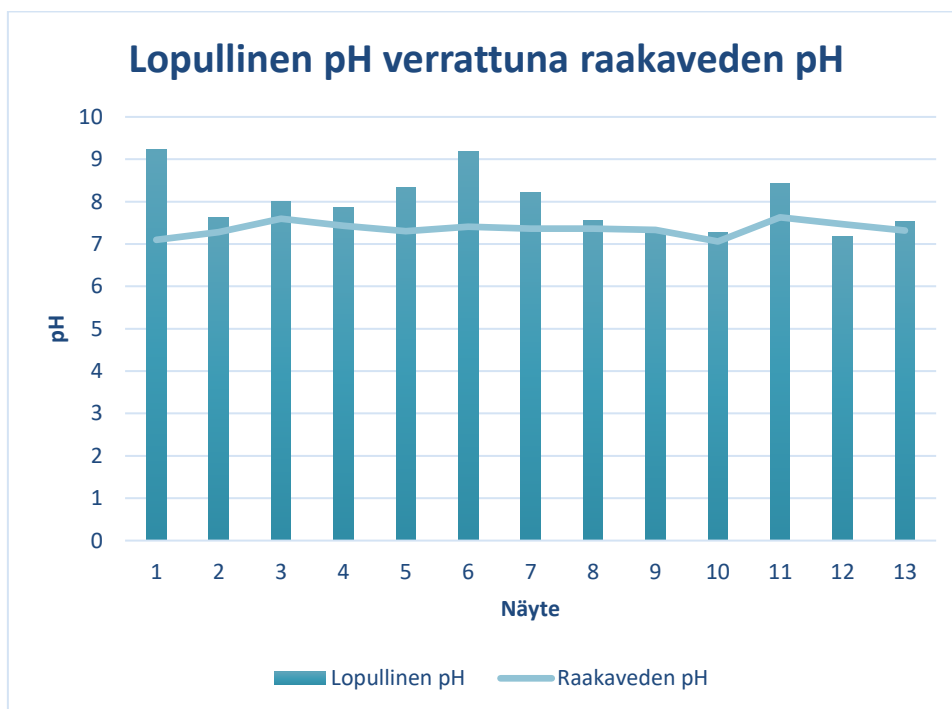
Näytteenottopäivä	Pesutapa	pH	Aistinvarainen	Kokonaisbakteerit		Näytteenotto ajankohta
				Petrifilm	UBA ae	
1	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua, laitevalmistajan suositus	9,23	Väritön, kylmä, samea, lipeän tuoksu	ei tehty	ei tehty	Ennen tuotantoa
2	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua	7,63	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä	ei tehty	ei tehty	Ennen tuotantoa
3	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua (toisto 2. näytteenottopäivästä)	8,01	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä	ei tehty	ei tehty	Ennen tuotantoa
4	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua, huuhtelu-aikaa pidennetty	7,86	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä			Tuotannon jälkeen
5	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua, (toisto 4. näytteenottopäivästä)	8,33	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä			Ennen tuotantoa
6	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua (toisto 4. ja 5. näytteenottopäivästä)	9,18	Kirkas, väritön, lipeän tuoksu, kylmä			Tuotannon jälkeen
7	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua (toisto edellisistä)	8,21	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä	ei tehty	ei tehty	Tuotannon jälkeen
8	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +10 min	7,56	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä			Ennen tuotantoa
9	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +10 min (toisto 8. näytteenottopäivästä)	7,33	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä	ei tehty	ei tehty	Tuotannon jälkeen
10	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +10min (laitteiston muutokset)	7,28	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä			Ennen tuotantoa
11.	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +15min	8,44	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä			Ennen tuotantoa
12.	2 lipeäkiertoa ja 2 huuhtelua +15min (toisto 11. näytteenottopäivästä)	7,17	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä			Tuotannon jälkeen
13.	2 lipeäkiertoa ja 3 huuhtelua +10 min	7,53	Kirkas, väritön, ei tuoksua, kylmä			Tuotannon jälkeen

