

Opinnäytetyö (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Elintarviketekniikka

2010

Tapio Itäsola

CIP -SÄILIÖPESUJEN OPTIMOINTI



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Bio- ja elintarviketekniikka | Elintarviketekniikka

Toukokuu 2010 | Sivumäärä 56

Tommi Laaksonen, lehtori, Eeva-Kaarina Valtonen, valmistuspäällikkö

Tapio Itäsola

CIP -säiliöpesujen optimointi

Opinnäytetyössä oli tarkoituksena optimoida alkoholituotteiden valmistuksessa käytettyjen säiliöiden CIP -kiertopesuja. Tavoitteena oli säilyttää säiliöpesujen hyvä pesutaso entistä pienemmillä kustannuksilla. Työ aloitettiin lokakuussa 2009 jakamalla tehdas neljään pesuosastoon mitattujen kiertoaikojen perusteella. Optimointi tapahtui pesuaikoja lyhentämällä, pesun rakennetta muuttamalla ja laskemalla pesuainepitoisuutta. Muutosten vaikutusta pesun lopputulokseen seurattiin näytteenoton avulla.

CIP (Cleaning In Place) on kiertopesutekniikkaan perustuva pesumenetelmä. CIP -pesussa pesuliukset ja vesi pumpataan pestävän prosessin läpi määrättyssä järjestyksessä. Pesukierrosta palaava pesuneste ohjataan takaisin pesusäiliöihin uudelleenkäyttöä varten.

Säiliöpesussa pesunesteet suihkutetaan paineella säiliöpesurin suuttimen läpi säiliön seinämille. Pesuliuos irrottaa ja sitoo itseensä seinässä olevan lian ja valuu säiliön pohjalle. Säiliöpesuissa pesunesteiden palauttamiseen käytetään erillistä palautuspumppua, koska avoimessa pesukierrossa pesulinjaan pääsee korvausilmaa. Prosessilinjaa ei tarvitse purkaa pesun ajaksi, koska kiertopesulla pestään kaikki ne pinnat, joihin tuotekin koskee.

Kiertopesun tehokkuus riippuu neljästä tekijästä: mekaanisesta energiasta, kemiallisesta energiasta, lämpöenergiasta ja vaikutusajasta. Jos joku näistä osa-alueista jää vähemmälle, on se korvattava kasvattamalla toisen tekijän osuutta.

Pesujen lyhenemisellä saatiin säästöjä ajan, veden, pesukemikaalien ja energian kulutuksessa. Lisäksi pesuissa syntyvän jäteveden määrä laski. Yleisimmin käytettyjen pesujen osalta pesuaika lyheni keskimäärin 38 %. Saavutettu ajan säästö oli 42 h/kk. Kun ajan säästöä ei oteta huomioon, oli työstä saatu taloudellinen hyöty kuukaudessa 1478 €. Lisäksi työn aikana löydettiin muutamia parannuskohteita pesuprosessista ja näytteenotosta. Muokatut pesureseptit otettiin käyttöön tammikuun 2010 aikana.

ASIASANAT: CIP, Cleaning In Place, kiertopesu, säiliöpesu

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Biotechnology and Food Technology | Food Technology

May 2010 | 56

Tommi Laaksonen, Senior Lecturer, Eeva-Kaarina Valtonen, Manufacturing Manager

Tapio Itäsola

Optimization of CIP tank cleanings

The purpose of this study was to optimize CIP cleaning for tanks used for production of alcohol based products. The objective was to maintain good cleaning results with decreased costs. The project was started in October 2009 by dividing the factory area into four different cleaning areas. The division was made by calculating the circulating times. Washing was optimized by reducing the cleaning time, by changing the structure of the cleaning program and by decreasing detergent percentage. Impacts on cleaning efficiency were monitored by taking samples regularly.

CIP (Cleaning In Place) is a cleaning method based on the recirculation of cleaning fluids. CIP cleaning is performed by pumping cleaning detergents and water through the cleaning process. The circulated liquids are returned to cleaning vessels ready for reuse.

In tank cleaning, washing liquids are high pressure sprayed through the spray device onto the vessel walls. The cleaning liquid extracts and binds soil and settles onto the tank bottom. Tank cleaning is an open CIP circuit where substitutive air is taken into the system. Because of that, a scavenge pump is needed to return the cleaning fluids back to the cleaning vessels. The CIP process is designed to work without dismantling the pipeline circuits or other process equipment.

The effectiveness of cleaning depends on four variables: mechanical energy, chemical energy, heat energy, and time. If any of these factors is lacking, it needs to be compensated by increasing the level of the other involved factors.

On account of the tank cleaning optimization, savings were achieved by reducing cleaning time, water consumption, cleaning detergents and energy use. The amount of waste water was also reduced. The average cleaning time reduction for the most used cleaning programs was 38 %. The monthly saving in time was 42 h. The total net profit without time saving was 1478 € per month. In addition, during the project a few improvements were made to the cleaning process and sampling. The optimized cleaning programs were taken into use during January 2010.

KEYWORDS:

CIP, Cleaning In Place, cycle cleaning, tank washing

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	7
1.1 Pernod Ricard Finland Oy	7
2 CIP-KIERTOPESU	8
2.1 CIP-pesutyytit	8
2.2 Avoin ja suljettu pesukierto	9
2.3 Pesuohjelma	10
2.4 Kiertopesun vaiheet	10
2.4.1 Alkuhuuhtelu	10
2.4.2 Emäspesu	11
2.4.3 Välihuuhtelu	11
2.4.4 Happopesu	12
2.4.5 Loppuhuuhdtelu	13
2.4.6 Desinfiointi	13
3 KIERTOPESUUN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT	13
3.1 Mekaaninen energia	14
3.1.1 Mekaaninen energia linjapesuissa	14
3.1.2 Mekaaninen energia säiliöpesuissa	14
3.2 Kemiallinen energia	15
3.3 Lämpöenergia	15
3.4 Vaikutusaika	16
4 SÄILIÖPESU	16
4.1 Yleistä säiliöistä	16
4.2 Säiliön rakenne	16
4.3 Säiliön kiertopeseminen	17
4.4 Säiliöpesurit	18
4.4.1 Pesupallo	18
4.4.2 Rotaatiopesuri	19
4.4.3 Pyörivä jet -pesuri	20
4.5 Pesurin sijoitus	21
5 PROSESSIHYGIEENIA	23
5.1 Lainsäädäntö	23
5.2 Mikrobit ja biofilmin muodostus	24
5.3 Hygieeniset tilaratkaisut	25

5.4 Laitehygienia	26
5.4.1 Venttiilit	26
5.4.2 Pumput	27
5.5 Hygieeniset materiaalit	28
5.5.1 Ruostumaton teräs	29
5.5.2 Muovi	30
5.5.3 Kumi	30
5.5.4 Pinnan karheus	31
6 PESUKESKUS PERNOD RICARD FINLAND OY:LLÄ	31
6.1 Pesukeskuksen toiminta	31
6.2 Pesulinjat	32
6.3 Pesun ohjaus	33
6.4 Pestävät säiliöt	34
7 PESUJEN OPTIMOINTI	34
7.1 Optimoinnin lähtökohdat	34
7.2 Säiliöiden kiertoajat ja sijainnit	35
7.3 Koepesujen suoritus	36
7.4 Pesulinjojen 3 ja 4 optimointi	36
7.4.1 Valmistusosaston emäs-happopesuresepti	37
7.4.2 Valmistusosaston emäspesuresepti	41
7.4.3 Valmistusosaston happopesuresepti	43
7.4.4 Valmistusosaston pitkä emäs-happopesuresepti	44
7.4.5 Kylmän osaston emäs-happopesuresepti	45
7.4.6 Kylmän osaston muut pesureseptit	46
7.5 Pesulinjan 1 optimointi	46
7.5.1 Likööriosaston pesureseptit	46
7.5.2 Puristamon pesureseptit	46
8 NÄYTTEIDEN OTTO JA ANALYSOINTI	47
8.1 Näytteiden otto	47
8.2 Näytteiden analysointi	47
8.3 Näytteenoton parantaminen	47
9 TULOKSET	49
9.1 Pesuaika	49
9.2 Veden kulutus	50
9.3 Jäteveden määrä	51

9.4 Energian kulutus	52
9.5 Pesukemikaalien kulutus	53
10 TULOSTEN ARVIOINTI JA PÄÄTELMÄT	54
10.1 Kiitokset	56
11 LÄHTEET	57

KUVAT

Kuva 1. Laminaarinen ja turbulenttinen virtaus. (12)	14
Kuva 2. Pesupallo (26)	19
Kuva 3. Rotaatiopesuri. (23)	20
Kuva 4. Jet -pesuri. (23)	21
Kuva 5. Pesupallon asennuskohdat sekoitinsäiliöön. (23)	22
Kuva 6. Jet -pesurin ulottuvuus. (23)	23
Kuva 7. Biofilmin muodostuminen (31)	25
Kuva 8. Keskipakopumppu. (41)	28

TAULUKOT

Taulukko 1. Valmistusosaston emäs-happopesun koeresepti 1	37
Taulukko 2. Valmistusosaston emäs-happopesun koeresepti 2	39
Taulukko 3. Valmistusosaston lopullinen emäs-happopesuresepti	41
Taulukko 4. Valmistusosaston emäspesun koeresepti 1	42
Taulukko 5. Valmistusosaston lopullinen emäspesuresepti	42
Taulukko 6. Valmistusosaston happopesuresepti	43
Taulukko 7. Valmistusosaston pitkä emäs-happopesuresepti	44
Taulukko 8. Pesuaikojen säästöt eri osastoilla	50
Taulukko 9. Veden kulutuksen säästö	51
Taulukko 10. Jäteveden vähentäminen	52
Taulukko 11. Pesuainevaiheiden lyhentäminen	54

LIITTEET

Liite 1. Energiasäästön laskut	
--------------------------------	--

1 Johdanto

Puhtaanapidolla on suuri rooli elintarvikelaatuisten tuotteiden valmistuksessa. Lainsäädännölliset ja kaupalliset paineet tuotteen hygieenisen laadun parantamiseksi kasvavat koko ajan. Jotta tuote saavuttaisi sille asetetun vaatimustason, on valmistusprosessin oltava riittävän tehokas. Elintarviketuotannossa tehokkuutta ei voida parantaa kuitenkaan hygienian kustannuksella. Jos tuotteen hygieeninen laatu kärsii, tekee se tuotteen myymisestä mahdotonta ja jopa vaarallista. Toisaalta, hyvä hygieeninen laatu voi toimia kilpailuetuna verrattaessa tuotetta kilpailijoiden vastaaviin tuotteisiin.

Puhtaanapidon tehokkuuden parantaminen on yksi tapa laskea valmistuskustannuksia. Onnistuneella puhtaanapidon optimoinnilla on mahdollista jopa nostaa puhtaustasoa vanhasta, samaan aikaan kun puhtaanapidon kustannukset pienenevät.

Pernod Ricard Finland Oy:n Turun tehtaalla optimoitiin kiertopesujärjestelmä. Kiertopesu (CIP, Cleaning In Place) perustuu tekniikkaan, jossa pesuliuokset kierrätetään puhdistettavan prosessilinjaston läpi ilman, että linjastoa täytyy purkaa. Optimoinnin tarkoituksena oli säilyttää säiliöpesujen vanha ja hyvä pesutaso entistä pienemmillä kustannuksilla. Optimointi perustui suurimmaksi osaksi pesuaikojen lyhentämiseen. Pesujen lyhenemisen myötä saatiin säästöjä ajan, veden, pesukemikaalien ja energian kulutuksessa. Lisäksi pesuissa syntyvän jäteveden määrä saatiin laskemaan.

1.1 Pernod Ricard Finland Oy

Pernod Ricard Finland Oy on Suomen toiseksi suurin alkoholialan yritys, jonka liikevaihto oli vuonna 2008 70 miljoonaa euroa. Yhtiö tunnettiin V&S Finland Oy:nä vuoteen 2009 asti, jolloin se yhdistyi ranskalaisen Pernod Ricardin kanssa. Emoyhtiö Pernod Ricard S.A on Euroopan suurin ja maailman toiseksi suurin alkoholialan yritys. (1)

2 CIP-kiertopesu

CIP (Cleaning In Place) on alun perin elintarviketeollisuuden tarpeisiin kehitetty, kiertopesutekniikkaan perustuva pesumenetelmä. CIP -pesussa pesuliuokset ja vesi pumpataan pestävän prosessin läpi tietyssä järjestyksessä. Prosessilinjaa ei tarvitse purkaa, koska kiertopesulla pestään kaikki ne pinnat, joihin tuotekin koskee. Suurin osa pesukierrosta palaavista pesunesteistä ohjataan takaisin pesusäiliöihin uudelleen käyttöä varten. Viemäriin ohjataan ainoastaan eniten likaantunut vesi. Viemäroity vesi korvataan puhtaalla vesijohtovedellä. Kiertopesua käytetään linjojen, säiliöiden, venttiilien, lämmönvaihtimien ja koneiden pesemiseen.

Kiertopesun aikaisia puhdistusrutiineja ohjataan automaation avulla. Automaatio-ohjattu pesu takaa hyvän toistettavuuden ja pesujen tuloksissa on vähemmän hajontaa. Automaattisilla pesurutiineilla peseminen on nopeampaa ja inhimillisiä virheitä tapahtuu vähemmän. Lisäksi osa tuotantolinjoista voidaan pestä, vaikka muut osat olisivatkin samaan aikaan käytössä. Laitteistoa ei tarvitse myöskään purkaa pesua varten, jolloin pesun suorittaminen nopeutuu ja työturvallisuus paranee. (2)

2.1 CIP-pesutyytit

Yksinkertaisimmillaan kiertopesu voidaan suorittaa yhdellä pesuainesäiliöllä ja pumpulla. Pesunesteet panostetaan yksi kerrallaan säiliöön josta ne pumpataan pestävään prosessiin vuoronperään. Kerran pesuliuoksia käyttävässä kiertopesussa (eng. Single Use Cip) ei ole pesunesteiden talteenottomahdollisuutta, vaan pesuliuokset viemäroidään suoraan käytön jälkeen. Laitteisto voi olla siirrettävissä ja sopia hyvin pienen mittakaavan pesuihin. Kerran pesuliuoksia käyttävässä kiertopesussa investointikustannukset ovat alhaiset, mutta pesunesteen talteenotosta syntyviä pitkän aikavälin säästöjä ei saada. (3)

Toinen, melko harvinainen, tapa on suorittaa CIP -pesu osittaisena pesunesteiden talteenottona. Tällöin pesukeskukseen kuuluu vesi- ja

pesuliuossäiliö. Pesunesteiden kierrätys onnistuu osittain samaan tapaan kuin täyden talteenoton pesussakin, mutta pesun lopuksi pesuneste ohjataan viemäriin. Jos pestävä prosessi on hyvin likainen, voidaan kierrätetty pesuaineliuos käyttää seuraavan pesun alkuhuuhTELussa. Väli- ja loppuhuuhTELun on tapahduttava aina puhtaalla vedellä omasta vesisäiliöstään. Tarkoituksena on siis käyttää pesunestettä useamman kerran, mutta koska likaisemman veden alkuhuuhTELUSäiliötä ei ole, niin käytetty vesi on viemäroitävä. (4)

Yleisimmin käytetty pesutyyppi on täyden talteenoton kiertopesu. Pesukeskuksessa ovat omat säiliöt alkuhuuhTELUvedelle, loppuhuuhTELUvedelle ja emäkselle. Yleensä käytössä ovat säiliöt myös hapolle ja desinfiointiaineelle. Pesusäiliöiden pinnantarkkailu, pesuainepitoisuus ja lämpötilansäätö ohjataan automaation avulla. Ohjaus on automatisoitu ja tietokone on ohjelmoitu lisäämään pesuainetta tai vettä sekä kytkemään lämmitys päälle annettujen raja-arvojen mukaisesti. (4)

2.2 Avoin ja suljettu pesukierto

Avoin pesukierto tarkoittaa käytännössä sitä, että pesulinjaan pääsee ylimääräistä korvausilmaa. Säiliöpesu on tyypillinen esimerkki avoimesta pesukierrosta. Siinä pesunesteet pumpataan syöttöpumpun avulla pestävälle säiliölle johtavaan linjaan. Pesunesteet suihkutetaan paineella pesurin pesusuuttimen läpi säiliön seinämille. Pesuliuos irrottaa ja sitoo itseensä seinässä olevan lian ja valuu säiliön pohjalle. Säiliöstä pesuneste pumpataan paluulinjaan erillisen palautuspumpun avulla. Avoin pesukierto on säiliöpesujen lisäksi tehokas muissakin suurissa pesukohteissa, joiden täyttäminen suurella määrällä pesuliuosta ei olisi tarkoituksenmukaista. (5)

Suljetussa pesukierrossa pestävään linjaan puolestaan ei pääse korvausilmaa. Suljettua pesukiertoa käytetään yleisesti linjojen ja lämmönvaihtimien pesuun. Pestävä linja voidaan täyttää pesuliuksella ja kierrättää liuos yhdellä pumppauksella lähtösäiliöstä koko linjan läpi takaisin paluusäiliöön. (5)

2.3 Pesuohjelma

Kiertopesun ohjaus tapahtuu erillisestä paneelistä tai tietokoneella olevalla automaation ohjaukseen tarkoitettulla ohjausjärjestelmällä. Pesuohjelmat ovat toimintaperiaatteeltaan hyvin samanlaisia; ohjelmaan tallennettu pesuresepti jakautuu askeleisiin, joihin on ohjelmoitu pesun kulku. Peräkkäin suoritettaviin askeleisiin on ohjelmoitu pesussa tapahtuva venttiilien ohjaus, pinnantarkkailu ja pumpun ohjaus. Askeleet voivat olla ajastettuja tai sidottuja jonkin ehdon toteutumiseen. Jos pesuaskel on sidottu ehdon toteutumiseen, ehtona voi olla esimerkiksi se, että pesuliuosäiliön pinnankorkeus, lämpötila tai johtokyky saavuttaa sille asetetun raja-arvon. Tällaisessa tilanteessa ohjausjärjestelmä odottaa niin kauan että raja-arvo saavutetaan ja siirtyy vasta sitten seuraavaan askeleeseen.

