

Opinnäytetyö (AMK)

Prosessi- ja materiaalitekniikka

2022

Saara Stenman

PANIMOPROSESSIN OPTIMOINTI

– Rataspanimo Oy



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Prosessi- ja materiaalitekniikan koulutusohjelma

2022 | 77 sivua, joista liitteitä 5 sivua

Saara Stenman

Panimoprosessin optimointi

- Rataspanimo Oy

Opinnäytetyön tavoitteena oli optimoida ja kehittää Kuninkaantien panimon (Rataspanimo Oy) toimintaa monipuolisesti tukien panimon omia kasvuhaaveita ja ajatuksia. Kuninkaantien panimon tavoitteena oli tuotannon kasvattaminen ja sen myötä vakituisten panimotyöntekijöiden palkkaaminen. Lisäksi tilankäyttöä haluttiin optimoida ja varastointia kehittää selkeämmäksi. Optimoinnin lisäksi opinnäytetyössä tehtiin laaja nykytilanteen kartoitus panimosta aina raaka-aineista valmiin tuotteen pullotukseen, tilaan ja varastointiin. Opinnäytetyö toteutettiin kevään 2022 aikana panimon tiloissa.

Tämän opinnäytetyön teoriassa käsiteltiin laajasti oluenvalmistusprosessia ja raaka-aineita sekä prosessin optimoinnin teoriaa. Opinnäytetyön käytännön osuus toteutettiin omien havaintojen avulla eli työn tulokset perustuivat osallistuvaan havainnointiin ja haastatteluihin sekä näiden yhdistettyihin päätelmiin. Opinnäytetyön tuloksena saatiin laaja nykytilanteen kartoitus Kuninkaantien panimosta, kattavia haastatteluja sekä käsiteltiin laajasti kehittymismahdollisuuksia.

Asiasanat:

panimoprosessi, pienpanimo, käsityöläisolut, oluenvalmistus, prosessin optimointi

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Chemical and Materials Engineering

2022 | 77 pages, appendices 5 pages

Saara Stenman

Optimization of brewing process

- Rataspanimo Oy

The aim of the thesis was to achieve an all-round optimization and improvement of production at Kuninkaantien panimo (Rataspanimo Oy) while supporting the brewery's own aspirations and thoughts. The goal of the brewery was to increase production volume, and thereby hiring permanent brewery workers. Furthermore, there was a desire to optimize the use of the production facility and to develop more organized storage solutions. In addition to optimization, the thesis included an extensive analysis of the current situation in the brewery, ranging from raw materials to bottling of the finished product, facility, and storage. The thesis was carried out during the spring of 2022 in the brewery facility.

In the theoretical part, the brewing process, the raw materials as well as the theory of process optimization are discussed extensively. The practical work for the thesis consisted of personal observations, which means that the results of this thesis were based on participatory observation and interviews and their combined conclusions. The thesis resulted in an extensive analysis of the current situation in Kuninkaantien panimo, comprehensive interviews, and discussion about development possibilities.

Keywords:

brewing process, micro-brewery, craft beer, brewing, process optimization

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	7
1 Johdanto	8
2 Rataspanimo Oy	10
3 Oluenvalmistus	12
3.1 Raaka-aineet	13
3.1.1 Maltaat	13
3.1.2 Humalat	16
3.1.3 Hiivat	18
3.1.4 Vesi	20
3.2 Valmistusprosessi	21
3.2.1 Mäskäys	22
3.2.2 Vierteen keitto	25
3.2.3 Käyminen	29
3.2.4 Jälkikäyminen	33
3.2.5 Suodatus	35
3.2.6 Astiointi	37
4 Prosessin optimointi	40
4.1 Laitteisto ja tilat	40
4.2 Henkilöstö	41
4.3 Raaka-aineet ja jätteet	41
5 Nykytilanne	42
5.1 Tila	42
5.2 Laitteet	44
5.3 Varastointi	44
5.4 Raaka-aineet ja jätteet	45
5.5 Keittopäivä	45
5.6 Käyminen	47

5.7 Pullotus ja pakkaus	48
5.7.1 Alkuvalmistelut	49
5.7.2 Suoritus	50
6 Kehittämismahdollisuudet	51
6.1 Tilat	51
6.2 Raaka-aineet ja jätteet	53
6.3 Laitteet	53
6.4 Keittopäivän ja käymisen optimointi	56
6.5 Pullotuksen ja pakkauksen optimointi	57
6.6 Varastoinnin optimointi	58
6.7 Työturvallisuus ja hygienia	60
6.8 Haastattelut	61
7 Yhteenveto ja loppupäätelmät	64
8 Lähteet	68

Liitteet

- Liite 1. Pullotuskoneen desinfiointi
Liite 2. Työohjeet keittopäivää varten

Kuvat

Kuva 1. Rouhittua mallasta.	14
Kuva 2. Humala-pellettejä.	17
Kuva 3. Alkoholikäyminen (Enari & Mäkinen, 2014).	21
Kuva 4. Oluenvalmistuksen prosessikaavio (Sinebrychoff, 2022B).	22
Kuva 5. Rupaa vierteessä.	28
Kuva 6. AutoCAD-piirros nykyisestä tilan asettelusta.	43
Kuva 7. Mäskäys- ja keittolaite Braumeister 500 L.	46
Kuva 8. Lämmönvaihdin.	47

Kuva 9. Käymistankkeja.	48
Kuva 10. Pullotuskone.	49
Kuva 11. Pullojen käsittely ja huuhtelu.	50
Kuva 12. AutoCAD-piirros yläkerran optimoinnista.	52
Kuva 13. AutoCAD-piirros uusien laitteiden sijoittelusta.	55
Kuva 14. Ominaispainonäytteen jäähdytys.	62
Kuva 15. AutoCAD-piirros panimon seuraavasta vaiheesta.	65

Taulukot

Taulukko 1. Entsyymien aktivoitumisolosuhteet (Enari & Mäkinen, 2014).	23
Taulukko 2. Laitteet.	44
Taulukko 3. Käymistankkien ja keittämön kokojen kasvattaminen.	56
Taulukko 4. Varaston ylläpitosuunnitelma.	58

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Flavori	Oluen maku ja aromi (Enari & Mäkinen, 2014).
Flokkuloituminen	Hiivasolut kerääntyvät yhteen ja kasautuvat (Enari & Mäkinen, 2014).
Kegi	Yleensä metallista valmistettu tynnyri oluen varastointiin (Enari & Mäkinen, 2014).
Rapa	Mäskäyksestä jäljelle jäänyt kostea mallas eli mäskäysjäte (Enari & Mäkinen, 2014).
Rupa	Vierteen keitossa muodostuneita kiinteitä jätteitä eli saostuneiden proteiinien muodostamia yhdisteitä (Enari & Mäkinen, 2014).

1 Johdanto

Pienpanimoiden suosio on ollut vahvasti nousussa, ja kuluttajat ovat alkaneet suosimaan pienpanimoiden valmistamia erikoisolutia entistä enemmän. Kuluttajat haluavat nykyään laadukkaita olutjuomia ja ovat valmiita maksamaan juomistaan enemmän. Käsityöläisolutien suosio lähti alkujaan liikkeelle 1990-luvulla Yhdysvalloista ja on vähitellen levinnyt Suomeen. Trendin suosio on yhä voimakkaassa nousussa ja jo vuonna 2018 todettiin, että Suomen pienpanimoiden määrä oli kaksinkertaistunut viidessä vuodessa. Käsityöläisolutien voimakkaasta suosiosta kertoo se, että jopa suuret panimot ovat alkaneet valmistamaan erikoisempia oluita. Pienpanimoiden etuna on vahvasti paikallisuus ja lähellä tuotetut raaka-aineet, joiden muodostama tarina kiehtoo kuluttajia. Pienpanimot pyrkivät valmistamaan ainutlaatuisia ja omaperäisiä käsityöläisolutia, jotka erottuvat kaupan oluthyllyssä. (Korpela, 2018.)

Harrastepohjaisen panimon muuntaminen ammattimaiseksi pienpanimoksi vaatii mittavaa suunnittelua ja käsityksen siitä, mitä halutaan saavuttaa. Kuninkaantien panimon tavoitteena on nostaa tuotantoa merkittävästi tulevaisuudessa, jotta voidaan palkata panimolle kokoaikaisia panimotyöntekijöitä. Opinnäytetyöltä panimo tavoitteli erityisesti henkilöstön haastatteluiden kokoamista ja tilankäytön optimointia. Haastatteluissa tarkasteltiin henkilöstön omia näkemyksiä kehityskohteista ja miten toimintaa tulisi laajentaa. Toiminnan kasvun esteenä on ollut selvitystyön puuttuminen vaadittavista toimenpiteistä kasvun mahdollistamiseksi. Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli tukea Kuninkaantien panimoa omissa kasvuhaaveissaan ja mahdollistaa toiminnan kasvattaminen.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä laaja nykytilanteen kartoitus eli käytiin läpi yksityiskohtaisesti Kuninkaantien panimon oluenvalmistusprosessi aina raaka-aineista valmiin tuotteen pullotukseen. Nykytilanteen kartoituksessa otettiin prosessin lisäksi huomioon nykyinen tila, varastointi ja laitteet. Opinnäytetyössä oli tarkoitus optimoida monipuolisesti panimon toimintoja. Ulkopuolisen näkökulman avulla on helpompi kyseenalaistaa nykyisiä toimintatapoja ja tehdä

havaintoja esimerkiksi keittopäivän kulusta osallistumalla itse valmistusprosessiin. Osallistuvan havainnoinnin avulla kerättiin tutkimusaineistoa ja havaittiin epäkohtia sekä kehitettiin niille ratkaisuja. Tilankäytön ja laitteiden optimoinnissa hyödynnettiin AutoCAD-ohjelmaa, jolla pystyttiin helposti havainnollistamaan nykytilanne ja kehittämismahdollisuudet. AutoCAD-piirroksista nähtiin heti uusien ja isompien laitteiden viemä tila ja pystyttiin tarkastelemaan laitteiden sijoittelua. Lisäksi piirroksia pystyttiin hyödyntämään myös varastoinnin optimoinnissa.

2 Rataspanimo Oy

Vuonna 2016 perustettiin Tähtitorninmäelle Tuorlaan uusi pienpanimo, Rataspanimo Oy, joka tunnetaan paremmin nimellä Kuninkaantien panimo (Kanerva, 2022). Idea panimon perustamisesta tuli, kun Piikkiön Rotaryklubi teki olutmatkan Tšekkiin ja heräsi ajatus, että mitä jos rotarylaiset alkaisivat valmistamaan olutta harrastusmielessä omiin tarpeisiin, mutta puhuttiin myös kaupallisesta tuotteesta (Kunnallislehti, 2019). Rotaryklubin viisitoista jäsentä perustivat yhtiön, johon kutsuttiin kesällä 2016 mukaan lisää muita sijoittajia. Osakkaiden lukumääri nousi lopulta sataan. Panimo perustettiin Opteon Oy:n lasinhiontayrityksen tiloihin, koska heillä oli tyhjää tilaa vapaana hyötykäyttöön. (Kunnallislehti, 2017.)

Toimintaa harjoitettiin lasinhiontayrityksen tiloissa vuoden 2019 toukokuuhun saakka, jolloin lasinhiontayritys sai avaruuspeilitilauksen ja jonka myötä yritys tarvitsi lisää tilaa käyttöönsä. Kuninkaantien panimo löysi uuden toimipaikan Piikkiön teollisuusalueelta, jossa nykyäänkin olutta valmistetaan. Kuninkaantien panimon tuotteissa näkyy yhä vahvasti teemana Tuorla ja tähdet, vaikka panimo ei enää sijaitsekaan observatorion läheisyydessä. Panimon tuotteita on myynnissä lähialueen kaupoissa ja merkittävä osa tuotannosta menee tilauksiin, kun yritykset tilaavat omiin tilaisuuksiinsa ja ravintoloihin olutta omilla kustomoiduilla etiketeillä. (Kanerva, 2022.)

Kuninkaantien panimon toiminta pohjautuu osakkaiden omaan panokseen ja olutta valmistetaan enemmänkin harrastusmielessä. Panimolle on osa-aikaisiksi työntekijöiksi palkattu vain kaksi henkilöä, joista toinen työskentelee panimotyöntekijänä ja toinen myyntihenkilönä sekä graafikkona. Kuitenkin panimolla on herännyt haaveita toiminnan ja tuotannon laajentamisesta, jolloin pystyttäisiin palkkaamaan myös täysiaikaisia työntekijöitä. (Kanerva, 2022.) Nykyinen eräkoko on noin 500 litraa, mikä tarkoittaa vuodessa noin 20 000 litraa olutta (Kunnallislehti, 2017).

Kuninkaantien panimo valmistaa korkealuokkaisia ja laadukkaita humalalla maustettuja käsityöläisolutia. Tuotteet ovat pitkään kypsytettyjä ja erityisesti sopivat ruokajuomiksi, seurusteluun ja nautiskeluun. Panimo valmistaa olutta noudattaen vuoden 1516 reinheitsgebotin mukaisia puhtausmääräyksiä, joiden mukaan oluen valmistuksessa tulee käyttää vain humalaa, vettä, hiivaa ja mallasta. Puhtausmääritysten mukaisesti Kuninkaantien panimossa ei oluen maustamisessa käytetä ollenkaan ylimääräisiä lisäaineita. (Kuninkaantien panimo, 2022.)

Kuninkaantien panimon reseptit on suunnitellut ja kehittänyt panimomestari Niko Hurskainen, joka on tehnyt itsensä tunnetuksi kotimaisen oluen kehittämisessä ja valmistuksessa. Kuninkaantien panimon valikoimiin kuuluu useita erilaisia oluita, jotka ovat tšekkiläinen pilsner Tuorlan Tähti, amerikkalainen lager Tuorlan Taival, baijerilainen lager Vahva Tuorlan Tumma, tuorehumaloitu olut Tuorlan Tuore sekä vehnäolut Tuorlan Vehnä. (Kuninkaantien panimo, 2022.) Panimon ensimmäinen olut Tuorlan Tähti myytiin heti loppuun lähialueen kaupoista ja se sai hyvän vastaanoton (Kunnallislehti, 2017).

3 Oluenvalmistus

Olutta on valmistettu jo kauan ihmiskunnan historiassa ja ensimmäiset merkit oluenvalmistuksesta ovat 5000 vuoden takaa Mesopotamian alueelta, kun kirjoitettu historia on aloitettu eli olutta on saatettu jo valmistaa kauemminkin. Arkeologien mukaan juuri oluella oli merkittävä vaikutus maanviljelyn aloittamiselle. Olut oli Mesopotamiassa jokapäiväistä juomaa ja sitä oli turvallista juoda juomaveden ollessa saastunutta ulosteista. Kirjoituksista on tullut ilmi, että oluita on jo aikoinaan valmistettu erityyppisiä, muun muassa maustettuja ja suodatettuja. Humalaa tosin alettiin oluenvalmistuksessa käyttämään vasta keskiajalla. (Nygren, 2022.)

Vuonna 1516 Saksassa määrättiin uusi puhtauslaki oluelle, Reinheitsgebot, missä rajattiin oluen raaka-aineiksi vain mallas, hiiva ja vesi. Maailmanlaajuisesti olut on suosituin ja laajimmin nautittu alkoholijuoma sekä veden ja teen jälkeen kolmanneksi juoduin juoma maailmassa. Oluet voidaan luokitella monella eri tavalla, kuten värin, alkuperän ja alkoholipitoisuuden mukaan. Perinteisemmin olut on lajiteltu pinta- ja pohjahiiva oluihin. Viimeisen vuosikymmenen aikana pienpanimoiden valmistamien käsityöläisolutien suosio on ollut kasvussa, ja etenkin nuoremmat kuluttajat havittelevat persoonallisia ja laadukkaita olutjuomia. Pienpanimot ovat alkaneet kehittämään ja valmistamaan uusia tuotteita, joissa on käytetty uusia raaka-aineita tai mallasyhdistelmiä. Oluiden flavoria muokataan lisäämällä erilaisia hedelmiä ja mausteita. Käsityöläisolut ovatkin perinteikkäiden ja aivan uusien raaka-aineiden monimutkainen yhdistelmä. (Villacreces ym. 2022.) Oluen koostumus riippuu raaka-aineista ja itse valmistusprosessista. Raaka-aineet ja valmistusprosessi vaihtelevat oluen tyyppin mukaan. (Bertuzzi ym. 2020.)

3.1 Raaka-aineet

Olutjuomien laatuun ja flavoriin vaikuttavat merkittävästi oluen raaka-aineet; maltaat, humalat, hiiva ja vesi (Bettenhausen ym. 2018). Pienpanimoiden tuotteissa panostetaan erityisesti raaka-aineiden korkealaatuisuuteen, tuoreuteen ja paikallisuuteen. Ylimääräisiä lisäaineita ei käytetä sekä valmistusprosessissa voidaan käyttää myös yllättäviä ainesosia tuomaan uusia flavoreita tuotteisiin, kuten hedelmiä ja vihanneksia, yrttejä sekä mausteita. (Villacreces ym. 2022.) Oluessa on useita terveellisiä yhdisteitä pienissä määrin, kuten vitamiineja, antioksidantteja ja kivennäisaineita sekä se sisältää ravintokuidun lähteitä (Bertuzzi ym. 2020).

3.1.1 Maltaat

Maltaat sisältävät oluenvalmistuksen kannalta tärkeimmän raaka-aineen, tärkkelyksen, jonka pilkotuista sokereista saadaan käymisreaktiossa alkoholia hiivan avulla. Maltaissa on tärkkelyksen lisäksi lukuisia eri entsyymeitä, jotka pilkkovat tärkkelyksen sokereiksi mäsäysvaiheessa. Maltaat sisältävät myös aminohappoja ja mineraaleja, joita hiiva tarvitsee kasvaakseen, peptidit ja proteiinit taas vaikuttavat oluelle tyypillisen vaahdon muodostukseen. (Enari & Mäkinen, 2014.) Kaiken kaikkiaan maltaat sisältävät jopa 5000 erilaista yhdistettä, joita edellisten lisäksi ovat esimerkiksi amiineja, sokerihappoja, karboksyylihappoja ja lipidejä (Bettenhausen ym. 2018).

Maltaat ovat idätettyjä jyviä, sillä mäsäyksessä tarvittavat entsyymit muodostuvat itämisprosessissa (Enari & Mäkinen, 2014). Idätyksessä saadaan myös esille jyvän talvea varten varastoidut sokerit. Mallastuksessa jyvien olosuhteita manipuloidaan itämisprosessin alkamiseksi. (The Crafty Pint, 2022B). Mallastusprosessi on kolmivaiheinen ja se koostuu jyvien liotuksesta, idätyksestä ja kuivauksesta (Enari & Mäkinen, 2014). Liotus on vuorokauden mittainen vaihe, jossa jyviä hapetetaan sekä kosteutetaan ja niitä pestään ylimääräisestä pölystä ja maa-aineksesta. Liotuksen tavoitteena on saada jyvien itäminen alkuun. Liotuksen jälkeen jyvät siirretään idätykseen, jossa on kontrolloitu lämpötila ja

kosteus. (Sinebrychoff, 2022.) Kosteusprosentti on yleensä 12–50 % (The Crafty Pint, 2022B). Itämisen tasaisuus varmistetaan jyvien tasaisella kerroksella ja koneellisella kääntelyllä. Idätyksen kesto on keskimäärin 5–6 vuorokautta, jonka jälkeen jyvät siirtyvät kuivaukseen. Kuivauksen tavoitteena on pysäyttää jyvien itäminen alentamalla kosteutta. Lämpötilan avulla pystytään vaikuttamaan maltaiden väriin ja tuomaan esiin erilaisia makuja. Lämpötila ja kuivauksen kesto vaihtelevat mallastyypin mukaan. (Sinebrychoff, 2022A.)