Jotta huuhteluvesinäytteiden pH-arvoilla on jokin vertauskohde, otettiin taloon tulevasta raakavedestä näyte ja mitattiin sen pH-arvo jokaisena näytteenottopäivänä. Pesun loppuhuuhtelut tapahtuvat tällä raakavedellä, joten sen pH on hyvä vertauskohde sille, onko

pesu onnistunut. Mitä lähempänä loppuhuuhTELUN huuhteluvesinäytteen pH on raakaveden pH:ta, sitä onnistuneempi pesutulos on (Kuva 3).

Raakaveden pH:lla ei ole suurta vaihtelevuutta näytteenottopäivän mukaan. Voidaan huomata, että niinä päivinä, kun raakaveden pH on vähän noussut tai laskenut, niin myös pesutuloksien loppu pH on noussut tai laskenut samassa suhteessa. Kuitenkin näytteenottopäivinä, jolloin loppu pH on ollut huomattavan korkea, ei raakaveden pH ole noussut läheskään yhtä korkealle. Tämän vuoksi voidaan varmuudella sanoa, että huuhteluvesinäyte on sisältänyt lipeää eikä huomattava pH:n nousu ole johtunut taloon tulevasta raakavedestä.

Kuva 3. Lopullinen pH verrattuna raakaveden pH:seen.



6.2 Eri näytehanojen tulokset

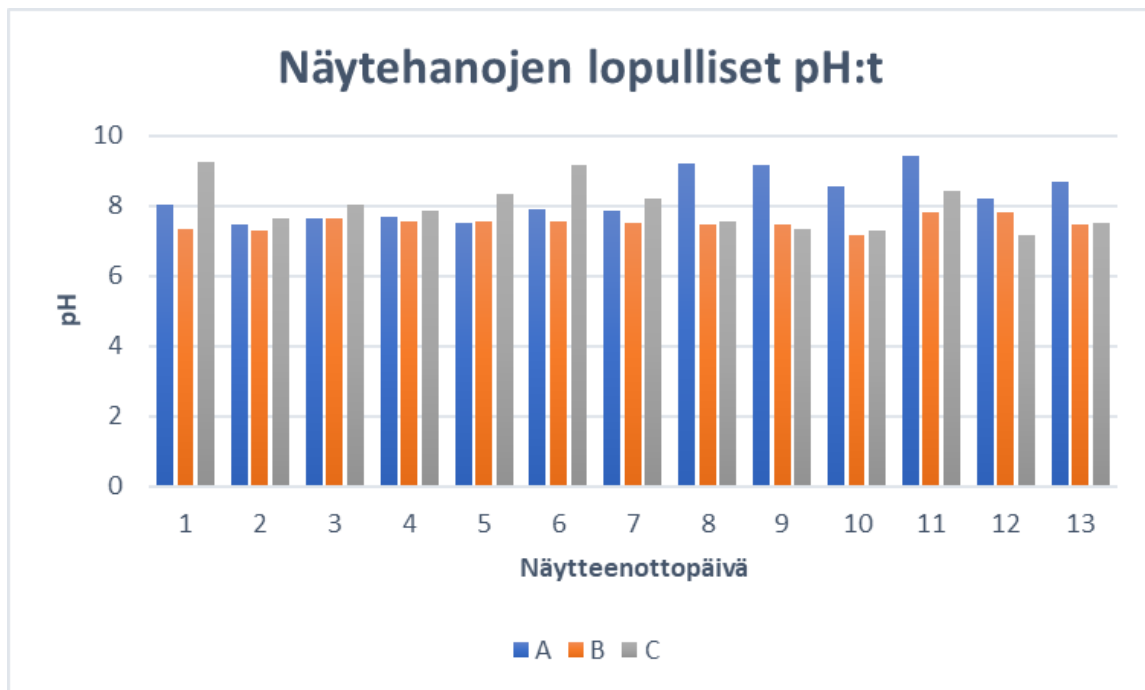
Näytteitä otettiin riippuen huuhteluiden määrästä 6–12 kpl. Kaikista näytteistä aina loppuhuuhTELUN jälkeen otetut näytteet jokaisesta kolmesta hanasta ovat pesutuloksen kannalta kaikista tärkeimmät. Alla olevassa kuvassa on esitettyinä jokaisen näytehanan loppuhuuhTELUN pH:n tulokset (Kuva 4).