Ohjausjärjestelmä voidaan myös ohjelmoida tarkkailemaan antureista saatua dataa ja hälyttämään tai toimimaan itse jos jokin annetuista raja-arvoista ylittyy tai alittuu. Eri pesuja varten voidaan tallentaa erilaisia pesureseptejä.

2.4 Kiertopesun vaiheet

Tyypillinen kiertopesu koostuu seuraavista pesuvaiheista: alkuhuuhdtelu, emäspesu, välihuuhdtelu, happopesu ja loppuhuuhdtelu. Desinfiointia käytetään tarpeen mukaan.

2.4.1 Alkuhuuhdtelu

CIP -pesun ensimmäinen vaihe on alkuhuuhdtelu, jonka tehtävänä on poistaa pestäviltä pinnoilta pelkällä vedellä irtoavat kiintoainejäämät. Alkuhuuhdteluvaihe työntää myös mahdolliset tuotejäämät pois prosessilinjasta. Alkuhuuhdteluvaiheena käytetään yleensä aikaisempien pesujen emäs-, happo- ja välihuuhdteluvaiheista talteenotettua vettä. Näin saadaan vähennettyä veden kulutusta ja hyödynnettyä veden sisältämää lämpöenergiaa ja mahdollisia pesuainejäämiä. Alkuhuuhdteluvaihe on pesun likaisinta vettä ja se viemäroidään yleensä suoraan

käytön jälkeen. Alkuhuuhteluvaiheen pituus riippuu pestävän kohteen likaisuudesta, mutta yleensä sen kesto on muutamasta minuutista kymmeneen minuuttiin. Kun irtoava kiintoaine on pesty pois, alkuhuuhtelu on valmis. (6)

2.4.2 Emäspesu

Emäspesu on pesukierron tärkein vaihe. Sen tehtävänä on irrottaa proteiini- ja rasvajäämät pestäviltä pinoilta. Emäspesussa käytetään kuumaa, 70-80 °C:sta pesuliuosta. Käytettävän emäspesuaineen valintaan vaikuttaa pestävällä laitteistolla valmistettu tuote, mutta yleensä käytössä on lipeäpohjaisia pesuaineita. Lipeää tulisi käyttää ainakin niiden prosessien pesuun, joissa ajettava tuote sisältää proteiineja. Emäspesuaineella tulee olla kyky neutraloida ja sitoa irronnut lika itseensä koko loppupesukierron ajaksi. (6). Pesuaineen tulee olla myös mahdollisimman vähän vaahtoavaa, helposti suihkutettavaa ja sopivaa käytetylle veden kovuudelle. (3)

Pesuainevalmistaja antaa yleensä käyttösuosituksen pesuaineen käyttövahvuudesta. Yleensä käytössä on noin 1 %:nen emäsluos. Pesun aikana pesuliuoksen vahvuus laimenee kun siihen sekoittuu likaa ja huuhteluvettä. (7). Emäspesuliuoksen pitoisuutta mitataan paluulinjassa sijaitsevalla johtokykymittarilla. Mitä korkeampi emäspitoisuus on, sitä korkeampaa lukemaa johtokykymittari näyttää. Emäsluos ohjataan pesukeskuksen emässäiliöön pitoisuuden ollessa riittävän korkea. Kun pitoisuus laskee alle asetetun tason, liuos ohjataan alkuhuuhtelusäiliöön tai viemäriin.

Emäspesuvaiheen kesto vaihtelee kymmenestä minuutista puoleen tuntiin, mutta erityisen vaikeilla tai suurilla pesukohteilla pesu voi kestää jopa 60 min. Pesuliuoksen lämpötilaa, pitoisuutta tai virtausnopeutta kasvattamalla pesun kesto voidaan lyhentää tiettyyn pisteeseen saakka. Riittävä pesuaika määritetään puhtausnäytteillä. (6)

2.4.3 Välihuuhtelu

Välihuuhtelulla poistetaan emäspesussa linjastoon jääneet pesuainejäämät ja samalla se työntää pesulinjaan jääneen emäsliuoksen paluulinjaa pitkin takaisin

pesukeskukseen. Vesi ohjataan emäspitoisuuden mukaan joko emäs- tai alkuluuhutusväliin. Välihuuhtelussa käytettävä vesi on aina puhdasta eli se ei ole kierrosta talteenotettua vettä. Vesi on yleensä kylmää, mutta kuumaakin vettä voidaan käyttää, jos välihuuhtelua seuraava pesuvaihe tapahtuu kuumalla vedellä. Välihuuhteluviedellä kerätään myös osaltaan talteen pesulinjaan jäänyttä lämpöenergiaa. (8).

2.4.4 Happopesu

Happopesu neutralisoi ja huuhtelee viimeisetkin prosessiin mahdollisesti jääneet emäsjäämät. Se poistaa pestäviltä pinnoilta vedestä tai tuotteesta saostuneet mineraalikerrostumat. Hapon avulla päästään eroon myös tietyistä hankalista mikrobiryhmistä, kuten itiöllisistä bakteereista. Happopesuissa käytetyt pesuaineet sisältävät typpihappoa (HNO_3) tai rikkihappoa (H_2SO_4). (9). Happopesussa käytetään kuumaa 60-75 °C:sta pesuliuosta. (8)

Happopesun tarve määräytyy sen mukaan, mikä tuote on käytössä, ja miten usein pestävää prosessilinjaa käytetään. Happopesua ei välttämättä tarvitse ajaa jokaisen pesun yhteydessä, vaan sen käyttö riippuu tuotteen ja laitteiston vaatimuksista. Happopesua voidaan käyttää kerran viikossa, esimerkiksi viikon viimeisessä pesussa, tai tarvittaessa vaikka joka pesun yhteydessä. Happopesun tarve kasvaa, jos tuote on herkkä saostumaan pestäville pinnoille, tai jos tuotantolinjassa on lämmönvaihtimia tai muita erityisen likaisia pintoja. Happopesuvaihe voi olla syytä suorittaa joka pesun yhteydessä myös niissä tapauksissa, kun laitteistoa käytetään vain harvoin. Happopesun tarpeeseen vaikuttaa myös emäspesuvaiheen pesuaine: hapon käyttötarve kasvaa, jos käytössä on emäspesuaine, joka ei sisällä veden pinta-aktiivisuutta alentavaa vedenpehmentäjää. (8). Happopesun turhaa käyttöä on kuitenkin syytä välttää sen laitteistoa korrodoivan vaikutuksen takia.

Happopesu kestää 5-20 minuuttia. Se on kestoiltaan siis lyhyempi kuin emäspesuvaihe. Happoliuoksen pesuainepitoisuus noin 0,7-1,0 %, eli se on emäsluosta alhaisempi.

2.4.5 Loppuhuuhtelu

Jos pesukohde ei vaadi lopuksi erillistä desinfiointia, on loppuhuuhtelu pesun viimeinen vaihe. Tämän takia loppuhuuhtelussa on käytettävä mahdollisimman puhdasta vettä. Huuhtelussa käytetään kylmää vettä. Loppuhuuhtelun tarkoitus on poistaa happojäämät pestäviltä pinnoilta. (8). Pesuaineiden kunnollinen huuhtelu on tärkeää, koska sillä minimoidaan pesuainejäämien päätyminen tuotteeseen. (9)

2.4.6 Desinfiointi

Desinfiointia tarvitaan vain silloin, jos pesty linja on jälkikontaminoitunut. Jälkikontaminaatio voi tapahtua, jos pestävässä linjassa on paljon kuolleita kulmia tai muita kohtia, joista lika ei lähde pesun aikana kunnolla pois. Prosessiin jäänyt lika suojaa mikrobeja, eivätkä ne peseädy pois.

Desinfiointi suoritetaan kuumalla steriilillä vedellä tai desinfiointiliuoksella. Desinfiointiliuoksissa vaikuttavana aineena on yleensä hapettava biosidi, kuten natriumhypokloriitti (NaClO) tai peretikkahappoliuos ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_3$). Desinfiointin vaikutusaika on 15 min kun veden lämpötila on $77\text{ }^\circ\text{C}$. Jos veden lämpötilaa nostetaan $94\text{ }^\circ\text{C}$:een, niin vaikutusajaksi riittää 5 min. (10)

Desinfiointia käytetään vain poikkeustilanteissa. Jos prosessin jälkikontaminoituminen on jatkuvaa, niin kuolleiden kulmien poistaminen on suositeltavampaa kuin jatkuva desinfiointi. Liiallinen desinfiointi huonosti puhdistuvassa linjassa mahdollistaa resistenttien mikrobikantojen muodostumisen.

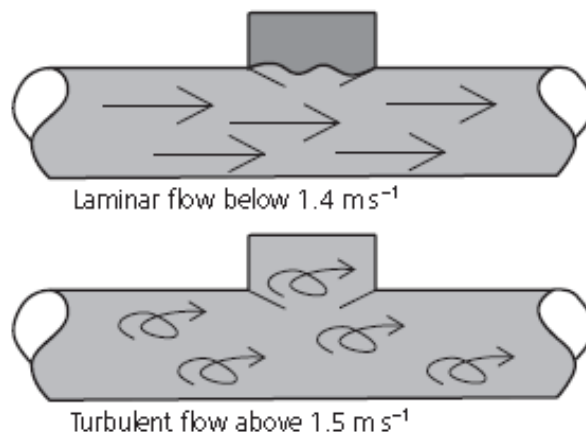
3 Kiertopesuun vaikuttavat tekijät

Kiertopesun tehokkuus riippuu neljästä tekijästä: mekaanisesta energiasta, kemiallisesta energiasta, lämpöenergiasta ja vaikutusajasta. Jos joku näistä osa-alueista jää vähemmälle, on se korvattava kasvattamalla toisen tekijän osuutta. Pesun lopputulos on näiden neljän tekijän summa. (11)

3.1 Mekaaninen energia

3.1.1 Mekaaninen energia linjapesuissa

Linjapesussa tehokas pesutulos saavutetaan vain, jos pesunesteen virtaus on turbulentsista. Turbulenttisessa virtauksessa virtausnopeus on 1,5-2,1 m/s. Tätä pienemmällä laminaarisella virtausnopeudella (<1,4 m/s) putkistossa olevat vaikeasti pestävät kohteet, kuten venttiilit tai kulmat, eivät peseydy kunnolla. Toisaalta yli 2,1 m/s virtausnopeudella pesutulos ei enää parane, ellei ole tiedossa, että putkistossa on erityisen paljon virtausta hidastavia esteitä. Laminaarinen ja turbulentsinen virtaus on esitetty kuvassa 1. (12)



Kuva 1. Laminaarinen ja turbulentsinen virtaus. (12)

3.1.2 Mekaaninen energia säiliöpesuissa

Säiliöpesun mekaanisen energian määrään vaikuttavat pesunesteen virtausnopeus sekä käytössä oleva pesuri. Kun käytetään pesuria, jonka toiminta perustuu matalaan paineeseen ja suurempaan pesuainevolyymiin, jää pesunesteen iskuteho säiliön seinää vastaan hyvin pieneksi. Tällöin kemiallisen energian merkitys kasvaa. Pesurin toimiessa korkeammalla paineella, iskuteho kasvaa ja lika irtoaa helpommin.

Mekaanisen energian tarpeeseen vaikuttavat säiliössä olevien tuotejäämien pinttyneisyys, säiliön koko sekä muut pesun osatekijät (lämpötila, vaikutusaika ja kemiallinen teho). Vaikka mekaanista energiaa lisäämällä voidaan tehostaa pesua, niin silläkin on kääntöpuolensa: tehokkaammat pumput, suuremmat putkistot ja tilavammat pesuainetankit lisäävät kaikki kustannuksia. (13)

3.2 Kemiallinen energia

Kemiallisen energian taso riippuu kiertopesussa käytettävistä pesuaineista. Pesuaineiden valintaan vaikuttaa niiden teho poistettavaa likaa vastaan, vaahtoamattomuus, pesuaineen hinta, pesulämpötila ja ympäristövaikutukset. Poistettavan lian tyyppi määrää sen, käytetäänkö pesussa emäs- tai happopohjaisia pesuaineita, tai onko käytössä näiden yhdistelmä. (9)

Emäksiset pesuaineet ovat yleensä hydroksidi-pohjaisia (NaOH, KOH) ja soveltuvat hyvin proteiinien liuottamiseen. Emulsionmuodostumisominaisuuksiensa takia emästä käytetään myös rasvaisen lian poistossa. Happamat pesuaineet sisältävät lähes aina typpihappoa. Sen avulla pestävästä pinnasta saadaan irrotettua viini- ja maitokivi sekä muut saostuneet mineraalijäämät. Happamalla pesuaineilla on yleensä emäksisiä pesuaineita huonompi pintahygieeninen teho. Pesuaineisiin lisätään usein pinta-aktiivisia aineita, joiden on tarkoitus alentaa veden pintajännitystä. Matalamman pintajännityksen avulla happo tai emäs pääsee helpommin vaikuttamaan likaan. Pinta-aktiiviset aineet myös estävät likaa tarttumasta uudestaan pestävään pintaan. (9)

3.3 Lämpöenergia

Lämpötilan nostaminen tehostaa pesuaineiden toimintaa. Tämä perustuu siihen, että kemialliset reaktiot nopeutuvat korkeammissa lämpötiloissa. (14). Korkea lämpötila parantaa myös mikrobien tuhoutumista. Happamille pesuaineille suositeltu käyttölämpötila on 60-75 °C ja emäksisille pesuaineille 70-80 °C. Lämpötila kannattaa kuitenkin mukauttaa pesuainetoimittajan suositusten mukaiseksi. (15)

3.4 Vaikutusaika

Pesussa tapahtuville kemiallisille ja fysikaalisille reaktioille on annettava tarpeeksi vaikutusaikaa. Riittävä vaikutusaika määräytyy mekaanisen ja kemiallisen energian sekä lämpöenergian yhteisvaikutuksesta. Vaikutusaikaa on kasvatettava, jos pestävä kohde on normaalitasoa likaisempi tai vaikeampi pestä. (14)

4 Säiliöpesu

Kiertopesuteknikka on säiliöpesuissa arkipäivää. Pesun voidaan ajatella olevan vain yksi osa prosessia, ja sen on tapahduttava paitsi hygieenisesti, niin myös nopeasti, tehokkaasti ja mahdollisimman pienillä kustannuksilla.

4.1 Yleistä säiliöistä

Elintarviketeollisuudessa on käytössä laaja valikoima erilaisia säiliöitä. Ne voidaan jakaa ulkomuodoltaan pysty- ja vaakasäiliöihin, sekä käyttötarkoituksensa mukaan varastointi- ja sekoitussäiliöihin. Varastointisäiliöt toimivat nimensä mukaisesti tuotteen tai raaka-aineen väliaikaisena sijoituspaikkana tai osana prosessia. Sekoitussäiliöitä voidaan käyttää raaka-aineen sekoittamiseen, lämmittämiseen, jäähdytykseen, erotteluun sekä käymiseen. Sekoitussäiliöissä on monipuolisemman käytön takia usein varastointisäiliöitä monimutkaisempaa tekniikkaa, mutta samoja teknisiä ratkaisuja voidaan soveltaa kaikkiin säiliötyyppiin. (16)

4.2 Säiliön rakenne

Kun säiliötä on tarkoitus pestä kiertopesulla, on säiliön rakenteen suunnittelussa otettava huomioon tiettyjä asioita. Hygienian kannalta tärkein asia on, että säiliö on itsestään tyhjentyvä. (17). Itsestään tyhjentyvä säiliö helpottaa pesua ja vähentää tuotehävikkiä. Säiliön pohjaventtiili tulee asentaa säiliön alimpaan kohtaan ja mielellään vielä keskelle pohjaa. Toinen tapa on asentaa venttiili pohjan reunaan ja ohjata vesi pohjan kallistuksilla pohjaventtiiliin suuntaan. (18)

Säiliön tyhjenemisnopeudella on suuri vaikutus pesun onnistumiseen. Säiliön tyhjentyessä hitaammin kuin pesu tuo säiliöön vettä, vesi kerääntyy säiliön pohjalle ja heikentää pesutehoa. Pohjalla oleva pesuneste vaimentaa huomattavasti pesurin aiheuttamaa iskutehoa sekä pidentää pesun kokonaiskestoa. (18)

Tyhjenemisnopeuteen voidaan vaikuttaa huomioimalla seuraavat asiat säiliön rakenteessa; pohjaventtiilin ulosvientiputken reunat eivät saa jatkua säiliön sisälle (17), putken pitää olla suunnattu riittävästi alaspäin ja sen halkaisijan täytyy olla riittävän suuri pesunesteen virtausnopeuteen nähden. Nesteen paluulinjaan pumppaavan paluupumpun on oltava riittävän tehokas. Se kannattaa sijoittaa mahdollisimman lähelle ulosvientiputkea, jolloin vältetään pidemmän letkun tai poistoputken aiheuttamilta turhilta painehäviöiltä. (18). Jos paluupumpuna käytetään keskipakopumppua, tulisi pumppu sijoittaa säiliön nestepinnan alapuolelle. Suurin osa keskipakopumpuista ei ole itseimeviä ja vaativat sen takia jatkuvan nestevirran toimiakseen. (19)

Säiliön seinien pitää olla tasaiset ja suorat. Nurkkien tulee olla pyöristetyt, jotta ne peseytyvät kunnolla. (20). Hitsaussaumojen pitää olla riittävän tasaisia ja päällekkäin meneviä saumojia tulisi välttää. Sekoittimen varren ja muiden läpivientien tulee olla hygieenisesti tiiviitä kontaminaatoriskin vähentämiseksi. (21)

4.3 Säiliön kiertopeseminen

Pesunesteen riittävä virtausnopeus on kriittinen tekijä pesun onnistumisen kannalta. Optimaalinen virtausnopeus on normaalitilanteessa 1,5 m/s. Pienemmälläkin virtausnopeudella voidaan saavuttaa hyvä pesutulos, mutta silloin pesun vaikutusaikaa on pidennettävä. Pesun keston kasvaessa sen tehokkuus kärsii. (22)

