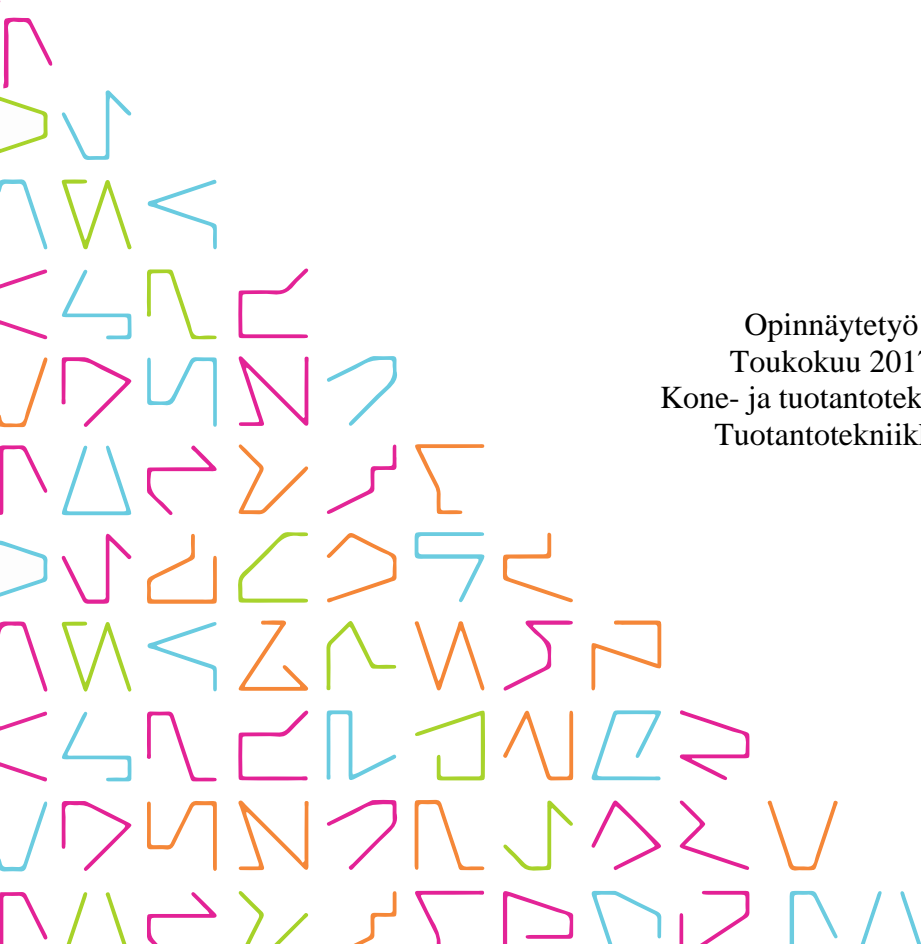


OLUEN VALMISTUSPROSESSIN KEHITTÄMINEN PIENPANIMOSSA

Ruosniemen Panimo Oy

Ville Kiviniemi

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Kone- ja tuotantotekniikka
Tuotantotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Konetekniikka
Tuotantotekniikka

KIVINIEMI, VILLE:

Oluen valmistusprosessin kehittäminen pienpanimossa:
Ruosniemen Panimo Oy

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 1 sivu
Toukokuu 2017

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Ruosniemen Panimo Oy:lle, joka on Porin Ruosniemessä toimiva pienpanimo. Panimo on saanut toimintalupansa vuonna 2011. Sen laitteiston eräkoko on noin 20 hehtolitraa ja vuosituotanto noin 2000 hehtolitraa. Tavoitteena oli löytää erilaisia laiteratkaisuja, joilla panimo pystyisi kasvattamaan tuotantomääriään, mutta kustannukset pysyisivät mahdollisimman pieninä. Työssä esitellään laajasti oluen raaka-aineet ja valmistusprosessin vaiheet. Oluen valmistusprosessi jakautuu mäs-käykseen, keittoon, käymiseen ja astiointiin, jotka on pyritty selostamaan mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Oluen tärkeimmät raaka-aineet ovat vesi, mallas, humala ja hiiva, joita on huomattavan laaja kirjo.