Pesusta riippumatta näytehanan B pH ei vaihtelee, vaan on kuvan 3 raakaveden pH:hon nähden samanlainen. Kappaleessa 6.1 esitettyjen pesumuutoksien huomataan vaikuttaneen näytehanojen A ja C tuloksiin kuitenkin päinvastaisesti. Seitsemänten pesuun asti A

näytehanan lopullinen pH on ollut aina pienempi kuin näytehanan C. Kun pesuja muokattiin vertailemalla näytehanan C tuloksia, alkoi näytehanan A tulokset huononemaan. Seitsemännen pesun jälkeen kaikissa pesuissa lopullinen pH näytehanassa C on matalampi kuin näytehanassa A.

Näytehana A on prosessilaitteiston pesun kannalta hankalimman osan jälkeen, joten pääteltiin että kyseinen osa ei puhdistu kunnolla. Kuten taulukosta 2 näytteenottopäivän 10. kohdalla nähdään, on laitteiston sisäisiin sekvensseihin tehty muutoksia. Nämä muutokset on tehty juuri tuohon osaan, ja kuvan 5 tulosten perusteella muutoksilla ei ole ollut merkittävää vaikutusta pH:n laskuun.

Kuva 4. Eri näytehanojen loppuhuuhtelun pH jokaisena näytteenottopäivänä.



6.3 Aistinvaraiset tulokset

Aistinvaraisesti pesun onnistumista tarkasteltiin kerätyistä näytteistä sekä pesun aikana prosessilaitteistolla ja pesukeskuksella käytiin kiertämässä. Huuhteluvesinäytteiden aistinvaraiset tulokset löytyvät esitettynä sanallisesti sekä värikoodeilla taulukosta 3. Prosessilaitteistolla kiertäessä tunnusteltiin putkistoja ja eri osia mihin pesu kiertää. Tunnustelun tarkoituksena oli varmistua siitä, että pesureseptin eri kohdissa lämpötilat kaikkialla prosessilaitteistolla nousevat tai laskevat. Kun lipeäkierto oli menossa, eri osat olivat lämpimiä ja kun menossa oli vesihuuhtelu, osat olivat kylmiä. Kiertäessä myös

kuunneltiin, miten prosessilaitteisto toimii kokonaisuudessaan. Kuunneltiin milloin esimerkiksi viemäriventtiilit avautuvat ja kuuluuko mistään prosessilaitteistolta poikkeavia ääniä. Katseltiin myös, tapahtuuko mitään poikkeavia liikkeitä tai parametrien muutoksia kesken pesun. Pesukeskuksella käytiin myös kuuntelemassa ja katselemassa pesun toimintaa.

Pesuissa ei tapahtunut koko työn aikana mitään poikkeavia asioita. Prosessilaitteiston putket ja osat olivat kädellä tunnustellessa oikean lämpöisiä jokaisessa pesureseptin vaiheessa, poikkeavia ääniä ei kuulunut ja kaikki venttiilit, pumput ja mittarit toimivat kuten pitikin.