Kiertopesussa on otettava huomioon säiliön sisällä mahdollisesti olevat esteet, kuten prosessin ohjausanturit ja sekoittimen lavat. Vaaditun puhtaustason ylläpitämiseksi niiden pesemisen on tapahduttava yhtä tehokkaasti kuin

muidenkin kohtien säiliön seinässä. Käytännössä anturien ja sekoittimien paikat sekä asennot on otettava huomioon säiliön pesuria valittaessa. (23). Monissa tapauksissa säiliön sisällä olevien esteiden peseminen ei onnistu jos käytetään vain yhtä pesuria. (18)

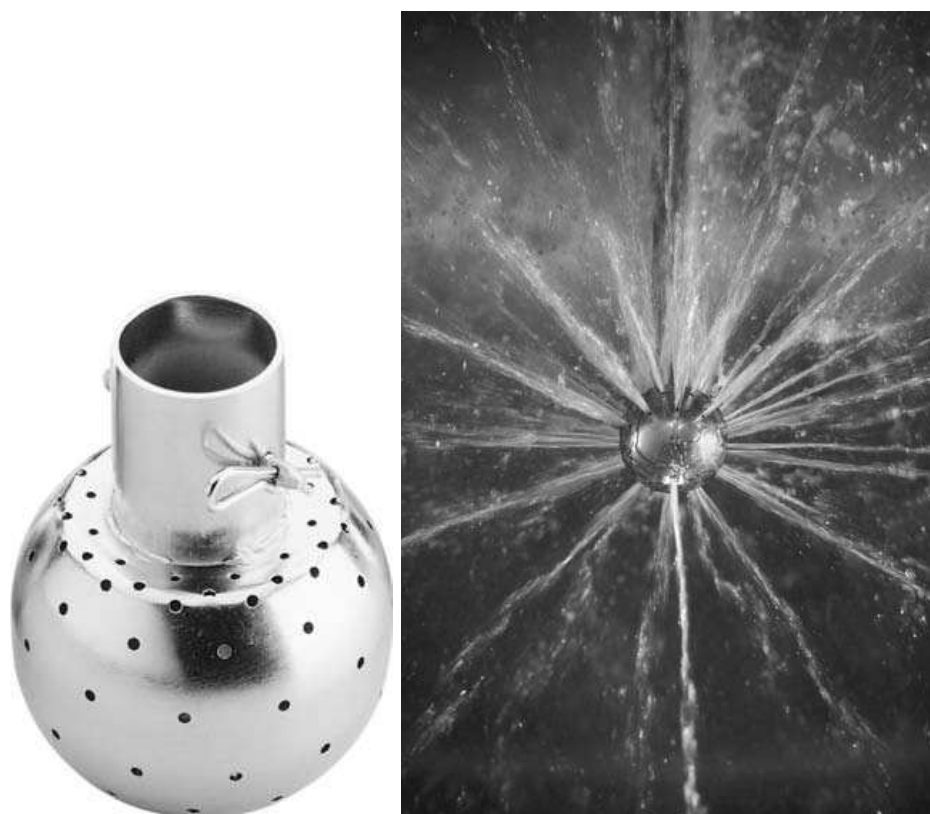
4.4 Säiliöpesurit

Säiliöiden ja tankkien pesuun tarkoitettuja pesureita on useita erilaisia malleja. Niiden toimintaperiaate on pohjimmiltaan hyvin samantapainen; pesuneste syötetään paineella pesurin tuloputkeen, josta se pääsee ulos vain pienistä aukoista pesurin suutinosasta. Rotaatio ja jet -pesureissa pesunesteen aiheuttama painevaikutus saa pesurin ja pesurin suuttimet pyörimään 360° ja ohjaamaan veden ohuina suihkuina säiliön seiniin. Pesupallossa suutinosaa ei pyöri, mutta vesi muodostaa joka suuntaan lähteviä suihkuja tullessaan paineella rei'istä ulos. Pesureita voi olla yhdessä säiliössä yksi tai useampia. Reynoldsin lukua (Re) voidaan käyttää apuna, kun arvioidaan suihkun turbulenttisia ominaisuuksia, eli toisin sanoen, kuinka suuri suihkun aiheuttama iskuteho on. (24)

4.4.1 Pesupallo

Pesupallo (eng. Static Spray Ball) on perinteinen ja toiminnaltaan yksinkertainen pesuri. Pesuri on hyvin huoltovapaa, koska siinä ei ole liikkuvia osia. Se toimii välttävästi vaikka osa rei'istä menisikin tukkoon. (25). Se reagoi nopeasti pesunesteen virtausnopeuden muutoksiin, mutta vaatii korkean paineen toimiakseen. Toisaalta liian korkeaa painetta käytettäessä suihku saattaa sumuttua. Pesuri on pallon muotoinen ja siinä on reikiä, joista pesuneste suihkuu ulos. Vaikka reiät ovatkin lähekkäin toisiaan, niin vesisuihkut osuvat silti vain tiettyihin kohtiin säiliön seinässä. (26). Pesupallon tuottama mekaaninen energia ei ole myöskään kovin suuri ja valtaosa vedestä valuukin ilman suurempaa iskutehoa suoraan säiliön seiniä pitkin säiliön pohjalle. (25). Pesupallo on esitetty kuvassa 2.

Pesupallon suihku on Reynoldsin luvun asteikolla 2100-2600. Virtaus ylittää juuri laminaarisen virtauksen rajan ($Re < 2100$), mutta jää selvästi turbulenttisen rajan alle ($Re > 4000$). (24). Tämän takia pesupalloa käytettäessä kemiallisen energian tärkeys korostuu. Pesupallosta on kehitetty useita erilaisia versioita, joissa reikien lukumäärällä ja suuntauksella voidaan vaikuttaa vesisuihkun iskutehokkuuteen, tehokkaaseen pesumatkaan ja suuntaan. Ohjauslevyillä voidaan vaikuttaa vesisuihkun suuntaan tai iskutehokkuuteen. (26)



Kuva 2. Pesupallo. (26)

4.4.2 Rotaatiopesuri

Rotaatiopesuri (eng. Rotary Spray Head) eroaa merkittävästi perinteisestä pesupallosta. Pesurin pesusuutin on pyörivä. Se muodostaa pyöriessään viuhkamaisen vesisuihkun, jonka iskuteho on tehokkaampi kuin pesupallossa. Vesisuihku käy järjestyksessä läpi säiliön sisäseinät muodostaen yhtenäisen ja hallitun pesukuvion. Pesukuvion ja viuhkan iskutehon yhteisvaikutuksesta lika irtaoo nopeammin ja pienemmällä vesimäärällä kuin pesupalloa käytettäessä.

Syntyvän suihkun muotoon voidaan vaikuttaa eri muotoisella suuttimella. Suuttimia on saatavissa myös erilaisilla raoilla. Suuttimen valinta suoritetaan pesukohteen vaatimusten mukaan. Rotaatiopesuri on esitetty kuvassa 3. Yleensä rotaatiopesuria käytetään säiliöissä, joista lika irtoaa suhteellisen helposti. (23). Rotaatiopesuri on kalliimpi kuin pesupallo ja vaatii enemmän huoltoa. Se toimii pesupalloa pienemmällä vedenpaineella, mutta pesuteho on sitä parempi mitä korkeampi käytetty paine on. (25)

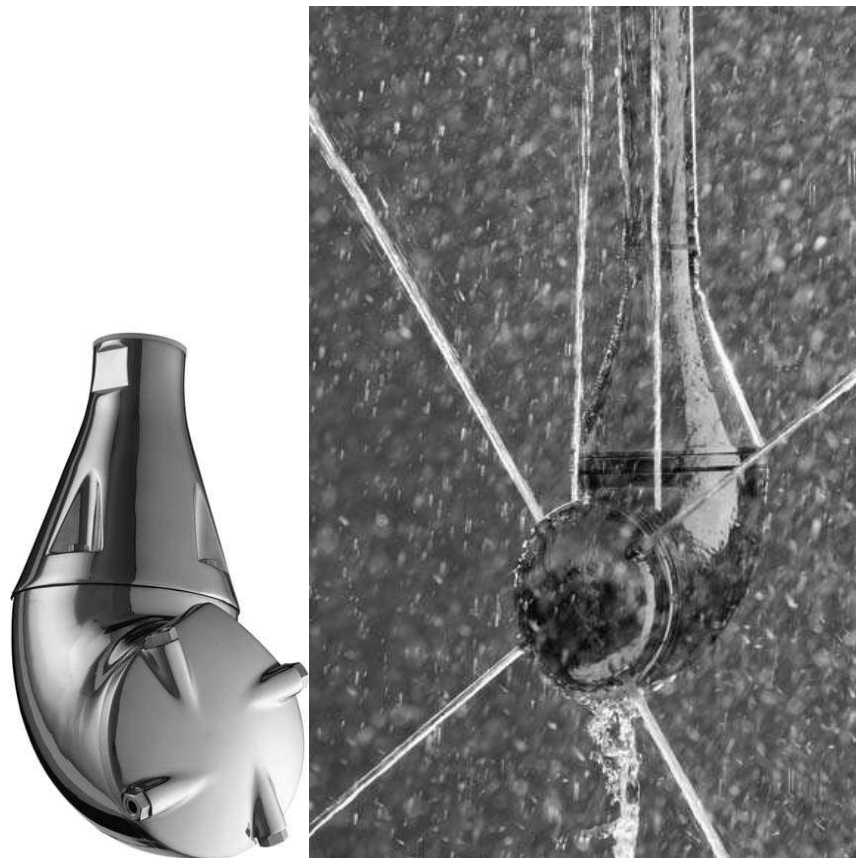


Kuva 3. Rotaatiopesuri (23)

4.4.3 Pyörivä jet -pesuri

Jet -pesuri (eng. Rotary Jet Head) on tehokkain näistä kolmesta pesurityypistä. Pesurissa on normaalisti 2-4 pistesuihkusuutinta, jotka ovat kiinni pyörivässä keskiössä. Pistesuihkusuuttimet pyörivät kun pesunesteen painevaikutuksesta keskiö kiertyy keskiakselinsa ympäri. Samalla koko pesusuutin kääntyy ympäri ja mahdollistaa 360° peiton säiliön sisäpinnalle. Pesurin suihkut lähtevät siis horisontaalisesti ja vertikaalisesti kaikkiin suuntiin. Pesujeteissä on

hidastusvaihteisto, joka hidastaa keskiön pyörimisnopeutta. Hidastusvaihteiston ansiosta pesun iskuteho paranee eikä pesuri tarvitse toimiakseen yhtä suurta painetta kuin pesupallo tai rotaatiopesuri. (27). Jet -pesurin tuottaman suihkun Reynoldsin luku on 30 000-70 000 eli iskutehon virtausnopeus ylittää selvästi turbulenttisen rajan ($Re > 4000$). (24). Jet -pesureilla saadaan täysi peitto 2-16 m etäisyyksille. Normaalisti käytetty tilavuusvirta on 2-30 m³ / h ja paine 0,5-0,6 MPa. (27). Jet -pesuri on kallein luetelluista pesurityypeistä. Monimutkaisimmasta rakenteesta johtuen sen huollon tarve on myös suurin. (25). Jet -pesuri on esitetty kuvassa 4.



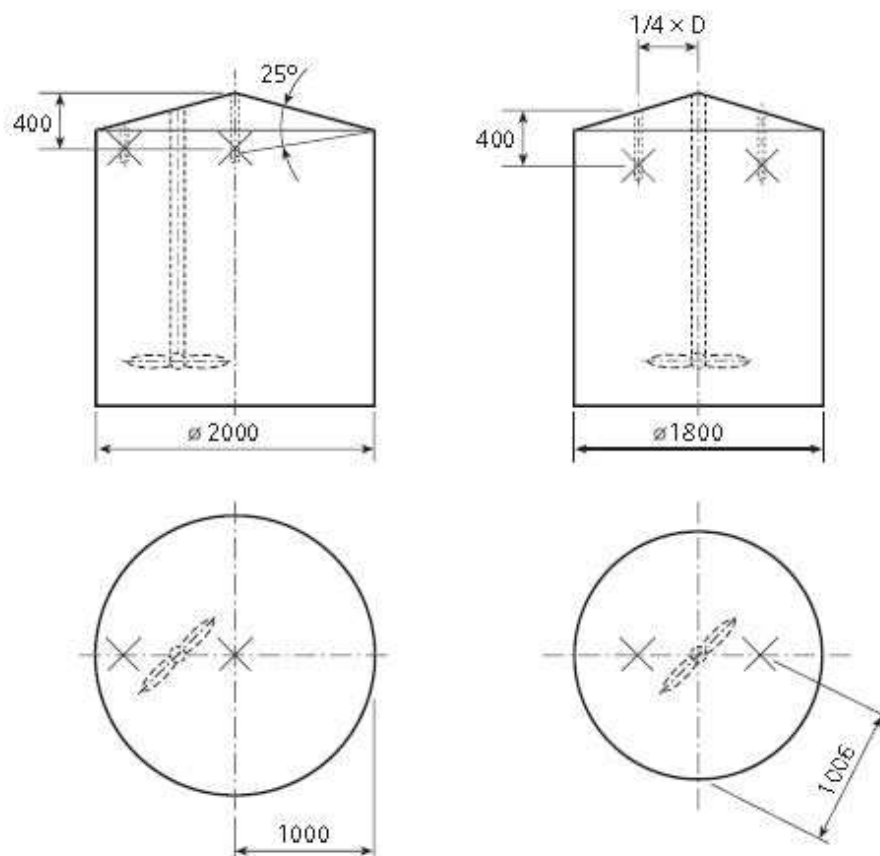
Kuva 4. Jet -pesuri. (23)

4.5 Pesurin sijoitus

Pesupallo ja rotaatiopesuri pyörivät akselinsa ympäri siten, että vesisuihkun voidaan ajatella lähtevän eri suuntiin vain yhdestä pisteestä. Pestäessä säiliötä, jonka sisällä on sekoittimen lavat tai muita instrumentteja, niin yhdestä pisteestä

tuleva vesisuihku ei välttämättä tavoita kaikkia pintoja. Tällöin useamman pesurin käyttö on aiheellista tarvittavan puhtaustason ylläpitämiseksi. Pesupallojen asennuskohdat on esitetty kuvassa 5. Pesurin asennuksessa on otettava huomioon, että pesuri ei saa olla liian kaukana mistään pestäväksi tarkoitetusta pinnasta. Riittävä pesuetäisyys riippuu pesurin mallista ja käytettävästä virtausnopeudesta. Pesurikohtaiset rajat selviävät säiliöpesurin toimittajalta. (23)

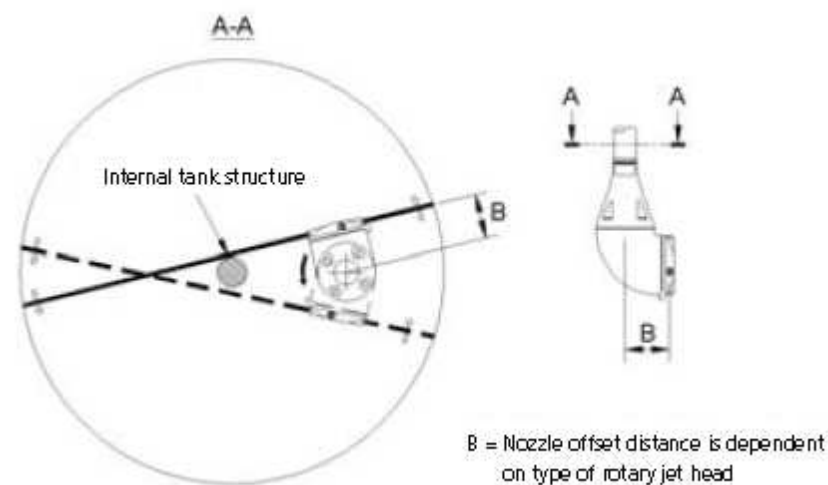
Pesurin asennuskorkeuteen vaikuttaa pesurin tyyppi, säiliön halkaisija, säiliön katon kallistuskulma ja säiliössä mahdollisesti olevat esteet. Pesurin vaatima tarkka asennuskorkeus selviää laitetoimittajalta. Yleensä pesurit asennetaan mallista riippumatta säiliön sisälle laskeutuvan veden tuloputken jatkoksi. (23)



Kuva 5. Pesupallojen asennuskohdat sekoitinsäiliöön. (23)

Jet -pesureissa suihku tulee tangentiaalisesti koko pesurin pyöriessään muodostaman pallon alalta. Jet -pesuri kiertää akselinsa ympäri kahdesta

kohdasta ja muodostaa näin muita pesureita suuremman pyörimispinta-alan. Suuttimen pyöriessään muodostama pinta-ala voidaan laskea, kun säteenä käytetään mittaamme pesurin keskilinjasta pesusuuttimen kärkeen. Vesisuihku lähtee pyörimispinta-alan kehältä tangentiaalisesti kaikkiin suuntiin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että pesujetin avulla vesisuihku osuu esimerkiksi sekoittimen varteen useammasta eri suunnasta. Sekoitinvarsia pestäessä jet –pesurikaan ei pysty pesemään vartta, jonka halkaisija on suurempi kuin pesusuuttimen ulottuvuus. Tilanne on esitetty kuvassa 6. (23)



Kuva 6. Jet –pesurin ulottuvuus. (23)

5 Prosessihygienia

5.1 Lainsäädäntö

Euroopan unionin asetus n:o 1831/2003/EY koskee elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvia materiaaleja. Asetus kattaa kaikki elintarvikkeen kanssa kosketuksissa olevat materiaalit ja tarvikkeet normaaleissa sekä ennakoitavissa olevissa olosuhteissa. Elintarvikkeiden kanssa suoraan tai välillisesti kosketuksissa olevista kontaktimateriaaleista ei saa irrota sellaisia määriä aineita, jotka voisivat vaarantaa ihmisten terveyden, aiheuttaa sopimattomia muutoksia elintarvikkeen koostumuksessa tai heikentää sen aistinvaraisia ominaisuuksia. (28)