Ennen mäskäystä maltaat tulee rouhia (Kuva 1) mekaanisesti, jotta uutosta ja entsyymaattisista reaktioista saadaan mahdollisimman tehokkaita. Uutesaanto on sitä suurempi, mitä hienommaksi maltaat on jauhettu, mutta suuremman hienojakoisuuden takia mäskin erotus vierteestä tulee haastavammaksi. Maltaita voidaan jauhaa useammalla eri laitteella, jotka ovat kuivarouhemylly, vasaramylly, märkärouhemylly, kostutusmylly ja märkäjauhatus. (Enari & Mäkinen, 2014.)



Kuva 1. Rouhittua mallasta.

Maltaissa yleisimpänä viljalajina käytetään ohraa, koska sitä pystytään laajasti viljelemään maapallon eri leveysasteilla ja puinnissa kuori ei irtoa ohran jyvistä, mikä suojelee itua myöhemmässä prosessoinnissa. Ohran lisäksi maltaita valmistetaan vehnästä, rukiista ja luomuohrasta sekä joskus käytetään lisänä maltaissa mallastamatonta ohraa ja vehnää sekä maissihiutaleita ja siirappeja. (Enari & Mäkinen, 2014.) Edellä mainittujen lisäksi voidaan ohramaltaisiin lisätä myös riisiä, kauraa, durraa tai ruisleipää. Vehnän lisääminen maltaaseen tuo olueen ainutlaatuisen flavorin ja korkean proteiinipitoisuuden, mikä voi aiheuttaa ongelmia oluen suodatuksessa ja käymisessä. Vehnämallasta ei siksi käytetä yksinään, edes vehnäoluissa. Täysin gluteenitonta olutta valmistetaan riisistä, maissista, kvinoasta, durrasta, tattarista, amarantista tai kaurasta. Suuret panimot korvaavat usein osan tarvittavasta maltaasta riisillä tai maissilla kustannusten pienentämiseksi. (Villacreces ym. 2022.)

Markkinoilla on tarjolla erityyppisiä maltaita, joita käytetään erilaisten oluiden valmistuksessa. Esimerkiksi oluen väriin pystytään maltailla vaikuttamaan; vaaleiden oluiden valmistukseen käytetään tyyppisesti vaaleaa pilsnermallasta ja tummempien oluiden valmistuksessa käytetään lisänä karamellimaltaita tai tummia värimaltaita. Tummempia maltaita ei käytetä yksinään, vaan osa vaaleammasta maltaasta korvataan sillä. Karamellimaltailla oluihin saadaan värin lisäksi aromia ja sen tärkkelys on sokeroitu kuivausrummussa karamellisoitumisen saavuttamiseksi. Värimaltaita on paahdettu, tumman värin saavuttamiseksi. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Maltille on asetettu laatuvaatimuksia, jotka takaavat laadukkaan oluen ja ongelmattoman oluenvalmistuksen prosessin. Laatuvaatimukset riippuvat siitä, minkä tyyppistä olutta ollaan valmistamassa ja millä menetelmin. Maltaiden laatua valvotaan mallasanalyyseillä, jotka perustuvat ulkonäköön, kemiallisiin ja mekaanisiin analyysihin. Ulkonäössä arvioidaan maltaan puhtautta, jyvien kokoa sekä väriä, makua ja hajua. Mekaanisiin analyysihin kuuluvat paino, lehti-idun pituus ja leikkauskoe. Kemiallisia analyysieja on lukuisia, joita esimerkiksi ovat pH, kosteus, vierteen väri, kirkkaus ja viskositeetti. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Maltailta edellytetään tasalaatuisuutta niin yksittäisessä mallaserässä kuin myös useamman eri toimituserän välillä. Jyviltä edellytetään tasakokoisuutta, korkeaa lajikepuhtautta ja vähintään 95 prosentin itävyyttä, mikä turvaa oluenvalmistukselle tarvittavien entsyymien muodostuksen. Matala valkuaispitoisuus on tavoiteltua, koska matala pitoisuus takaa suuremman tärkkelyspitoisuuden. 10,5 prosentin valkuaispitoisuus takaa sen, että hiivalla on ravinteita tarpeeksi ja oluelle muodostuu hyvä ja pysyvä vaahto. Homeen muodostumista ehkäistään alhaisella kosteusprosentilla ja jyvät eivät saa sisältää mitään kasvinsuojelujäämiä. (Vilja-alan Yhteistyöryhmä, 2022.)

3.1.2 Humalat

Humalalla on suuri vaikutus oluen katkeruuteen, flavoriin ja ulkonäköön, vaikka sitä on suhteessa hyvin vähän oluessa. Humalan käyttö oluessa on viimeisen vuosikymmenen aikana kasvanut ja sen myötä on alettu kehittämään uudenlaisia humalalajikkeita ja aromihumaloita. (Villacreces ym. 2022.) Humala köynnöskasvina voi kasvaa jopa kymmenen metriä korkeaksi ja sen latinalainen nimi on *humulus lupulus*. Kolmannen elinvuotensa jälkeen ne pystyvät tuottamaan satoa vuosittain jopa 20–50 vuoden ajan. Humalaa viljellään Euroopassa sekä muita viljelyalueita on myös Amerikassa, Aasiassa ja Australiassa. Oluenvalmistuksessa käytetään usein useampaa eri humalalajiketta. Vaikka humalaa on suhteellisesti oluessa hyvin vähän, on sillä silti merkittävä vaikutus olueen. EBU-yksiköllä kerrotaan oluen katkeroainepitoisuus ja suurempi luku kertoo runsaammasta humalan käytöstä. (Sinebrychoff, 2015.)

Humalat tuovat oluille tyypillisen katkeran maun, sekä niiden sisältämät aromaattiset yhdisteet vaikuttavat oluen flavoriin. Humalalla on ennen ollut myös merkitys oluen säilyvyyden parantamisessa, mutta nykyään sen merkitys on hyvin pieni. (Enari & Mäkinen, 2014.) Säilyvyyden parantaminen perustuu humalan antimikrobisiin ominaisuuksiin. Oluiden katkera maku saadaan humalien alfa-hapoista. Näitä yhdisteitä saadaan uutettua humalaa keittämällä. Uutettujen yhdisteiden määrä riippuu keittoajasta. Humaloiden sisältämiin

flavoreihin ja aromeihin voidaan vaikuttaa humalan kasvupaikalla sekä kasvinjalostuksella. (The Crafty Pint, 2022A.) Humalat lajitellaan alfahappopitoisuuden mukaan aromi- ja katkerolajikkeisiin. Katkerolajikkeissa alfahappopitoisuus on yli 5 % ja aromilajikkeissa pitoisuus on alle 5 % sekä aromaattisia yhdisteitä on enemmän. On myös olemassa sellaisia humalalajikkeita, joilla on korkea alfahappopitoisuus ja ne sisältävät myös aromaattisia yhdisteitä. Humalassa aromia olueen tuovat yhdisteet ovat pääasiassa hedelmäisiä estereitä, sitrusmaisia ja mausteisia monoterpeenejä, puumaisia seskviterpeenejä, kukkaisia ketoneja, rikkiyhdisteitä ja ruohomaisia aldehydejä. (Castro ym. 2022.)

Humaloiden valmistuksessa käytetään humalan hedelmöittymättömiä emikukintoja eli humalakäpyjä, jotka sadonkorjuun jälkeen kuivataan, paalataan sekä toimitetaan jatkokäsiteltäväksi. Jatkokäsittelyssä humalakävyistä valmistetaan panimoille jauheita, puristeita (Kuva 2) ja jauheita, jotka säilyvät paremmin ja ovat helpommin käsiteltävissä kuin tuoreet humalakävyt. (Enari & Mäkinen, 2014.)



Kuva 2. Humala-pellettejä.

3.1.3 Hiivat

Hiiva on yksisoluinen sieni, jonka tehtävänä oluenvalmistuksessa on muuttaa vierteen sisältämät sokerit hiilidioksidiksi ja alkoholiksi. Tätä tapahtumaa kutsutaan käymiseksi. Käymisreaktion lisäksi hiivat tuovat myös flavoreita oluihin. Oluenvalmistuksessa käytettävät hiivat voidaan jakaa pinta- ja pohjahiivoihin ja ne kuuluvat *Saccaromyces*-sukuun. (Olutposti, 2021A.) Eri oluttyypeille käytetään erilaisia hiivoja ja hiivatyyppisiä (Olutposti, 2021B). Käsityöläisöluiden vaativiin tarpeisiin on kasvatettu laboratorioissa uusia hiivakantoja, jotka kuuluvat esimerkiksi *Saccaromyces cerevisiae* ja *Saccaromyces pastorianus* hiivoihin. Laboratoriokasvatuksella on esimerkiksi pystytty saavuttamaan hiivoja, jotka vaativat korkeamman käymislämpötilan ja käymisaika on nopeampi. (Villacreces ym. 2022.)

Pintahiivat muodostavat lisääntyessään laajoja kasvustoja vierteen pinnalle, josta hiivan nimikin tulee. Hiivasolujen kuollessa ne laskeutuvat vierteessä käymistankin pohjalle. Pintahiivat eivät tarvitse niin matalaa lämpötilaa kuin pohjahiivat ja käymisen kestokin on lyhyempi. Pohjahiivat tarvitsevat käymistä varten 10 asteen lämpötilan ja käymisen jälkeen olutta kypsytetään noin kuukauden ajan lämpötilan ollessa lähellä nollaa. Pohjahiivan kasvustot muodostuvat käymistankin pohjaan käymisen aikana. (Olutposti, 2021B.) Hiivasolujen kasautumista pohjalle kutsutaan flokkuloitumiseksi ja se on oluenvalmistuksessa erittäin tärkeä ominaisuus. Pohjalla solut kerääntyessään yhteen muodostavat kasaumia ja sitä kutsutaan sedimentoitumiseksi. Hiivan flokkuloituvuusominaisuudet sekä käymislämpötila että käymisnopeus vaikuttavat sedimentoitumisnopeuteen. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Flokkuloitumista tapahtuu käymisvaiheen loppupuolella. Kartiopohjaisessa käymistankissa käytetään usein hiivaa, joka flokkuloituu pohjalle. Hiivat voidaan flokkuloituvuusominaisuuksien avulla luokitella eri luokkiin, jotka ovat korkea, keskitaso ja matala. Hiivat, joilla on korkea flokkulaatio, flokkuloituvat aikaisemmin kuin muut luokat ja sen takia voi vierteeseen jäädä sokereita, jotka eivät ole käyneet. Siksi usein tällä tavalla valmistetut oluet täytyy kierrättää

uudelleen, jotta käyminen saadaan suoritettua loppuun asti. Korkean flokkulaation hiivoilla saadaan valmistettua kirkkaampaa olutta, joka vähentää suodatuksen tarvetta lopussa. Yleisemmin oluenvalmistuksessa käytetään keskitason flokkulaation hiivaa, joka flokkuloituu sokerin loputtua ja tämäntyyppisen hiivan flokkuloitumista voidaan joutua nopeuttamaan lämpötilaa laskemalla. Matalan flokkulaation hiivat pysyvät vierteessä käymisen jälkeenkin ja sitä käytetään yleensä vain vehnäoluiden valmistuksessa. (Beer&Brewing, 2022C.)

Oluenvalmistuksessa käytettävät panimohiivat ovat fakultatiiveja eli ne pystyvät elämään ja lisääntymään hapellisissa sekä hapettomissa olosuhteissa. Hapellisissa olosuhteissa hiivat käyttävät happea soluhengitykseen tuottaen sokeria ja hiilidioksidia. Hiivan määrä kasvaa nopeasti, kun energiaakin on vierteestä runsaasti käytettävissä. Kun kaikki happi on kulutettu loppuun, panimohiivat fermentoivat eli käyttävät hapen sijaan sokeria. Lopputuotteena muodostuu etanolia ja hiilidioksidia. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Hiivalla on tärkeä rooli oluen flavorin muodostuksessa, koska suurin osa oluen sisältämistä haihtuvista flavoreista muodostuu käymisprosessissa. Nämä muodostuvat flavoriyhdisteet pystytään luokittelemaan alkoholeihin, happoihin, estereihin ja karbonyyli- sekä rikkiyhdisteisiin. Flavoreiden muodostumiseen vaikuttaa hiivan lisäksi myös jonkin verran vierteen koostumus ja käymisolosuhteet. Erilaiset hiivat muodostavat hyvin erilaisia ja toisista poikkeavia flavoriyhdisteitä, myös määrällisesti. Mikäli hiiva pääsee käymisprosessin aikana kuolemaan, muodostuu autolyysin eli hajoamistapahtuman seurauksena yhdisteitä, jotka vaikuttavat negatiivisesti oluen flavoreihin. (Enari & Mäkinen, 2014.) Hiivojen avulla pystytään oluisiin tuomaan myös sellaisia makuja, mitä muuten ei olueen pystyttäisi saamaan. Näitä ovat esimerkiksi banaanimaiset ja neilikkaiset maut. (Hartwall, 2022.)

3.1.4 Vesi

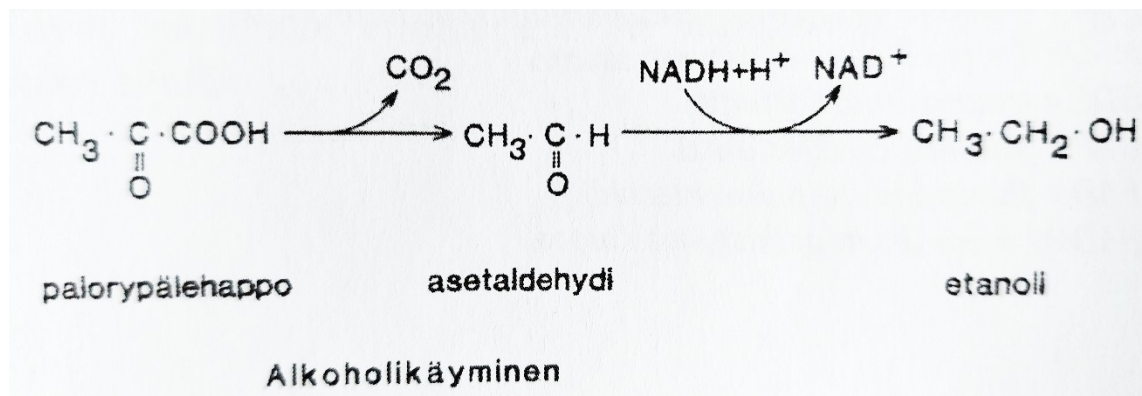
Oluenvalmistuksessa tarvitaan runsaasti vettä, josta suurin osa kuluu höyrystymisessä, pesuissa ja jäähdytyksessä. Yhtä olutlitraa kohden tarvitaan 2,5–10 litraa vettä, joka täyttää oluenvalmistukselle asetetut laatuvaatimukset. Kuten esimerkiksi käytettävä vesi ei saa sisältää ollenkaan ammoniakkia ja nitriittiä sekä muille aineille on asetettu eri pitoisuusrajoja. Klooria ei saa olla vedessä ollenkaan, koska se aiheuttaa ummehtunutta makua oluelle. (Enari & Mäkinen, 2014.) Veden kovuudella on merkitystä oluenvalmistuksessa. Tummiin oluiden valmistuksessa käytetään yleensä kovaa vettä, jonka mineraalit vaikuttavat oluen makuun. Pehmeämpää vettä käytetään tyypillisemmin vaaleiden lagerien valmistuksessa. (Olutposti, 2020.) Ja esimerkiksi, jos valmistetaan samalla reseptillä olutta, mutta vain veden kovuus on eri, oluet maistuisivat erilaisilta (Hartwall, 2022). Kovassa vedessä on liuenneena enemmän kalsiumia ja magnesiumia kuin pehmeämmässä. Käytetyn veden pH vaikuttaa myös oluen makuun. Korkeampi pH tekee oluen mausta lattean ja matalampi pH aiheuttaa oluen makujen heikentymisen. Vesi ei yksinään vaikuta oluen pH-arvoon, vaan myös mäskillä ja vierteellä on vaikutusta. Esimerkiksi ne voivat neutraloida vettä. (Beer&Brewing, 2016.)

Karbonaateilla, natriumilla, kloridilla, sulfaateilla, kalsiumilla ja magnesiumilla on kaikilla vaikutusta oluen makuun. Käytetyn veden karbonaattipitoisuudella on merkitystä mäskin happamuuteen. Liian pieni karbonaattipitoisuus tekee mäskistä liian hapanta, etenkin tummiin maltojen tapauksessa, jotka ovat luonnostaan happamia. Liian korkea karbonaattipitoisuus aiheuttaa myös ongelmia mäskäyksessä. Korkeaa karbonaattipitoisuutta pystytään alentamaan keittämällä vettä ennen käyttöä. Natrium vaikuttaa oluen makuun ja tuo oluelle suolaisen meriveden makuja sekä tekee oluesta täyteläisempää. Myös kloridit parantavat suutuntumaa, mutta liiallinen kloridipitoisuus heikentää oluen makua. Kloridien määrää pystytään vähentämään hiilisuodattimella tai veden keittämällä. Sulfaatit vaikuttavat merkittävästi oluen makuun tuomalla esiin humalien katkeruutta. Sulfaateilla pystytään myös alentamaan mäskin pH-arvoa, mutta ei merkittävästi. Kalsiumilla on merkittävä rooli veden kovuudessa. Se

myös alentaa mäsikin pH-arvoa, edistää proteiinien saostumista keitossa ja hiivat pystyvät hyödyntämään sitä ravintoaineena. Hiivat käyttävät myös pienissä määrin magnesiumia ravintoaineena ja magnesiumilla on myös vähän vaikutusta veden kovuuteen. Liian korkea määrä magnesiumia aiheuttaa katkeraa makua olueen. (BeerSmith, 2008.)

3.2 Valmistusprosessi

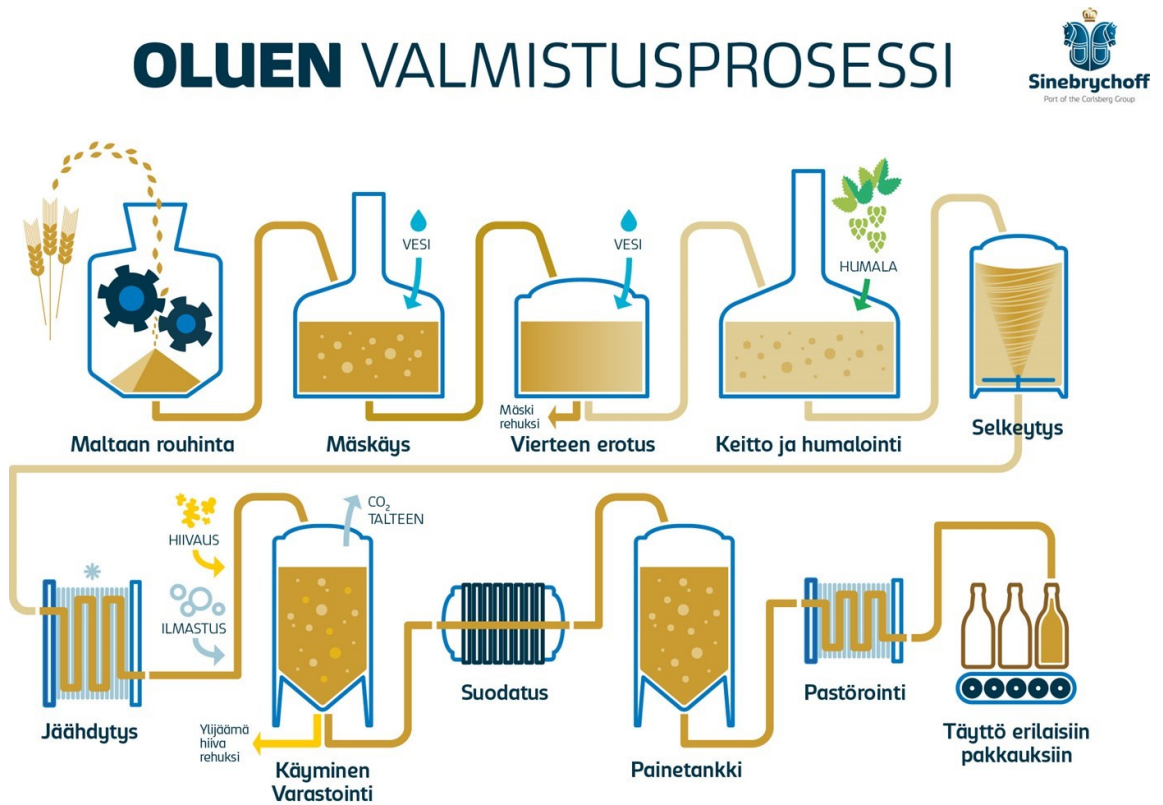
Oluenvalmistuksessa mikrobitoiminta on mukana jokaisessa prosessivaiheessa, ja se vaikuttaa paljon oluen flavoriin ja laatuun. Merkittävin prosesseista on hiivan käymisreaktio eli alkoholikäyminen (Kuva 3). (Bokulich & Bamforth, 2013.)