Panimon prosessiin perehdyttiin tarkasti, jotta se pystyttiin jakamaan osiin ja laskemaan vaiheiden sekä koko prosessin läpimenoajat. Prosessin läpimenoaika on mahdotonta lyhentää merkittävästi, koska kaikki vaiheet on suoritettava eikä niitä voi karsia tai nopeuttaa. Tärkeämpää on pohtia, kuinka paljon pystytään suorittamaan päällekkäisiä toimintoja. Useista vaihtoehdoista karsittiin kuusi erilaista, joiden hinnat vaihtelivat muutamista tuhansista jopa satoihin tuhansiin euroihin. Laitteista ei tehty virallisia tarjouspyyntöjä rajallisen ajan takia.

Osa valinnoista osoittautui lopulta enemmän tukeviksi laiteratkaisuiksi, koska ne eivät mahdollistaneet tarpeeksi päällekkäisiä toimintoja, mutta helpottaisivat toimintaa selkeästi. Lopulta paras ratkaisu olisi siis kahden tai useamman laiteratkaisun yhdistelmä. Työssä vertaillaan, kuinka kauan kestää suorittaa yksi, kaksi ja kolme keittoa. Nykyisellä laitteistolla kolme keittoa veisi noin 24 tuntia, mutta parhaimmillaan ne saataisiin uusilla laiteratkaisuilla suoritettua jopa 13 tunnissa. Toisella identtisellä laitteistolla voitaisiin valmistaa kaksi erää yhtäaikaaisesti, jolloin 24 tunnissa pystyttäisiin valmistamaan jopa kuusi erää olutta. Työssä myös pohditaan kapasiteetin kasvatuksen tuomia haasteita laitteiston ja henkilöstön osalta. Pelkkä valmistuslaitteiston hankinta ei riitä vaan tarvitaan lisää esimerkiksi käymiskapasiteettia. Tällä hetkellä panimolla on vain yksi tuotannon työntekijä eli työvoimaa tarvitaan lisää valmistuksessa ja sen ulkopuolella. Panimo voi hyödyntää tehtyä vertailua pohtiessaan tulevia investointejaan.

Asiasanat: olut, pienpanimo, tuotannonsuunnittelu, valmistusprosessin kehittäminen

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Mechanical engineering
Production engineering

KIVINIEMI, VILLE:

Enhancement of a Brewing Process in a Microbrewery:
Ruosniemen Panimo Oy

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 1 page
May 2017

This thesis was commissioned by Ruosniemen Panimo Oy, a microbrewery in Ruosniemi neighbourhood of Pori. Brewery got its manufacturing license in 2011. The current batch size is around 20 hl and the annual production is around 2000 hl. Purpose of the thesis was to find different applications and equipment to increase the production volume but with minimal costs. Thesis gives a detailed introduction to beers ingredients and the stages of the brewing process. Brewing process can be divided into mashing, boiling, fermentation and filling which have been covered precisely. Most important ingredients of beer are water, malt, hops and yeast and there is a wide range of different kinds of them.

Meticulous familiarization to the brewery's process enabled the separation of the stages in the process. This made it possible to calculate the duration of each stage of the brewing process and the full duration. It is impossible to truncate the full process because every stage of the process is crucial and there is not much room to reduce in them. More important factor is the overlapping of the stages. Six alternatives were chosen through elimination from great number of choices. There wasn't enough time to get official price quotations from manufacturers.

Some of the chosen equipment could only be supportive applications because they did not allow enough overlapping stages. Those were still proven to be essential to ease the brewing process. Eventually the most realistic choice is a combination of two or more alternatives. The thesis compares the differences between one, two and three sequential brews. Three sequential brews would take currently 24 hours but with the most optimal choice it would take only about 13 hours. With another identical equipment is possible to do two processes simultaneously and up to six brews in 24 hours. Thesis also focuses on the complications that the increase of production volume generates. The mere acquisition of the production equipment is inadequate because you also need more fermentation-capacity. Currently the brewery has only one employee in production. More staff is needed during the brewing process but also off it. The brewery can make use of the thesis when it discusses future investments.