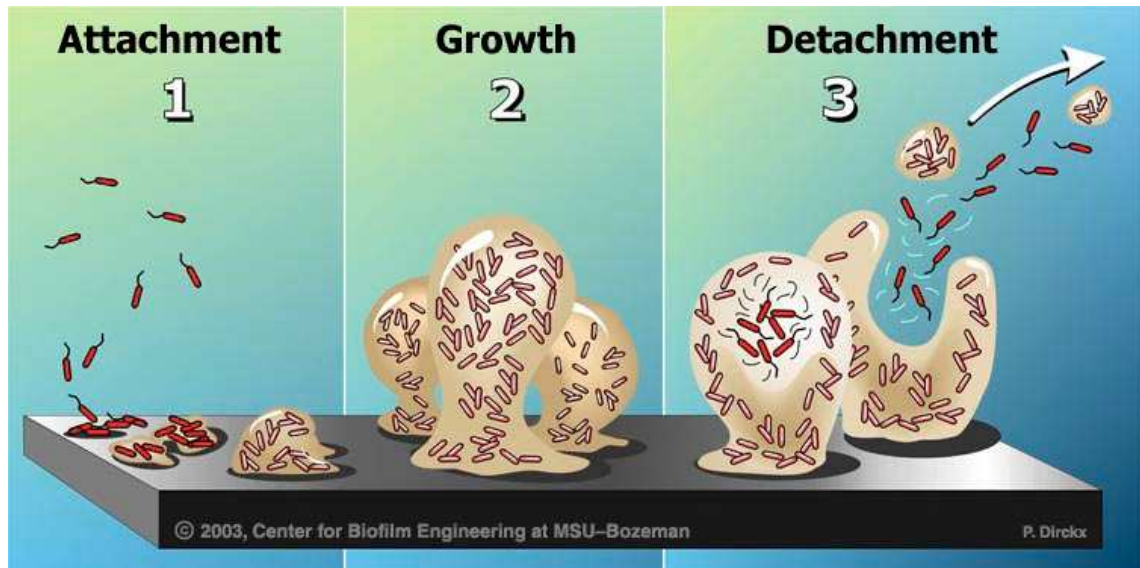
EHEDG (European Hygienic Engineering & Design Group) suosituksessa todetaan, että kaikkien kontaktipintojen tulee kestää tuotteen lisäksi pesu- ja desinfiointiaineita vallitsevissa tuotanto-olosuhteissa. Pintamateriaalin tulee olla ruostumatonta, myrkytöntä, imukyvytöntä ja mekaanisesti kestävä. Lisäksi materiaalin tulee täyttää sille asetetut pinnankarheusvaatimukset. (29)

5.2 Mikrobit ja biofilmin muodostus

Elintarvikehygienian kannalta kriittisimpiä mikrobeja ovat bakteerit, homeet, hiivat ja virukset. Useimmat mikrobit voivat tarttua erilaisiin pintamateriaaleihin. Pintamateriaalin epätasaisuus edistää mikrobien kiinnittymistä ja likakerroksen kasaantumista. Epätasainen pinta tarjoaa mikrobeille enemmän kasvualustaa ja suojaa. (30)

Biofilmi on mikrobien suojautumiskeino ulkoisia stressitekijöitä vastaan. Kiertopesujärjestelmässä biofilmi suojaa mikrobikasvustoa pesu- ja puhdistusaineita vastaan. Biofilmi koostuu mikrobisoluista ja niiden muodostamasta polysakkaridirihamastosta. Polysakkarideista koostuvan suojakerroksen ansiosta pesukemikaalit eivät pääse tunkeutumaan mikrobisoluihin, ja mikrobit voivat jatkaa lisääntymistään suojakerroksen sisällä. Biofilmiä voi irrota ulkoisen voiman, kuten paineiskun, seurauksena. Irronnut biofilmi voi kiinnittyä uudelleen ja aloittaa kasvamisen uudessa paikassa. (30). Biofilmin muodostumisvaiheet (kiinnittyminen, kasvu ja irtoaminen) on esitetty kuvassa 7.

Laitteiston pinnalla kasvava biofilmi aiheuttaa kontaminaatio-ongelmia ja sen seurauksena terveysriskin. Biofilmi voi tukkia putkistoja, jolloin nesteen virtausnopeus laskee ja energian kulutus kasvaa. Tämän seurauksena järjestelmän tehokkuus laskee. Biofilmi edistää myös pintamateriaalin ruostumista. Suurin osa biofilmin kokonaistilavuudesta on vettä. Kuivalla pinnalla näkyvä biofilmi on vain pieni osa siitä, mitä se on kosteassa ympäristössä. (30)



Kuva 7. Biofilmin muodostuminen. (31)

5.3 Hygieeniset tilaratkaisut

Tuotantotilan suunnittelulla on iso vaikutus lopulliseen puhtaustasoon. Tavoiteltu puhtaustaso riippuu käytössä olevasta prosessista. Esimerkiksi meijerin puhtaustason vaatimukset ovat korkeammat kuin viinin valmistuksessa. (32). Puhtaustasosta riippumatta mikrobien leviämistä elintarviketuotantotiloihin ei voida estää kokonaan. Niiden leviäminen korkean hygienian alueille on pyrittävä kuitenkin minimoimaan. Elintarvikelaitoksen tilasuunnittelu tulisi toteuttaa siten, että mikrobiologinen ristikontaminaatio olisi mahdollisimman vähäistä. Tavoitteena on, että prosessin vaiheet seuraisivat toisiaan, ja ettei tuotetta tarvitsisi kuljettaa tilojen välillä edestakaisin. (33). Lattiamateriaalin tulee kestää vettä, pesukemikaaleja, iskuja eikä se saa olla liukas. Lattiassa tulisi olla myös kaatoa viemäriä kohti noin 2,1 cm/m. Tuotteen kanssa kosketuksissa olevien pintojen tulee olla näkyvissä siten, että niiden tarkastaminen tai puhdistaminen on mahdollista. (32)

5.4 Laitehygienia

Tuotantokäytössä olevassa laitteessa on yhdistyttävä käytännön toimivuus sekä hyvät hygieni ominaisuudet. Hyvillä ominaisuuksilla varustetulla laitteella on elintarviketeollisuudessa hyvin vähän käyttöä, jos laitteen puhtaanapito ei onnistu. (34). Tuotantotilan tai laitteiden suunnittelussa tulisikin yhdistyä mekaniikka, prosessi ja mikrobiologia. Hygieenisen näkökulman huomioon ottaminen jo prosessin suunnitteluvaiheessa parantaa tuotteiden mikrobiologista turvallisuutta sekä laatua. (35). Elintarviketeollisuudessa käytettävien laitteiden tulee olla suunniteltu siten, että ne suojaavat tuotetta ulkoiselta kontaminaatiolta. Tuotteen kanssa suorassa kosketuksessa olevien pintojen pitää olla helposti puhdistettavissa. CIP -pesulla pestävää laitteistoa ei ole todennäköisesti tarkoitus purkaa pesua varten. Hyväksytyt pesutulokset pitää pystyä kuitenkin näyttämään toteen säännöllisellä näytteenotolla. Laitteen tulisi olla lisäksi itsestään tyhjentyvä ja kuivuva. Kohdat, joihin vesi jää seisomaan tai tuote kerääntyy, luovat erinomaisen kasvualustan mikrobeille. (34). Laitteiden ulkopintojen tulee olla myös puhdistettavissa, vaikka ne eivät normaalitilanteessa olisikaan kosketuksissa tuotteen kanssa. Laitteen sijainti pitää valita myös sellaiseksi, ettei sen ulkopinta kerää ylimääräistä likaa. (36)

5.4.1 Venttiilit

Venttiilit mahdollistavat tuotteiden ja raaka-aineiden ohjauksen, pysäyttämisen ja mittaamisen prosessilinjassa. Nestemäisten tuotteiden ohjaukseen tarkoitettuja venttiilityyppejä on useita ja ne on suunniteltu toimimaan viskositeetiltaan erilaisten nesteiden kanssa. Hygieenisessä prosessilaitteistossa käytetään yleisesti istukka-, läppä- ja kalvoventtiileitä. (37). Hygieeninen prosessiympäristö asettaa venttiileille tiettyjä vaatimuksia. Venttiili ei saa vuotaa ja sen pitää kestää kulutusta. Venttiili pitää voida myös huoltaa tarvittaessa. Kulunut tai vuotava venttiili voi vaikuttaa negatiivisesti pesun hygieeniseen lopputulokseen. (38)

5.4.2 Pumput

Pumpun täytyy vastata niin prosessin kuin pumpattavan tuotteenkin asettamia vaatimuksia. Yleisimpiä hygieenisissä prosesseissa käytettyjä pumppuja ovat keskipako-, kalvo-, ruuvi-, nesterengas- ja lohkoroottoripumput. (38). Valintaan vaikuttavia kriteerejä ovat pumpun tekniset ja hygieeniset ominaisuudet sekä hinta. Teknisiä ominaisuuksia ovat pumpun teho, sen tuottama paine, tilavuusvirta sekä pumppumallin soveltuvuus pumpattavalle tuotteelle. Hygieenisissä prosesseissa käytössä oleva pumppu pitää pystyä purkamaan ja tyhjentämään tarvittaessa. Tuotteen kanssa kosketuksissa olevien pintojen on sovelluttava elintarvikekäyttöön ja pinnan karheuden on oltava yhtä alhainen kuin muissakin prosessilinjaston osissa. (21)

Pumput jaetaan hydrodynaamisiin ja hydrostaattisiin pumppuihin. Hydrodynaamisessa pumpussa imu- ja painepuolta ei ole eroteltu toisistaan. Pumpun tuottama tilavuusvirta on herkempi paineenvaihteluille. Hydrostaattisissa pumpuissa painepuolet on erotettu toisistaan hammaspyörillä tai siivekkeillä. Ruuvi-, mäntä- ja hammasrataspumput ovat esimerkkejä hydrostaattisista pumpuista. Hydrostaattisia pumppuja käytetään tilanteissa, joissa vaaditaan korkeampaa painetta tai tasaista virtausnopeutta. (39). Hydrostaattisten pumppujen tuottama tilavuusvirta voi jäädä kuitenkin liian pieneksi CIP -pesuissa käytettäväksi. (38)

Keskipakopumppu on esimerkki hydrodynaamisesta pumpusta. Se on yksi prosessiteollisuuden käytetyimmistä pumppumalleista. Keskipakopumput ovat tehokkaita siirtopumppuja ja niillä voidaan tuottaa korkea tilavuusvirta melko korkeassa paineessa. Ne sopivat hyvin myös suurien nestemäärien siirtämiseen. Keskipakopumpulla voidaan pumpata matalaviskoosisten nesteiden lisäksi myös hyvin korkean kiintoainepitoisuuden omaavia nesteitä. Näiden seikkojen takia keskipakopumput sopivat erinomaisesti kiertopesukäyttöön. Keskipakopumpun toiminta perustuu siihen, että neste syötetään imupuolelta juoksupyörän keskelle, josta se sinkoutuu ulospäin keskipakovoiman vaikutuksesta. Sinkouduttuaan ulkokehälle neste poistuu pumpun pesästä poistoputkea pitkin. (40). Keskipakopumput eivät ole

tavallisesti itseilmaavia eivätkä itseimeviä, vaan vaativat jatkuvan nestevirran toimiakseen. Ne ovat luotettavia ja hydrostaattisia pumppuja halvempia eivätkä vahingoitu, vaikka pumppaus tapahtuisi suljettua venttiiliä vastaan. (39). Keskipakopumppu on esitetty kuvassa 8.



Kuva 8. Keskipakopumppu. (41)

5.5 Hygieeniset materiaalit

Elintarvikkeiden kanssa kosketuksissa olevalta materiaailta vaaditaan monenlaisia ominaisuuksia: materiaali ei saa reagoida tuotteen tai puhdistusaineiden kanssa normaaleissa tai ennakoitavissa olevissa olosuhteissa. Lämpötilan, paineen tai pesuainekonsentraation muutokset eivät saa vaikuttaa kontaktimateriaalin ominaisuuksiin. Materiaalin on oltava myrkytöntä, tarpeeksi sileää, helposti puhdistettavaa ja sen pitää kestää normaalia mekaanista rasitusta. Myös epäsuorassa kosketuksessa olevien materiaalien tulee olla mekaanisesti kestäviä ja helposti puhdistettavia. Materiaalit eivät saa olla huokoisia tai karheapintaisia. Materiaalin myyjän tulee aina pystyä esittämään todistus materiaalin soveltuvuudesta elintarvikekäyttöön. (42)

5.5.1 Ruostumaton teräs

Ruostumattoman teräksen korroosion kesto johtuu sen sisältämästä kromista. Kromia on ruostumattomassa teräksessä enemmän kuin 10,5 %. Ruostumattoman teräksen korroosion kesto perustuu sen pinnalla olevaan oksidikerrokseen, joka syntyy teräksen sisältämän kromin ja ilmassa olevan hapen reagoidessa keskenään. Oksidikerros toimii ns. passiivisena kerroksena teräksen ja siihen kosketuksissa olevan aineen välillä. Vahingoittuessaan oksidikerros muodostuu uudestaan joutuessaan kosketuksiin vedessä tai ilmassa olevan hapen kanssa. Ruostumaton teräs on ylivoimaisesti yleisimmin käytössä oleva pintamateriaali elintarviketeollisuudessa. Se sopii elintarviketeollisuuden käyttöön reagoimattoman ja myrkyttömän oksidikerroksen takia. Se on myös kestävä ja helposti muokattavaa. Teräksen pinnasta saadaan tarpeeksi sileä ja luontaisen kovuutensa takia se pysyy sileänä. (43)

Yleisimpiä elintarviketeollisuuden käyttöön sopivia ruostumattoman teräksen laatuja ovat AISI-304, AISI-304L, AISI-316 ja AISI-316L. Teräslaadun valinta riippuu sen käyttökohteesta ja olosuhteista jolle teräs altistetaan. Huomioitavia asioita ovat pH, lämpötila, käytetyt pesunesteet, teräksen muokattavuus, hitsattavuus, kovuus ja hinta. (29)

AISI-304 on edellä mainituista teräslaaduista halvin ja yleisesti käytössä elintarviketeollisuudessa. Sillä on hyvä korroosion kesto ja sitä on helppo muotoilla tai hitsata. AISI-304L on helpommin hitsattavissa oleva laatu vähäisemmän hiilipitoisuutensa takia. (44)

AISI-316 soveltuu kohteisiin joissa vaaditaan äärimmäisen hyvää kloridi- ja lämmönkestävyyttä. AISI-316:een on lisätty molybdeeniä, mikä parantaa teräksen korroosion kestävyttä entisestään. Erinomaisen korroosion keston takia AISI-316 -laatua suositellaan käytettäväksi venttiileissä, sekoittimen lavoissa ja akseleissa sekä pumpuissa. AISI-316L sisältää vähemmän hiiltä. Paremman hitsattavuutensa takia sitä suositellaan käytettäväksi säiliöissä ja putkistoissa. (44)

5.5.2 Muovi

Muovia käytetään teollisuudessa mm. kuljetushihnoissa, muoteissa, muovikkunoissa ja letkuissa. Muovimateriaaleilla voidaan myös estää pintoja kuluttavaa metalli-metallikontaktia. (45). Elintarviketeollisuudessa käytettyjen muovimateriaalien pitää olla elintarvikekäyttöön hyväksytyjä. Niiden on kestettävä korkeita lämpötiloja, painetta, pesuaineita ja höyryä. Materiaali ei saa olla huokoista ja se pitää pystyä pesemään. Materiaali ei saa myöskään murtua odotettavissa olevassa mekaanisessa rasituksessa. (44). Seuraavia muovimateriaaleja pidetään helposti pestävinä ja sopivina hygieenisiin sovelluksiin: polypropeeni (PP), pehmittämätön polyvinyylidikloridi (PVC), polykarbonaatti (PC) ja korkea tiheysinen polyeteeni (HDPE). (45).

5.5.3 Kumi

Kumin ominaisuus palautua alkuperäiseen muotoonsa siihen vaikuttaneen voiman loputtua tekee siitä sopivan materiaalin tiivisteisiin, letkuihin ja erilaisiin suojaimiin. Kumimaisten materiaalien lajittelu on vaikeaa, koska valmistajilla ei ole sovittuja standardeja elastomeerisille yhdisteille. Elintarvikekäytössä kumimateriaalien on kestettävä kuumia ja kylmiä lämpötiloja, mekaanista rasitusta, otsonia, UV-säteilyä ja erilaisia rasvoja. Myös kumiosan päässä olevien mahdollisten liittimien tai sovitteiden on täytettävä elintarvikelaadun vaatimukset. (45)

Yleisimmin käytettyjä elastomeereja ovat nitrilikumi, nitrilibutylikumi (NBR), silikoonikumi, fluoroelastomeeri (Viton) ja EPDM –kumi (ei kestä öljyä ja rasvaa). Silikoni ja fluoroelastomeeri kestävät parhaiten korkeita lämpötiloja (180 °C). Kumi on kuluva materiaali ja kumiosien vaihto kuuluu normaaliin laitehuoltoon. Vanhetessaan kumi menettää elastisuuttaan. Tarpeeksi kovetuttuaan kumi voi murtua ja aiheuttaa vuotoja. (46)

5.5.4 Pinnan karheus

Elintarvikkeen kanssa kosketuksissa olevan pinnan tulisi olla mahdollisimman sileä. Pestävän pinnan puhdistaminen on nopeampaa ja varmempaa, kun epätasaisuuksia on mahdollisimman vähän. Mahdolliset naarmut, lommot tai halkeamat vaikeuttavat puhdistamista ja tarjoavat hyvän suojan biofilmin muodostumiselle. R_a -arvo kertoo pinnan keskimääräisen poikkeaman materiaalin laskennalliseen keskilinjaan verrattuna. R_a -arvon tulisi olla 0,8 μm tai sitä pienempi. (47). Pinnan karheuteen vaikuttavat materiaalin valmistuksessa käytetyt prosessi- ja jälkikäsittelevaiheet. Ruostumattomalla teräksellä kylmävalssatun pinnan karheus on 0,2-0,5 μm , kun taas kuumavalssatulla pinnalla karheus on yli 4 μm . (46)

6 Pesukeskus Pernod Ricard Finland Oy:llä

6.1 Pesukeskuksen toiminta

Tehtaalla on käytössä täyden talteenoton kiertopesu. Pesukeskuksessa ovat omat säiliöt emäkselle, hapolle, alkuhuhuhteelle, loppuhuhuhteelle ja desinfiointiliuokselle. Emäs-, happo- ja alkuhuhutelu-säiliöt ovat suurikokoisimmat, koska niitä käytetään eniten. Riittävän suuret säiliöt mahdollistivat usean pesun samanaikaisen ajamisen eri pesulinjoilla. Erillisiä pesulinjoja on neljä, joista kolme on säiliöpesujen ja yksi pullottamon pesujen käytössä. Pesukeskuksen säiliöitä käytetään kaikkien pesulinjojen pesuihin. Täyden talteenoton kiertopesussa pesunesteet uudistuvat sitä mukaa, kun likaisin osa niistä viemäroidään. Korvaavan puhtaan veden lisäys tapahtuu automaation ohjaamana. Pesuliuosten väkevöinti halutulle tasolle hoituu myös automaatio-ohjatusti.