6.4 Kustannukset

Prosessilaitteiston pesulle laskettiin kustannusarvio veden- ja sähkönkulutuksen mukaan käyttäen Sinebrychoffin maksamaa sähkön ja veden hintaa. Taulukossa 4 käy ilmi prosessilaitteiston pesuun jokaisena näytteenottopäivänä kokonaisuudessa käytetyn sähkön hinta, pesuun tarvittun veden hinta sekä näiden kahden yhteenlaskettu pesun kokonaiskustannus.

Toisessa sarakkeessa näkyvä prosessilaitteiston kokonaisuudessa käyttämä sähkön hinta on laskettu pesuun kuluneen ajan ja yrityksen maksaman sähkön hinnan mukaan €/MWh. Tähän sähkönkulutukseen kuuluu vain ja ainoastaan prosessilaitteiston eri osien kuluttama sähkö. Pesun keston määrää se kuinka monta lipeä- ja huuhtelukierrosta siinä on ja kuinka kauan huuhtelu on kestänyt.

Kolmannen sarakkeen veden hinta on laskettu pesuun käytetyn vedenkulutuksen ja veden hinnan mukaan €/m³. Pesujen vedenkulukseen ei voitu itse vaikuttaa, sillä vedenkulutus oli riippuvainen muun muassa siitä, mikä pesu pesukeskuksella oli ennen prosessilaitteiston pesua tai oliko pesun alkaessa palautusvesisäiliö täynnä. Pesun virtausnopeuksiin ei voitu vaikuttaa itse, joten virtausnopeuksien eläessä hieman vettäkin kului vaihtelevasti.

Neljännessä sarakkeessa on laskettuna pesun kokonaiskustannus €/MWh/m³. Kokonaiskustannus on laskettu veden ja sähkön hintojen summana. Kokonaiskustannusta tarkastellessa huomataan, että kustannukset ovat samanlaisia lähes kaikissa pesuissa. Näytteenottopäivien 7. ja 13. kustannukset ovat muita suuremmat, sillä veden kulutus on ollut muita näytteenottopäiviä suurempaa. Pesukiertojen määrä ei vaikuta merkittävästi kustannuksiin, vaan suurin kustannus vedenkulutuksen osalta tulee huuhteluajkojen lisäämisestä kiertojen lukumäärän suhteen.

Taulukko 4. Pesun kustannukset. Taulukosta nähdään omista sarakkeista, kuinka paljon prosessilaitteiston pesuun käytetty sähkö ja vesi kustantavat panimolle, ja mikä on näiden yhteenlaskettu kokonaiskustannus.

Näytteenotto-päivä	Prosessilaitteiston kokonaisuudessa käyttämän sähkön hinta (€/MWh)	Veden hinta pesussa (€/m ³)	Pesun kokonaiskustannus (€/MWh/m ³)
1	2,61	5,97	8,58
2	3,74	12,34	16,08
3	3,81	11,76	15,57
4	3,92	12,49	16,40
5	3,74	11,79	15,53
6	3,83	12,94	16,77
7	3,98	14,11	18,10
8	3,48	9,63	13,11
9	3,65	11,25	14,91
10	3,83	11,57	15,39
11	3,92	12,31	16,23
12	4,00	10,96	14,96
13	4,35	17,46	21,81

7 Johtopäätökset ja pohdinta

Tässä luvussa käydään läpi johtopäätöksiä, pohdintaa ja mahdollisia jatkotutkimuksia. Lisäksi kappaleessa 7.4 on pohdintaa opinnäytetyöprosessin suorittamisesta.

7.1 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida uuden prosessilaitteiston käyttöönottoon liittyvä pesu työn tilaajan tarpeisiin. Työssä tarkasteltiin pesun tehokkuuteen liittyviä tekijöitä, pesukustannuksia ja pesun onnistumista analysoitiin eri menetelmien avulla. Työ oli työelämälähtöinen ja koeajot liittyivät joko tuotantoa edeltäviin tai tuotannon jälkeisiin pesuihin. Tämän vuoksi tulokset ovat merkittäviä työn tilaajalle, mutta työn rakenteesta ja kulusta voivat hyötyä myös muut alan yritykset. Jokaisesta koeajosta saatiin kaikki huuhteluväsinäytteet kerättyä, mutta osa mikrobiologisista näytteistä jäi keräämättä.