Key words: beer, microbrewery, production engineering, brewing process development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	RUOSNIEMEN PANIMO OY	7
	2.1 Yleistietoa	7
	2.2 Tuotteet	7
3	OLUEN VALMISTUSPROSESSI	8
	3.1 Oluttyylit ja raaka-aineet	8
	3.1.1 Vesi	9
	3.1.2 Maltaat.....	10
	3.1.3 Humalat.....	11
	3.1.4 Hiiva.....	12
	3.2 Mäskäys	13
	3.3 Oluen keittäminen.....	15
	3.4 Käyminen.....	16
	3.5 Astiointi	18
4	PROSESSIN KARTOITUS	20
	4.1 Laitteisto	20
	4.2 Prosessin nykytilanne	23
5	VERTAILU	25
	5.1 Vertailun lähtökohdat	25
	5.2 Vaihtoehdot.....	26
	5.2.1 Kuumavesivaraaja (HLT).....	27
	5.2.2 Whirlpool-tankki.....	28
	5.2.3 Mäskisiivilä.....	29
	5.2.4 Keittokattila.....	30
	5.2.5 Kokonainen laitteisto	31
	5.2.6 Yhdistelmät	32
	5.3 Tulokset	33
6	YHTEENVETO	35
	6.1 Tuotantokapasiteetin kasvatuksen tuomat haasteet	36
	6.1.1 Laitteisto.....	36
	6.1.2 Henkilöstö	37
	LÄHTEET.....	38
	LIITTEET	39
	Liite 1. PI-kaavio, Ruosniemen Panimo Oy.....	39

LYHENTEET JA TERMIT

Attenuaatio	Käymisliuoksen ominaispainon väheneminen, kun sokerista syntyy hiilidioksidia ja alkoholia.
EBC	European Brewery Convention eli oluen värin kertova arvo.
Flokkulaatio	Hiivan keräytyminen rykelmäksi käymisastian pohjalle. Hyvin flokkuloituvalla hiivalla saadaan kirkkaampaa olutta.
HLT	Hot Liquor Tank eli kuumavesivaraaja.
IBU	International Bitterness Unit eli oluen katkeruuden kertova arvo.
Kegi	Tynnyri, josta olut tarjoillaan ravintoloissa hanalaitteistolla. Tynnyrit voivat olla joko kerta- tai uudelleenkäyttöisiä.
Vorlauf	Vierteen kirkastaminen kierrättämällä mallaspedin läpi.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on pohtia vaihtoehtoisia laiteratkaisuja, joilla voitaisiin kasvattaa pienpanimon tuotantokapasiteettia. Tavoitteena on löytää ratkaisuja, jotka olisivat taloudellisesti kustannustehokkaimpia eivätkä vaikuttaisi huomattavasti nykyisen prosessin rakenteeseen. Ruosniemen Panimo on Porissa sijaitseva pienpanimo, jonka on perustanut Juho-Matti Karpale. Panimo valmistaa 20 hehtolitrin laitteistolla erilaisia pinta- ja pohjahiivaoluita. Oluita myydään ravintoloissa ja vähittäistavarakaupoissa¹. Ruosniemen Panimo toimii 1800-luvun navetassa, joka on nykyisellä laitteistolla käytetty todella tehokkaasti. Jokainen neliö pienestä tilasta on käytössä. Panimon tämänhetkinen laitteisto on slovenialaisen Plevnikin valmistama.

Opinnäytetyössä esitellään oluen valmistusprosessi ja raaka-aineet. Oluen valmistusprosessi voidaan jakaa karkeasti neljään osaan: mäsäykseen, keittämiseen, käymiseen ja astiointiin. Mäsäyksessä yhdistetään vesi ja mallas. Siitä saadaan mäski, jonka huuhtelun tuloksena syntyy vierre. Vierrettä keittämällä saadaan olutta, jonka käyminen vaihtelee oluttyylistä riippuen. Kun olut on käynyt, se voidaan astioida joko pulloon, tölkkiin tai oluttynnyriin, tuttavallisemmin kegiin. Ennen oluen valmistusta pitää kuitenkin pohtia sen reseptiä. Oluttyyli vaikuttaa oluen mallaspohjaan, mäsäykseen, humalointiin ja käymiseen.

Panimon nykyinen prosessi kartoitettiin tarkasti, mikä mahdollisti lähemmän tarkastelun ja vaihtoehtojen karsimisen. Vertailuun valittiin kuusi vaihtoehtoa, jotka koostuvat erilaisista laitteista tai laitekokonaisuuksista. Vaihtoehtoja vertaillaan niiden taloudellisten kustannuksien osalta ja paljonko ne kasvattavat päivittäisiä tuotantomääriä. Tämä tapahtuu laskemalla eri laitevalintojen mahdollistamat läpimenoajat ja kuinka paljon päällekkäisiä toimintoja pystytään suorittamaan. Työssä keskitytään valmistusprosessin kehittämiseen, mutta tuotannon kasvaessa tulee myös pohtia sen tuomia haasteita.