Kiertopesuissa käytetään ohjausjärjestelmää, jossa automaation ohjaus tapahtuu tietokoneelta. Lisäksi alakerrassa on ohjauspaneeli, minkä avulla voidaan käynnistää kyseisen kerroksen pesut. Pesun tulo- ja paluulinjat rakennetaan pestäväksi tarkoitettuun säiliöön pesulinjan päätepisteestä. Kun

linja on rakennettu ja paluupumppu on asennettu, voidaan pesuohjelma käynnistää tietokoneelta. Pesuohjelma sisältää pesureseptin, johon on ohjelmoitu pesussa tarvittava automaatio-ohjaus sekä ohjauksen ajastus. Automaatio ohjaa myös pesuliuosten kierrättämistä ja valvoo itsenäisesti johtokyky- ja lämpömittareiden toimintaa. Pesuohjelman käynnistämisen jälkeen automaatio hoitaa pesun alusta loppuun. Paluupumppu on ainoa manuaalisesti käynnistettävä laite pesun aikana.

6.2 Pesulinjat

Säiliöpesuissa käytetään kolmea pesulinjaa, joista kukin koostuu tulo- ja paluulinjoista. Kolme pesulinjaa mahdollistaa useamman pesun samanaikaisen käytön. Kaikkiin pesulinjoihin on liitetty pesukeskuksessa sijaitseva keskipako -mallinen syöttöpumppu. Osastoilla sijaitsevista tulo- ja paluulinjojen päistä rakennetaan kumiletkujen ja teräksisten runkolinjojen avulla pesulinjat pestävälle säiliölle. Tulolinja liitetään säiliön tuloputkeen ja paluulinja säiliön alaventtiiliin. Pesunesteet pumpataan paluulinjaan keskipakomallisen paluupumpun avulla. Paluupumput ovat siirrettäviä ja ne kuljetetaan aina pestävän säiliön luokse. Pumppu liitetään mieluiten lyhyellä letkulla säiliön alaventtiiliin. Paluulinja liitetään letkulla pumpun poistopuoleen. Säiliön kyljessä olevat näytteenottohanat ja sekoittimen läpivientiventtiilit liitetään pienemmillä letkuilla paluupumppuun. Osa paluupumpun pumppaamasta vedestä palautuu letkuja pitkin takaisin säiliöön, jolloin hanat ja venttiilit peseytyvät.

Säiliöpesujen käytössä ovat pesulinjat 1, 3 ja 4. Pesulinjan 1 päätepiste sijaitsee alimmassa kerroksessa kuten tehtaan pesukeskuskin. Sitä käytetään alakerran pesuihin. Pesulinjaa 2 käytetään pullottamon pesuihin, mutta sen optimointi ei kuulunut tähän työhön. Pesulinja 3 päättyy ylemmässä kerroksessa sijaitsevalle valmistusosaston lämpimälle osastolle. Sitä myös käytetään nimenomaan valmistusosaston pesuihin. Pesulinja 4 päättyy samalle osastolle, mutta lähemmäs seinän toisella puolella sijaitsevaa kylmää osastoa. Pesulinjaa 4 käytetään ensisijaisesti juuri kylmän osaston ja tämän takana sijaitsevan

lastausosaston pesuihin. Pesulinjaa 4 voidaan käyttää myös lämpimän valmistusosaston pesuissa.

6.3 Pesun ohjaus

Pesureseptin askeleet ovat ajastettuja ja niillä voidaan ohjata samaan aikaan sekä tulo- ja paluupuolia. Pesuvaiheen kestot on asetettu niitä ohjaaviin askeleisiin. Kun pesu käynnistetään, ohjelma tarkistaa, että pesuliuosten lämpötila ja määrä on niille asetetuissa rajoissa. Seuraavaksi alkuhuuhtelusäiliön venttiili aukeaa, pumppu käynnistyy ja alkuhuuhteluveden pumppaus pesulinjaan ja sitä kautta pestävään säiliöön alkaa. Säiliöltä paluulinjan kautta palaava alkuhuuhteluvesi viemäroidään. Seuraavaksi alkuhuuhtelusäiliön venttiili sulkeutuu ja emässäiliön venttiili aukeaa. Pesuvaiheiden väliin on asetettu valutusaika, jonka aikana paluupumppu ehtii tyhjentää säiliön edellisen pesuvaiheen vedestä. Valutusaika saadaan aikaan samuttamalla pesunesteitä kierrättävä pumppu.

Seuraava pesuvaihe on emäspesu. Emäsluoksen kierrettyä pestävän säiliön kautta, ohjataan emäsluosta alkuhuuhtelusäiliöön niin kauan, että paluulinjan johtokyky mittari ilmoittaa emäspitoisuuden noususta. Alkuhuuhtelusäiliön venttiili sulkeutuu ja emässäiliön venttiili aukeaa, kun emäspitoisuus nousee asetetun raja-arvon yli. Venttiiliohjauksiin on ohjelmoitu tietty aikaväli, minkä aikana johtokyvyn on todettu nousevan tai laskevan. Venttiiliohjaus ei siis tapahdu jokaisessa pesussa samalla hetkellä, vaan tietyssä aikahaarukassa.

Vaikka pesuaineliuksia kierrätetään, ne myös uudistuvat sitä mukaa kun osa niistä johdetaan alkuhuuhtelusäiliöön viimeistä käyttökertaa varten. Alkuhuuhtelusäiliöön johdettu pesuaineliuos korvautuu, kun automaatio-ohjaus täyttää vajaan säiliön puhtaalla vedellä ja väkevöi sen haluttuun konsentraatioon. Emäspesuvaiheen jälkeen on vuorossa välihuuhtelu. Väli- ja loppuhuuhteluvesi otetaan puhdasta vesijohtovettä sisältävästä loppuhuuhtelusäiliöstä. Väli- ja loppuhuuhteluvesi johdetaan pesukierron jälkeen kokonaisuudessaan alkuhuuhtelusäiliöön. Välihuuhtelun jälkeen on

vuorossa happopesu- ja loppuhuuhteluvaiheet, jotka pesuresepti suorittaa samalla tavalla kuin edellä mainitutkin pesuvaiheet.

6.4 Pestävät säiliöt

Pernod Ricard Finland Oy:n tehtaalla on 260 kiertopesujärjestelmään liitettyä säiliötä. Tehtaan säiliökoot vaihtelevat 2 m³:n liköörisäiliöistä 60 m³:n valmistussäiliöihin. Säiliöitä on kolmessa eri kerroksessa ja säiliöiden etäisyydet pesukeskukseen ovat hyvin vaihtelevia. Erilaisia säiliömalleja on useampia ja niiden käyttötarkoitukset ovat vaihtelevia. Säiliöitä on valmistus, varastointi, sekoitus, jäähdytys, pullotus ja suodatus käytössä.

7 Pesujen optimointi

7.1 Optimoinnin lähtökohdat

Optimoinnin tarkoituksena oli säilyttää vanha ja hyvä pesutaso mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Alusta asti oli selvää, että pesujen kustannuksia saataisiin laskettua lyhentämällä pesujen kestoja.

Ennen pesujen optimointia, tehtaalla oli kuusi erilaista pesureseptiä: emäs-happopesu, emäspesu, happopesu, pitkä emäs-happopesu, desinfiointi ja alkuhuuhdtelu. Samoja reseptejä käytettiin kaikkiin tehtaan säiliöihin. Yleisimmin käytetty pesu oli emäs-happopesu. Muita reseptejä käytettiin tarvittaessa, eli melko harvoin. Uusia reseptejä rakennettaessa desinfiointi- ja alkuhuuhdteluohjelmat jätettiin entiselleen. Niitä ei muutettu, koska molempien reseptien kestot olivat jo toimivat.

Optimoinnin alussa yritettiin myös pienentää pesunesteiden tilavuusvirtaa pienimpiä säiliöitä pestäessä. Tästä kokeilusta päätettiin kuitenkin luopua, koska pesupallosta saatava alhainen iskuteho laski entisestään. Pesujen mekaaninen energia todettiin muutenkin melko alhaiseksi, koska pesunesteiden kierrätyksessä käytetyt 4 kW:n pumput olivat käyttötarkoitukseensa nähden alitehoisia. Pumpuilla ei saavutettu aina haluttua tilavuusvirtaa. Asetettu 10000

l/h saavutettiin vain ajoittain, tilavuusvirran ollessa yleensä 7500-8500 l/h. Pesujen optimointi tapahtui pääasiassa pesureseptien pesuvaiheita lyhentämällä ja pesun rakennetta muuttamalla.

7.2 Säiliöiden kiertoajat ja sijainnit

Kiertoaika tarkoittaa aikaa, missä pesuliuos lähtee pesukeskuksesta, kiertää tulolinjaa pitkin säiliöön ja palaa sieltä paluulinjaa pitkin takaisin pesukeskukseen. Koska säiliöt sijaitsevat hyvin erilaisten matkojen päässä pesukeskuksesta, niin kaikilla säiliöillä ei voi olla samanlaisia kiertoaikoja. Kiertoaikojen erot vaikuttavat säiliöiden pesun kokonaiskeston. Mitä kauempana säiliö on pesukeskuksesta, sitä pidempi on kiertoaika ja säiliön kokonaispesuaika.

Eri säiliöiden kiertoaikojen välistä suhdetta selvitettiin ensin laskemalla aika lämpimän emäspesuvaiheen alusta siihen, että lämmin vesi saavutti pestävän säiliön ja lämmitti tuloputken 50 °C:seen. Tällä menetelmällä ei kuitenkaan saatu tarkkaa kiertoaikaa ja saadut suhdeluvut olivat vain suuntaa antavia. Helpompi ja huomattavasti tarkempi tapa määrittää kiertoaika oli seurata paluulinjan johtokykymittaria. Kiertoaika määritettiin emäspesuvaiheen alusta siihen hetkeen, kun paluulinjan johtokykymittari reagoi pesukeskukseen palaavaan emäspesuliuokseen.

Kiertoaikojen mittauksia suoritettiin useille eri puolilla tehdasta sijaitseville säiliöille. Tulosten perusteella saatiin käsitys siitä, kuinka suuria eroja kiertoajoissa oli. Kiertoajat kasvoivat suhteessa pesulinjan pituuden kanssa. Kiertopesuaikojen perusteella tehdas jaettiin neljään osastoon, joista kaikille päätettiin tehdä omaan kiertoaikaan perustuvat reseptit. Yhdelle osastolle tehtiin aina neljä erilaista pesureseptiä: emäs-happopesu, emäspesu, happopesu ja pidennetty emäs-happopesu. Osastoilla käytettäväksi kiertoajoiksi valittiin kunkin osaston pisin kiertoaika. Näin varmistuttiin, että pesuvaiheet ovat riittävän pitkät kauimmaisillekin säiliöille.

7.3 Koepesujen suoritus

Pesuresepteihin tehtyjen muutosten vaikutuksia seurattiin pääasiassa koepesuista saaduista loppuhuuhteluvesinäytteistä. Koepesut suoritettiin normaalien pesujen yhteydessä. Tehtaan säiliöt olivat tavanomaisessa käytössä koko optimoinnin ajan. Tuotantokäytössä olevien säiliöiden puhtaudesta varmistuttiin siten, että säiliöt pestiin koepesujen jälkeen myös alkuperäisellä reseptillä. Optimoinnin aikaiset koepesut suoritettiin sellaisissa tilanteissa, että niistä aiheutuisi mahdollisimman vähän viivytyksiä normaalille tuotannolle.

7.4 Pesulinjojen 3 ja 4 optimointi

Pesureseptien muokkaus alkoi pesulinjoilla 3 ja 4 käytettävistä resepteistä. Ensimmäiset pesureseptit joita muutettiin, olivat valmistus- ja kylmäosaston emäs-happopesureseptit sekä valmistusosaston emäspesuresepti. Käytännössä emäspesuresepti tehtiin loppuun vasta sitten, kun emäs-happopesureseptit olivat valmiit. Pesureseptin muutoksia ei tehty vain yhteen reseptiin kerrallaan, koska tehtaan säiliöt olivat tavanomaisessa käytössä koko optimoinnin ajan. Kahden reseptin muokkaus samaan aikaan mahdollisti pesun yhdellä pesulinjalla, vaikka toinen oli samaan aikaan käytössä. Kun toisessa pesureseptissä muutettiin jotakin vaihetta onnistuneesti, siirrettiin muutos myös toiseen reseptiin. Kun pesuaskeliin tehtäviä muutoksia siirrettiin toiseen reseptiin, otettiin huomioon aina pesureseptille määritetty kiertoaika.

Muiden reseptien muokkaus aloitettiin, kun valmistus- ja kylmäosastojen emäs-happopesureseptit saatiin optimoitua. Osastojen emäs- ja happopesureseptit muokattiin jo optimoiduista emäs-happoresepteistä. Emäspesuresepteistä poistettiin happopesuvaihe ja ylimääräiseksi jäänyt välihuuhtelu. Happopesureseptistä poistettiin vastaavasti emäsvaihe ja välihuuhtelu. Pitkä emäs-happopesuresepti muokattiin jo optimoidusta emäs-happopesureseptistä siten, että emäspesuvaiheen kesto pidennettiin 15 minuutista 31-33 minuuttiin. Happopesuvaiheen kesto pidennettiin 5 minuutista 15 minuuttiin.

Pesuaineiden pitoisuutta kokeiltiin laskea, kun valmistusosaston emäs-happopesu oli optimoitu. Emäskonsentraatio kokeiltiin laskea pesuainetoimittajan ohjeiden mukaisesti 1,2 til-%:sta 1,0 til-%:iin ja happokonsentraatio 1,0 til-%:sta 0,7 til-%:iin. Pesujen hygienisessä tasossa ei havaittu laskua, joten pesuaine pitoisuus jätettiin alemmalle tasolle (Kappale 8, huuhteluvesinäytteiden käsittely).

7.4.1 Valmistusosaston emäs-happopesuresepti

Valmistusosaston emäs-happopesun koeresepti 1

Alkuperäisessä emäs-happopesureseptissä alkuhuuhTELUN kesto oli 420 s. Pesureseptin optimointi aloitettiin muuttamalla alkuhuuhTELUN kesto 220 sekuntiin. (Taulukko 1).

Taulukko 1. Valmistusosaston emäs-happopesun koeresepti 1.

Valmistusosaston emäs-happopesun koeresepti 1: (12.11.2009)				
Kiertoaika 260 s				
Askel nro.	Painepuoli	Paluupuoli	Aika (s)	Aika (min)
1	AlkuhuuhTELU	Viemäri	2	0,03
2	AlkuhuuhTELU + pumppu	Viemäri	220	3,67
3	Emäs	Viemäri	10	0,17
4	Emäs + pumppu	Viemäri	170	2,83
5	Emäs + pumppu	Viemäri + emäs	120	2,00
6	Emäs + pumppu	Emäs	615	10,25
7	LoppuhuuhTELU	Emäs	10	0,17
8	LoppuhuuhTELU + pumppu	Emäs	170	2,83
9	LoppuhuuhTELU + pumppu	AlkuhuuhTELU + emäs	120	2,00
10	Happo	AlkuhuuhTELU	10	0,17
11	Happo + pumppu	AlkuhuuhTELU	170	2,83
12	Happo + pumppu	AlkuhuuhTELU + happo	120	2,00
13	LoppuhuuhTELU	Happo	10	0,17
14	LoppuhuuhTELU + pumppu	Happo	170	2,83
15	LoppuhuuhTELU + pumppu	AlkuhuuhTELU + happo	150	2,50
		Yhteensä:	2067	34,5

Muutoksen jälkeen alkuhuuhTELUVaiheen huuhteluvesinäytteissä näkyi silmillä nähtäviä kiintoainejäämiä. Tästä voitiin päätellä, että alkuhuuhTELUN kesto ei ollut riittävä. Samaan aikaan kylmän osaston vastaavassa pesureseptissä kokeiltiin alkuhuuhTELUN kestona kiertoaika + 10 %. Kun alkuhuuhTELUVESI näytti siinä puhtaalta, päätettiin samaa asetusta kokeilla myös valmistusosaston toisessa koereseptissä. (Taulukko 2, askel 1)

Alkuperäisessä reseptissä alkuhuuhTELUN jälkeen tuli 10 sekunnin valutusaika, joka päätettiin säilyttää ennallaan uudessakin reseptissä (Taulukko 1, askeleet 1, 7, 10 ja 13). Emäspesuvaiheen kesto oli alkuperäisessä reseptissä 20 min eli 1200 s. Emäspesuvaihetta haluttiin laskea melko maltillisesti, koska se on hygieenisen lopputuloksen kannalta tärkein pesuvaihe. Emäspesuvaiheen kesto muutettiin 15,1 minuuttiin eli 905 sekuntiin. (Taulukko 1, askeleet 4-6)

Emäspesuvaiheen jälkeinen 10 s mittainen valutusaika jätettiin myös ennalleen. Alkuperäisessä reseptissä välihuuhTELU kesti 420 s. Sen kesto muutettiin uudessa reseptissä 290 sekuntiin (Taulukko 1, askeleet 8-9). HuuhTELUVESINÄYTTEELLE suoritettujen pH –mittauksen tulos oli neutraali. Koska näytteessä ei havaittu pH:n nousua, siinä ei ollut jäämiä emäspesuaineesta. Tämän vuoksi voitiin tehdä johtopäätös, että välihuuhTELU oli riittävän pitkä.