Kuva 3. Alkoholikäyminen (Enari & Mäkinen, 2014).

Pienpanimoiden valmistusprosessi ja välineistö eroaa suuremmista teollisista panimoista. Pienpanimoille tarkoitetut laitteet ja teknologia ovat kuitenkin samankaltaisia kuin suurien teollisten panimoiden laitteet. Laitteet ovat tarkoitettu vain pienempien erien valmistukseen ja automaation taso on eri. Suurissa panimoissa on käytössä ohjaus- ja mittausjärjestelmiä, kuten happianturi, kaasukromatografia, ominaispainomittari ja spektrometri. Näiden mittausjärjestelmien mittaamia arvoja pystytään säätämään tarkasti ohjausjärjestelmän avulla. Pienpanimoissa seurataan lämpötilaa, pH-arvoa ja etanolipitoisuutta ja hyödynnetään lisäksi aistinvaraista arviointia. Oluen valmistusprosessi (Kuva 4) on aivan yhtäläinen pienemmissä ja suuremmissa panimoissa, mutta käsityöläisöluiden valmistuksessa hyödynnetään usein

laitteita, joissa pystytään yhdistämään useampi eri prosessivaihe, kuten mäsikäys ja vierteen keitto. Teollisissa panimoissa on jokaiselle vaiheelle oma astia. (Villacreces ym. 2022.) Oluen valmistusprosessi on hyvin perinteikäs ja se koostuu mallastuksesta, mäsikäyksestä ja käymisestä. Prosessissa on läsnä paljon eri entsyymeitä. (Bramforth, 2009.)



Kuva 4. Oluenvalmistuksen prosessikaavio (Sinebrychoff, 2022B).

3.2.1 Mäsikäys

Mäsikäysvaiheessa maltaat sekoitetaan yhteen veden kanssa, joista muodostuu niin kutsuttu mäski. Mäsikäysprosessissa entsyymit pilkkovat jyvän endospermiä, jonka sisältämä tärkkelys, proteiinit ja hemiselluloosa pilkotaan palasiksi eri lämpötiloissa ja osat siirtyvät sen jälkeen vierteeseen liuenneina. Mäsikäyksessä vierteeseen saadaan sokereita. (Beer&Brewing, 2021.) Endospermiksi kutsutaan jyvien vararavintoa sisältävää osaa, josta 98 % on tärkkelysjyväisiä, jotka nimensä mukaisesti sisältävät tärkkelystä. Loput kaksi

prosenttia sisältävät muun muassa proteiineja ja lipidejä. Tärkkelyksestä viidennes on amyloosia ja loput amylopektiiniä. (Enari & Mäkinen, 2014).

Taulukko 1. Entsyymien aktivoitumisolosuhteet (Enari & Mäkinen, 2014).

Entsyymi	Optimi-lämpötila °C	Optimi-pH
α -amylaasi	72–75	5,7
β -amylaasi	62–65	5,5
Hapan proteinaasi	45–55	3,9–6,0
Karboksipeptidaasi	60	4,8–5,6
β -glukanaasi	30	4,7–5,0

Mäskäyksessä maltaiden sisältämien jyvien entsyymaattiset hajoamisreaktiot jatkuvat ja hydrolyyttiset entsyymit hajottavat endospermin sisältävää vararavintoa. Hydrolyyttiset entsyymit ovat syntetisoituneet endospermiin jo jyvien itämisen aikana. Eri entsyymit aktivoituvat eri lämpötiloissa (Taulukko 1), joten mäskäyksen aikana mäskin lämpötilaa säädellään ja tällöin pystytään saavuttamaan haluttu hydrolyysiaste, mikä kuvaa tärkkelyksen hajoamisastetta. Täydellistä hydrolyysiä ei oluenvalmistuksessa tavoitella. Entsyymeillä on myös optimi-pH-alue. Tyypillisesti mäskäyksessä pH-arvo on 5,7–5,8, mutta sitä voidaan alentaa hapolla, jolloin voidaan saavuttaa pH-arvo 5,2–5,3. Alemman pH-arvon avulla pystytään nostamaan käymisastetta, vaalentamaan vierteen väriä, sokeroitumisaika lyhenee ja uutensaanto paranee. (Enari & Mäkinen, 2014.) Lisäksi alhaisempi pH-arvo voi edistää sitoutuneiden polyfenolien vapautumista ja uuttumista korkeissa mäskäyslämpötiloissa (Carvalho & Guido, 2022).

Mäskäysmenetelmiä on käytössä kolme; keittomäskäys, infuusiomäskäys ja ohjelmoitu infuusiomäskäys. Keittomäskäyksessä käytetään sekä mäskäys- että keittokattilaa. Mäskäyskattilaa lämmitetään, jonka jälkeen osa mäskistä siirretään keittokattilaan lämpötilan nostamiseksi kiehumispisteeseen. Lämmennyt mäski palautetaan takaisin mäskäyskattilaan. (Enari & Mäkinen, 2014.) Tämä voidaan toistaa useamman kerran, jopa kolmesti (Beer&Brewing, 2021).

Tämän menetelmän takia osa entsyymeistä tuhoutuu ja se on usein energiataloudellisesti epäedullinen. Infuusiomäskäyksessä, joka tunnetaan myös nimellä isoterminen infuusiomäskäys, maltaita pidetään tunnin ajan noin 65 asteen lämpötilassa, jonka aikana maltaan sisältämät sokerit vapautuvat entsyymien toimesta. Mallasta huuhdellaan sen jälkeen kuumemmalla noin 75 asteisella vedellä. (Beer&Brewing, 2021.) Tämän menetelmän maltilta edellytetään sitä, että maltaat ovat pitkälle möyhennettyjä (Enari & Mäkinen, 2014). Mikä tarkoittaa, että entsyymiprosessit proteiinien ja hemiselluloosan pilkkomiseksi ovat tapahtuneet jo maltaiden valmistajalla (Beer&Brewing, 2021).

Ohjelmoitu infuusiomäskäys perustuu yhteen mäskäyskattilaan, jonka lämpötilaa pystytään ohjaamaan mäskäyksen ajan proteolyysi- ja sokeroitumistaulukkoa hyödyntäen (Enari & Mäkinen, 2014). Menetelmä perustuu siihen, että mäskin lämpötilaa nostetaan asteittain ja mäskin annetaan levätä aina tietyn ajan ennen seuraavaa lämpötilan nostoa. Lämpötilan noustessa tarpeeksi korkealle myös proteiinit hajoavat aminohapoiksi eli ravinteiksi hiivalle vierteeseen. Eri lämpötiloissa eri entsyymit toimivat parhaiten ja hajottavat eri sokereita vierteeseen. Tätä pystytään hyödyntämään erilaisten oluiden valmistuksessa, kuten pystytään vaikuttamaan valmiin tuotteen alkoholiprosenttiin ja makeuteen. Viimeinen vaihe on ulosmäskäys, jossa entsyymitoiminta pysäytetään korkealla lämmöllä ja se vähentää vierteen viskositeettiä. (Beer&Brewing, 2021.)

Mäskäyksessä tarvitaan mäskäyskattila tai mäskinkeittokeittokattila, vierteen erotuslaite ja keittokattila. Tarvittaessa raakaviljan keittokattila esimerkiksi maissin tai riisin esiliisteröintiä varten. Mäskäyskattilaa käytetään ohjelmoitussa infuusiomäskäyksessä ja mäskinkeittokeittokattilaa perinteisessä keittomäskäyksessä. Vierteen erotuslaitteena voi toimia siiviläamme, strainmaster tai mäskisuodatin. Perinteisesti rapa erotetaan vierteestä suodatusta hyödyntäen siiviläammeessa. Siiviläamme hyödyntää painovoimaa ja vierre valuu ravan läpi keittokattilaan. Tarvittaessa vierre voidaan palauttaa uudestaan siiviläammeeseen suodatettavaksi, jos se on ollut liian sameaa. Siiviläammeen toiminta perustuu maltaiden sisältämien jyvien omiin kuoriin, jotka muodostavat suodattavan kerroksen siiviläammeen välipohjan päälle, joka on

reiitetty. Tällä menetelmällä rapaan jää iso määrä nestettä ja uutetta mäskäyksestä. Uute saadaan vierteeseen talteen huuhtomalla rapaa kuumalla vedellä. Vedellä huuhtominen aiheuttaa vierteen laimenemista, mutta tämä pystytään kumoamaan keiton aikana tapahtuvassa haihtumisessa. Mäskisuodatin on uudempi menetelmä ja perustuu moduuleihin, joissa on suodatinkankaita. Menetelmän avulla saadaan kuivempaa rapaa ja tarvittava huuhteluveden määrä on pienempi kuin perinteikkäässä siiviläammeessa. (Enari & Mäkinen, 2014.)

3.2.2 Vierteen keitto

Vierre on 80–90 prosenttisesti vettä ja se muodostuu mäskäysprosessissa. Vierteen tarkempi sisältö määräytyy käytetyn maltaan koostumuksesta, mäskäysprosessista, käytetystä vedestä ja lisätyistä humalista. Yhdisteistä eniten vierteessä on maltoosia ja sakkarideja. (Beer&Brewing, 2022F.) Suodatettua vierrettä keitetään vierrekattilassa, joka muistuttaa rakenteeltaan mäskäyskattilaa. Vierrekattilassa vierre kuumennetaan yleensä höyryvaipan tai ulkoista kuumennuskiertoa hyödyntäen kiehumispisteeseen. Vierrekattilassa on myös sekoitus vierteen lämpötilan tasaamiseksi. (Enari & Mäkinen, 2014.) Vierteen keitossa tapahtuu vierteen sterilisointi ja konsentroidi, entsyymien denaturointi, humaloiden lisääminen, proteiinien sekä polyfenolien koaguloituminen. Vierteen väri myös keitossa paranee ja epätoivotut yhdisteet haihtuvat pois. Nykyaikaiset vierrekattilat tekevät vierteen keitosta tehokasta ja vierteestä laadukasta. On myös mahdollista, että vierrekattiloissa on lisäksi vielä vierresykloni ominaisuus, jonka avulla pystytään rupa erottamaan vierteestä. (Beer&Brewing, 2022D.)

Vierteen keittoaika on yleensä noin puolestatoista tunnista kahteen tuntiin ja keiton aikana vierteen sisältämästä nesteestä haihtuu noin 10–15 %. Keittoaikaa pystytään pienentämään jopa alle 15 minuuttiin, jos käytetään painekeittoa, jonka lämpötila on jopa 120–150 astetta. Menetelmän avulla pystytään säästämään energiakustannuksissa keittoajan lyhyen keston vuoksi.

Entsyymit myös denaturoituvat kokonaan kiehumisen takia, jolloin mäsäysprosessi pysähtyy täysin. Jo mäsäysvaiheen lopuksi on jo suurin osa entsyymeistä denaturoitunut korkean lämmön takia, mutta entsyymit eivät denaturoidu täysin ja hydrolyysiaste jatkaa muuttumistaan ilman vierteen keittoa 100 Celsiusasteessa. Vierteen kiehuminen aiheuttaa myös steriloitumista, jolloin siitä tuhoutuvat kaikki vierteen sisältämät mikro-organismit, jotka ovat peräisin humalasta ja maltaasta. Nämä mikro-organismit ovat maitohappobakteereita ja erilaisia hiivoja. Vierteen steriloinnilla pystytään varmistamaan myöhemmin puhdas käyminen eli vierteessä on vain yhdentyypistä hiivaa, joka on itse lisätty vierteen joukkoon käymisen aloittamiseksi. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Vaikka vierre on tehokkaasti steriloitu pitkän keiton avulla, on se jatkossa altis pilaantumiselle korkean ravinnepitoisuuden takia. Yleisimmät vierteen pilaavat bakteerit keiton jälkeen ovat enterobakteereita, mutta vierteen kontaminoituminen on nykyään harvinaista hyvien hygieniastandardien ja kehittyneiden laitteiden takia. (Bokulich & Bamforth, 2013.)

Humalointi tapahtuu tavallisesti vierteen keiton aikana tai ruvan poiston yhteydessä. Myös käymisen aikana tai sen loputtua voidaan humaloida vierrettä. Keiton aikana humaloitu vierre takaa katkeran maun alfahappojen isomeroituessa isoalfahapoiksi. Myöhempi humalointi taas takaa oluessa katkeruuden vähäisyyden sekä voimakkaamman flavorin. (Castro ym. 2022.) Etenkin pienemmissä panimoissa on alettu hyödyntämään ja tutkimaan uudenlaisia humalointitapoja, jotta saataisiin voimakkaasti humaloituja ja maustettuja oluita. Humalan lisäystä on esimerkiksi kokeiltu vasta ruvan erotuksen yhteydessä. Suositukseksi menetelmäksi on tullut kuivahumalointi, jolla mahdollistetaan oluissa voimakas aromi ja vähäkatkeruus. Kuivahumaloinnissa humalaa lisätään vasta pääkäymisen aikana tai sen jälkeen. (Villacreces ym. 2022.) Kuivahumaloinnissa hyödynnetään usein erilaisia humalavalmisteita, kuten pellettejä, eteerisiä öljyjä ja humalakäpyjä. Menetelmä perustuu kylmäuuttoon. (Castro ym. 2022.)

Jo maltaiden valmistuksessa, mäsikäyksessä sekä vierteen keitossa tapahtuu Maillard-reaktioita, missä muodostuu rusehtavia väriaineita ja flavoriaineita, jotka ovat maltaisia ja leipäisiä. Lisäksi muodostuu pelkistäviä yhdisteitä. Reaktiot tapahtuvat aminohappojen ja sokerien välillä. Osa näistä muodostuneista yhdisteistä haihtuu jo vierteen keiton aikana. Maillard-reaktion lisäksi muodostuu dimetyylisulfidia (DMS). Yhdiste on oluessa tärkeä flavoriaine ja se muodostuu S-metyylimetioniinista. (Enari & Mäkinen, 2014.) Maillard reaktiossa vierteen väri tummuu rusehtavien väriaineiden takia ja vierteen pH-arvo laskee jopa puolikkaan yksikön verran (Beer&Brewing, 2022F).

Keiton aikana saostuu vierteessä yhdisteitä proteiineista ja polyfenoleista. Tätä saostumista kutsutaan proteiinien koaguloimiseksi. Vierteen voimakas kiehuminen edesauttaa saostumista ja se on siksi tärkeää, koska koaguloituminen edistää oluen säilyvyyttä. (Enari & Mäkinen, 2014.) Polyfenoleilla on myös iso rooli oluen flavorissa. Merkittävimmät polyfenolien lähteet ovat ohramallas ja humalat. Vierteen polyfenoleista noin 70–80 prosenttia on peräisin ohramaltaasta ja loput humalista. Humalat sisältävät suhteessa enemmän fenoliyhdisteitä kuin ohramallas, mutta humalaa on vierteessä hyvin vähän, jonka takia ohramallas fenolilähteenä on suurempi. Oluessa esiintyviä fenoliyhdisteitä on esimerkiksi kumariinihappo, kofeiinihappo, vanilliinihappo ja sinapiinihappo. Itse valmistusprosessilla on suuri merkitys fenolikoostumukseen ja pienpanimoiden käsityöläisoluilla onkin erilainen koostumus verrattuna suurien teollisuuspanimon valmistamiin tuotteisiin. (Carvalho & Guido, 2022.) Muodostuneet yhdisteet polymeroituvat hapettuessaan ja saostuvat muodostaen ruvan vierteeseen. Rupa on hyvin suurihiukkasista ja rakenteeltaan karkeaa. Rupa täytyy poistaa vierteestä ennen käymistä kirkkaan vierteen saamiseksi. (Enari & Mäkinen, 2014.)



Kuva 5. Rupaa vierteessä.

Ruvan poistoon on muutamia menetelmiä käytössä, joista yleisin on vierresykloni (Enari & Mäkinen, 2014). Vierresyklonissa hyödynnetään keskipakovoimaa, mikä ajaa kiinteät partikkelit pyörivässä nesteessä astian pohjan keskelle (Kuva 5). Astian täytyy olla sylinterinmuotoinen ja sen pohjan täytyy olla tasainen, jotta vierresykloni toimii kunnolla. Syvissä ja halkaisijaltaan pienissä tankeissa ei vierresykloni ole tehokas. Vierresykloni muodostetaan vierteeseen pumppaamalla vierrettä putken läpi, jonka ulostuloputki on astian sisällä kulmassa, mikä aiheuttaa vierteelle pyörivän liikkeen astiaan. Kun rupa on kasautunut keskelle eli rupakakku on muodostunut ja vierre kirkastunut, pystytään vierre pumppaamaan pois astiasta ja rupa jää astian pohjalle. (Beer&Brewing, 2022E.) Muita menetelmiä on erillinen saostussäiliö, jossa hyödynnetään ruvan laskeutumista pohjalle sekä vanhempi jäähdytyslaiva-systemi, jossa hyödynnetään myös ruvan laskeutumista, mutta säiliö on laaja ja vierteen annetaan jäähtyä. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Keiton lopuksi vierteestä erotettua rupaa kutsutaan kuumaruvaksi. Erotuksen jälkeen vierre täytyy jäähdyttää käymislämpötilaan esimerkiksi lämmönvaihtimella. Tässä jäähtymisessä saostuu lisää rupaa, jota kutsutaan kylmäruvaksi, määrä on kuitenkin hyvin vähäinen. Kylmärupa voidaan poistaa vierteestä suodattamalla. Ennen käymistä vierre tulee vielä ilmastaa, jotta siihen liukenee tarpeeksi happea hiivan kasvua varten. (Enari & Mäkinen, 2014.)

3.2.3 Käyminen

Vierteen pääkäyminen alkaa hiivan lisäyksestä, jota kutsutaan vierteen hiivaukseksi. Vierre tulee hiivata mahdollisimman nopeasti ilmastuksen jälkeen ja hiivauksessa on tärkeää, että vierre ja hiiva sekoittuvat. Joissakin tapauksissa voidaan hiivan lisäksi vierteeseen lisätä puhdasta maitohappobakteeria, tällöin valmistetaan yleensä erikoisoluita. Hiivauksessa käytettävä hiiva on otettu talteen aikaisemmista eristä tai voidaan myös käyttää kuivahiivaa tai puhdasviljeltyä hiivamassaa. Puhdasviljelty hiiva valmistetaan laboratoriossa. Yleensä olut valmistetaan käyttämällä vain yhtä hiivakantaa. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Vierteen hiivauksessa voidaan käyttää myös sedimentoitunutta hiivaa, mikä on otettu aikaisemmista eristä talteen. Sedimentoitunut hiiva käy hyvin uuden vierteen hiivaukseen ja tällä tavoin hiivaa pystytään uusiokäyttämään. Sedimentoituneessa hiivassa on kolme kerrosta, jotka ovat pohjakerros, ydinkerros ja pintakerros. Näistä kerroksista ydinkerros sisältää parhainta hiivamassaa ja pohjakerros on käytännössä vain rupaa, kuolleita hiivasoluja ja muita mikrobeja. Sedimentin pintakerros sisältää humalan liukenemattomia hartseja ja proteiinisaostumia. Talteen otettava ydinhiiva tulee puhdistaa ennen seuraavan erän hiivausta, koska ydinhiiva voi myös sisältää kuolleita hiivasoluja ja muita partikkeleita, jotka voivat vaikuttaa seuraavan erän flavoriin. Ydinhiiva voidaan puhdistaa täryseulalla, mikä on tehokas menetelmä kiinteiden epäpuhtauksien poistamiseksi. Ydinhiivaa voidaan myös pestä puhtaalla vedellä tai miedolla fosforihapolla. Jos pesu on liian voimakas, voi hiivan laatu kärsiä. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Hiivaa voidaan uusiokäyttää jopa kymmenen uuden erän verran ja se on taloudellista, koska uutta hiivaa ei tarvitse ostaa joka erän kohdalla. Puhtaan ja steriloidun veden käyttäminen hiivan pesussa on erittäin tärkeää ja keitetyssä vedessä ei myöskään ole happea. Happi voi aiheuttaa sen, että hiiva käyttää glykogeenivarastonsa. Hiivaa voidaan myös säilöä jääkaapissa muutaman kuukauden ajan ja on helppo tunnistaa milloin hiiva ei enää ole käyttökelpoista, koska se muuttuu pähkinävoin kaltaiseksi kuollessaan. Hiivan laatu pitää myös varmistaa ennen uusiokäyttöä sen ulkonäön ja hajun perusteella. Esimerkiksi kontaminoitumaan päässyt hiiva voi haista rikiltä. Hiivaa ei tule myöskään käyttää uusiksi, jos aiemmassa käymisessä on ilmennyt ongelmia. (Beer Crafter, 2018.) Käymisen jälkeen hiiva voidaan uusiokäyttää yllä olevin menetelmin tai käyttää eläinten ravintona (Bokulich & Bamforth, 2013).