¹ Vähittäistavaramyyntiin kelpaavat vain oluet, jotka ovat alkoholilavuudeltaan alle 4,7 % vahvuisia. Ravintolat sekä Alko Oy:n liikkeet saavat myydä oluita ilman vahvuuden rajoituksia.

2 RUOSNIEMEN PANIMO OY

2.1 Yleistietoa

Ruosniemen Panimo on Porin Ruosniemessä sijaitseva pienpanimo. Panimo lasketaan pienpanimoksi, jos sen vuosituotanto on alle 15 miljoonaa litraa. Valmistetusta oluesta maksettavaa valmisteveroa alennetaan panimon vuosituotannon mukaan (finlex.fi). Juhomatti Karpale perusti pienpanimon neljän tuttavansa kanssa vuonna 2010, vasta muuttaman kotioluterän jälkeen. Ruosniemen Panimo (Kuva 1) sai valmistuslupansa 2011. Panimon tilat ovat olleet alusta asti toimitusjohtajan suvun 1990-luvulla hankkimassa 1800-luvun navetassa Porin Ruosniemellä. Panimo aloitti toimintansa itse valmistetulla meijerilaitteista muokatulla 500 litran laitteistolla (Korppinen & Nikulainen 2014, 213). Panimo on laajentanut toimintaansa useaan otteeseen viiden vuoden aikana. Yritys hankki suuremman 20 hehtolitrin laitteiston vuonna 2015. Silloin vuosituotanto oli noin 1000 hehtolitraa, joka tuplattiin seuraavana vuonna.



Kuva 1. Ruosniemen Panimo Oy -logo

2.2 Tuotteet

Yrityksen päätuote on olut. Panimo valmistaa erilaisia pinta- ja pohjahiivaoluita, jotka edustavat laajasti erilaisia oluttyylejä ja -vahvuuksia. Panimon oluet nimetään eri ammattinimikkeiden mukaan. Panimon koko ajan kasvavaan valikoimaan kuuluu tällä hetkellä muun muassa kevyt ja vaalea belgityylinen Sihteeri, vahvan humalainen DIPA (Double India Pale Ale) Diplomi-insinööri sekä erittäin vahva ja tumma imperial stout Vuorineuvos (Jylhä 2016, 92). Panimolta voi myös tilata oman oluen henkilökohtaisella etiketillä.

3 OLUEN VALMISTUSPROSESSI

3.1 Oluttyylit ja raaka-aineet

Oluttyylit vaihtelevat kevyistä ja vaaleista pilsnereistä tummiin ja vahvoihin imperial stoutteihin. Moni oluttyyli on nimetty tietyn maantieteellisen alueen mukaan, missä sitä on alun perin valmistettu, kuten Plzeňin pilsner, Berliinin berliner weisse, Goslarin gose ja Einbeckin bockit. Harvalla oluella on kuitenkin virallista appellaatiota², kuten monella muulla alkoholijuomalla. Kölschiä ei saa virallisesti valmistaa Kölnin ulkopuolella, trappisti-oluita eivät saa valmistaa kuin hyväksytyt trappistimunkkien panimot. Lambic-oluita saa valmistaa ainoastaan Pajottenlandissa ja Brysselissä. Suomalaisille tuttu mui-naisolut sahti on myös EU:n nimisuojan alainen. Sitä saa kuitenkin valmistaa Suomen ulkopuolella, kunhan se täyttää nimisuojan vaatimukset.

Olutta on valmistettu yhtä kauan kuin leipää ihmisen huomattessa, että bakteerit ilmassa muuttivat viljan makua ja rakennetta. Olut on perusraaka-aineiltaan yksinkertainen tuote. Yksinkertaisimmillaan se sisältää vettä, mallasta, humalaa ja hiivaa. Pintahiivaoluet ovat selkeästi vanhempia kuin pohjahiivaoluet (Pohjahiiva on löydetty vasta 1870-luvulla). Pintahiivalla käyneitä oluita on vaikea jaotella yksinkertaisesti ryhmiin. Brittiläiset, irlan-tilaiset, saksalaiset ja amerikkalaiset ale-oluet ovat hyvin samanlaisia. Ainoat eroavaisuu-det ovat hiivakannat, mahdolliset omat erikoismaltaat ja kaikissa käytettävät paikalliset humalat.