VälihuuhTELUN jälkeinen 10 s mittainen valutusaika jätettiin ennalleen kuten muissakin pesuvaiheissa. Happopesuvaihetta lyhennettiin tuntuvasti, koska yksittäistä säiliötä käytetään suhteellisen harvoin, jolloin tuotteen mahdollinen saostuminen pestäville pinnoille on hyvin hidasta. Liiallisen happopesun korrodoivaa vaikutusta haluttiin ehkäistä. Lisäksi mahdollisten emäsjäämien neutralisointiin riittää lyhyempikin happopesuaika. Happopesun kesto oli alkuperäisessä reseptissä 15,5 min eli 930 s. Sen kesto muutettiin 4,83 minuuttiin eli 290 sekuntiin. (Taulukko 1, askeleet 11-12)

LoppuhuuhTELUN kesto oli alkuperäisessä reseptissä 10,5 min eli 630 s. LoppuhuuhTELUAJAKSI muutettiin kiertoaika 260 s, johon lisättiin kokeiluna 60 s. LoppuhuuhTELUN kestoksi tuli siis 320 s (Taulukko 1, askeleet 14-15). Ensimmäisen emäs-happo koepesureseptin kokonaispituudeksi tuli 34,5 min.

Valmistusosaston emäs-happopesun koeresepti 2

Valmistusosaston kiertoaika oli 260 s. Alkuhuuhtelun kestoksi muokattiin kylmäosaston reseptissä hyväksi havaittu kiertoaika + 10 %. Uudeksi alkuhuuhtelun kestoksi tuli 286 s (Taulukko 2, askel 2). Alkuhuuhteluvaiheessa otetut huuhteluvesinäytteet näyttivät muutoksen jälkeenkin yhtä puhtailta kuin alkuperäiselläkin reseptillä. Toinen suuri muutos ensimmäiseen koereseptin nähden oli valutusvaiheiden siirtäminen eri askeleisiin. Vanhoilla resepteillä valutusaika oli heti edellisen pesuvaiheen jälkeen. Ongelmaksi muodostui se, että valutusvaiheen jälkeen säiliöön pumpattiin vielä koko tulolinjallinen edellisen pesuvaiheen pesunestettä.

Taulukko 2. Valmistusosaston emäs-happopesun koeresepti 2.

Valmistusosaston emäs-happopesun koeresepti 2: (23.11.2009)				
Kiertoaika 260 s				
Askel nro.	Painepuoli	Paluupuoli	Aika (s)	Aika (min)
1	Alkuhuuhtelu	Viemäri	2	0,03
2	Alkuhuuhtelu + pumppu	Viemäri	286	4,77
3	Emäs + pumppu	Viemäri	130	2,17
4	Emäs	Viemäri	10	0,17
5	Emäs + pumppu	Viemäri + emäs	280	4,67
6	Emäs + pumppu	Emäs	490	8,17
7	Loppuhuuhdtelu + pumppu	Emäs	130	2,17
8	Loppuhuuhdtelu	Alkuhuuhtelu + emäs	10	0,17
9	Loppuhuuhdtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + emäs	250	4,17
10	Happo + pumppu	Alkuhuuhtelu	130	2,17
11	Happo	Alkuhuuhtelu + happo	10	0,17
12	Happo + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	170	2,83
13	Loppuhuuhdtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	130	2,17
14	Loppuhuuhdtelu	Alkuhuuhtelu + happo	10	0,17
15	Loppuhuuhdtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	200	3,33
		Yhteensä:	2238	37,3

Ongelma korjattiin siten, että seuraavaa pesuvaihetta käytettiin puolen pesukierron ajan ennen 10 sekunnin valutusvaihetta (Taulukko 2, askeleet 3-4, 7-8, 10-11 ja 13-14). Muutoksen myötä tulolinja saatiin täytettyä seuraavan pesuvaiheen nesteellä ja pumpattua edellisen pesuvaiheen neste pois. Valutusaskeleen aikana säiliö ehti tyhjentyä ja uusi pesuvaihe voitiin aloittaa

ilman, että pesunesteet sekoittuivat säiliössä. Pumppu asetettiin käynnistymään uudestaan valutusvaiheen jälkeen, jolloin pesuneste suihkutettiin tyhjiin säiliöön.

Emäspesuvaihe lyhennettiin tasan 15 minuuttiin eli 900 sekuntiin. Välihuuhtelun pituus kasvoi tässä reseptissä, koska ennen valutusta tapahtunutta 130 sekunnin linjan täyttöä ei huomattu poistaa välihuuhtelun kokonaisajasta. Virhe korjattiin kuitenkin seuraavaan reseptiin. Pesureseptin askeleisiin 8, 13 ja 14 lisättiin paluupuolelle pesunesteen palautusmahdollisuus alkuhuuhTELUSÄILIÖÖN. Aiemmin palautus oli askeleessa 8 pelkkään emäkseen ja askeleissa 13-14 pelkkään happoon. Palautusmahdollisuus alkuhuuhTELUSÄILIÖÖN lisättiin, koska liuosten ohjaus tapahtui joka tapauksessa automaation seuraaman johtokyvyn perusteella. Jos johtokyky laski liian alhaiseksi jo aiemmassa askeleessa kuin oli tarkoitus, niin automaatio ei ohjannut liian laimeaa pesuliuosta takaisin pesuliuossäiliöön.

Happopesua ja loppuhuuhTELUA pidennettiin molempia 10 s, koska osa edellisen reseptin huuhteluvesinäytteistä oli kontaminoituneita. Vika löytyi myöhemmin likaisesta näytehanasta eikä pesureseptistä (Kappale 8, huuhteluvesinäytteiden käsittely). Lopullisesta emäs-happopesureseptistä poistettiin 10 sekunnin pidennys.

Valmistusosaston emäs-happopesun lopullinen resepti

Koska huuhteluvesinäytteet olivat parantuneet tarkemmin suoritettuna näytteenoton ansiosta, niin reseptiin päätettiin kokeilla vielä viimeisiä muutoksia. Kolmannessa reseptissä muutoksia tehtiin enää hyvin vähän.

Emäs- ja happopesun välissä oleva välihuuhTELU lyhennettiin yhden kiertoajan pituiseksi 260 sekuntiin (Taulukko 3, askeleet 7,9). AlkuhuuhTELUN kestoa oli tavoitteena lyhentää. Tuloksia analysoitiin sameusmittarilla. Tulosten perusteella alkuhuuhTELUAIKAA ei voinut lyhentää. AlkuhuuhTELUN kestoa ei siis muutettu edellisistä resepteistä. Kolmannesta koereseptistä tuli lopullinen valmistusosaston emäs-happopesuresepti. Sen kokonaiskesto oli 35,3 min.

Taulukko 3. Valmistusosaston lopullinen emäs-happopesuresepti.

Valmistusosaston emäs-happopesuresepti: (30.11.2009) Kiertoaika 260s				
Askel nro.	Painepuoli	Paluupuoli	Aika (s)	Aika (min)
1	Alkuhuuhtelu	Viemäri	2	0,03
2	Alkuhuuhtelu + pumppu	Viemäri	286	4,77
3	Emäs + pumppu	Viemäri	130	2,17
4	Emäs	Viemäri	10	0,17
5	Emäs + pumppu	Viemäri + emäs	280	4,67
6	Emäs + pumppu	Emäs	490	8,17
7	Loppuhuuhdeltu + pumppu	Emäs	130	2,17
8	Loppuhuuhdeltu	Alkuhuuhtelu + emäs	10	0,17
9	Loppuhuuhdeltu + pumppu	Alkuhuuhtelu + emäs	130	2,17
10	Happo + pumppu	Alkuhuuhtelu	130	2,17
11	Happo	Alkuhuuhtelu + happo	10	0,17
12	Happo + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	170	2,83
13	Loppuhuuhdeltu + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	130	2,17
14	Loppuhuuhdeltu	Alkuhuuhtelu + happo	10	0,17
15	Loppuhuuhdeltu + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	200	3,33
		Yhteensä:	2118	35,3

7.4.2 Valmistusosaston emäspesuresepti

Valmistusosaston emäspesun koeresepti 1

Valmistusosaston ensimmäinen emäspesuresepti aloitettiin samaan aikaan kuin ensimmäiset emäs-happopesureseptit. Sen takia resepteissä oli myös samanlaiset ongelmat: emäsreseptissä oli aluksi liian lyhyt alkuhuuhtelu (Taulukko 4, askel 2) ja valutusaskeleet olivat väärässä kohdassa (Taulukko 4, askeleet 3,7). Alkuperäisen emäspesureseptin emäsvaiheen kesto oli 20 min. Emäsvaiheen kestoa ei lyhennetty, koska se oli pesun ainoa pesuainevaihe.

Taulukko 4. Valmistusosaston emäspesun koeresepti 1.

Valmistusosaston emäspesun koeresepti 1: (12.11.2009)				
Kiertoaika 260 s				
Askel nro.	Painepuoli	Paluupuoli	Aika (s)	Aika (min)
1	Alkuhuuhtelu	Viemäri	2	0,03
2	Alkuhuuhtelu + pumppu	Viemäri	220	3,67
3	Emäs	Viemäri	10	0,17
4	Emäs + pumppu	Viemäri	170	2,83
5	Emäs + pumppu	Viemäri + emäs	120	2,00
6	Emäs + pumppu	Emäs	910	15,17
7	Loppuhuhtelu	Emäs	10	0,17
8	Loppuhuhtelu + pumppu	Emäs	170	2,83
9	Loppuhuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + emäs	165	2,75
10	Loppuhuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu	165	2,75
		Yhteensä:	1942	32,4

Valmistusosaston lopullinen emäspesuresepti

Reseptin muokkaamista jatkettiin kun valmistus- ja kylmäosaston emäshapporeseptit oli saatu valmiiksi. Emäspesureseptin muokkausta jatkettiin korjaamalla alkuhuuhtelun kestoksi kiertoaika + 10 % (Taulukko 5. Askel 2).

Taulukko 5. Valmistusosaston lopullinen emäspesuresepti.

Valmistusosaston lopullinen emäspesuresepti: (29.12.2009)				
Kiertoaika 260 s				
Askel nro.	Painepuoli	Paluupuoli	Aika (s)	Aika (min)
1	Alkuhuuhtelu	Viemäri	2	0,03
2	Alkuhuuhtelu + pumppu	Viemäri	286	4,77
3	Emäs + pumppu	Viemäri	130	2,17
4	Emäs	Viemäri	10	0,17
5	Emäs + pumppu	Viemäri + emäs	280	4,67
6	Emäs + pumppu	Emäs	790	13,17
7	Loppuhuhtelu + pumppu	Emäs	130	2,17
8	Loppuhuhtelu	Alkuhuuhtelu + emäs	10	0,17
9	Loppuhuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + emäs	165	2,75
10	Loppuhuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu	165	2,75
		Yhteensä:	1968	32,8

Loppuhuuhtelu lyhennettiin 170 sekuntiin. Reseptiin korjattiin myös valutusaskeleiden sijoittuminen pesussa. Ne muutettiin vastaamaan jo optimoituja emäs-happopesuja. Emäspesun toisesta koereseptistä tuli lopullinen valmistusosaston emäspesuresepti. Sen kokonaiskestoksi tuli 32,8 min.

7.4.3 Valmistusosaston happopesuresepti

Happopesuresepti rakennettiin valmistusosaston emäs-happo- ja emäspesureseptien pohjalta. Happopesuresepti on esitetty taulukossa 6. Alkuhuuhtelun kesto saatiin suoraan emäs-happopesureseptistä (Taulukko 3, askel 2) ja loppuhuuhtelun kesto emäspesureseptistä (Taulukko 5, askeleet 7-10). Happopesun kokonaiskestoksi tuli 27,8 min.

Taulukko 6. Valmistusosaston happopesuresepti.

Valmistusosaston happopesuresepti: (4.1.2010)				
Kiertoaika 260s				
Askel nro.	Painepuoli	Paluupuoli	Aika (s)	Aika (min)
1	Alkuhuuhtelu	Viemäri	2	0,03
2	Alkuhuuhtelu + pumppu	Viemäri	286	4,77
3	Happo + pumppu	Viemäri	130	2,17
4	Happo	Viemäri	10	0,17
5	Happo + pumppu	Viemäri + happo	280	4,67
6	Happo + pumppu	Happo	490	8,17
7	Loppuhuuhtelu + pumppu	Happo	130	2,17
8	Loppuhuuhtelu	Alkuhuuhtelu + happo	10	0,17
9	Loppuhuuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	165	2,75
10	Loppuhuuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu	165	2,75
		Yhteensä:	1668	27,8

Huomioitavaa on, että tässä happopesureseptissä viemäröinti-aika kasvoi vanhaan happopesureseptiin verrattuna. Tämä johtuu siitä, että uusissa resepteissä likainen alkuhuuhteluvesi viemäroitiin käytön jälkeen, kun taas alkuperäisissä resepteissä osa alkuhuuhteluvedestä palautettiin pesukiertoon. Uusissa resepteissä kierrätys painottuu enemmän pesuliuksiin. Jos pesunesteen kiertoaika on lyhyt, kuten tässä happopesussa, viemäröinti-aika

pidentyy suhteessa vanhaan reseptiin. Jätevettä syntyi suhteessa enemmän kun alkuperäisessä happoreseptissä, mutta pesun hygieninen taso nousi alkuhuuhteluveden viemäroinnin ansiosta.

7.4.4 Valmistusosaston pitkä emäs-happopesuresepti

Pidennettyä pesua käytetään poikkeustilanteissa, kun säiliö on jostain syystä erityisen likainen tai pestävä kiintoaine on ehtinyt kuivua ja tarttua säiliön seiniin. Pesuresepti on muuten samanlainen kuin valmistuspuolelle tehty emäs-happopesuresepti, mutta emäs- ja happopesuvaiheita on pidennetty. Alkuperäisessä reseptissä emäsvaiheen kesto oli 30,05 min ja happopesun kesto 15,05 min. Pesuainevaiheiden kestot haluttiin pitää hyvin samana myös optimoitavassa pesureseptissä. Emäspesuvaiheen kestoksi tuli 31,83 min ja happopesun kestoksi 14,5 min. Erot syntyivät kiertoaikojen pituuksista. Alkuperäisen reseptin turhan pitkiä huuhteluaikoja lyhennettiin. Alkuperäisen reseptin kokonaiskesto oli 72,2 min ja uuden reseptin 61,6 min. Valmistusosaston pitkä emäs-happopesuresepti on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Valmistusosaston pitkä emäs-happopesuresepti.

Valmistusosaston pitkä emäs-happopesuresepti: (29.12.2009)				
Kiertoaika 260 s				
Askel nro.	Painepuoli	Paluupuoli	Aika (s)	Aika (min)
1	Alkuhuuhtelu	Viemäri	2	0,03
2	Alkuhuuhtelu + pumppu	Viemäri	286	4,77
3	Emäs + pumppu	Viemäri	130	2,17
4	Emäs	Viemäri	10	0,17
5	Emäs + pumppu	Viemäri + emäs	260	4,33
6	Emäs + pumppu	Emäs	1520	25,33
7	Loppuhuhtelu + pumppu	Emäs	130	2,17
8	Loppuhuhtelu	Alkuhuuhtelu + emäs	10	0,17
9	Loppuhuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + emäs	130	2,17
10	Happo + pumppu	Alkuhuuhtelu	130	2,17
11	Happo	Alkuhuuhtelu + happo	10	0,17
12	Happo + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	740	12,33
13	Loppuhuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + Happo	130	2,17
14	Loppuhuhtelu	Alkuhuuhtelu + happo	10	0,17
15	Loppuhuhtelu + pumppu	Alkuhuuhtelu + happo	200	3,33
		Yhteensä:	3698	61,6

7.4.5 Kylmän osaston emäs-happopesuresepti

Kylmän osaston emäs-happopesun koeresepti 1

Kylmän osaston emäs-happopesuresepti oli ensimmäinen uusista koeresepteistä. Se tehtiin kuitenkin käytännössä samaan aikaan kun emäs-happopesuresepti valmistusosastolle.

Kylmällä osastolla kiertoaika oli 320 s. Alkuhuuhtelun kestoksi tuli 352 s 10 s:n lisäyksen jälkeen. Alkuhuuhtelun kestoa ei muutettu enää myöhemmin, koska valmistusosaston pesureseptissä alkuhuuhtelun lyhentäminen ei toiminut. Emäspesuvaiheen kesto jätettiin 15 minuutiksi, eli samaksi kun alkuperäisen emäspesureseptin kesto. Välihuuhtelun kestoksi muutettiin tässä koereseptissä 7 min, mikä oli 230 s enemmän kun valmistusosaston vastaavassa reseptissä. Loppuhuuhdelun kesto päätettiin muuttaa 7,5 minuutiksi eli 60 s lyhyemmäksi kun valmistusosaston pesureseptissä. Kylmän osaston ensimmäisen koereseptin kokonaispituus oli 43,6 min.

Kylmän osaston emäs-happopesun koeresepti 2

Koereseptissä 2 muutettiin väli- ja loppuhuuhdeluaikoja. Välihuuhtelun kestoa lyhennettiin 7 minuutista 6 minuuttiin. Loppuhuuhdelun kesto oli edellisessä koereseptissä 7,5 min eli 450 s. Kestoa lyhennettiin 10 s. Sameusmittauksella voitiin todeta, että loppuhuuhdelun kesto oli edelleen riittävä.