Hiivaa lisätään noin 10–20 miljoonaa hiivasolua per yhtä millilitraa vierrettä kohden käymisen aloittamiseksi. Käymisen aikana eksotermisessä reaktiossa sokeri muuntuu hiivan avulla etanoliksi (Kuva 3) ja hiilidioksidiksi sekä hiivan biomassa kasvaa. (Rodman & Gerogiorgis, 2020.) Hiiva käyttää myös vierteen sisältämät tyypipitoiset yhdisteet ravinteena kasvuun ja metabolisoituna ne vaikuttavat oluen flavoriin. Kun kaikki sokerit on hyödynnetty, hiiva käyttää omia hiilihydraattivarastoja, jolloin hiivan kasvu loppuu. (Beer&Brewing, 2022B.) Käymisen eteneminen on riippuvainen hiivan ja hapen määrästä, paineesta ja lämpötilasta (Rodman & Gerogiorgis, 2020). Käymisen etenemistä seurataan ominaispainon laskulla, hiilidioksidin muodostumisella, pH-arvon laskulla ja alkoholin muodostumisella. Jos käymistankissa on kamera, käymisen etenemistä voidaan sen avulla myös tarkastella visuaalisesti. (Bokulich & Bamforth, 2013.)

Pääkäymisen aluksi vierre jäähdytetään muutaman asteen pääkäymislämpötilaa alemmaksi ja siihen pumpataan ilmaa, jotta hiivan kasvu alkaisi. Hapen loputtua hiivan kasvu loppuu ja alkaa alkoholikäyminen. (Enari & Mäkinen, 2014.) Hiivan kasvu ja käyminen eivät ala vierteessä välittömästi, koska hiiva tarvitsee muutamia tunteja aikaa sopeutuakseen uuteen ympäristöön (Beer&Brewing, 2022B.) Käymisen merkkejä ilmenee yleensä vasta noin 12–14 tuntia hiivauksen jälkeen, joita ovat pienet kuplat vierteen yläosassa, jonka jälkeen ilmestyy

vaahtokerros (Enari & Mäkinen, 2014). Hiivan sopeuduttua uuteen ympäristöön, kasvu alkaa eksponentiaalisesti ja hiivan määrä vierteessä voi nelin- tai jopa viisinkertaistua. Saatavilla olleen hapen hiiva kuluttaa alussa nopeasti kokonaan. (Beer&Brewing, 2022B.) Vierteen lämpötila kohoaa ja pH laskee hiilidioksidin määrän kasvun takia. Pääkäymisen kesto on yleensä 7–9 päivää ja alkoholipitoisuus on noin 0,5 prosenttia matalampi lopullisesta alkoholipitoisuudesta. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Käymisen etenemistä voidaan seurata alkoholipitoisuuden ja pH-arvon muuttumisella. Käymisen aikana on tärkeää pitää lämpötila sopivana, koska sillä on merkittävän suuri vaikutus oluen flavoriin. Käymisen ollessa eksoterminen prosessi on erittäin tärkeää, että käymistankissa on tehokas jäähdytys. Jäähdytystä tarvitaan myös, jotta hiiva saadaan flokkuloitumaan. Korkeampia lämpötiloja (16–22 °C) käytetään pintahiivoille ja matalampia lämpötiloja (9–14 °C) pohjahiivoille. Tiettyjen belgialaisten oluiden valmistuksessa voidaan käyttää käymisessä jopa 32 asteen lämpötilaa. (Beer&Brewing, 2022B.)

Käymisessä muodostuu sivutuotteita, joita ovat aldehydit, ketonit, orgaaniset hapot, erilaisia alkoholeja, estereitä sekä orgaanisia happoja (Alves ym. 2020). Eniten muodostuu isoamyylialkoholia mikä luokitellaan sikuna-alkoholeihin. Sikuna-alkoholeiksi kutsutaan oluessa kaikkia muita alkoholeja paitsi etanolia. Kaikki sikuna-alkoholit ovat muodostuneet hiivan aminohappometaboliasta. Määrällisesti sikuna-alkoholeja on etanoliin verrattuna hyvin vähän. Niille on ominaista voimakas haju ja maku, joten ne ovatkin tärkeitä flavoreita oluen maun kannalta. Alkoholien lisäksi oluen flavoriin vaikuttavat esterit, joita entsyymaattiset prosessit muodostavat hiivasolujen sisällä. Hiiva saa sitruunahappokierron avulla energiaa esterisynteesiin. Estereiden muodostumiseen osallistuvat myös oluen sikuna-alkoholit ja hapot. Myös etanoli osallistuu estereiden muodostumiseen ja sen takia suurin osa oluen estereistä on etyyliestereitä. (Enari & Mäkinen, 2014.) Diasetyyli sopivissa määrin vaikuttaa positiivisesti oluen flavoriin. Se esiintyy suurimmassa osassa oluita ja se tuo olueen piimälle ja voille tyypillisiä flavoreita. (Beer&Brewing, 2022A.)

Rakenteeltaan käymistankit nykyään ovat yleensä lieriömäisiä tankkeja joko kartiopohjalla tai ilman. Ja näistä on olemassa välimuoto, jota kutsutaan Uni-tankiksi. (Enari & Mäkinen, 2014.) Kartiopohjaisilla käymistankeilla on monia etuja. Olutta ei tarvitse välttämättä siirtää toiseen tankkiin pääkäymisen loputtua, millä on suuri merkitys oluen laatuun, käymisen keston lyhentämisessä ja ei tarvitse niin paljoa tilaa käymisprosessia varten. Tankin puhdistus ja desinfiointi on tehokasta ja automaatiota pystytään hyödyntämään käymisprosessissa. Käymisessä muodostuneen hiilidioksidin pystyy keräämään ja uudelleen käyttämään. Nykyään käymistankkien materiaali on ruostumaton teräs, mutta ennen on käytetty paljon kuparista valmistettuja tankkeja. (Micet Craft, 2021.)

Käymisen aikana voi myös tulla ongelmia, joista yleisimmät ovat käymisprosessin liian hidas alkaminen ja keskeneräinen käyminen. Käyminen lähtee hitaasti liikkeelle, jos käytetty hiiva on huonokuntoista, sitä on liian vähän tai jos vierteessä ei ole hiivalle tarpeeksi happea. Jonka takia on erityisen tärkeää panostaa käymisessä hiivan elinolosuhteisiin. Huonokuntoinen hiiva sisältää paljon kuolleita hiivasoluja. Mikäli happea on liian vähän, hiivan määrä ei kasva vierteessä ja uudet muodostuneet hiivasolut käyttävät lipidiyhdisteitä vanhoilta soluilta ja hiivamassan sisältämä lipidivarasto loppuu. Myös vierteen alhainen aminohappopitoisuus hidastaa käymistä. Keskeneräisessä käymisessä on kyse vierteen väärästä sokerikoostumuksesta, mikä kertoo ongelmista mäsäyksessä. Mäsäyslämpötila on voinut olla esimerkiksi liian korkea, jolloin maltoosipitoisuus jää olemattomaksi. Käyminen voi jopa pysähtyä kokonaan tässä tilanteessa. Muita ongelmia käymisessä ovat epätasainen lämpötila, mikä vaikeuttaa hiivan toimintaa sekä liian vähäinen sinkin määrä. Sinkkiä tarvitaan, kun asetaldehydi pelkistyy etanoliksi. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Pääkäymistä voidaan nopeuttaa lämpötilan nostamisella, hiivan määrän nostamisella tai parantamalla hiivan ja ravinteiden välistä yhteyttä. Hiivan määrän nostaminen nelinkertaiseksi voi lyhentää pääkäymisen aikaa noin kolmella vuorokaudella, mutta hiivan suuren määrän takia tapahtuu enemmän katkeroainehäiviöitä hiivan adsorboidessa niitä. Ravinteiden ja hiivan välistä yhteyttä voidaan parantaa hiivasihtä hyödyntämällä, jossa hiiva on kiinnitetty

huokoiseen materiaaliin. Vierre virtaa hiivasihdin kerrosten läpi määrättyllä nopeudella. Tällä tavalla voidaan pääkäymisaika tiputtaa 2–5 vuorokauteen, mutta tekniikan vuoksi ei hiivan määrä kasva. Toinen tapa kontaktin parantamiseksi on sekoitus, mikä voidaan toteuttaa sekoittimilla tai vierteen ympäripumppauksella. Sekoitus voi lisätä hiivan kasvua ja se aiheuttaa diasetyylin liian runsasta muodostumista. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Diasetyyliä imeytyy takaisin hiivasoluihin ja ne muuttuvat yhdisteiksi, joilla ei ole vaikutusta oluen flavoriin, mutta diasetyylin liian runsaassa muodostumisessa sitä ei imeydy tarpeeksi hiivasoluihin ja olueen jää liikaa diasetyyliä. Diasetyylin imeytymistä hiivasoluihin voidaan edistää antamalla hiivan olla kontaktissa vierteeseen tarpeeksi kauan. Oluttyypeissä, joissa ei haluta diasetyyliä olevan, pidetään vierrettä käymislämpötilassa tarpeeksi kauan ja lämpötilaa voidaan jopa vähän nostaa. Diasetyyliä voivat vierteeseen muodostaa myös haitalliset bakteerit, mutta tätä ilmenee vasta jälkikäymisessä, mikäli bakteereita on läsnä. (Beer&Brewing, 2022A.)

3.2.4 Jälkikäyminen

Pääkäymisen jälkeen alkaa jälkikäyminen eli varastokäyminen. Jälkikäymisen tavoitteena on kyllästää olut hiilidioksidilla, kypsyttää makua ja kirkastaa olut. Olut kirkastuu partikkeleiden saostuessa ja laskeutuessa pohjalle. Jälkikäyminen voidaan toteuttaa samassa tankissa kuin pääkäyminen, mutta olut voidaan myös siirtää erillisiin varastotankkeihin. (Enari & Mäkinen, 2014.) Olut sisältää pääkäymisen jäljiltä vielä liikaa asetaldehydiä sekä diasetyyliä, jotka pelkistyvät jälkikäymisessä hiivan avulla. Jälkikäymisessä on tärkeää, että happea ei ole ollenkaan tankissa. (Alves ym. 2020.) Jälkikäyminen voidaan myös toteuttaa steriloiduissa lasipulloissa, jotka ovat tilavuudeltaan vähintään litran. Jälkikäymisessä jäljelle jääneet sokerit pilkkoutuvat ja muodostuu hiilihappoa, jolla on tärkeä rooli oluen vaahdon muodostumisessa. Oluen sisältämät hiivasolut laskeutuvat pohjalle sedimentiksi ja täten olut kirkastuu. (Bier, 2022.) Jälkikäymisen kesto on yleensä kolmesta kahdeksaan viikkoa ja jälkikäymisen aikana käytetään matalampaa lämpötilaa ja korkeampaa painetta kuin

pääkäymisessä. Jonka vuoksi on tärkeää, että käymistankki kestää painetta. (SK Škrli, 2022.)

Mitä alhaisempi lämpötila oluella on, sitä enemmän siihen liukenee hiilidioksidia. Hiilidioksidi liukenee paremmin oluen sisältämään alkoholiin kuin veteen, joten hiilidioksidin liukoisuus kasvaa alkoholipitoisuuden kasvaessa. Matalan lämpötilan vuoksi jälkikäyminen on hidasta, joten on myös tankin tyyppin mukaan mahdollista paineistuksen avulla suorittaa jälkikäyminen samassa lämpötilassa kuin pääkäyminen. Paineistus täytyy kuitenkin tehdä oikeaan aikaan ja liian aikainen paineistaminen voi johtaa tukoksiin ja myöhäinen taas heikentää hiilihapon muodostumista ja paine jää vähäiseksi. Oluen flavori pääkäymisen jälkeen on epämiellyttävä kitkerän maun takia, mikä pystytään jälkikäymisessä pehmentämään, mutta esimerkiksi virheellisiä flavoreita ei pystytä poistamaan. Jälkikäymisessä maun kypsymiseen vaikuttaa fysikaalisia ja kemiallisten reaktioiden tapahtumat. Fysikaalisiin tapahtumiin kuuluvat pH-arvon laskeminen, kun kitkerät yhdisteet eli humalan hartsit, polyfenolit ja proteiinit saostuvat tai absorboituvat hiivaan. Kemialliset sekä biokemialliset reaktiot ovat vastuussa uusien flavorien syntyemisestä. Esimerkiksi pienmolekyyliset yhdisteet polymerisoituvat, joka johtaa näiden yhdisteiden liukoisuuden heikkenemiseen. Asetaldehydi, mikä aiheuttaa olueen ruohomaisen maun, pelkistyy etanoliksi ja muut aldehydit heikentyvät ja näiden vaikutus pienenee oluen flavorissa. Pääkäymisen aikana olueen on muodostunut paljon estereitä, mutta niitä muodostuu lisää myös jälkikäymisessä. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Jälkikäymisen nopeuttaminen on pääkäymistä helpompaa ja se on muutenkin käymisen eniten aikaa vievin vaihe. Nopeutus voidaan toteuttaa jälkikäymisen lämpötilaa nostamalla. Lämpötilan nostaminen nopeuttaa kemiallisia reaktioita, mutta se heikentää hiilidioksidin liukenemista. Tällöin voi olla tarvetta jälkikäymisen jälkeen oluen hiilihapotukselle. Tätä menetelmää eli lämminvarastointia käyttäen oluen pää- ja jälkikäyminen toteutetaan samassa tankissa ja samassa lämpötilassa, mutta hiivasta poistetaan pääkäymisen lopussa suurin osa. Lämminvarastoinnin kesto on 1–2 viikkoa. (Enari & Mäkinen, 2014.)

3.2.5 Suodatus

Pienpanimoiden olut on harvemmin suodatettua ja pastöroitua. Tällä varmistetaan se, että käsityöläisöluiden ominaisuudet eivät heikkene. Pastöroimattomuuden takia osa hiivasta voi jäädä eloon, mikä aiheuttaa käymisen jatkumisen pullossa. Se takaa oluelle hyvän ja stabiilin flavorin. Suodatus- ja pastörinti laitteita löytyykin suuremmista teollisista panimoista. Pienpanimoille on tullut nykyään markkinoille käsityöläisöluille tarkoitettuja pastörinti laitteita. (Villacreces ym. 2022.)

Jälkikäymisen jälkeen olut on vielä sameaa sen sisältämien hiivasolujen ja proteiinipolyfenolikompleksien vuoksi. Valmiin oluen tulee olla kirkasta ja myös säilyä pakkauksessa kirkkaana, joten olut tulee suodattaa ja stabilisoida. Oluen stabiilius tarkoittaa kirkkaana säilymistä. Oluen samentuminen melkein aina kertoo flavorivirheistä ja samentumisen aiheuttaa suurimolekyylisten yhdisteiden kolloidirakenteen muutokset. Oluen stabiilisuuteen voidaan vaikuttaa stabilointimenetelmillä ja myös raaka-aineilla on merkitystä valmiin oluen samentumiseen. Toiset maltaat aiheuttavat enemmän samentumista kuin toiset, korkeamman antsyanoogeenien takia. Pidemmällä vierteen keitolla voidaan saostaa polyfenoleita, jotka vaikuttavat myös samentumiseen, mutta se heikentää valmiin oluen flavoria. Kylmästabiloinnissa olutta säilytetään kylmässä ennen suodatusta. Lämpötila pudotetaan -1,5 asteeseen kunnes olueen on muodostunut sameutuma, kylmäsamennus. Menetelmä edellyttää, että suodatuskin tehdään samassa lämpötilassa. Kylmästabiloinnilla ei kuitenkaan yksinään pystytä kaikkia samennusta aiheuttavia komponentteja poistamaan. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Stabilointiaineilla pystytään myös stabiiliutta parantamaan ja ne lisätään olueen yleensä pää- tai jälkikäymisen aikana. Stabilointiaineena voidaan käyttää kasveista saatuja entsyymeitä, jotka pilkkovat samennusta aiheuttavia komponentteja. Yleensä stabilointiaineena käytetään adsorbensseja, jotka eivät liukene olueen ja ne poistetaan suodatuksen yhteydessä. Adsorbensseista yleisimmin käytetään suurimolekyylisiä polyamideja. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Suodatetusta oluesta on poistettu oluenvalmistusprosessista olueen jääneet ylimääräiset partikkelit ja hiivasolut. Nykyään suositaan mekaanisia suodatusmenetelmiä. Suodatusmenetelmiä on erilaisia ja niiden avulla pystytään mukauttamaan oluen suodatuksen tasoa. Mitä tarkemmaksi suodatus menee, nousee riski, että hyvät flavorit poistuvat oluesta suodatuksen mukana. Toisinaan voidaan jopa haluta, että olueen jää vähän hiivaa ja suurimmat on poistettu. (PS Filter, 2019.)

Oluen suodatuksessa pystytään hyödyntämään separointia, piimaa-, levy- ja membraanisuodatusta. Separointia käytetään esikäsittelymenetelmänä, jota käytetään muiden suodatusmenetelmien kanssa yhdessä. Separoinnilla toimintaperiaate perustuu keskipakovoimaan ja oluen saatu kirkkausaste riippuu kierrosnopeudesta. Menetelmän etuihin kuuluu se, että oluthävikkiä muodostuu vähän ja siinä ei tarvita ylimääräisiä apuaineita sekä myös muodostuvien jätteiden määrä on pieni. Separoinnin jälkeen voidaan käyttää piimaasuodatusta, jossa hyödynnetään aikoinaan eläneiden yksisoluisten piilevien jäänteitä, joita kutsutaan piimaaksi. Piimaasta saadaan valmistamalla lähes puhdasta piiksidia, mitä pystytään käyttämään oluen suodatuksessa. Tällä menetelmällä pystytään tehokkaasti poistamaan oluesta mikrobeja. Piimaata hyödyntävät suodatinlaitteistot ovat pystyasennossa olevia umpinaisia lieriöitä, joissa olut kulkee piimaalietettä sisältävien sauvojen läpi. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Levysuodatinta pystytään käyttämään ainoana suodatusmenetelmänä ja se antaa yksinäänkin hyvän lopputuloksen, mutta ennen sitä voidaan myös tehdä piimaasuodatus. Suodatinlevyjen materiaalina on yleensä käytetty kuitumaista materiaalia, joka on selluloosajohdannainen ja levyjä pystytään uusiokäyttämään, jos niitä välillä pestään ja steriloidaan. Levysuodatuksessa pystytään hyödyntämään erilaisia levyjä. Steriilisuodatuslevyt nimensä mukaan steriloivat oluen ja pystyvät erottamaan pienetkin mikrobit. Se ei kuitenkaan ole yleisesti käytössä, koska oluesta adsorboituu levyyn aineita, jotka vaikuttavat valmiin oluen täyteläisyyteen. Tavalliset suodatuslevyt ja suurteholevyt pystyvät poistamaan hiivasolut, mutta levyt pystyvät läpäisemään hiivasoluja pienemmät

bakteerit. Karkeasuodatuslevyt ovat harvemmin käytettyjä ja hiivoista suurin osa pystyy tämän levyn läpäisemään. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Membraanisuodatuksessa hyödynnetään biotekniikan tuomia mahdollisuuksia eli multimikrosuodatusta ja kalvosuodatusta. Membraaneilla on huokoskoko tarkasti määritelty ja ne pystyvät siivilöimään huokoskokoja suuremmat komponentit. Menetelmällä on useita etuja, jotka ovat riippumaton suodatuskyky, oluen virtaus voidaan tarvittaessa pysäyttää, yksinkertainen toimintaperiaate ja suodatustehokkuus pysyy samana. Oluthukka on vähäistä ja menetelmän automatisointi on vaivatonta. Membraanisuoduksesta on olemassa kaksi erilaista menetelmää, jotka ovat cross-flow- ja dead-end – tekniikat. Cross-flow tekniikka edellyttää oluen etukäteen separointia. Membraanisuodatuksen jälkeen ei enää tarvita muita suodatusmenetelmiä. (Enari & Mäkinen, 2014.)