Belgialaiset pintahiivaoluet painottavat hiivan tärkeyttä, niissä on usein todella yksinker-tainen mallaspohja ja humalointi, jotta hiiva pääsee parhaiten esille. Tummia ale-oluita valmistetaan samaan tapaan jokaisessa maassa omalla tavallaan, yleisimpinä tyyleinä stout ja porter. Yhtenä erillisenä pintahiivaoluttyylinä ovat vielä vehnäoluet, niitäkin val-mistetaan kevyistä ja maustetuista witbiereistä vahvoihin weizenbockeihin. Pohjahiiva-oluet ovat selkeästi suppeampi ryhmä, mutta niitä juodaan vaalean lagerin muodossa eni-ten maailmassa. Muita tyylin edustajia ovat erilaiset puolitummat ja tummat lagerit, kuten

² Appellaatio on maantieteellisesti sidottu alue, missä tiettyä tuotetta voi ainoastaan valmistaa. Tämä on selkeästi yleisempää viinien maailmassa, tunnetuimpana esimerkkinä ranskan Champagne.

oktoberfestbier ja schwarzbier. Pohjahiivaoluisiin kuuluvat myös monet savuoluet ja hybridihiivalla käyvä califorgia common. Eniten vaihtelua on bockeissa kevyistä heller bockista ja maibockista vahvempaan doppelbockiin. Bockia jäädyttämällä tehdään todella vahvaa (9–16 %) eisbockia (Korppinen & Nikulainen 2014, 23–33).

3.1.1 Vesi

Aloitetaan tarkastelemalla vettä raaka-aineena. Vesi on todella tärkeä osa oluen valmistusprosessia. Sitä tarvitaan 5–10 kertainen määrä valmiiseen tuotteeseen nähden, koska sitä käytetään sekä yhtenä pääraaka-aineena että puhdistukseen, desinfiointiin, valmiin vierteen jäädytykseen ja käymislämpötilojen kontrollointiin. Suomalainen vesijohtovesi on puhdasta, todella laadukasta ja sopii erinomaisesti oluen ja viskin valmistukseen. Veden ominaisuuksia tarvitsee muokata oluelle sopivaksi hyvin vähän tai ei ollenkaan, kun taas muissa maissa vettä saatetaan joutua suodattamaan tai lisäämään ravinteita. Tämän takia monet panimot ja tislaamot on usein perustettu veden lähelle, jokien varteen tai luonnonlähteiden läheisyyteen.

Veden ominaisuuksien seuraaminen alkaa happamuudesta, eli pH:sta, koska mäsäyksen tehokkuuteen vaikuttaa selkeästi mäsän pH. Ideaali pH mäsälle on noin 5,2. Vaalea mallas nostaa mäsän pH:ta enemmän kuin tumma. Veden säätö voi olla tarpeen, jos mallaspohja on todella vaalea. Kalsium on yleisin tapa laskea mäsän pH:ta. Se myös auttaa entsyymien toimintaa, parantaa oluen kirkkautta ja toimii ravinteena hiivalle. Kalsiumia voidaan käyttää kalsiumsulfaattina (kipsi, *gypsum*) ja kalsiumkloridina. Magnesiumia voidaan käyttää samoihin tarkoituksiin kuin kalsiumia, mutta se ei toimi niin tehokkaasti ja aiheuttaa suurissa määrissä epämiellyttäviä happamia ja kitkeriä makuja. Magnesium lisätään olueen yleensä magnesiumsulfaattina (karvassuola, *epsom salt*). Kun olueen lisätään ravinteita, tulee huomioida kloridien ja sulfaattien suhde. Sulfaatit tuovat esiin enemmän oluen humalaa, niiden aromia ja katkeroa. Kloridit puolestaan nostavat esiin oluen maltaisia makuja ja pehmentävät suutuntumaa. Reseptiä suunniteltaessa tulisi miettiä kumpaa haluaa oluessa tuoda esiin. Sulfaattien ominaisuudet tulevat esiin noin 50 ppm määrissä, enimmäissään sitä tulisi olla 500 ppm. Kloridienkin ominaisuudet tulevat esiin

50 ppm määrissä, mutta enimmillään niitä tulisi olla 200 ppm. Määrien kasvaessa ne saattavat tuottaa epämiellyttäviä makuja olueen. Esimerkiksi 0,28 g/l kalsiumsulfaattia nostaa ppm:aa noin 60:llä (Palmer & Kaminski 2013, 147–150).