Kokonaisuudessaan pesureseptin optimoinnilla saavutettiin parannusta alkuperäiseen tuotevalmistajan pesuun verrattuna. Työn aikana tehdyt sekvenssien muutokset vaikuttivat näytehanoihin A ja C enemmän kuin näytehanaan B. Näytehanojen A ja C tulokset ovat prosessilaitteistolla tehtävän lopputuotteen kannalta tärkeämpiä ja optimointia suoritettiin niiden tulosten pohjalta. Koska mikrobiologinen näyte otettiin näytehanasta C, sen hygienia varmistettiin jokaisessa näytteenotossa höyrytyksellä.

Työssä kerätyn aineiston ja saatujen tulosten perusteella vastataan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Mikä on pesun merkitys prosessilaitteiston turvallisen käytön varmistamiseksi?
2. Mikä on tehokkain pesu prosessilaitteistolle?
3. Mikä on kustannustehokkain pesu prosessilaitteistolle?

Tutkimuskysymykseen 1 vastaus etsittiin alan kirjallisuudesta. Pesujen merkitys on poistaa mahdolliset tuotejäämät ja lika prosessilaitteistosta. Pesun on oltava riittävän tehokas, jotta huuhteluvettä ja pesuainetta voidaan käyttää uudestaan eikä se menisi viemäriin.

Tutkimuskysymykseen 2 ja 3 vastaus löydettiin koeajojen tuloksia ja tarkempia tietoja tarkastellessa. Koska kaikki koeajot toteutettiin samalla PPNK-pesumenetelmällä, pystytään tuloksia vertaamaan suoraan toisiinsa myös kustannusten osalta. Tehokkain pesu prosessilaitteistolle ei välttämättä ole samalla kustannustehokkain pesu, joten tutkimuskysymysten asettelu ei tuo yhtä oikeaa vastausta. Pesureseptin muokkaamisella on suora vaikutus veden ja sähkön kulutukseen. Vedenkulutukseen vaikuttaa myös pesukeskuksella ollut edellinen pesu, minkä vuoksi veden kustannukset nousivat joissakin koeajoissa huomattavasti suuremmiksi kuin toisissa.

Näiden koeajojen perusteella tehokkain pesu laitteistolle taulukossa 3 olevia loppu pH:ta, aistinvaraisia sekä mikrobiologisia tuloksia sekä kuvan 5 kaikkien näytehanojen pH:ta tarkastellessa olisi näytteenottopäivän 10. pesuresepti. Kuitenkaan kyseisen päivän kustannukset eivät ole alhaisimmat. Toinen vaihtoehto tehokkaimmaksi pesuksi on näytteenottopäivän 2. pesuresepti. Näytteenottopäivänä 2 ei kuitenkaan vielä kerätty mikrobiologista näytettä, joten sen kaikkia analyysejä ei ole voitu todeta hyväksytyiksi.

Toisaalta kustannustehokkain pesu laitevalmistajan pesua lukuun ottamatta olisi näytepäivän 8. pesuresepti taulukon 4 kokonaiskustannusten perusteella. Kun verrataan 8. näytteenottopäivän kaikkien näytehanojen pH:n, aistinvaraisen ja mikrobiologisten

analyysien tuloksia niin voidaan todeta, ettei kyseinen pesu ole näytehanan A tuloksien perusteella tehokas.