3.2.6 Astiointi

Olut pakataan yleensä ruostumattomasta teräksestä tai korkeatiheisestä polyeteenistä valmistettuihin kegeihin tai tynnyreihin, alumiinisiin tölkkeihin, kertakäyttöisiin tai uudelleen käytettäviin lasipulloihin sekä PET eli polyeteenitereftalaatti kegeihin. PET-kegit ovat muovimateriaalina kevyempiä kuin ruostumattomasta teräksestä valmistetut. Näistä pakkauksista eniten ympäristöä kuormittavat kertakäyttöiset lasipullot. Myös alumiinitölkit kuormittavat ympäristöä, mutta merkittävästi vähemmän. Kertakäyttöisistä lasipulloista alumiinitölkkeihin siirtyminen vähentää tehokkaasti ympäristön kuormitusta. Tutkimuksien mukaan alumiinitölkissä olut säilyy parhaiten kertakäyttöpakkauksista. Etenkin Britanniassa pienpanimot suosivat nykyään yhä enemmän alumiinitölkkeihin astiointia. Ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kegejä tai tynnyreitä voidaan käyttää jopa 30 vuotta, mikä tekee tästä vaihtoehdosta ympäristöystävällisimmän. (Morgan ym. 2022.)

Euroopassa kuluttajat suosivat etenkin lasipulloja ja Yhdysvalloissa taas alumiinitölkkejä. Vuonna 2010 Euroopassa 44,2 % oluesta astiointiin lasipulloihin, joista 24,5 % oli uudelleen käytettäviä ja loput kertakäyttöisiä. Oluesta 24,7 %

pakattiin alumiinitölkkeihin ja 20,7 % kegeihin. Kegejä ei kuljeteta ulkomaille ja niitä hyödynnetään pääasiassa kotimaan sisällä. Lasipulloihin ja alumiinitölkkeihin pakattua olutta kulutetaan kotimaassa ja sitä myös kuljetetaan ja myydään ulkomaille. Oluen astioinnissa tulee ottaa huomioon, että valo ja korkeat lämpötilat lisäävät oluessa kemiallisten ikääntymisreaktioiden määrää. Optimaalisin säilytyslämpötila oluelle on 0–5 °C. Valon pääsemistä olueen voidaan estää lasipulloissa tummalla lasilla. (Paternoster ym. 2017.)

Olut voidaan kuumakäsitellä pastöroinnilla säilyvyyden parantamiseksi levy- tai tunnelipastöroinnilla. Levypastöroinnissa hyödynnetään lämmönvaihdinta, jonka läpi olut kulkee ennen pakkaamista. Pullotetut tai tölkitetyt oluet voidaan pastöroida tunnelipastörointia hyödyntäen, jossa täydet pakkaukset kulkevat lämpötilasäädellyn tunnelin läpi. Sitä käytetään harvemmin, koska se on menetelmänä kallis ja heikentää oluen flavoria. Ennen astiointia tai levypastörointia olut siirretään suodatuksen jälkeen hiilidioksidilla paineistettuihin painetankkeihin. Lämpötila painetankissa pyritään pitämään nollassa. Astioinnissa olut täytetään tölkkeihin, pulloihin, tynnyreihin tai suurtankkeihin. Pullotuksessa käytettävät olutpullot ovat värillisiä valon vaikutuksen pienentämiseksi, koska valo vaikuttaa negatiivisesti oluen flavoriin, koska rikkiptoista yhdistettä muodostuu humalayhdisteistä valon säteilyn vaikutuksesta. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Ennen täyttöä uudelleenkäytettävät lasiset olutpullot tulee pestä pesukoneessa, koska ne ovat likaisia. Kertakäyttöisille lasisille olutpulloille riittää pullonhuuhtelijassa huuhtelu vesiliuoksella, joka yleensä sisältää noin 1–3 ppm klooria. Huuhtelun jälkeen pullot voidaan steriloida esimerkiksi peretikkahapolla. Muovisia kierrätysolutpulloja harvemmin käytetään kuluttajien huonon mielikuvan ja myös teknisten vaikeuksien vuoksi. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Olutpullojen täyttämisessä suositetaan pullotuskoneita, jotka voivat olla kupusäiliö-, rengassäiliö- tai rengaskanavakoneita. Näistä pullotuskonetyypeistä kupusäiliökone on yksinkertaisin, mutta vähiten käytetyin. Siinä laakean olutsäiliön alapuolella on täyttöpillejä, joiden virtausta hallitsee uimuriventtiilit. Epäsuosioon on johtanut oluen suuri hapettumis- ja kontaminaatoriski.

Kontaminaatoriski johtuu pullojen poistokaasuista, jotka kulkevat olutsäiliön läpi pullon täytön aikana. Rengassäiliökoneet ovat yleisiä ja koneen toiminta muistuttaa kupusäiliökoneita, mutta olutsäiliö on erilainen ja hapettumisriski on pienempi. Joissakin malleissa poistokaasu ei kulje olutsäiliön läpi ja täten kontaminaation riskiä ei ole. Vielä minimaalisempi hapettumisriski on rengaskanavakoneessa, jossa olut ei ole kosketuksissa vapaan tilan kanssa. Poistokaasu ei myöskään kulje pulloitetun oluen kautta. Pullotuksen jälkeen pulloista poistetaan ylimääräinen ilma ja yleisesti on käytössä vesisuihkutus, joka saa pullossa oluen vaahtoamaan ja ilma pakenee. Pullot tulee sulkea ilman poiston jälkeen välittömästi korkituskoneella. Etiketöinnin jälkeen valmiit pullot pakataan suurempiin pakkauksiin, esimerkiksi muovikoreihin. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Oluen tölkitäminen on yleisempää kuin lasipulloihin pullotus. Tölkit tulevat panimolle valmiiksi etiketöityinä ja ilman kansia. Ennen täyttöprosessia tölkit huuhdotaan vedellä ja tipalla nestemäistä tyyppiä poistetaan tölkin sisältämä ilma. Tölkit täytetään hiilidioksidilla ja sen jälkeen heti oluella. Valmiit tölkit kansitetaan välittömästi. Olutta voidaan myös astioida metallisiin tynnyreihin tai ravintolatankeihin. Ravintolatankeissa on sisäpussi, joka täyttyy sen mukaan, kun olutta otetaan tankista. Tällöin tankin sisältämä olut ei joudu kosketuksiin ilman kanssa. (Enari & Mäkinen, 2014.)

Hygienian kannalta oluen astiointi on haastavin vaihe valmistusprosessissa, koska olut kulkee useiden eri pintojen poikki täyttökoneissa ja se ehtii altistumaan hetkellisesti ilmalle ennen astiointia. Eri pinnoille voi muodostua biofilmejä, jotka aiheuttavat mikrobikontaminaation riskiä. Uudelleenkäytettävät kegit ovat merkittävä riski oluen kontaminoitumiselle, koska niitä käytetään uudelleen ja kegit sisältävät monimutkaisia pintoja, joita on haastava puhdistaa. (Bokulich & Bamforth, 2013.)

4 Prosessin optimointi

Optimoinnilla tarkoitetaan tieteellistä lähestymistapaa päätöksentekoon. Optimointia pystytään hyödyntämään monenlaisissa prosesseissa ja sen avulla pystytään saavuttamaan hyvä lopputulos. Apuna optimoinnissa voidaan käyttää tietokonemalleja. Prosessin optimoinnissa voidaan keskittyä itse prosessin kulkuun kuin lopputuotteen ominaisuuksiinkin ja tarkasteltavia kohtia voi olla esimerkiksi kustannukset, kestävyys, ympäristöystävällisyys ja laatu. (Jyväskylän yliopisto, 2022.) Optimoinnissa on tärkeää, että optimointitekijöitä huomioidaan kokonaisvaltaisesti, koska optimoinnissa on riski, että saavutettu etu hävitään prosessin myöhemmässä vaiheessa moninkertaisesti. Pienyrityksen prosessin optimoinnissa on kannattavaa keskittyä nykytilanteen kartoittamiseen ja visioon, joka halutaan saavuttaa. Sekä toimenpiteisiin, jotka täytyy toteuttaa vision saavuttamiseksi. (Sisä-Savon seutuyhtymä, 2010.)

4.1 Laitteisto ja tilat

Laitteiston optimoinnissa on kannattavaa keskittyä tarkastelemaan nykyisiä laitteita ja pohtimaan niiden kapasiteettia ja soveltuvuutta nykyisessä prosessissa. Kehityskohteita voi olla laitteiden kapasiteetti, teknologian kehittyminen sekä laitteiden päivitys ja energiatehokkuus. Laitteistolla on suuri merkitys energian optimoimisessa, koska voidaan tarkastella esimerkiksi laitteiden energiankulutusta ja sitä, onko laitteet sopivan kokoiset toimintaan. Energiaa kuluu ja siirtyy prosessissa kuljetuksissa, lämmityksessä sekä jäähdytyksessä. Energian optimoinnissa tuleekin keskittyä prosessin energiakulutukseen, miten energiaa otetaan talteen ja hyödynnetään, paljonko energiaa tarvitaan tuotteen valmistuskiloa kohti ja pystytäänkö jätettä käyttämään energiantuotannossa. Myös liian suuret tilat syövät energiaa. Tilan optimoinnissa tulee ottaa huomioon yleiset säädökset ja määräykset, jotka vaikuttavat etenkin elintarvikeprosesseissa. Tilan optimoinnin tarkastelukohteita voi olla tilojen määrä ja koko, prosessin kulun loogisuus tiloissa, varastotilojen koko ja jäähdytyskoneiden kapasiteetti. Myös ylimääräisen ja turhan tavaran

kartoittaminen sekä poistaminen kuuluu optimointiin. Varaston optimoinnissa tulee keskittyä esimerkiksi valmiiden tuotteiden hävikkiin, tilakustannuksiin, vakuutuksiin ja kalustoon. (Sisä-Savon seutuyhtymä, 2010.)

4.2 Henkilöstö

Henkilöstöä optimoidessa tulee ottaa huomioon lainsäädäntö. Henkilöstö on iso kuluerä prosessissa. Henkilöstön optimoinnissa on kannattavaa keskittyä työntekijöiden osaamiseen ja uuden työntekijän perehdyttämiseen. Osaavalla henkilöstöllä pystytään takaamaan virheiden vähäinen ilmeneminen ja hyvä tehokkuus. Perehdytyksen etuna myös on se, että prosessia käydään tarkasti läpi, jolloin on helpompaa havaita prosessin sisältämiä epäkohtia ja kehittää parempia tapoja toimia. Henkilöstöä pystytään optimoimaan osaamiskartoituksella, kehityskeskusteluilla, tuottavuuden mittareiden hyödyntäminen ja arvioimalla tulevaisuuden tarpeita osaamisen ja henkilöstömäärän kannalta. (Sisä-Savon seutuyhtymä, 2010.)

4.3 Raaka-aineet ja jätteet

Raaka-aineiden optimoinnissa on kannattavaa keskittyä hävikkiin, kuten onko hävikki vaihtelevaa ja miten hävikkiä pystytään vähentämään. Muita tarkastelukohteita voi olla tilausten kulujen alentaminen sekä optimaalisen toimituserän selvittäminen ja mitä tuotteiden imago vaatii raaka-aineilta, esimerkiksi markkinoidaanko tuotetta lähituotteena tai luomuna. Jätehuoltoa pystytään optimoimaan keskittymällä jätteen määrään, miten sitä käsitellään ja kuinka paljon kierrätetään. Voidaan myös keskittyä siihen, että miten vähennetään poikkeustilassa ympäristöön joutuvia päästöjä kuten esimerkiksi tulipalon sattuessa. (Sisä-Savon seutuyhtymä, 2010.)

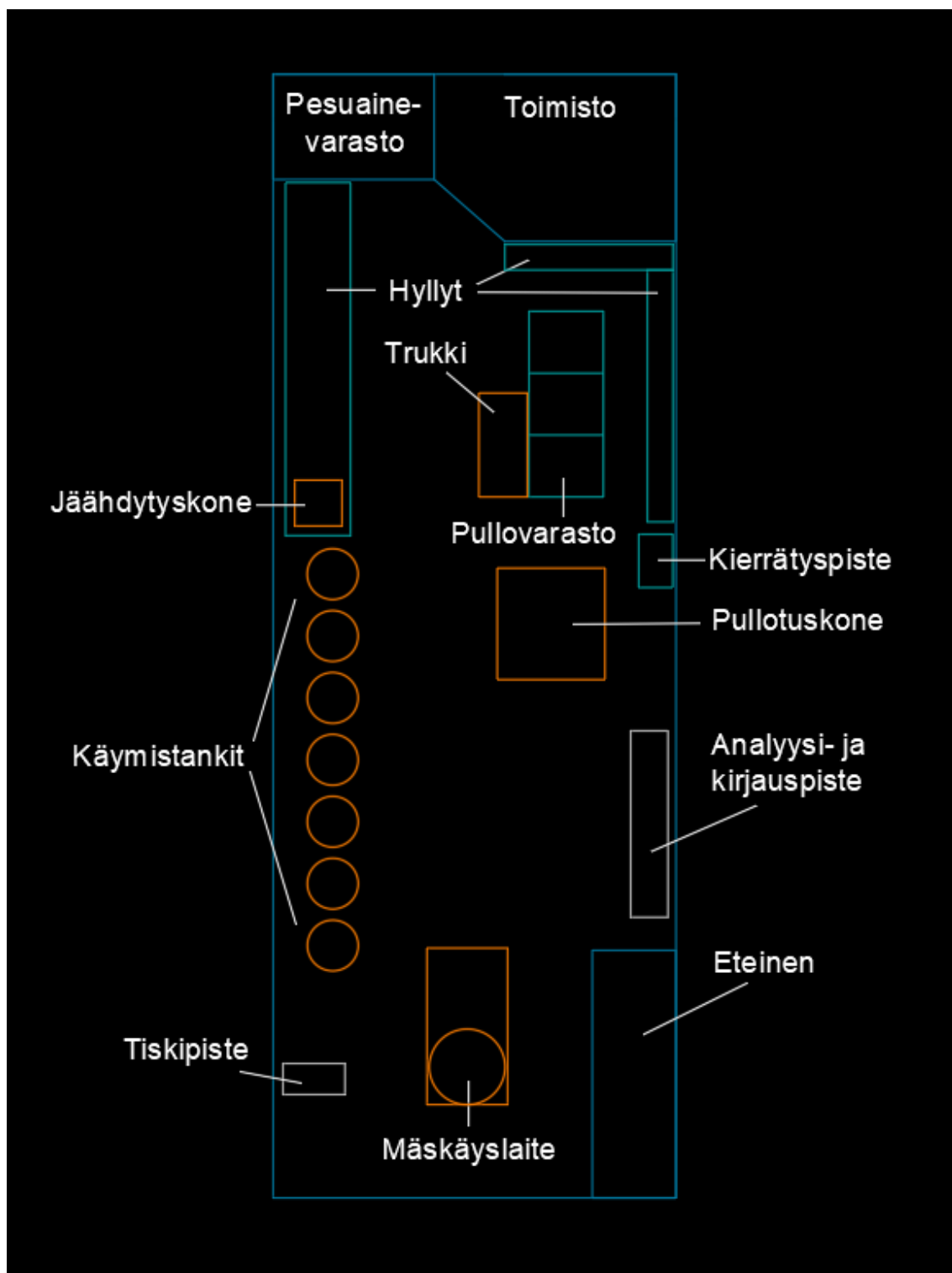
5 Nykytilanne

Kuninkaantien panimon toiminta perustuu osakkaiden työpanokseen ja olutta valmistetaan enemmänkin harrastuksena. Tällä hetkellä osa-aikaisesti panimolla työskentelee yksi panimotyöntekijä ja myyntihenkilö, joka toimii myös graafikkona. Panimon nykyinen eräkoko on 500 litraa ja vuodessa olutta valmistetaan noin 20 000 litraa. Panimon käytössä on modernit ja laadukkaat laitteet oluenvalmistuksessa ja pulloituksessa. Panimon reseptit on suunnitellut panimomestari Niko Hurskainen.

5.1 Tila

Kuninkaantien panimon kapea tila (Kuva 6) on kooltaan 118 neliometriä. Samassa tilassa suoritetaan oluen mäsäys, keitto, käyminen sekä pulloitus. Tavarat ja tarvikkeet on myös varastoitu samaan tilaan. Lisäksi tilaan kuuluu pesuainevarasto, toimisto sekä eteinen, joka toimii tarpeen mukaan myös myymälänä. Valmiit tuotteet varastoidaan varastohyllyyn odottamaan kuljetusta myyntiin.

Tila on viisi metriä korkea ja lattiatilaa on käytettävissä myös pesuainevaraston ja toimisto huoneiden yläpuolella. Yläkerrokseen ei ole kiinteitä rappusia tai tikkaita, jonka takia sinne kulkeminen on haastavaa. Yläkerroksen pinta-ala on 14,5 neliometriä. Katon ja yläkerroksen väliin jää tilaa 2,4 metriä ja sitä käytetään sekalaisena ja järjestelemättömänä varastona. Eteisen perinteisen oven lisäksi tilassa on mäsäyslaitteen alapuolella suuri autotallin ovi. Eteisen erottaa isommasta tilasta liukuovet.



Kuva 6. AutoCAD-piirros nykyisestä tilan asettelusta.

5.2 Laitteet

Kuninkaantien panimossa on erilaisia laitteita, joita käytetään paljon oluenvalmistuksessa ja niillä on iso rooli panimon toiminnassa. Panimon merkittävimmät laitteet on esitelty taulukossa 2. Laitteista pullotuskone ja mäskäyslaite ovat helposti liikuteltavissa laitteiden omien renkaiden avulla.

Taulukko 2. Laitteet.

Laite	Valmistaja & merkki	Lkm.	Huomioita
Mäskäyslaite	SPEIDEL Braumeister 500 L	1	
Käymistankki	SPEIDEL tank 625 L	7	Uni-tankkeja
Pullotuskone	Meheen M2 S SERIES	1	
Lämmönvaihdin	TRANter GLP-008P	1	
Pumppu	NORONA Puutarhavesipumppu	1	Max 3200 L/h
Jäähdytyskone	CHILLY 45-M	1	4,2 kW

5.3 Varastointi

Kuninkaantien panimon nykyinen varastointi on hyvin sekalainen, vaikka tavarat ovat jonkinlaisessa järjestyksessä. Tarvikkeet ja tavarat on pääasiassa varastoitu alakerran kolmeen hyllyyn. Nykyiseen tilaan muuttaessa hyllyihin on laitettu muutamia teippauksia auttamaan tavaroiden järjestelyssä. Ajan kanssa tavarat ovat paikkansa löytäneet, mutta silti asioita on välillä hukassa. Etenkin, jos keittopäivään osallistuu henkilöitä, jotka käyvät harvemmin panimon tiloissa olutta valmistamassa. Esimerkiksi henkilö lähtee etsimään tavaraa hyllyistä ja toinen vain opastaa kauempaa, että se on siellä jossain.