3.1.2 Maltaat

Maltaat ovat suurimmalta osin mallastettua viljaa, pääosin ohraa, koska siitä saadaan uutettua paljon tärkkelystä hiivan ravinnoksi. Vehnä on myös hyvin yleinen mallas suuren tärkkelyksen määrän takia, ruis ja kaura muodostavat harvemmin valtaosan mallaspohjasta. Maltaina voidaan käyttää myös esimerkiksi heinäkasveja (riisi) tai viljelykasveja (maissi), mutta niiden avulla valmistetaan vain kevyitä ja vaaleita oluita. Suomen sää on erinomainen ohran ja muun viljan kasvattamiseen.

Suomesta löytyy myös maailmanlaajuisesti arvostettu Viking Maltin mallastamo. Mallastuksessa raaka vilja muutetaan maltaaksi. Ensimmäisenä vilja idätetään kostuttamalla, näin saadaan kasvi tuottamaan tärkkelystä kasvamista varten. Ennen kuin siemen alkaa kunnolla kasvaa, katkaistaan idätys kuivattamalla vilja. Kuivauksen kestolla ja lämpötilalla vaikutetaan maltaan väriin ja makuun. Nopeasti ja pienemmällä lämpötilalla suoritettussa kuivauksessa saadaan vaaleampia ja kevyemmän makuisia maltaita. Mitä pidempään ja kovemmallalla lämpötilalla kuivaus suoritetaan, sitä tummempia ja runsaamman makuisia maltaita saadaan (Bjergsø & Pang 101, 2015). Maltaat pitää vielä rouhia ennen käyttöä, jotta niistä saadaan irti tärkkelystä veteen sekoitettaessa. Paljon käytetyt maltaat voi halutessaan tilata valmiiksi rouhittuna, mutta vähemmän käytettyjä ei, koska maltaat alkavat menettää makuaan ja tehokuuttaan kolmen kuukauden jälkeen rouhinnasta.

Yksittäisen oluen mallaspohjaan tulee yleensä useampaa kuin yhtä erilaista mallasta. Monipuolisella mallaspohjalla saadaan oluelle rakennetta ja suutuntumaa sekä enemmän makua. Maltaiden paahtoaste vaikuttaa oluen väriin ja makuun. Vaaleammista maltaista saadaan leipäisiä, vaalean hedelmäisiä ja kevyen viljaisia makuja. Tummemmista maltaista saadaan paahteisia, kahvisia, rusinaisia ja suklaisia makuja. Maltaita on tuhansia aivan vaaleasta paahdetun mustaan. Sen lisäksi on erikoismaltaita, kuten paahdettuja, savustettuja tai karamellisoituja. Oluen väri ilmoitetaan yleensä EBC-asteikolla (European Bre-

wery Convention), vaihtoehtoisesti SRM-asteikolla (Standard Reference Method) tai Lovibondin asteina. Lovibondin asteet ja SRM ovat noin puolet EBC-asteikosta (beersmith.com, 2008). Vaaleat oluet, kuten pilsner, pale ale ja saison ovat väriltään alle 20 EBC (0–10 SRM). Tummat oluet, kuten stout, porter ja schwarzbier ovat väriltään yli 80 EBC.

3.1.3 Humalat

Humala (*Humulus lupulus*) on köynnöksinä kasvava hyötykasvi, jonka emikukintoja käytetään oluen valmistuksessa. Humalat antavat oluelle katkeruuden, makuja ja aromeja. Oluen katkeruus riippuu humalakukinnon alfa-hapon määrästä. Alfa-happoja ovat humulooni, cohumulooni ja adhumulooni. Panimot tarkkailevat erityisesti cohumuloonin määrää humalassa, koska se antaa terävimmän katkeron. Keskieurooppalaiset niin sanotut ”jalohumalat”, kuten Saaz ja Hallertau, sisältävät yleensä vähemmän (alle 30 %) cohumuloonia. Kun humala lisätään keiton aikana, siitä saadaan olueen katkeroa. Tämä johtuu siitä, että alfa-hapot isomerisoituvat vasta 85 asteessa. Mitä pidempään humalat ovat kiehumassa, sitä enemmän niistä saadaan iso-alfa-happoja, jotka tuntuvat ihmisen suussa katkeruutena. Iso-alfa-hapot myös parantavat oluen vaahdon tiheyttä ja kestävyyttä (Steele 2012, 194). Keiton loppupuolella lisätyt humalat antavat olueen humalan makua ja tuoksua. Oluen katkeruus ilmoitetaan IBU:issa (International Bitterness Unit). Kevyesti katkeroiduissa oluissa (helles ja hefeweizen) on katkeroa noin 15–30 IBU. Keskivahvasti katkeroiduissa oluissa (brown ale ja bitter) on katkeroa noin 35–60 IBU. Vahvasti katkeroiduissa oluissa (double india pale ale ja imperial stout) voi olla katkeroa jopa yli 90 IBU. Tästä voidaan huomata, että oluen ollessa alkoholipitoisuudeltaan vahvempi, siinä on myös enemmän katkeroa tasapainottamassa kokonaisuutta.