Tulosten perusteella ei voida siis suoraan antaa vastausta tutkimuskysymyksiin 2 ja 3, mutta voidaan todeta, että tehokkuuteen sekä kustannustehokkuuteen vaikuttavat eri asiat, jotka sulkevat toisensa väkisin pois. On siis löydettävä pesuresepti, joka on mahdollisimman kustannustehokas pesutulosten turvallisuuden ja laadun takaamiseksi. Tällainen resepti olisi näytteenottopäivänä 12. tehty pesu. Kyseisen näytteenottopäivän tulokset ovat hyväksytyjä kaikilta osin ja kaikkien näytehanojen pH:t ovat lähellä tilaajan määrittämää hyväksytyä rajaa. Näytteenottopäivän UBA ae-viljely on keltaisella, mutta se ei kuitenkaan hylkää tulosta, jolloin siihen ei ole välttämättä tarpeellista reagoida.

7.2 Pohdinta

Koska prosessilaitteisto oli hyvin monimutkainen, sen pesutapa oli poikkeuksellinen yrityksen muihin pesuihin nähden ja tämä toi pesun optimointiin monia haasteita. Kaikista näytteistä ei tehty alussa mikrobiologisia analyyseja, sillä oli tiedossa, ettei ensimmäiset pesut ole vielä tarpeeksi hyviä, vaan resepti vaatii muutoksia. Jälkeenpäin olisi ollut mielenkiintoista nähdä alusta asti, mitä mikrobiologisista analyyseistä olisi tullut tuloksiksi.

Kulutusten seurannassa huomattiin, että emme voi itse vaikuttaa merkittävästi veden tai lipeän kulutukseen. Myös lipeän väkevöintiin ennen ja jälkeen pesun, on vaikea vaikuttaa, sillä väkevöintiin tarvittava lipeän määrä on riippuvainen pesukeskuksen edellisestä pesusta. Emme myöskään voineet vaikuttaa virtausnopeuksiin, sillä ne oli jo ennalta määrätty laitevalmistajan toimesta. Tämä hankaloitti puhdistustehoa, sillä ainoastaan ajalla pystyimme lisäämään mekaanista puhdistusta, kun lipeän lämpötila ja väkevyys olivat jo korkeimmat mahdolliset. Jotkin ajalliset muutokset auttoivat ja jotkin heikensivät tuloksia. Koska pesukeskuksen edelliset pesut vaikuttavat prosessilaitteiston pesun kokonaiskustannuksiin, luotettavamman tiedon saamiseksi olisi jatkossa syytä pestä prosessilaitteisto aina tietyn pesun jälkeen.

Taulukosta 3 nähdään että näytteenottoajankohdalla ei ole vaikutusta pesutuloksiin.

Tuotannon jälkeiset mahdolliset tuotejäämät eivät ole siis vaikuttaneet pesun onnistumiseen.

7.3 Jatkotutkimukset

Pesuresepti vaatii vielä muutoksia ja lisää koeajoja, jotta saavutettaisiin kaikkien näytehanojen osalta optimaalisin pesuresepti. Ehdottomasti laitteen hankalan osan

puhdistukseen täytyisi saada enemmän mekaanista puhdistusta, tämän toteuttaminen vaatii enemmän tietoa ja vertaisarviointia esimerkiksi laitevalmistajalta. Pesuaikaa voidaan pidentää, mutta ainakaan tässä työssä sillä ei vielä saavutettu riittävää tulosta näytehanaan A. Pesuaikaa pidentämällä myös veden- ja sähkönkulutus kasvaisi entisestään. Seuraavassa vaiheessa voisi kokeilla esimerkiksi steriloinnin lisäystä pesureseptiin, jotta nähdään, auttaako kuumalla vedellä huuhtelu saamaan kaiken lipeän pois ja täten auttaisi näytehanan A pH-tuloksiin. Sterilointi voitaisiin laittaa viimeisen huuhtelukierron tilalle, näin pesuaika ei kasvaisi paljoa nykyisestä tilanteesta.