Yläkerroksessa on sekalaisesti tavaraa, kuten messuteltan osat, tyhjiä muovikanistereita, mattoja ja tuoleja. Yläkerroksessa ei ole hyllyjä ollenkaan ja tavarat eivät ole mitenkään järjestelty.

5.4 Raaka-aineet ja jätteet

Kuninkaantien panimon pienen varastotilan ja lähellä sijaitsevan toimittajan vuoksi panimoon tilataan aina erä kerrallaan raaka-aineita. Käyttämättömät maltaat varastoidaan trukin nostolavalle ilmaan noin puolen metrin korkeuteen ja ne pyritään käyttämään ensisijaisesti. Avatut humalapakkaukset säilytetään pakastimessa ja ne käytetään ennen uusien humalapakkauksien avaamista. Raaka-ainehävikkiä ei tule tämän takia juuri ollenkaan.

Mäskäyksen jälkeen rapa kuljetetaan lähelle Tuorlaan Livian maaseutuoppilaitokseen energijätteeksi ja rapaa voidaan myös hyödyntää sämpylöiden valmistuksessa. Rupa kuljetetaan myös energijätteeksi Liviaan. Hiivaa kierrätetään käymistankista toiseen ja tarpeen mukaan hiiva uusitaan. Vanha hiiva hävitetään viemäriin.

5.5 Keittopäivä

Keittopäivän aikana noudatetaan Kuninkaantien panimon omaa työohjetta (Liite 2), joka on reseptikohtainen. Panimossa mäskäys- ja keittovaihe toteutetaan samassa 500 litran mäskäys- ja keittolaitteessa (Kuva 7) jota kutsutaan myös keittämöksi. Keittämö on automatisoitu ja siihen on ohjelmoitu reseptikohtaisesti ohjelmat ja laite suorittaa automaattisesti lämpötilojen muutokset mäskäyksessä. Keittämö on myös etäohjattava ja sen avulla on mahdollista saada esilämmitys päälle jo ennen varsinaisen keittopäivän alkua, mikä vähentää keittopäivän kestoa huomattavasti.



Kuva 7. Mäskäys- ja keittolaite Braumeister 500 L.

Mäskäyksen jälkeen keittämön omalla vinssillä pystytään nostamaan mallaspiippu ylös. Rapaa huuhdellaan kattiloissa lämmitetyllä vedellä. Keiton aikana humalat lisätään reseptin mukaan ja keiton jälkeen pystytään jäädyttämään vierre kierrättämällä kylmää vettä keittämön oman vaipan läpi. Vaipasta ulostuleva kuuma vesi otetaan talteen ja hyödynnetään myöhemmin tarvikkeiden ja tilan pesuvetenä. Whirpool eli vierresykloni käynnistetään vierteen jäähtyttyä 84-asteeseen rupan erottamiseksi. Kun vierre on jäähtynyt 70–74 asteiseksi, se siirretään lämmönvaihtimen (Kuva 8) kautta käymistankkiin. Lämmönvaihdin jäädyttää vierteen 20–22 asteiseksi, reseptistä riippuen.



Kuva 8. Lämmönvaihdin.

Edellisen keiton hiivasuspensiota siirretään käymistankkiin ennen vierre siirtoa. Vierre erillistä ilmastusta ei tarvita, koska vierre siirretään yläkautta käymistankkiin, mikä ilmastaa vierreä.

5.6 Käyminen

Käymistankki (Kuva 9). täytyy puhdistaa ennen uuden vierreä siirtämistä. Tankki puhdistetaan valuttamalla ensin vanhan oluen jämet pois, jonka jälkeen tankki huuhdellaan painepesurilla. Tankkiin lisätään natriumhydroksidiliuosta ja lämmintä vettä, jota erillinen pumppu kierrättää tankissa noin puolen tunnin ajan. Samaan systeemiin voidaan kiinnittää väliin lämmönvaihdin, jolloin se tulee myös puhdistettua. Pesun jälkeen tankki ja pumppu huuhdellaan vedellä. Käymistankkiin lisätään vielä uudestaan lämmintä vettä ja peretikkahappoa desinfiointia varten, joita pumppu kierrättää noin vartin ajan. Desinfiointin jälkeen systeemi huuhdellaan vedellä, jossa on fosforihappopohjaista sanitointiainetta.

Kuninkaantien panimossa vierteen käymiselle annetaan runsaasti aikaa, jolloin käymisen ja kypsymisen kokonaiskesto on noin kuusi viikkoa. Jälkikäyminen toteutetaan samassa tankissa. Pitkän kypsymisajan avulla olut ehtii kirkastumaan, kun sakka valuu pohjalle ja olut kypsyy rauhassa.



Kuva 9. Käymistankkeja.

5.7 Pullotus ja pakkaus

Oluen kypsyttyä aloitetaan pullotus ja pakkaus. Pullotuksen yhteydessä täytetään pöytäkirjaa pullotuksen etenemisestä. Pullotukseen menee keskimäärin aikaa 2–2,5 tuntia, riippuen oluen määrästä ja laadusta. Aikaan ei ole huomioitu pullotuskoneen alkuvalmisteluja tai loppupuhdistusta. Pullotusaika venyy herkästi, jos pullotuksen aikana tulee ongelmia. Tyypillisimmät ongelmat ovat korkkien loppuminen pullotuskoneen säiliöstä tai tulostushäiriöt etiketeissä.

5.7.1 Alkuvalmistelut

Pahvilaatikot, joihin mahtuu 18 pulloa, taitellaan auki ja niiden kylkeen liimataan etiketti laatikkojen sisältämästä tuotteesta. Pullotuksessa käytettävien lasipullojen tilavuus on 0,33 litraa. Pullotuskoneeseen (Kuva 10) sijoitetaan etikettirulla paikoilleen ja tarkistetaan, että parasta ennen -päiväys tulostuu etiketteihin oikein ja selkeästi. Pullotuskone desinfioidaan ohjeiden mukaan (Liite 1) ja täyttöputket, jotka syöttävät oluen pulloihin, desinfioidaan Star San-desinfiointiaineella. Syöttöletku kiinnitetään käymistankista pullotuskoneeseen, jota pitkin olut kulkee.



Kuva 10. Pullotuskone.

5.7.2 Suoritus

Pullolevyn avulla (Kuva 11) tyhjiä pulloja nostetaan lavalta ja pullot desinfioidaan ensin pullohuuhtelijassa, joka suihkuttaa pulloihin 0,2 prosentista peretikkahappoa. Huuhtelun jälkeen pullot nostetaan pullolevyllä pullotuskoneen rampille, kun edempänä täyttöputket ovat alhaalla pullojen sisällä. Tämä ehkäisee sen, että pullot eivät tärähdä ja liukahda, koska pullot eivät liiku koneessa täyttöputkien ollessa alhaalla. Pullojen liikuttelu on pullolevyllä helppoa ja vaivatonta ja pullojen syöttämisessä koneeseen ei ole kova kiire.



Kuva 11. Pullojen käsittely ja huuhtelu.

Pullot etenevät pullotuskoneessa pareittain. Täyttöputket täyttävät pullot ensin hiilidioksidilla hapen poistamiseksi, jonka jälkeen olut syötetään pulloihin. Pullotuskone korkittaa pullot välittömästi täytön jälkeen, jonka jälkeen ne siirtyvät liukuhihnaa pitkin etiketöintiin. Pullotuskone tulostaa etiketteihin oikean päiväyksen ja liimaa etiketit pulloihin. Pullot kulkevat liukuhihnaa pitkin tasolle, josta pullot pakataan käsin pahvilaatikoihin. Pullotuksen tultua valmiiksi, pullotuskoneelle tehdään ensin vesipesu, jonka jälkeen pestään natriumhydroksidiliuoksella ja huuhdellaan vedellä. Lopuksi vielä kone desinfioidaan peretikkahapolla.

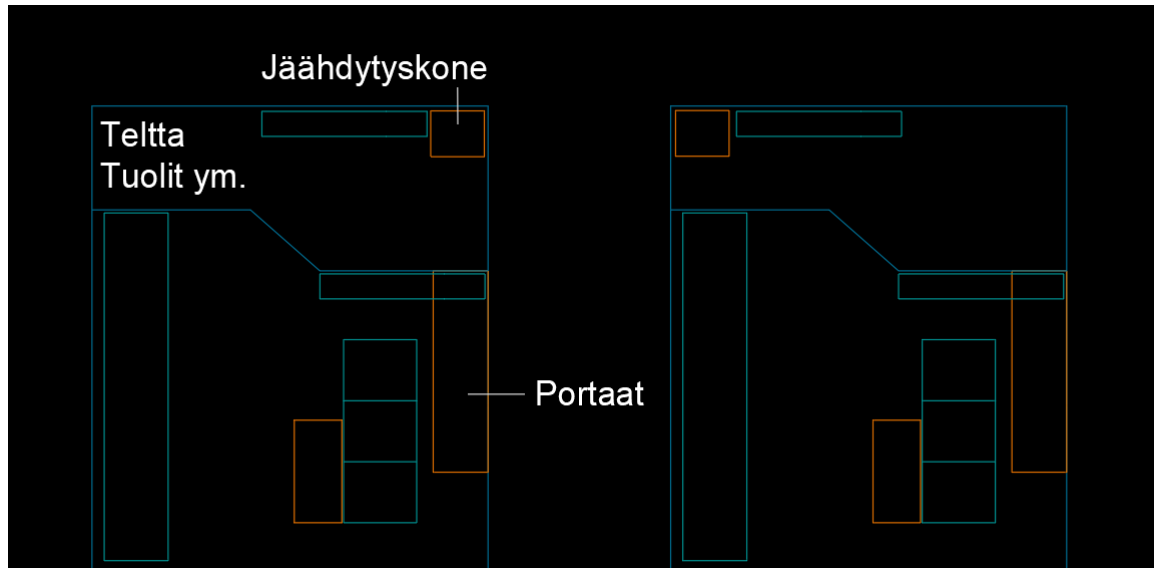
6 Kehittämismahdollisuudet

Kuninkaantien panimon tavoitteena on myynnin suurentaminen, minkä mahdollistaa eräkoon kasvatus. Lisäksi haaveena on täysiaikaisten panimotyöntekijöiden palkkaaminen, joka vaatii tuotannon kasvattamista merkittävästi. Nykyinen oluenvalmistusprosessi halutaan hioa tehokkaammaksi ja nopeammaksi, sekä varastointia että tilaa halutaan organisoida selkeämmäksi. Panimo haluaa, että kehittämismahdollisuuksia tarkastellaan monipuolisesti aina varastoinnista oluenvalmistukseen ja pulloitukseen sekä tilaan ja laitteisiin. Panimon henkilöstön haastatteluilla on tärkeä rooli kehityksen kannalta.

6.1 Tilat

Nykyinen tila on kooltaan oivallinen pienelle panimotoiminnalle, mutta ei ole kovin käytännöllinen pohjapiirustukseltaan. Mäskäysvaihe, vierteen keitto ja käyminen tapahtuvat lähekkäin samassa tilassa, mikä on ristiriitaista. Keittopäivänä vapautuu paljon lämpöä ja se on haitallista oluen laadulle, kun käymisen tulee tapahtua matalassa lämpötilassa. Joten eduksi olisi, että käyminen ja keittopäivän vaiheet tapahtuisivat eri huoneissa. Tilassa tarvitaan myös tehokkaampi ilmastointi ja höyrynpisto, koska oluenvalmistuksen aikana keittovaiheessa muodostuu erittäin runsaasti höyryä, mikä täyttää tilan ja nykyinen ilmastointi ei pysty höyryä poistamaan tarpeeksi tehokkaasti. Hiilidioksidia muodostuu myös runsaasti oluenvalmistuksessa ja tämänkin takia tarvitaan tehokkaampi ilmastointi.

Yläkerros on nyt täynnä sekalaista tavaraa ja sinne kulku on hyvin vaivalloista ja vaarallista. Kannattavaa olisi hankkia kiinteät ritiläportaat, joita on helppo ja turvallista käyttää, jolloin yläkerroksen tila saataisiin hyvin käyttöön.



Kuva 12. AutoCAD-piirros yläkerran optimoinnista.

Ritiläportaisiin on hyvä varata tilaa 1 x 3,3 metriä, mikä mahtuu oikein hyvin AutoCAD-piirroksen mukaan (Kuva 12) nykyiseen tilaan. Portaiden viemä tila riippuu siitä kuinka jyrkät ja leveät portaat halutaan paikalle asentaa. Portaiden avulla alakerrokseen saisi lisää tilaa, koska osan alakerran tavaroista voisi siirtää ylös. Portaiden tilalla olleen hyllyn voi siirtää ylös ja portaiden alapuolelle voidaan myös varastoida tavaroita. Yläkerrokseen sijoitettaisiin hyllyn lisäksi jäähdytyskone ja nykyiset yläkerroksen tavarat järjestettäisiin paremmin. Lisäksi keskustelua panimossa on herättänyt ylätilan laajentaminen noin 20 neliömetrillä lisävarastotilan saamiseksi.

Nykyinen tila on rajallinen, jos halutaan suurentaa tuotantoa merkittävästi ja tällöin uusi isompi tila on tarpeen. Uudessa tilassa on kannattavaa olla erilliset huoneet oluenvalmistukselle, käymiselle sekä pullotukselle ja varastolle. Muita tärkeitä puolia tilalta on viemäröinti, jotta lattialle ei jää lojumaan nesteitä. Tilan tulee myös olla pohjapiirrokseltaan järkevä ja soveltuva panimotoiminnalle. Soveltuvassa tilassa pystytään raaka-ainetoimitukset suorittamaan helposti varastoon ja valmiiden tuotteiden kuljettaminen pois tulee olla käytännöllistä.

6.2 Raaka-aineet ja jätteet

Kuninkaantien panimossa ei tule raaka-aineiden hävikkiä ja jäähdytyksessä käytetty kuumentunut vesi hyödynnetään tarvikkeiden ja tilan pesuvedenä. Rapa ja rupa toimitetaan Tuorlan Liviaan energijätteeksi. Panimon henkilöstö hyödyntää välillä rapaa omien sämpylöiden leipomisessa. Oluenvalmistuksessa muodostunut rapa voitaisiin myös hyödyntää eläinten rehuna tai esimerkiksi voitaisiin tehdä yhteistyötä leipomon kanssa, joka hyödyntäisi ravan tuotteissaan. Vanhan hiivan voisi esimerkiksi käyttää eläinten ravintona nykyisen viemäriin päästön sijaan.

6.3 Laitteet

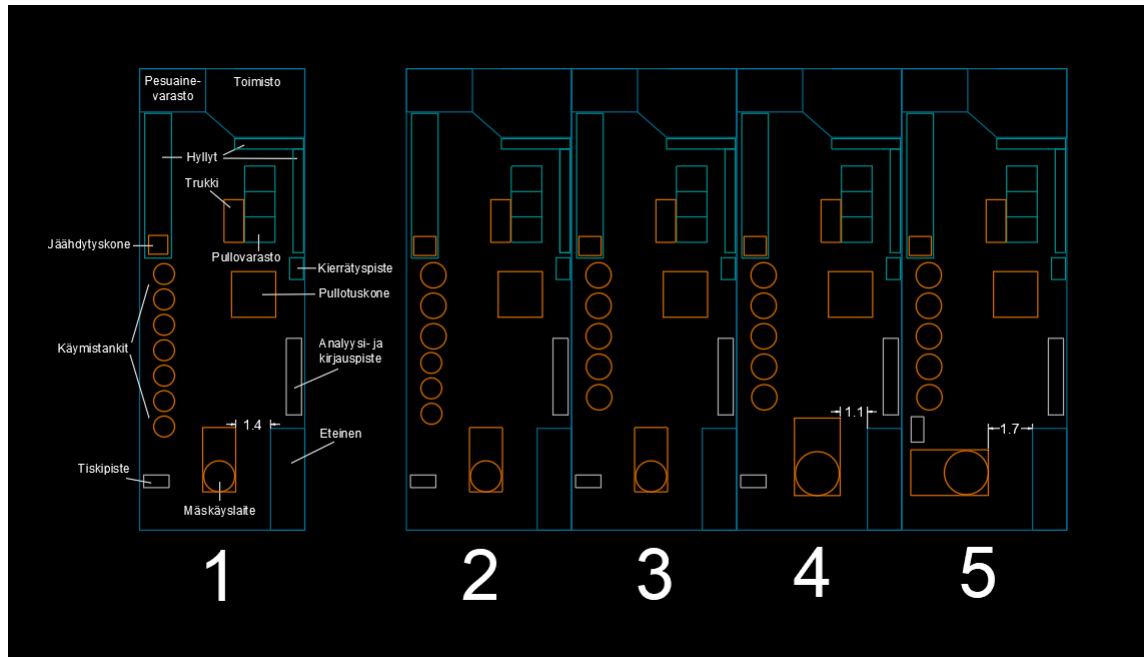
Tällä hetkellä Kuninkaantien panimossa on käytettävissä CHILLY MAX 45-M-jäähdytyskone, joka on teholtaan 4,2 kW. Jäähdytyskone kierrättää käymistankkien jäähdytysvaipeissa glykolia tankkien viilentämiseksi haluttuun lämpötilaan. Nykyisen jäähdytyskoneen kapasiteetti ei riitä pitämään panimon käymistankkeja tarpeeksi viileänä ja se on erityisen hankalaa kesäisin, kun halli lämpenee ympäristön vaikutuksesta. Koneen tehottomuuden takia panimossa ei olla voitu ottaa käyttöön uutta seitsemättä käymistankkia. Nykyinen jäähdytyskone on leveydeltään 76 cm, pituudeltaan 74 cm ja korkeudeltaan 53 cm. Samalta valmistajalta on tarjolla isompia malleja, jotka ovat tehokkaampia.

CHILLY MAX-jäähdytyskoneesta on tarjolla MAX 50, MAX 90 ja MAX 110 -mallit. Teholtaan ne ovat 6,4 kW, 10,7 kW ja 12,7 kW. Mallit tarvitsevat 400 voltin jännitteen toimiakseen. Valmistaja kertoo, että nämä mallit soveltuvat pieniin ja keskikokoisiin panimoihin. Mallit ovat keskenään samankokoisia ja ovat leveydeltään 75 cm, pituudeltaan 88 cm ja korkeudeltaan 100 cm. (WTG-Quantor brands, 2022). Nykyiseen jäähdytyskoneeseen verrattuna eivät vie paljoa enempää tilaa. Nykyinen sijainti jäähdytyskoneelle on alakerran suurimmassa hyllyssä käymistankkien vieressä ja samalle paikalle on mahdollista sijoittaa isompi malli.

Jäähdytyskoneelle optimaalisempi paikka olisi yläkerroksessa, jolloin koneesta ulostuleva lämmin poistoilma saataisiin ohjattua ulkoilmaan seinän läpi. Nykyisessä sijainnissaan kone lämmittää tilaa lämpimän poistoilman jäädessä sisälle. Rakennuksen omistaja on jo antanut luvan jäähdytyskoneen sijoittamiselle yläkertaan ja reiän poraamiselle seinään poistoilmaa varten. Tilan ainoat ulkoseinät ovat molemmat päädyt, jonka takia jäähdytyskone on pakko sijoittaa yläkertaan, jos lämpimälle poistoilmalle halutaan porata reikä ulkoilmaan.