Humalia valmistetaan nykyään ympäri maailmaa. Tärkeimpiä humalantuottajamaita ovat Yhdysvallat, Iso-Britannia, Saksa, Tšekki ja Puola, uusina tulokkaina ovat Uusi Seelanti sekä Australia. Yhdysvaltojen humalat ovat usein sitruksisia, trooppisen hedelmäisiä ja pihkaisia. Tunnetuimpia lajikkeita ovat Cascade, Citra, Columbus ja Amarillo. Monet Yhdysvaltojen humalista on jalostettu vahvasti alfa-happoisiksi, minkä ansiosta niistä saadaan olueen paljon katkeruutta. Ison-Britannian humalat ovat usein yrttisiä, mausteisia

ja vähän puisia. Tunnetuimmat lajikkeet ovat Target, Challenger ja EKG (East Kent Goldings). Saksalaiset humalat ovat usein herkkiä ja kukkaisia. Tunnetuimmat lajikkeet ovat Tettninger, Perle ja Hallertau Mittelfruh. Tšekkiläiset ja puolalaiset humalat ovat usein aika saman tyyliä kuin saksalaiset, mutta ne ovat maultaan ja tuoksultaan myös vähän ruohoisia. Tunnetuimmat lajikkeet ovat Saaz ja Lublin, joita käytetään paljon pilsneroluissa. Australialaiset ja uusi-seelantilaiset humalat ovat maultaan ja tuoksultaan hyvin samanlaisia Yhdysvalloissa kasvatettavien humalien kanssa. Ne ovat vahvoja alfa-happopitoisuuksiltaan ja maultaan monipuolisen hedelmäisiä.

3.1.4 Hiiva

Hiiva on bakteeri, joka syö vierteessä olevaa sokeria ja muuttaa sitä hiilidioksidiksi, alkoholiksi ja muiksi yhdisteiksi (esim. estereiksi ja hapoiksi). Hiivat jakautuvat kahteen pääryhmään, pintahiivoihin (*Saccharomyces cerevisiae*) eli ale-hiivoihin ja pohjahiivoihin (*Saccharomyces pastorianus* tai modernimpi *Saccharomyces carlsbergensis*) eli lagerhiivoihin. Hiivojen suurimmat eroavaisuudet ovat käymisen kesto, toimintatapa ja -lämpötila. Pohjahiivat toimivat nimensä mukaisesti käymisastian pohjalla ja paras mahdollinen lämpötila niille on alle kymmenen astetta. Pohjahiivalla käyvien oluiden pääkäyminen on pidempi, noin 1–2 kuukautta, kun taas pintahiivaoluiden pääkäyminen kestää yleensä alle kaksi viikkoa. Pohjahiivat eivät synnytä toimiessaan paljon estereitä, jotka antavat olueen makuja tai tuoksua, kun taas pintahiivoista olueen tulee makean hedelmäisiä ja mausteisia piirteitä hiivatyyppistä riippuen. Pintahiivat elävät oluen pinnalla ja niiden toimintalämpötila on noin 16–28 astetta. Käymisen loputtua molemmat hiivat keräytyvät rykelmiksi käymisastian pohjalle, mitä kutsutaan flokkuloitumiseksi. Hyvin flokkuloituva hiiva kerääntyy tiukemmaksi rykelmäksi pohjalle, jolloin oluesta tulee kirkkaampaa.