Kylmän osaston lopullinen emäs-happopesuresepti

Kolmannessa koereseptissä väli- ja loppuhuuhdeluvaiheita lyhennettiin edelleen 10 s. Lyhennyksen jälkeen välihuuhdelun kesto oli 350 s ja loppuhuuhdelun kesto 440 s. Loppuhuuhdelu muutettiin kuitenkin takaisin 450 sekuntiin, koska sameusmittauksessa oli havaittavissa emäsjäämiä. Pidemmästä kiertoajasta johtuen huuhteluvaiheet jäivät valmistusosaston vastaavia pidemmiksi. Emäspesuvaiheen lopulliseksi pituudeksi tuli 15,17 min ja happopesuvaiheen kestoksi 5 min. Kolmannesta koereseptistä tuli kylmän osaston lopullinen emäs-happopesuresepti. Pesun lopullinen kokonaiskesto oli 39,9 min.

7.4.6 Kylmän osaston muut pesureseptit

Kylmän osaston emäspesun, happopesun ja pitkän emäs-happopesun pesureseptit tehtiin jo optimoitujen valmistusosaston reseptien pohjalta. Kylmän osaston emäspesun kestoksi saatiin 33,9 min, happopesun kestoksi 28,9 min ja pitkän emäs-happopesun kestoksi 67,1 min. Kylmän puolen happopesu oli yksi kolmesta pesureseptistä, jossa viemäröintiäika kasvoi alkuperäiseen reseptiin verrattuna.

7.5 Pesulinjan 1 optimointi

7.5.1 Likööriosaston pesureseptit

Likööriosaston kiertoaikoja mitatessa havaittiin, että kiertoaika erosi kylmäosaston kiertoajasta vain muutamia sekunteja. Ero oli niin pieni, että samaa pesureseptiä päätettiin ottaa käyttöön molemmilla osastoilla. Likööriosaston kiertoajaksi tuli 320 s. Likööriosaston kaikki pesureseptit ovat identtiset kylmäosaston reseptien kanssa. Koska osastojen pesut kuitenkin tapahtuvat eri pesulinjoilla, pesureseptit nimettiin erillisiksi omien pesulinjojensa reseptikirjastoihin.

7.5.2 Puristamon pesureseptit

Puristamon pesureseptit tehtiin jo optimoitujen valmistusosaston reseptien pohjalta. Reseptien muokkauksessa otettiin huomioon puristamon muita osastoja selvästi lyhyempi kiertoaika 90 s.

Emäs-happopesureseptin kestoksi saatiin 26,4 min, emäspesun kestoksi 24,8 min, happopesun kestoksi 19,8 min ja pitkän emäs-happopesun kestoksi 56,2 min.

8 Näytteiden otto ja analysointi

8.1 Näytteiden otto

Pesujen puhtaustasoa seurattiin loppuhuuhteluvaiheen lopussa otetuilla huuhteluvesinäytteillä. Säiliöpesujen näytteet otettiin paluupumpussa olevasta näytteenottohanasta. Näytettä otettaessa näytehana desinfioidiin suihkepullossa olevalla desinfiointiaineella. Desinfioinnin jälkeen vettä laskettiin vielä hetken aikaa ja näin saatiin suljettua desinfiointiaineen vaikutus pois vesinäytteistä.

Emäksestä, haposta ja loppuhuuhteluviedestä otettiin näytteet kerran viikossa. Näytteet otettiin pesukeskuksessa sijaitsevien säiliöiden hanoista. Näytteenotto suoritettiin samalla tavalla kun säiliöpesuissa.

Vesinäytteet otettiin steriileihin säilytyspulloihin. Yksi vesinäyte oli noin 2 dl. Näytteet analysoitiin Pernod Ricard Finland Oy:n omassa laboratoriossa ja näytteiden käsittelystä vastasi yrityksen oma laboratoriohenkilökunta.

8.2 Näytteiden analysointi

Huuhteluvesinäytteistä määritettiin pH, kokonaismikrobimäärä sekä hiiva- ja homepesäkkeiden määrät. Laimennettu näyte käsiteltiin kalvosuodatusmenetelmällä. Näytevedessä mahdollisesti olevat mikrobit tarttuivat suodatuksen aikana puoliläpäisevään suodatuskalvoon. Suodatuksen jälkeen kalvoa inkuboitiin petri-maljalla 72 h. Kalvolta luettiin kokonaismikrobi-, hiiva- ja homepesäkkeiden määrät (pmy/100 ml). pH mitattiin laimentamattomasta vesinäytteestä.

8.3 Näytteenoton parantaminen

Pesureseptien ensimmäisten versioiden aikana huuhteluvesinäytteet olivat vaihtelevasti puhtaita ja kontaminoituneita. Näytetulosten laajalle vaihtelulle ei löytynyt loogista kaavaa. Eri säiliöistä saatuja tuloksia vertailtaessa huonoimmat tulokset eivät aina tulleet säiliöistä, joiden tiedettiin olevan vertailusäiliöitään

likaisempia. Ongelma ratkesi kun paluupumpussa olevaa näytehanaa raotettiin hyvin vähän jo pesun alussa. Hanan sisälle jäänyt kuollut kulma peseytyi eikä se enää kontaminoinut näytettä. Näytehanaan ulkoista desinfiointia jatkettiin normaalisti.

Työn loppupuolella loppuhuuhtelusäiliöstä otettujen vesinäytteiden kokonaismikrobitasot alkoivat nousta. Loppuhuuhteluvesi on kierrättämätöntä vesijohtovettä, joten normaalitilanteessa sen pitäisi olla puhdasta. Säiliö desinfiointiin kertaalleen, mutta se ei parantanut puhtaustasoa kuin hetkeksi. Kun kokonaismikrobitaso nousi jälleen, säiliö tarkastettiin. Säiliön kartion muotoisella pohjalla oli silmännähtäviä ruskeita, mikrobikasvusta johtuvia, pisteitä.

Säiliön rakenteessa huomattiin muutamia puutteita, jotka mahdollistivat mikrobikasvun. Säiliön pohja oli kartion muotoinen, mutta poistoputki ei ollut säiliön pohjassa vaan säiliön kyljessä. Säiliön pohjalla ollut vesi ei vaihtunut käytännössä ollenkaan, vaikka vettä käytettiin pesuihin. Vaihtumaton vesi tarjosi mikrobeille kasvualustan (Kappale 5.2, mikrobit ja biofilmin muodostus).

Kartion pohja oli varattu säiliön tyhjennysputkelle. Putkea käytettiin säiliön manuaaliseen tyhjentämiseen ja näytteenottoon. Tyhjennysputki johti lähelle pesukeskuksen lattiaa, josta vesi tyhjennettäessä valui viemäriin. Roiskeiden välttämiseksi putki jatkui lähelle lattiaa, mikä vaikeutti jo sinällään näytteenottoa. Näytteet otettiin siis säiliön pohjalla seisoneesta vedestä ja putkesta joka johti lähelle epähygieenistä lattiaa.

Loppuhuuhtelusäiliön pohjalla olleesta mikrobikasvusta päästiin eroon harjaamalla säiliö puhtaaksi. Pesuaineena käytettiin emäsliuosta. Käsin suoritettun pesun jälkeen säiliö desinfiointiin kahteen kertaan. Loppuhuuhtelusäiliön rakennetta muutettiin siten, että säiliön poistoputki siirrettiin säiliön pohjaan ja näytteenottohana asennettiin säiliön kylkeen.

9 Tulokset

Alkuperäisistä pesuresepteistä käytössä oli lähes poikkeuksetta emäs-happopesuresepti. Optimoiduista pesuresepteistä on yleisimmin käytössä valmistus- ja kylmäosastojen emäs-happopesureseptit. Muiden reseptien käyttö on niin vähäistä, että kahden aiemmin mainitun pesun keskiarvoa voidaan käyttää vertailtaessa alkuperäisiä ja uusia pesuja. Tuloksia laskettaessa on siis vertailtu alkuperäistä emäs-happopesua ja kahden uuden emäs-happopesun keskiarvoa.

Veden ja energian kulutuksille laskettiin rahallinen säästö. Säästyneelle pesuajalle ei laskettu taloudellista hyötyä. Pesuissa säästetty työaika hyödynnetään muissa työtehtävissä. Pesukemikaalien käyttö väheni huomattavasti. Rahallista säästöä ei voitu laskea työlle varatussa ajassa, koska tulokset voidaan laskea vasta pidemmän aikavälin tarkastelun tuloksena.

9.1 Pesuaika

Ajan säästöä syntyi alkuperäisiä pesureseptejä lyhentämällä. Alkuperäisissä resepteissä emäs-happopesureseptin pituus oli 60,8 min. Valmistusosaston emäs-happopesureseptin pituus oli optimoinnin jälkeen 35,3 min. Kylmän osaston, jonka kiertoaika oli pidempi, pesureseptin kestoksi optimoitiin 39,9 min. Prosentteina ajan säästöt olivat valmistusosastolle 42 % ja kylmäosastolle 34 %. Kahden yleisimmin käytetyn pesun ajan säästön keskiarvo oli 38 %. Pesut lyhenivät optimoinnin tuloksena keskimäärin 23,2 min. Pesuja on kuukaudessa keskimäärin 108 kpl, jolloin kuukausittaiseksi säästöksi voidaan laskea 42 h.

Taulukossa 8 on esitetty optimoitujen pesureseptien säästöt minuutteina ja prosentteina. Optimoitujen pesujen kestoja on verrattu alkuperäisiin pesuihin.

Taulukko 8. Pesuaikojen säästöt eri osastoilla.

Pesukohde	Pesuresepti	Ajan säästö (min)	Ajan säästö (%)
Likööriosasto	Emäs + happo	20,87	34
Likööriosasto	Emäs	3,20	44
Likööriosasto	Happo	3,20	52
Likööriosasto	Pitkä emäs + happo	5,08	7
Puristamo	Emäs + happo	34,42	57
Puristamo	Emäs	12,33	59
Puristamo	Happo	12,33	67
Puristamo	Pitkä emäs + happo	15,97	22
Valmistusosasto	Emäs + happo	25,47	42
Valmistusosasto	Emäs	4,30	12
Valmistusosasto	Happo	4,30	13
Valmistusosasto	Pitkä emäs + happo	10,55	15
Kylmäosasto / tankkitalo	Emäs + happo	20,87	34
Kylmäosasto / tankkitalo	Emäs	3,20	9
Kylmäosasto / tankkitalo	Happo	3,20	10
Kylmäosasto / tankkitalo	Pitkä emäs + happo	5,08	7

9.2 Veden kulutus

Veden kulutus väheni pesuaikojen lyhentämisen seurauksena. Veden kulutuksen säästöt on esitetty taulukossa 9. Vanhassa emäs-happopesussa vettä kului 10,13 m³. Veden kulutus väheni valmistusosaston emäs-happopesussa 4,24 m³ (42 %) ja kylmän osaston vastaavassa pesussa 3,48 m³ (34 %). Keskimääräinen veden kulutus väheni kuukaudessa 417 m³.

Kun tiedettiin vesijohtoveden kuutiohintaa, voitiin laskea, että alkuperäisellä pesureseptillä pesuun käytettävä vesi maksoi 23,70 €. Kahdella, yleisimmin käytössä olevalla emäs-happopesureseptillä vettä kului pesua kohden keskimäärin 6,27 m³ ja veden hinta oli 14,67 €. Erotus, eli syntynyt säästö, pesua kohden oli 9,03 €. Kuukaudessa säästöä kertyy 975 €.

Taulukko 9. Veden kulutuksen säästö.

Pesukohde	Pesuresepti	Veden säästö (m ³)	Veden säästö (%)
Likööriosasto	Emäs + happo	3,48	34
Likööriosasto	Emäs	0,53	44
Likööriosasto	Happo	0,53	52
Likööriosasto	Pitkä emäs + happo	0,85	7
Puristamo	Emäs + happo	5,74	57
Puristamo	Emäs	2,06	59
Puristamo	Happo	2,06	67
Puristamo	Pitkä emäs + happo	2,66	22
Valmistusosasto	Emäs + happo	4,24	42
Valmistusosasto	Emäs	0,72	12
Valmistusosasto	Happo	0,72	13
Valmistusosasto	Pitkä emäs + happo	1,76	15
Kylmäosasto / tankkitalo	Emäs + happo	3,48	34
Kylmäosasto / tankkitalo	Emäs	0,53	9
Kylmäosasto / tankkitalo	Happo	0,53	10
Kylmäosasto / tankkitalo	Pitkä emäs + happo	0,85	7

9.3 Jäteveden määrä

Uusilla ja ennen optimointia käytössä olleilla pesuresepteillä viemäri oli auki keskimäärin 27 % pesuajasta. Loput 73 % ajasta pesunesteet kiersivät takaisin pesukeskuksen emäs-, happo- tai alkuhuuhtelusäiliöön.

Jäteveden väheneminen on esitetty prosentteina taulukossa 10. Esitetyt määrät ovat keskiarvoja, koska viemäröintiäika voi vaihdella hieman pesusta riippuen. Valmistusosaston emäs-happopesussa syntyvän jäteveden määrä laski 44 %. Kylmän osaston emäs-happopesussa vastaava luku oli 34 %.

Valmistusosaston happopesureseptissä sekä kylmän osaston emäs- ja happopesuresepteissä viemäröintiäjat pitenivät. Syy tähän oli se, että uusissa pesuresepteissä likainen alkuhuuhteluvesi viemäroitiin kokonaan käytön jälkeen. Vanhoissa resepteissä osa alkuhuuhteluvedestä palautettiin

pesukiertoon, mikä vähensi viemäröintiä, mutta huononsi pesun hygieenistä tasoa. Uusissa resepteissä kierrätys painottui enemmän emäs- ja happopesuvaiheisiin. Kun pesuliuosten kiertoajat olivat lyhyet, kuten näissä kolmessa reseptissä, viemäröintiaika piteni.

Taulukko 10. Jäteveden vähentäminen.

Pesukohde	Pesuresepti	Jäteveden vähennys (%)
Likööriosasto	Emäs + happo	34
Likööriosasto	Emäs	34
Likööriosasto	Happo	34
Likööriosasto	Pitkä emäs + happo	7
Puristamo	Emäs + happo	71
Puristamo	Emäs	71
Puristamo	Happo	71
Puristamo	Pitkä emäs + happo	59
Valmistusosasto	Emäs + happo	44
Valmistusosasto	Emäs	10
Valmistusosasto	Happo	-77
Valmistusosasto	Pitkä emäs + happo	21
Kylmäosasto / tankkitalo	Emäs + happo	34
Kylmäosasto / tankkitalo	Emäs	-6
Kylmäosasto / tankkitalo	Happo	-107
Kylmäosasto / tankkitalo	Pitkä emäs + happo	7

Syntyneen jäteveden määrä laski huomattavasti. Jäteveden määrän lasku kuormittaa ympäristöä vähemmän. Vähentyneelle jäteveden tuotolle ei laskettu rahallista arvoa.

9.4 Energian kulutus

Lämmitettyä vettä käytetään pesujen emäs- ja happopesuvaiheissa. Pesukeskuksen pesuliuosten asetustemperatuurit olivat emäksellä 72,5 °C ja hapolla 60 °C. Energian kulutuksessa käytetty lämpötilaero laskettiin kuitenkin paluulinjan lämpötiloista. Lämpötilaero saatiin vertaamalla paluulinjaa pitkin palaavan pesuliuoksen alkulämpötilaa ja sen saavuttamaa maksimilämpötilaa.

Emäspesuvaiheen aloituslämpötila oli paluulinjassa 15 °C ja maksimilämpötila 70,5 °C. Happopesuvaiheen aloituslämpötila oli vastaavasti 9 °C ja maksimilämpötila 55 °C. Tulo- ja paluulinjojen välinen maksimilämpötilojen ero johtuu pesukierron aikana tapahtuvista lämpöhäviöistä.

Energiasäästöjen laskut on esitetty kokonaisuudessaan liitteessä 1.

Alkuperäisessä pesureseptissä tarvittava lämmitysenergia oli yhtä pesua kohden 165,6 kWh. Uusilla pesuresepteillä tarvittava lämmitysenergia oli yhtä pesua kohden 93,9 kWh. Uusien pesureseptien energian kulutus laskettiin valmistus ja kylmän osaston reseptien keskiarvosta. Erotus, eli syntynyt säästö, pesua kohden oli 71,7 kWh. Kun tiedetään energian hinta/kWh, niin kuukausittaiseksi säästökseksi voidaan laskea 492 €.

Optimoinnissa saavutettu ajan säästö oli 42 h/kk. Käytännössä pesunesteitä kierrättävä pumppu on saman tuntimäärän pois päältä. Pumpun teho on 4 kW. Kun edellä mainittujen muuttujien lisäksi tiedetään energian hinta, voidaan laskea että pumpun vähentyneestä käytöstä syntyvä säästö on kuukaudessa 10,7 €.

9.5 Pesukemikaalien kulutus

Pesukemikaalien kulutusta vähennettiin lyhentämällä pesuvaiheiden kestoja, parantamalla pesuliuosten ohjausta ja laskemalla pesuainekonsentraatiota.

Pesuliuosten kiertoaikaa lyhennettiin kaikkien osastojen emäs-happopesuissa. Tulokset on esitetty taulukossa 11. Pesuliuosten kiertoaikaa ei lyhennetty minkään osaston emäspesuissa tai happopesuissa, koska ainoan pesuvaiheen lyhentäminen olisi heikentänyt pesun tehoa liikaa. Pidennetyissä emäs-happopesuissa pesuainevaiheiden kestoja ei myöskään lyhennetty pesureseptien käyttötarkoituksesta johtuen.

Taulukko 11. Pesuainevaiheiden lyhentäminen.