Nykyiset käymistankit ovat 625-litraisia uni-tankkeja ja niitä on seitsemän kappaletta, joista vain kuusi on käytössä. Käymistankkien halkaisija on 82 cm ja korkeus 215 cm. Samalta valmistajalta löytyy samasta mallista suurempi koko, 1200 litraa, jonka halkaisija on 100 cm ja korkeus 287,6 cm (Speidel, 2022A). Nykyisistä tankeista voitaisiin osa korvata isommilla tai kaikki, jotta tuotantoa saadaan suurennettua. Nykyisellä keittämöllä pystytään valmistamaan noin 500 litraa vierrettä kerralla. Keittämön kokoa ei välttämättä tarvitse suurentaa, vaikka käymistankit suurentuisivat, koska on mahdollista pitää kaksi perättäistä keittopäivää. Ensimmäisenä päivänä sama käymistankki täytetään puolilleen ja seuraavana päivänä täytetään loput. Antti Kaurin mukaan tällä pystyttäisiin myös tasaamaan erän laatua.

Mutta, jos kaikki käymistankit korvataan isommilla 1200 litran tankeilla, on kannattavaa, että keittämökin päivitetään isommaksi. Nykyinen keittämö on 500-litrainen Braumeister, jonka leveys on 130 cm ja pituus 253 cm. Suurempi malli on kooltaan 1000 litraa ja sen leveys on 180 cm ja pituus 305 cm (Speidel, 2022B). Kuten nykyinen malli, on myös uudempi malli helposti liikuteltavissa laitteen omien pyörien avulla.



Kuva 13. AutoCAD-piirros uusien laitteiden sijoittelusta.

Kuvassa 13 on hahmoteltu eri vaihtoehtoja uusille ja isommille laitteille nykyisessä tilassa. Isompi jäähdytyskone on sijoitettuna piirroksiin tilanteissa 2, 3, 4 ja 5. Kuvan sisältö on myös esitelty taulukkomuodossa (Taulukko 3). Tilanne 1 kuvastaa nykytilannetta, jossa käymistankkien yhteenlaskettu tilavuus on 4375 litraa. Tilanteessa kaksi on yhteensä kuusi tankkia, joista kolme on 1200 litraisia ja kolme nykyisiä 625 litraisia tankkeja, kokonaistilavuus on 5475 litraa. Kolmannessa, neljännessä ja viidennessä hahmotelmassa on kuusi käymistankkia, jotka ovat kaikki 1200 litraisia, kokonaistilavuus on 7200 litraa. Neljännessä ja viidennessä tilanteessa on 500 litran keittäjä korvattu 1000 litran keittäjällä. Isommalla keittäjällä tilaa on melko vähän neljännessä tilanteessa. Viidennessä myös keittäjä ja tiskipiste on vaihtanut paikkaa tilankäytön optimoimiseksi. Kuvassa on myös ilmoitettu keittäjän ja eteisen välinen etäisyys metreinä suuntaa antavasti, koska keittäjä on liikuteltavissa, ei etäisyys ole vakio.

Taulukko 3. Käymistankkien ja keittämön kokojen kasvattaminen.

Tilanne	Käymistankkien lkm.	Kokonaistilavuus (L)	Keittäjä (L)
1	7 x 625 L	4375	500
2	3 x 625 L 3 x 1200 L	5475	500
3	5 x 1200 L	7200	500
4	5 x 1200 L	7200	1000
5	5 x 1200 L	7200	1000

6.4 Keittopäivän ja käymisen optimointi

Keittopäivän kulku on hyvin sujuvaa ja vuosien aikana hioutunut mahdollisimman toimivaksi. Päivän aluksi maltaiden kaataminen isoista 25 kg säkeistä näyttää haastavalta, koska maltaat täytyy kaataa keittämöön melko korkealta. Työturvallisuuden kannalta olisi kannattavaa, jos maltaiden kaatamisessa pystyttäisiin esimerkiksi hyödyntämään keittämön omaa vinssiä. Se myös vähentäisi työn kuormittavuutta. Maltaiden sekoittaminen keittämössä voisi olla tehokkaampaa isommalla mäskilapiolla. Nykyinen käytössä oleva mäskilapio on kämmenen kokoinen.

Nykyisestä prosessinkulusta puuttuu erillinen suodatus kokonaan, joten se voisi olla lisänä tulevaisuudessa. Suodatus ei ole kuitenkaan välttämätöntä pitkän käymis- ja kypsymisajan vuoksi, joka takaa sakan laskeutumisen käymistankin pohjalle ja oluen kirkastumisen. Käymistankin puhdistuksen voisi tehdä heti pullotuksen jälkeen eikä ennen uuden erän vierteen lisäämistä. Lika irtoaa helpommin tuoreena, eikä ole pinttynyt. Likaiset käymistankit ovat myös hygieniariski, koska mikrobit alkavat kasvamaan likaisilla pinnoilla ja muodostavat biofilmin. Tiloissa, jossa valmistetaan elintarvikkeita, tulee noudattaa todella hyvää hygieniaa, jonka takia käymistankit tulisi pestä ja desinfioida välittömästi pullotuksen jälkeen.

6.5 Pullotuksen ja pakkauksen optimointi

Pullotuksessa työskentelee kolme henkilöä, joista ensimmäinen huolehtii pullojen huuhtelusta ja syöttämisestä koneeseen. Toinen henkilö huolehtii pullotuskoneen tietokoneen ohjaamisesta sekä seuraa, että pullotuskoneen korkkisäiliöstä ei lopu korkit kesken ja tarvittaessa täyttää korkkisäiliön. Kolmas henkilö pakkaa valmiit pullot pahvilaatikoihin, teippaa laatikot kiinni ja kantaa täytetyt laatikot sivuun. Kolmas henkilö tarkistaa myös, että etiketit ovat kiinnittyneet pulloihin kunnolla ja päivämäärät ovat tulostuneet oikein ja selkeästi. Tarvittaessa kolmas henkilö siirtää vajaaksi jääneet pullot syrjään, joita ei voi myyntiin lähettää. Ylimääräisestä henkilöstä pullotuksessa olisi myös apua, etenkin jos keitetään samalla uutta erää. Välillä tulee tilanteita, että laatikoita tarvitsee taitella lisää tai tyhjiä pulloja ottaminen yksin korkealta lavalta on haastavaa, jolloin olisi apua neljännessä henkilöstä ja tällöin pullotusprosessia ei tarvitsisi ongelmien ilmetessä hidastaa tai pysäyttää.

Pullotuksen aikana lattialle roiskuu nestettä, joka jää nykyisessä pullotuskoneen sijainnissa lojumaan lattialle. Neste on pääasiassa olutta ja vettä, ja se joudutaan lastalla siirtämään muutaman metrin päässä olevaan viemäriin. Mikäli pullotuskoneen alla olisi viemäri, olisi helpompaa pitää lattia puhtaana.

Apupöydän hankkiminen pullotuksen loppuvaiheeseen helpottaisi työskentelyä huomattavasti. Nyt pahvilaatikko on sijoitettu samalle tasolle, jolle pullotuskone syöttää valmiita pulloja. Pahvilaatikko vie huomattavasti tilaa tasolta ja tason korkeahkot reunat vaikeuttavat etenkin täysinäisen ja painavan pahvilaatikon nostamista pois. Tila loppuu tasolta myös melko nopeasti kesken, jos kukaan ei ole pulloja pakkaamassa laatikkoon koko ajan. Apupöytä toisi huomattavasti lisää tilaa pullotuskoneen tasolle ja laatikon siirtely olisi reunojen puuttumisen takia helpompaa. Laatikon teippaaminen kiinni on myös ahdasta pullotuskoneen tason päällä ja siinä lyö helposti kätensä tason reunoihin.

Ympäristön kuormituksen vähentämiseksi tulisi kertakäyttöisten lasipullojen käyttäminen lopettaa, koska se on tarjolla olevista pakkausvaihtoehdoista kaikista kuormittavin. Ympäristön kannalta parhaita olisi siirtyä kierrätettäviin alumiinitölkkeihin, mutta panimolla on hyvä ja moderni pulloituskone lasipulloille. Uusiokäytettäviin lasipulloihin siirtyminen tuo enemmän kuluja, mutta pienentäisi ympäristön kuormitusta. Tosin kuluttajien näkökulmasta tuotteen ympäristöystävällisyys on tärkeää ja voi myös vaikuttaa ostopäätökseen.

6.6 Varastoinnin optimointi

Tavaroiden etsimiseen menee turhaan aikaan ja siksi varastointia kannattaisi organisoida paremmin. Kannattavaa olisi alkaa hyödyntämään jälleen teippauksia laajemmin, jotta tavarat pysyvät järjestyksessä ja on helpompi löytää tarvittavat asiat, myös niiden, jotka vähemmän työskentelevät panimossa. Teippauksissa on kannattavaa ottaa huomioon järkevät kirjaukset, jotka ovat selkeitä ja helposti tulkittavissa. Esimerkiksi kegit, maltaat, keittämön työkalut ja humalat. Teippauksissa voi myös hyödyntää erivärisiä teippejä. Esimerkiksi pulloituskoneeseen liittyvät tarvikkeet ovat erivärisellä teipillä kuin keittämön tarvikkeet.

Varaston järjestyksen kannalta olisi kannattavaa tehdä ylläpitosuunnitelma, josta ehdotus taulukossa 4.

Taulukko 4. Varaston ylläpitosuunnitelma.

Keittopäivä	Järjestely ja siivous	Inventaario
Pidetään huolta, että keittopäivän alussa ja lopussa ovat kaikki tarvikkeet samoilla paikoilla.	Neljän kuukauden välein tehdään huolellinen järjestely ja siivous varastoon.	Ylläpidetään listaa, johon on kirjattu varaston sisältö lukumäärineen. Listan päivitys tehdään kerran vuodessa.

Keittopäivän aikana on paljon odottelua automatisoidun keittämön takia, jolloin on mahdollista järjestellä ja siivota panimon varastoa sekä tilaa. Jatkossa täytyy pitää huolta siitä, että tavarat laitetaan keittopäivän jälkeen takaisin niille paikoille, joista ne on alun perin otettu. Neljän kuukauden välein tehtävässä suuremmissa järjestelyissä ja siivouksessa käytäisiin koko varasto läpi kokonaisuudessaan. Pyyhitään pölyt ja viedään roskat roskikseen. Tarvittaessa heitetään pois rikki menneet tarvikkeet tai korjataan ne. Järjestellään tarvikkeet myös hyvään järjestykseen. Panimon nykyinen toiminta on niin vähäistä, että suurempaa järjestelyä ei tarvitse usein tehdä ja keittopäivän aikana järjestyksestä ja siivouksesta huolehtiminen kantaa pitkälle. Vuosittaisen inventaarion etuina on, että on jatkuvasti saatavilla lista, jossa on päivitettyinä panimon tarvikkeet ja niiden lukumäärät. Listasta pystytään helposti tarkistamaan, että mitä tarvikkeita on jo varastossa ja tällä pystytään välttämään se, että ei tilata turhaan ylimääräisiä tarvikkeita. Listaa voitaisiin säilyttää panimossa ja siinä voisi olla ilmoitettuna tavaroiden sijainnit, jolloin vähemmän panimossa toimivien henkilöiden on helpompaa löytää tavarat.

Tällä hetkellä mallassäkit varastoidaan trukin lavalle 0,5–1,0 metrin korkeuteen, mikä on työturvallisuusriski, koska maltaat voivat kaatuessaan aiheuttaa loukkaantumisen. Trukin käyttäminen mallasvarastona ei ole siksi asiallista, vaikka sitä perustellaan sillä, että jyräjät eivät pääse silloin maltaisiin käsiksi. Toistaiseksi panimon tiloissa ei ole jyräjöitä tavattu ja niiden ehkäisemiseksi tulisi kaikki mahdolliset kulkureitit tukkia. Mallassäkit voitaisiin esimerkiksi varastoida muovilaatikoihin, jotka saadaan tiiviisti suljettua kannella, jolloin jyräjät eivät pääsisi kosketuksiin maltaiden kanssa. Muovilaatikot voisi sitten sijoittaa lattiatasoon tai varastohyllyihin. Panimon nykyiset korkeat varastohyllyt eivät ole kiinnitettyinä seiniin ja yksi hyllyistä kaatuikin sivusuunnassa opinnäytetyön toteutuksen aikana. Hyllyjen kiinnittämättömyys on suuri työturvallisuusriski, koska painavan ja suuren hyllyn kaatuessa päälle voi loukkaantua vakavasti. Henkilövahinkojen lisäksi tavarat ja kalliit panimolaitteet voivat mennä rikki hyllyjen kaatuessa.

Valmiiden tuotteiden varastoinnissa hyödynnetään FIFO-periaatetta (first in first out), jolla pystytään varmistamaan se, että valmiit olutpullot lähtevät myyntiin siten, että kauiten varastossa olleet tuotteet lähetetään myyntiin ensin. Nykyisiin hyllyihin mahtuu vain vierekkäin lavoja, joten ei ole riskiä, että vanhempia tuotteita jäisi kauaksi aikaa seisomaan varastoon uudempien tuotteiden taakse. Jokaisessa lavassa on yhden reseptin mukaan valmistettua tuotetta. FIFO-periaatteen varmistamiseksi olisi kannattavaa merkitä lavan yhteen tai kaikkiin pahvilaatikoihin tuotteiden pullotuspäivä.

6.7 Työturvallisuus ja hygienia

Työturvallisuus on olennainen ja tärkeä asia panimotoiminnassa. Työturvallisuusasioita ei ole mietitty laajasti ja nykyisessä toiminnassa on paljon puutteita. Työturvallisuusasiat ovat tärkeää saada kuntoon ennen uusien työntekijöiden palkkaamista. Työturvallisuuden pitäisi muutenkin olla jo kunnossa, koska onhan panimolla yksi osa-aikainen panimotyöntekijä. Suurimmat riskit nykyisessä toiminnassa on seiniin kiinnittämättömät varastohyllyt. Hyllyt ovat korkeita ja niissä on paljon painavaa tavaraa. Hyllyistä yksi on kaatunutkin sivusuunnassa.

Seuraava merkittävä riski on pullotuskoneen käyttöturvallisuus. Pullotuskoneesta on poistettu yksi suojaileksi, vaikka valmistaja kieltää sen irrottamisen. Valmistajan mukaan konetta käytettäessä pitäisi käyttää suojalaseja ja kuulosuojaimia, joita ei ole nykyisessä toiminnassa kaikilla käytössä. Satunnaisesti lasipulloja särkyä pullotuksen aikana, joten riski vahingoittumiselle on olemassa. Painavien mallassäkkien nostaminen on myös riski ja säkkien nostaminen esimerkiksi keittämön oman vinssin avulla vähentää loukkaantumisia ja räsitusta. Maltaat tulisi myös varastoida turvallisemmin paikkaan, josta ne eivät voi kaatua kenenkään päälle.

Hygieniaan tulee panostaa tiloissa, joissa valmistetaan elintarvikkeita. Tällä hetkellä suurimmat hygieniariskit ovat käymistankit, joita ei pestä ja desinfioida välittömästi erän pullotuksen jälkeen. Pinnoille muodostuu biofilmiä ja se on

merkittävä mikrobiologinen riski. Lika myös irtoaa huonommin, kun se on ehtinyt pinttymään. Jälkiä jyrtsijöistä Kuninkaantien panimossa ei ole ja jyrtsijöitä ehkäistään loukuilla ja karkottimilla. Pitäisi varmistua siitä, että jyrtsijöitä ei todellakaan tilaan pääse ja myös maltaat tulisi varastoida esimerkiksi muovilaatikoihin, jonne jyrtsijät eivät pääse. Likaiset käymistankit voivat myös houkutella hajullaan jyrtsijöitä tilaan.

6.8 Haastattelut

Haastatteluissa on haastateltu Kuninkaantien panimossa oluenvalmistukseen osallistuvia henkilöitä.

Antero Tuominen

Tuominen työskentelee Kuninkaantien panimossa panimotyöntekijänä. Tuomisen mukaan automatisoitu keittäminen mahdollistaa, että keittopäivän aikana pystytään tekemään panimossa pieniä huolto- ja siivoustöitä. Vuosi sitten on hankittu uusi seitsemäs käymis- ja kypsymistankki, joka olisi Tuomisen mukaan tärkeää ottaa käyttöön. Käyttöönottoa on estänyt liian pienitehoinen jäähdytyskone, joka on jo kaksi vuotta ollut liian tehoton panimon toimintaan ja sillä ei pystytä saavuttamaan tarpeeksi matalia lämpötiloja käymistankeissa. Tuominen toivoo, että nykyinen tila järjestettäisiin tehokkaammaksi ja parempaan järjestykseen sekä jatkossa koneita ja laitteita huollettaisiin säännöllisesti.

Kuninkaantien panimon tulisi Tuomisen mukaan siirtyä yritys- ja ammattimaiseen käytäntöön, mikä tarkoittaisi panimon toiminnasta vastaavan henkilön eli panimomestarin palkkaamista, jonka tehtäviin kuuluisi töiden tekeminen ja työntekijöiden hankkiminen, delegointi, vastuu raaka-aineista, kirjanpito, kuukausi-ilmoitukset, toimitukset, uusien olutlaatuisten kehittämisen ja niin edelleen. Tuomisen mukaan tähän asti on panimoa pyöritetty talkoovoimin, mutta se ei enää riitä.

Antti Kauri

Kaurin mukaan Kuninkaantien panimossa on useita mahdollisia kehityskohteita, jotka helpottaisivat ja nopeuttaisivat oluentalmistusprosessia. Kuten huuhteluvesien lämmitystä pitäisi saada tehokkaammaksi. Kauri ehdottaa, että saisi suoraan 150 litraa 75-asteista vettä lämminvesivaraajasta mäskin huuhtelua varten, kun nykyinen systeemi on kattila siirrettävän liedon päällä, jolloin vettä tarvitsee keittää useamman kerran. Kauri kertoo, että prosessia voisi nopeuttaa, jos keittoastian täyttämiseen käytetty vesihana olisi isompi, jolloin saataisiin tarvittava vesimäärä nopeammin. Samaa hanaa käytetään myös jäähdytyksessä, jolloin jäähdytys nopeutuisi.

Ominaispainonäytteen jäähdytystä pitäisi myös Kauriin mukaan kehittää. Nykyinen astia ominaispainonäytteen jäähdytykseen on liian pieni ja matala (Kuva 14). Kauri haaveilee tiskipöytään kiinnitettävästä astiasta, johon pystyttäisiin suoraan valuttamaan kylmää vettä vesiputkesta.



Kuva 14. Ominaispainonäytteen jäähdytys.

Muita kehitysehdotuksia Kaurin mukaan olisi ominaispainomittareille teline seinässä nykyisen muovilaatikko säilytyksen tilalle, jodi tippapulloon, jolloin sen annostelu on helpompaa. Sekä viinipumppu, kun tarvitaan näyte käymässä olevasta oluesta. Viinipumppu poistaa hiilidioksidin, joka häiritsee ominaispainon mittaamista. Kaurin mukaan keittoa pystyttäisiin nopeuttamaan lisävastuksella, joka laitetaan mäskäyslaitteen laidalle roikkumaan.

Esa Kanerva

Keittopäivän tehokkuutta voitaisiin Kanervan mukaan parantaa sillä, että uutta erää tehdessä pulloetaan samalla valmista erää. Kanerva ehdottaa, että prosessinkulkuun lisätään mekaaninen suodatus vierteen siirtoon ja kirkastustankki olisi hyvä lisä, mutta ei välttämätön. Kanerva kertoo, että keittopäivään tuo välillä hankaluuksia teorianpuute henkilöstöllä. Esimerkiksi plato-arvo on ollut eri kahdessa erässä, vaikka olutta on valmistettu samalla tavalla, eikä ymmärretä, että mistä se johtuu.