7.4 Opinnäytetyöprosessi

Opinnäytetyöprosessi oli haastava ja paikoin raskas, mutta silti erittäin opettavainen kokemus. Työ oli itselle mielenkiintoinen, joten innokkuus tekemiseen ja oppimiseen pysyi yllä koko työn ajan. Haastavin osuus työssä oli omaan osaamiseen luottaminen ja työn aikataulutus, sillä koeajojen aikataulu oli tuotannosta riippuvainen. Aikataulun vuoksi myös työn tekeminen venyi sekä vaihtelevien tulosten jälkeen oli paikoin vaikea hahmottaa miten työssä edetä. Työelämälähtöinen opinnäytetyö oli itselle mielenkiintoisin vaihtoehto ja työn suunnitteluun sekä toteutukseen sai tarvittaessa tukea ja apua tilaajayrityksen eri osastojen ammattilaisilta.

Teoriaosuuden lähteistä lähes kaikki on alan kirjallisuudesta ja artikkeleista, mutta osuudessa on myös käytetty omaa tietoa ja tilaajayrityksen henkilökohtaisia tiedonantoja. Prosessilaitteiston toimintaan ja tarkempiin kyseisen CIP-pesu vaiheisiin käytiin teoriaa vielä erikseen, mutta nämä tiedot on tilaajayrityksen puolesta haluttu jättää pois julkaistusta työstä. Kaikkiaan osaaminen karttui koko opinnäytetyöprosessin ajan lähes viikoittain ja opin paljon CIP-pesuista ja niiden tärkeydestä lopputuotteen turvallisuutta ajatellen.

Jos opinnäytetyöprosessi alkaisi uudestaan, paneutuisin enemmän tutkimussuunnitelman tekoon sekä rajaisin aikataulun selkeämmin itselleni. Kokeellinen osuus kesti alkuperäistä suunnitelmaa pidempään, mutta toisaalta näytteitä saatiin kerättyä ajateltua enemmän. Tämä antaa sekä työn tekijälle että tilaajalle paremman kuvan työn onnistumisesta ja kokonaisuudesta.

Lähteet

Beer&Brewing. (n.d.). The Oxford Companion to Beer definition of cleaning in place (CIP).
<https://beerandbrewing.com/dictionary/KkUPn95e3d/>

Enari, T. & Mäkinen, V. 2014. Panimotekniikka. 3. uusittu ja laajennettu painos. Espoo: Panimolaboratorio-Bryggerilaboratorium.

Hill, A. (Ed.). (2015). *Brewing microbiology: Managing microbes, ensuring quality and valorising waste*. Woodhead Publishing. <https://ebookcentral-proquest-com.ezproxy.hamk.fi/lib/hamk-ebooks/detail.action?docID=2057716>

Ifm. (n.d.) Johtokykymittaus CIP-laitteistossa. <https://www.ifm.com/fi/fi/shared/iio-talusta/kayttoesimerkkeja/johtokykymittaus-cip-laitteistossa>

Kunze, W. (2019). *Technology Breewing and Malting*. 6. uusittu englanninkielinen painos. VLB Berlin, Germany.

Moerman, F, Rizoulières, Ph. & Majoor, F.A. (2014), 'Cleaning-in-place', Ch. 10, in Lelieveld, H.L.M., Holah, J. & Napper, D. (eds.), *Hygiene in Food Processing: principles and practice*, N° 258, 2nd ed., Cambridge, United Kingdom, Woodhead Publishing, pp. 303-383. [\(PDF\) Cleaning in place \(CIP\) in food processing \(researchgate.net\)](#)

Sinebrychoff. (n.d.). Sinebrychoff. Sinebrychoff lyhyesti.
<https://www.sinebrychoff.fi/yhtio/lyhyesti/>

Watson Marlow Fluid Technology Solutions. (n.d.). Annostelu oluen valmistuksessa.
<https://www.wmfts.com/fi-fi/ruoka-juomat/panimo/annostelu-panimossa/>

Wirtanen, G. 2002. *Laittehygieniä elintarviketeollisuudessa*. VTT Publications 480.