Pesukohde	Pesuresepti	Emäspesuvaiheen lyhennys(%)	Happopesuvaiheen lyhennys (%)
Likööriosasto	Emäs + happo	25	68
Puristamo	Emäs + happo	26	68
Valmistusosasto	Emäs + happo	26	68
Kylmäosasto	Emäs + happo	25	68

Emäsluoksen emäspitoisuus oli ennen optimointia 1,2 %. Emäspesuaineen pitoisuus laskettiin 1,0 %:iin. Happoliuoksen happopitoisuus oli ennen optimointia 1,2 %. Happopesuaineen pitoisuus laskettiin 1,0 %:iin.

Pesukemikaalien konkreettinen säästö voidaan laskea vasta pidemmän aikavälin tarkastelun tuloksena. Tämä johtuu pesuliuosten kierrättämisestä. Tarkka säästö saadaan vertaamalla tehtaalle ennen optimointia tilattuja pesukemikaalimääriä optimoinnin jälkeisiin määriin. Pesukemikaaleja tilataan niin harvoin, ettei tälle opinnäytetyölle varattu aika riittänyt tulosten pidempiaikaiselle tarkastelulle.

10 Tulosten arviointi ja päätelmät

Työn aikana muokatut pesureseptit otettiin käyttöön tammikuun 2010 aikana. Pesujen huuhteluvesinäytteiden seuranta jatkettiin reseptimuutosten jälkeenkin. Näytteenotossa ei ole havaittu poikkeavia bakteerisiintymiä, joten lyhennettyjen pesureseptien käyttöä on jatkettu. Tulosten arviointia kirjoitettaessa reseptit ovat olleet käytössä noin kolmen kuukauden ajan. Näytteiden ottoa on jatkettu normaaliin tapaan ja saadut tulokset ovat olleet edelleen puhtaita.

Työn tarkoituksena oli säilyttää vanha pesutaso pienemmillä kustannuksilla. Optimoinnilla saavutettiin yli 17700 €:n vuosittaiset säästöt. Summa ei sisällä pesukemikaaleista saatavaa säästöä. Syntynyt ajansäästö oli vuodessa keskimäärin 504 h. Ajan säästöstä syntyneitä taloudellista hyötyä ei laskettu,

mutta pesuissa säästetty aika vapautui muihin tuotantotehtäviin. Lisäksi säiliöt ovat pesun jälkeen nopeammin käyttövalmiina.

Pesuvaiheet, joissa pesuliuoksia kierrätettiin, lyhenivät 25 % ja 68 %. Pesukemikaaleista saatavat säästöt saadaan laskettua vasta pidemmän aikavälin seurannan tuloksena. Tällä hetkellä kaikki säiliöt pestään emäksellä ja hapolla. Suunnitteilla on, että valmistusosaston säiliöiden pesemistä kokeiltaisiin pelkällä emäspesulla. Jos happopesuvaihe suoritettaisiin nykyistä harvemmin, vähäntäisi se hapon kulutusta entisestään. Lisäksi hapon aiheuttamien korroosiovaurioiden riski pienenesi.

Pesuliuosten lämmittäminen väheni lyhentyneiden pesuvaiheiden seurauksena. Energian käytön vähenemisestä syntyneet säästöt ovat vuodessa hieman yli 6000 €. Suurin taloudellinen hyöty saadaan kuitenkin veden kulutuksen vähenemisestä. Vuodessa veden säästö tuo n. 11700 €:n taloudellisen hyödyn. Tämän seurauksena myös tuotetun jäteveden määrä laskee. Työn tuloksena saavutettiin tehokkaampi, taloudellisempi ja luontoa vähemmän kuormittava säiliöpesu, ilman, että puhtaustaso kärsi. Työn aikana säiliöpesuihin tehtiin melko suuria muutoksia. Muutokset tehtiin kuitenkin suhteellisen pitkän ajan kuluessa ja vähän kerrallaan. Pesuresepteihin tehtyjen muutoksien vaikutuksia seurattiin näytteenotolla, sameusmittauksilla ja pesun seurannalla. Ecolab Oy:ltä lainaan saatu UV -valo mahdollisti säiliöiden silmämääräisen tutkimisen.

Työn aikana löydettiin muitakin parannuskohteita. Ensimmäinen pesutehoa parantava toimenpide olisi nykyisten CIP -pumppujen korvaaminen tehokkaammilla. Nykyisten pumppujen tuottama tilavuusvirta on välttävä. Tehokkaammilla pumpuilla pesun painetta saataisiin nostettua. Pesunesteen säiliön seinään kohdistamaa iskutehoa saataisiin parannettua ja pesun tehoa nostettua entisestään. Toinen tapa olisi päivittää säiliöpesureita jet -pesureiksi, mutta säiliöiden lukumäärä huomioon ottaen pumppujen päivittäminen olisi huomattavasti yksinkertaisempaa ja taloudellisesti kannattavampaa. Uusien säiliöiden kohdalla säiliöpesurin päivittäminen voisi tulla kysymykseen.

Säiliöpesujen nopeutumisen myötä eräänlaiseksi pullonkaulaksi on syntymässä pesulinjan rakentaminen. Pesulinjan jatkaminen linjan päätepisteestä säiliölle on hidasta. Linjan rakentaminen kumiletkuista vie oman aikansa. Lattialla olevat letkut vaikeuttavat kulkemista ja varsinkin liikuteltavan paluupumpun kuljettamista. Kumiletkuja käytettäessä on myös vaarana niiden hajoaminen. Varsinkin korkeammassa paineessa ne voivat muodostaa jopa tietyn asteisen turvallisuusriskin. Kumiletkujen tilalle rakennettavat runkolinjat auttaisivat asiaa.

Tulosten valossa mittavat muutokset pesuresepteihin näyttävät kannattaneen. Kiertopesu on käytössä myös tehtaan pullottamon puolella. Siellä pesujen optimointi voisi olla myös kannattavaa.

10.1 Kiitokset

Työn ohjaajana yrityksen puolelta toimi valmistuspäällikkö Eeva-Kaarina Valtonen. Työn käytännön osuudessa suureksi avuksi olivat Riku Lehtonen ja valmistuksen esimies Ali Koivisto. Merkittävää apua pesujen teoriasta sain Ecolab Oy:n projektipäällikkö Tero Auralta.

11 LÄHTEET

- 1 Pernod Ricard Finland (2010) Internet sivut: Tietoa yrityksestä [online, viitattu 25.3.2010] saatavilla www-muodossa: <http://www.pernod-ricard-finland.com/pernod-ricard-finland>
- 2 Heino, J. (2008) Luentomateriaali: Tehdassuunnittelu Prosessiteollisuudessa. ss. 91.
- 3 Sjouwerman, H. (2004) Overview of C.I.P [online, viitattu 9.3.2010] saatavilla www-muodossa: <http://www.melrosechem.com/english/publicat/dairy%20industries/cip.pdf>
- 4 Lloyd, D. (2008) Design and Control of CIP Systems. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 154. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 5 Walton, M. (2008) Principles of Cleaning-in-Place (CIP). Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 8. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 6 Walton, M. (2008) Principles of Cleaning-in-Place (CIP). Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 3. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 7 Wirtanen, G. (2002) Laitehygieniä elintarviketeollisuudessa. ss. 110. VTT, Finland, [online, viitattu 24.2.2010] saatavilla www-muodossa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf>
- 8 Walton, M. (2008) Principles of Cleaning-in-Place (CIP). Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 4. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 9 Wirtanen, G. (2002) Laitehygieniä elintarviketeollisuudessa. ss. 109. VTT, Finland, [online, viitattu 24.2.2010] saatavilla www-muodossa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf>
- 10 Marriott, N.G., Gravani, R.B. (2006) Principles of Food Sanitation. Fifth Edition, ss. 289. Springer Science + Business Media, Inc., New York, USA.
- 11 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 112. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 12 Lloyd, D. (2008) Design and Control of CIP Systems. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 152. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 13 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 113. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.

- 14 Lewis, M.J. (2008) Fluid Flow Dynamics. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 68. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 15 Wirtanen, G. (2002) Laitehygienia elintarviketeollisuudessa. ss. 108. VTT, Finland, [online, viitattu 24.2.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf)
- 16 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 103-104. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 17 Wirtanen, G. (2002) Laitehygienia elintarviketeollisuudessa. ss. 60-61. VTT, Finland, [online, viitattu 24.2.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf)
- 18 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 105. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 19 Coulson, J.M., Richardson, J.F., Backhurst, J.R., Harker, J.H. (1999) Pumping of Fluids. Kirjassa: Coulson & Richardson's Chemical Engineering vol.1. 6th Edition, ss. 342. Butterworth-Heinemann, Oxford, Iso-Britannia.
- 20 Majoor, F.A. (2001) Cleaning In Place. Kirjassa: Lelieveld, H., Mostert, T., White, B. (toim.) Hygiene In Food Processing. ss. 203. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Englanti.
- 21 López-Gómez, A., Barbosa-Cánovas, G.V. (2005) Food Plant Design. ss.320-322. CRC Press, Boca Raton, USA.
- 22 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 106. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 23 Packman, R., Knudsen, B., Hansen, I. (2008) Perspectives in Tank Cleaning: Hygiene Requirements, Device Selection, Risk Evaluation and Management Responsibility. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 122-131. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 24 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 117. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 25 Lloyd, D. (2008) Design and Control of CIP Systems. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 148. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 26 Packman, R., Knudsen, B., Hansen, I. (2008) Perspectives in Tank Cleaning: Hygiene Requirements, Device Selection, Risk Evaluation and Management Responsibility. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 118. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 27 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 126-127. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.

- 28 Neuvoston asetus(EY) N:o 1935 (2004) Elintarvikkeen kanssa kosketukseen joutuvista materiaaleista ja tarvikkeista [online, viitattu 22.2.2010] saatavilla [www-muodossa: http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0017:FI:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2004:338:0004:0017:FI:PDF)
- 29 European Hygienic Engineering & Design Group (2004) EHEDG Guidelines Doc 8: Hygienic Equipment Design Criteria. 2nd Edition, ss. 6. [online, viitattu 22.2.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.ehedg.org/uploads/DOC_08_E_2004.pdf](http://www.ehedg.org/uploads/DOC_08_E_2004.pdf)
- 30 Wirtanen, G. (2002) Laittehygieniä elintarviketeollisuudessa. ss. 13-16. VTT, Finland, [online, viitattu 24.2.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf)
- 31 Sterilex, Biofilm, The science. Internet sivut: Tietoa yrityksestä [online, viitattu 18.5.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.sterilex.com/biofilm/the_science.asp](http://www.sterilex.com/biofilm/the_science.asp)
- 32 López-Gómez, A., Barbosa-Cánovas, G.V. (2005) Food Plant Design. ss. 316. CRC Press, Boca Raton, USA.
- 33 Wirtanen, G. (2002) Laittehygieniä elintarviketeollisuudessa. ss. 23. VTT, Finland, [online, viitattu 24.2.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf)
- 34 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 82-83. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 35 Wirtanen, G. (2002) Laittehygieniä elintarviketeollisuudessa. ss. 45. VTT, Finland, [online, viitattu 24.2.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf](http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/2002/P480.pdf)
- 36 López-Gómez, A., Barbosa-Cánovas, G.V. (2005) Food Plant Design. ss. 315. CRC Press, Boca Raton, USA.
- 37 Schonrock, F.T. (2005) Improving the Hygienic Design of Valves. Kirjassa: Lelieveld, H., Mostert, M.A., Holah, J. (toim.) Handbook of Hygiene Control in the Food Industry. ss. 263-264. Woodhead Publishing, Cambridge, Englanti.
- 38 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 97-98. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 39 Lewis, M.J. (2008) Fluid Flow Dynamics. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 24. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 40 Coulson, J.M., Richardson, J.F., Backhurst, J.R., Harker, J.H. (1999) Pumping of Fluids. Kirjassa: Coulson & Richardson's Chemical Engineering vol.1. 6th Edition, ss. 329-331. Butterworth-Heinemann, Oxford, Iso-Britannia.
- 41 Alfa Laval LKH-5. [online, viitattu 15.3.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.daken.demon.co.uk/images/pump/alfa_laval/lkh5.jpg](http://www.daken.demon.co.uk/images/pump/alfa_laval/lkh5.jpg)
- 42 Lewan, M. (2001) Equipment Construction Materials and Lubricants. Kirjassa: Lelieveld, H., Mostert, T., White, B. (toim.) Hygiene In Food Processing. ss. 167-168. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Englanti.
- 43 Partington, E. (2006) Stainless Steel in the Food and Beverage Industry. 1st Edition, ss. 3. Euro Inox, Luxemburg [online, viitattu 6.3.2010] saatavilla [www-muodossa: http://www.euro-inox.org/pdf/map/StSt_in_FoodandBeverage_EN.pdf](http://www.euro-inox.org/pdf/map/StSt_in_FoodandBeverage_EN.pdf)

- 44 European Hygienic Engineering & Design Group (2004) EHEDG Guidelines Doc 8: Hygienic Equipment Design Criteria. 2nd Edition, ss. 7. [online, viitattu 22.2.2010] saatavilla www-muodossa: http://www.ehedg.org/uploads/DOC_08_E_2004.pdf
- 45 Lewan, M. (2001) Equipment Construction Materials and Lubricants. Kirjassa: Lelieveld, H., Mostert, T., White, B. (toim.) Hygiene In Food Processing. ss. 172-175. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, Englanti.
- 46 Hasting, A.P.M. (2008) Designing for Cleanability. Kirjassa: Tamime, A.Y. (toim.) Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations. 3rd Edition, ss. 87-89. Blackwell Publishing, Oxford, Iso-Britannia.
- 47 European Hygienic Engineering & Design Group (2004) EHEDG Guidelines Doc 8: Hygienic Equipment Design Criteria. 2nd Edition, ss. 12. [online, viitattu 22.2.2010] saatavilla www-muodossa: http://www.ehedg.org/uploads/DOC_08_E_2004.pdf

Energiasäästön laskut:

Lämpötilaero laskettiin paluulinjan lämpötiloista. Lämpötilaero saatiin vertaamalla pesuvaiheen alkulämpötilaa sen saavuttamaan tavoitelämpötilaan. Lämmitykseen kulunut aika laskettiin paluulinjan lämpötilavaiheen alusta siihen hetkeen, jolloin pesun tavoitelämpötila saavutettiin. Lämmitettävien pesuliuosten massa saatiin laskettua pumpun tuottamasta tilavuusvirrasta ja lämmitykseen kuluneesta ajasta.

Lämmityksessä käytetty energia laskettiin lämpömäärän kaavalla:

$Q = c \cdot m \cdot \Delta T \cdot \eta$, missä

$Q =$ Lämpömäärä [J]

$c =$ Ominaislämpökapasiteetti $\left[\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \right]$, vedellä $4,19 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$

$m =$ Lämmitettävän liuoksen massa [kg]

$\Delta T =$ Lämpötilaero paluulinjassa ($T_2 - T_1$)

$\eta =$ Lämmitysjärjestelmän hyötysuhde 0,85 [dimensioton suure], joka otetaan huomioon kertoimella 1,15

Vanha resepti:

Paluulinjassa emäspesuvaiheen aloituslämpötila oli 15 °C. Pesuliuos saavutti 70,5 °C:een maksimilämpötilan 7,6 minuutissa. Kun pumpun tuottama tilavuusvirta oli 10 m³/h, niin voitiin laskea lämmitettävän vesimäärän massa.

$$m_{VE} = 10 m^3 / h \cdot 0,126 h = 1,26 m^3 = 1260 kg$$

Paluulinjassa happopesuvaiheen aloituslämpötila oli 9 °C. Pesuliuos saavutti 55 °C:een maksimilämpötilan 7 minuutissa. Kun pumpun tuottama tilavuusvirta oli 10 m³/h, niin voitiin laskea lämmitettävän vesimäärän massa.

$$m_{VH} = 10 m^3 / h \cdot 0,117 h = 1,17 m^3 = 1170 kg$$

Vanhan reseptin emäspesuvaihe:

$$Q_{VE} = 4,19 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 1260kg \cdot (70,5 - 15^\circ C) \cdot 1,15 = 336958kJ / 3600 = 93,6kWh$$

Vanhan reseptin happopesuvaihe:

$$Q_{VH} = 4,19 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 1170kg \cdot (55 - 9^\circ C) \cdot 1,15 = 259332kJ / 3600 = 72kWh$$

Vanhalla reseptillä käytetty lämmitysenergia:

$$Q_{VE+VH} = 93,6kWh + 72kWh = 165,6kWh$$

Uudet reseptit:

Laskuissa käytettävät ajat ovat keskiarvoja valmistus- ja kylmäosaston emäspesuvaiheesta. Paluulinjassa emäspesuvaiheen aloituslämpötila oli 15 °C. Pesuliuos saavutti 70,5 °C:een maksimilämpötilan 4,2 minuutissa. Kun pumpun tuottama tilavuusvirta oli 10 m³/h, niin voitiin laskea lämmitettävän vesimäärän massa.

$$m_{UE} = 10m^3 / h \cdot 0,07h = 0,7m^3 = 700kg$$

Paluulinjassa happopesuvaiheen aloituslämpötila oli 9 °C. Pesuliuos saavutti 55 °C:een maksimilämpötilan 4,1 minuutissa. Kun pumpun tuottama tilavuusvirta oli 10 m³/h, niin voitiin laskea lämmitettävän vesimäärän massa.

$$m_{VH} = 10m^3 / h \cdot 0,068h = 0,68m^3 = 680kg$$

Uuden reseptin emäspesuvaihe:

$$Q_{UE} = 4,19 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \cdot 700kg \cdot (70,5 - 15^\circ C) \cdot 1,15 = 187199kJ / 3600 = 52kWh$$

Uuden reseptin happopesuvaihe:

$$Q_{UH} = 4,19 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 680 \text{kg} \cdot (55 - 9^\circ\text{C}) \cdot 1,15 = 150723 \text{kJ} / 3600 = 41,9 \text{kWh}$$

Uudella reseptillä käytetty lämmitysenergia:

$$Q_{UE+UH} = 52 \text{kWh} + 41,9 \text{kWh} = 93,9 \text{kWh}$$