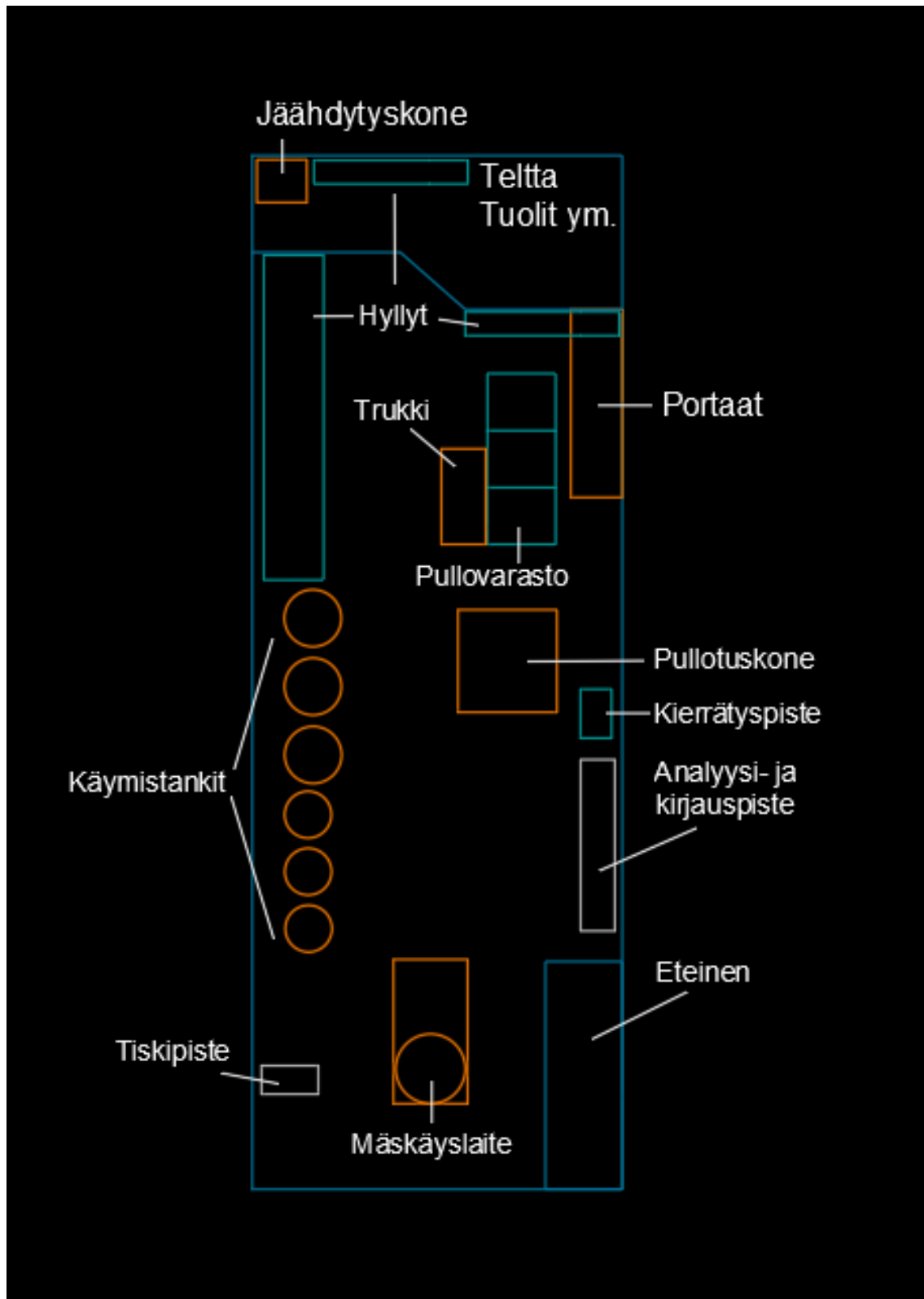
Muita kehityskohteita Kanervan mukaan on varastointi, jota pystyttäisiin kehittämään hyödyntämällä teippauksia varaston järjestelyssä ja tilan yläkerroksen järjestely ja käyttöön ottaminen. Kanerva toivoo kiinteitä rappusia, jotta kulku yläkerrokseen olisi turvallista ja helppoa. Panimon nykyinen jäähdytyskone on Kanervan mukaan kapasiteetiltään liian pieni ja se aiheuttaa sen, että oluen lämpötila on liian korkea pulloituksessa. Kanerva toivoo myös isompaa tiskipistettä.

7 Yhteenveto ja loppupäätelmät

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tukea Kuninkaantien panimon omia kasvuhaaveita ja mahdollistaa tuotannon kasvattaminen. Työn käytännön osuus on toteutettu haastatteluiden ja osallistuvan havainnoinnin avulla. Teoriassa hyödynnettiin prosessin optimoinnin sekä oluenvalmistuksen teoriaa ja uusia tutkimusartikkeleita. Opinnäytetyö toteutettiin kevään 2022 aikana Kuninkaantien panimon tiloissa. Jo ennen opinnäytetyön aloittamista Kuninkaantien panimolla oli tiedossa tilan, varaston ja laitteiston puutteellisuus, jonka vuoksi opinnäytetyölle oli tarvetta. Omien havaintojen lisäksi opinnäytetyön tarkoituksena oli koota yhteen panimon ja henkilöstön omat haaveet sekä optimoinnin tarpeessa olevat kohdat ja kehittää niille ratkaisuja.

Henkilöstön haastatteluissa ja omissa havainnoissa tuli vahvasti ilmi, että nykyinen tila ei ole optimaalinen panimotoiminnalle. Tila on ahdas ja tilan asettelu vuoksi käymistankkien vierellä valmistetaan keittämössä uutta erää, mikä tuottaa runsaasti lämpöä. Jäähdytyskoneen kapasiteetti ei riitä kuuden käymistankin viilentämiseen, jonka takia käymistankkien lämpötilaa on haastavaa pitää tarpeeksi matalana oluen käymistä ja kypsymistä varten. Sen takia seitsemättä tankkia ei ole hankinnan jälkeen otettu käyttöön, ja tankki on seissyt tilassa käyttämättä pitkään.

Olisi ensiluokkaisen tärkeää hankkia uusi jäähdytyskone, jolla on suurempi kapasiteetti ja kone tulisi sijoittaa yläkerrokseen, jolloin lämpimän poistoilman saisi suunnattua seinän läpi ulos. Uuden jäähdytyskoneen lisäksi tulisi yläkerros järjestää kuntoon ja asentaa tilaan kiinteät ritiläportaat, jotta kulku yläkerrokseen olisi vaivatonta ja turvallista. Tuotantoa on kannattavaa kasvattaa vähitellen ja nykyisistä 625 litraisista käymistankeista neljä tulisi korvata kolmella 1200 litraisella tankilla. Muutokset on esitelty kuvassa 15. Kuvassa 13 oli esitetty myös kaikkien käymistankkien korvaamista isommilla ja suuremman keittämön hankkiminen, jotka ovat toteuttamiskelpoisia myöhemmin.



Kuva 15. AutoCAD-piirros panimon seuraavasta vaiheesta.

Nykyinen tila on hyvin rajallinen ja tuotannon kasvattaminen merkittävästi ei onnistu. Uudelta tilalta vaaditaan laajaa viemäröintiä ja tehokasta ilmastointia voimakkaan höyryn- ja hiilidioksidinmuodostuksen vuoksi. Eduksi olisi laajat erilliset tilat käymiselle ja keittopäivälle, jolloin viileyttä vaativat käymistankit eivät kärsi keittämön tuottamasta lämmöstä.

Kasvuhaaveiden vuoksi työturvallisuuteen ja hygieniaan tulee jatkossa panostaa enemmän. Esimerkiksi käymistankit tulisi puhdistaa ja desinfioida välittömästi pullotuksen jälkeen. Työturvallisuusasiat tulee olla kunnossa, jotta voidaan palkata kokoaikaisia panimotyöntekijöitä ja jotta pystytään ehkäisemään onnettomuudet ja vähentämään työntekijöiden rasitusta. Työturvallisuudessa tulee panostaa varastohyllyjen ja pullotuskoneen turvallisuuteen. Henkilöstöä tulisi jatkossa myös perehdyttää oluenvalmistuksen teoriaan enemmän. Panimolla olisi tarvetta panimomestarin tai muun vastuuhenkilön palkkaamiselle, joka alkaisi organisoimaan toimintaa.

Keittopäivän aikana on paljon odottelua, jolloin on hyvä esimerkiksi tehdä samalla huoltotoimenpiteitä, siivota ja huolehtia varaston järjestyksestä. Samalla ehtii myös pullottamaan valmiin erän. Tehokkainta olisi, että heti valmiin erän pullotuksen jälkeen käymistankki puhdistetaan ja siirretään uusi erä käymään. Keittopäivään kuluu aikaa jopa 10 tuntia ja sitä pystyttäisiin nopeuttamaan keittämöön asennettavalla lisävastuksella, jolloin keittolämpötila saavutetaan nopeammin. Lisäksi suuremman vesihanan avulla keittämö pystyttäisiin täyttämään nopeammin ja myös vierre jäähdyttämään. Lämminvesivaraajan hankkiminen helpottaisi ja nopeuttaisi ravan huuhtelua, kun ei tarvitsisi enää useammalla kattilalla lämmittää huuhteluvettä ja mittailla lämpötiloja.

Varaston ylläpidosta tulee jatkossa huolehtia säännöllisesti ja varastoinnin järjestelyssä olisi kannattavaa ottaa käyttöön teippaukset. Haastatteluissa sekä omissa havainnoissa tuli ilmi, että varasto tarvitsee parempaa järjestelyä. Teippauksien avulla tavarat pysyvät oikeassa järjestyksessä ja ne ovat helppoja löytää. Nykyinen varasto tulisi siivota sekä kierrättää ylimääräiset tavarat lisätilan saamiseksi.

Lean-järjestelmän kehittäminen varastointiin ja panimon ylläpitoon olisi kannattava jatkotutkimusaihe paremman järjestyksen ja säännöllisten huolto- ja siivoustoimenpiteiden aikaansaamiseksi. Muita tärkeitä tutkimusaiheita on ympäristön kuormituksen vähentäminen, jossa voitaisiin laskea muun muassa vesi- ja hiilijalanjälki tuotteille, jotka ovat nykyään tärkeitä kuluttajille. Uuden ja panimotoiminnalle optimaalisen tilan löydyttyä olisi kannattavaa tutkia ja suunnitella tarkkaan, miten uusi tila saadaan parhaiten optimoitua Kuninkaantien panimon käyttöön ja onko se tarpeeksi suuri panimon laajennushaaveet huomioon ottaen. Tutkia myös voitaisiin markkinoinnin optimointia ja miten panimon nykyiset paperiset lomakkeet ja käyttöpäiväkirjat saataisiin digitalisoitua, jotta ne olisivat aina kaikkien saatavilla.

8 Lähteet

Alves, V., Goncalves, J., Figureira, J., Ornelas, L., Branco, R., Câmara, J. & Pereira, J., 2020. *Beer volatile fingerprinting at different brewing steps*. Food Chemistry. Viitattu 14.4.2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126856>

Beer Crafter, 2018. *Yeast Washing: How to reuse brewing yeast to save money*. Viitattu 13.4.2022. <https://www.beercrafter.com/yeast-washing/>

Beer&Brewing, 2016. *The Oxford Companion to Beer definition of brewing water*. Viitattu 11.3.2022. <https://beerandbrewing.com/brewing-water/>

Beer&Brewing, 2021. *The Oxford Companion to Beer definition of mashing*. Viitattu 28.2.2022. <https://beerandbrewing.com/dictionary/BkD3llopul/>

Beer&Brewing, 2022A. *The Oxford Companion to Beer definition of diacetyl*. Viitattu 21.3.2022. <https://beerandbrewing.com/dictionary/48TDqQibPi/>

Beer&Brewing, 2022B. *The Oxford Companion to Beer definition of fermentation*. Viitattu 21.3.2022. <https://beerandbrewing.com/dictionary/wMD73jk23l/>

Beer&Brewing, 2022C. *The Oxford Companion to Beer definition of flocculation*. Viitattu 21.3.2022. <https://beerandbrewing.com/dictionary/9yHbaDo6RA/>

Beer&Brewing, 2022D. *The Oxford Companion to Beer definition of kettle*. Viitattu 17.3.2022. <https://beerandbrewing.com/dictionary/lzUG34m50G/>

Beer&Brewing, 2022E. *The Oxford Companion to Beer definition of whirlpool*. Viitattu 17.3.2022. <https://beerandbrewing.com/dictionary/pzxctUT0n1/>

Beer&Brewing, 2022F. *The Oxford Companion to Beer definition of wort*. Viitattu 15.3.2022. <https://beerandbrewing.com/dictionary/nffzoYQNF/>

BeerSmith, 2008. *Brewing Water – Hard or Soft?* Viitattu 14.3.2022. <http://beersmith.com/blog/2008/08/24/brewing-water-hard-or-soft/>

Bertuzzi, T., Mulazzi, A., Rastelli, S., Donadini, G., Rossi, F. & Spigno, G., 2020. *Targeted healthy compounds in small and large-scale brewed beers*. Food Chemistry. Viitattu 23.4.2022.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125935>

Bettenhausen, H., Barr, L. Broeckling, C., Chaparro, J., Holbrook, C., Sedin, D. & Heuberger, A., 2018. *Influence of malt source on beer chemistry, flavor, and flavor stability*. Food Research International, sivut 487–504. Viitattu 14.4.2022.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.024>

Bier, 2022. *Die Abfüllung & Nachgärung*. Viitattu 21.3.2022.

<https://www.bier.de/brew-it-yourself/rund-ums-hausbrauen/>

Bokulich, N. & Bamforth, C., 2013. *The Microbiology of Malting and Brewing*.

Viitattu 4.14.2022. <https://journals.asm.org/doi/10.1128/MMBR.00060-12>

Bramforth, C.W., 2009. *Current perspectives on the role of enzymes in brewing*. Journal of Cereal Science, sivut 353–357. Viitattu 15.4.2022.

<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2009.03.001>

Carvalho, D. & Guido, L., 2022. *A review on the fate of phenolic compounds during malting and brewing: Technological strategies and beer styles*. Food Chemistry. Viitattu 21.3.2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131093>

Castro, R., Diaz, A., Durán-Guarrero, E. & Lasanta, C., 2022. *Influence of different fermentation conditions on the analytical and sensory properties of craft beers: Hopping, fermentation temperature and yeast strain*. Viitattu 14.4.2022.

<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104278>

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

Hartwall, 2022. *Oluen raaka-aineet – vain vähän osia, mutta loputtomasti makuja!* Viitattu 11. 3 2022. <https://www.hartwall.fi/inspiroidu/olut/2021/oluen-raaka-aineet-vain-vahan-osia-mutta-loputtomasti-makua/>

Jussi Nygren, 2022. *Olut oli sivistyksen alku – varhaisimmat kirjoitetut tekstit olivat kuitteja olutannoksista*. YLE Tiede. Viitattu 18.4.2022.

<https://yle.fi/aihe/a/20-10002499>

Jyväskylän yliopisto, 2022. *Teollinen optimointi*. Viitattu 31.3.2022.

<http://users.jyu.fi/~miettine/teoloptposter.pdf>

Korpela, E., 2018. *Pelkkä maku ei riitä, vaan oluista janotaan nyt tarinoita – Suomalaisilla pienpanimoilla on mahdollisuus nousta ilmiöiksi maailmalla*. Yle Uutiset. Viitattu 24. 4 2022. <https://yle.fi/uutiset/3-10380250>

Kuninkaantien panimo, 2022. Viitattu 8.3.2022. <https://kuninkaantienpanimo.fi/>

Kunnallislehti, 2017. *Uusi tähti on syntynyt*. Sivun 8.

Kunnallislehti, 2019. *Kuninkaantien panimo pullotti ainutlaatuisen tuorehumalaoluen*. Sivun 10.

Melewar, T.C. & Skinner, H., 2020. *Territorial brand management: Beer, authenticity, and sense of place*. Journal of Business Research. Viitattu 12.4.2022. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.03.038>

Micet Craft, 2021. *What are fermentation tanks?* Viitattu 21.3.2022.

<https://www.micetcraft.com/what-are-fermentation-tanks/>

Morgan, D., Styles, D. & Lane, E., 2022. *Packaging choice and coordinated distribution logistics to reduce the environmental footprint of small-scale beer value chains*. Journal of Environmental Management. Viitattu 18.4.2022.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114591>

Olutposti, 2020. *Miten vesi maistuu oluessa? (osa 1)*. Viitattu 25.2.2022.

osoitteesta <https://olutposti.fi/miten-vesi-maistuu-oluessa-osa-1/>

Olutposti, 2021A. *Hiiva – Oluen salaperäisin raaka-aine (osa 1)*.

Viitattu 25.2 2022. <https://olutposti.fi/hiiva-oluen-salaperaisin-raaka-aine/>

Olutposti, 2021B. *Hiiva – Oluen salaperäisin raaka-aine (osa 2)*.

Viitattu 25. 2 2022. <https://olutposti.fi/hiiva-oluen-salaperaisin-raaka-aine-osa-2/>

Paternoster, A., Camp, J., Vanlanduit, S., Weeren, A., Springael, J & Braet, J., 2017. *The performance of beer packaging: Vibration damping and thermal insulation*. Food Packaging and Shelf Life, sivut 91-97. Viitattu 18.4.2022
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2017.01.004>

PS Filter, 2019. *THE PROCESS OF BEER FILTRATION*. Viitattu 22.3.2022.
<https://www.psfilter.com/filtration-equipment-blog/the-process-of-beer-filtration/>

Rodman, A. & Gerogiorgis, D., 2020. *Parameter estimation and sensitivity analysis for dynamic modelling and simulation of beer fermentation*. Computers & Chemical Engineering. Viitattu 14.4.2022. osoitteesta
<https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106665>

Sinebrychoff, 2015. *Mitä humala tekee oluelle?* Viitattu 10.3.2022.
<https://sinebrychoff-asiakas.fi/mita-humala-tekee-oluelle/>

Sinebrychoff, 2022A. *Ohran mallastus*. Viitattu 10.3.2022.
<https://www.sinebrychoff.fi/olut/ohran-mallastus/>

Sinebrychoff, 2022B. *Oluen valmistus Sinebrychoffilla*. Viitattu 25.2.2022.
<https://www.sinebrychoff.fi/olut/oluen-valmistus-sinebrychoffilla/>

Sisä-Savon seutuyhtymä, 2010. *Tuotannon optimointi - opas pienille elintarvikeyrityksille*. Viitattu 31.3.2022. <https://docplayer.fi/346938-Tuotannon-optimointi%02opas-pienille-elintarvikeyrityksille-sisa-savon-seutuyhtyma.html>

SK Škrlj, 2022. *Gär- und Lagertanks für Bier*. Viitattu 21.3.2022.
<https://sk-skrlj.com/de/gar-und-lagertanks-fur-bier>

Speidel, 2022A. *#Braumeister 1000-litre*. Viitattu 4.4.2022.
<https://shop.speidels-braumeister.de/en/1000-litre-braumeister/braumeister-1000-litre>

Speidel, 2022B. *Stainless steel pressure tank 1.2B 1200-litre ZKG*. Viitattu 4.4.2022. <https://shop.speidels-braumeister.de/en/fermentation-tanks/stainless-steel-pressure-tank-1-2b-1200-litre-zkg>

The Crafty Pint, 2022A. *Beer Basics: Hops*. Viitattu 10.3.2022.
<https://craftypint.com/news/1889/beer-basics-hops>

The Crafty Pint, 2022B. *Beer Basics: Malt, malt, malt*. Viitattu 10. 3 2022.
<https://craftypint.com/news/1821/beer-basics-malt-malt-malt>

Vilja-alan Yhteistyöryhmä, 2022. *Mallasohran laatukriteerit*. Viitattu 11.3.2022.
osoitteesta <https://www.vyr.fi/mallasohran-viljelyopas/laatukriteerit/>

Villacreces, S., Blanco, C. & Caballero, I., 2022. *Developments and characteristics of craft beer production processes*. *Food Bioscience*. Viitattu 5.4.2022. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101495>

WTG-Quantor brands, 2022. *Chilly Max*. Haettu 4.4.2022.
http://www.quantor.technology/fileadmin/user_upload/pdf/AA.05_Chilly_MAX_V1609-GB.pdf

Pullotuskoneen desinfiointi

Vain Rataspanimo Oy:n sisäiseen käyttöön.

Työohjeet keittopäivää varten:

Vain Rataspanimo Oy:n sisäiseen käyttöön.