Monelle oluttyylille on olemassa perinteinen oma hiiva. Chris White ja Jamil Zainasheff jakavat kuitenkin kirjassaan *Yeast: The practical guide to fermentation* hiivat mieluummin niiden ominaisuuksien mukaan. Puhtaasti käyvät ale-hiivakannat ovat suosittuja esimerkiksi Yhdysvalloissa. Tällaiset kannat korostavat humalan makua ja aromeja. Hedelmäisiä kantoja käytetään paljon brittiläisissä oluissa ja ne flokkuloituvat hyvin ja nope-

asti. Harvinaisempi ale-kanta on niin sanottu hybridihiiva, joka käy kylmemmissä lämpötiloissa kuin normaali ale-hiiva (14–20 astetta). Hyviä tyyliesimerkkejä tämän kannan oluista ovat kölsch, altbier ja california common. Fenolisia³ hiivakantoja käytetään belgialaisissa- ja saksalaisissa vehnäoluissa, koska ne antavat paljon mausteisia makuja ja aromeja olueen. Nämä kannat pitävät lämpimämmistä käymislämpötiloista ja flokkuloituvat heikosti. Eksentriset hiivakannat ovat hyvin lähellä fenolisia kantoja, mutta antavat epätavallisempia makuja ja aromeita, kuten maanläheisiä, tallisia ja jopa happamia. Pohjahiivakannat eivät ole hyvin flokkuloituvia, vaikka ne toimivatkin käymisastian pohjalla. Pidemmän kylmässä tapahtuvan käymisen takia ne kuitenkin kirkastuvat hyvin. Pohjahiivakannat jakautuvat kahteen ryhmään, kuivat ja puhtaat sekä runsaan monipuoliset tummemmille lager-oluille (White & Zainasheff 2010, 44–50).

Olut voidaan myös käyttää spontaanisti avoimessa käymisastiassa eli *koelschipissä*. Avoin käyminen mahdollistaa erilaisten mikrobien pääsyn olueen, joita muissa tapauksissa yritetään vältellä. Nämä mikrobit antavat oluelle monipuolisia aromeja ja makuja muun muassa tallisia ja happamia. *Brettanomyces* on tunnetuin villihiiva, joka jakautuu useaan alalajiin. Eniten käytettyjä ovat *B. anomalus* ja *B. bruxellensis*. *Brettanomyces* antaa oluelle kirpeän hedelmäisiä ja voimakkaan mausteisia ominaisuuksia, sopivissa määrin haluttuja nahkaisia ja tallisia elementtejä. Se antaa myös vähän jopa myyntikelvottomaksi tekeviä, liuotemaisia ja lantaisia makuja ja aromeja. *Brettanomyces* ei tee oluesta hapanta kuten yleisesti luullaan. Jos hiiva saa paljon happea, se tuottaa etikkahappoa. Ensimmäinen oluen happamuuteen selkeästi vaikuttava bakteeri on *Lactobacillus*. Bakteeri tuottaa maitohappoa, jota käytetään myös elintarviketeollisuudessa hapanmaitotuotteiden, kuten kermaviilin, valmistukseen. Toinen vastaava happamuutta tuottava bakteeri on *Pediococcus*, jolla myös hapatetaan hapankaalia (Tonsmeire 2014, 50–56).

3.2 Mäskäys

Mäskäyksessä jauhettu mallas sekoitetaan veteen ja tällä pyritään uuttamaan mahdollisimman paljon hiivan ravinnoksi sopivaa sokeria. Maltaan entsyymit pilkkovat jyvien tärkkelyksen sokereiksi. Parhaita entsyymejä tärkkelyksen pilkkomiseen ovat

³ Fenolisella viitataan vinyylifenolin tuotantoon, mikä on virhemaku viineissä, mutta haettu ominaisuus oluessa. Erityisesti *Brettanomyces bruxcellensis* tunnetaan tästä ominaisuudesta.

amylaasientsyymit, alfa- ja beta-amylaasit. Sekoitettavan nesteen lämpötila on todella tärkeä, koska amylaasit toimivat parhaiten 60–68 asteen lämpötila-alueella (Hornsey 2013, 108). Veden ollessa vähän yli 70 astetta siihen yhdistetään mallas ja mäsikin lämpötila tasaantuu optimaaliselle 65 asteen alueelle. Tämä on perinteinen, yksivaiheinen infuusiomäskäys. Harvinaisempi, enimmäkseen muutamissa saksalaisissa oluttyyleissä käytetty, mäskäystyyli on keittomäskäys. Siinä osa mäskestä otetaan sivuun, lämmitetään kiehuvaan ja lisätään takaisin muun mäsikin joukkoon. Näin mäski lämmitetään haluttuun lämpötilaan.

Maltaista saadaan monenlaisia entsyymejä muissa lämpötiloissa. Osa panimoista tekee kin tästä syystä monivaiheisen mäskäyksen eri lämpötiloissa. Näissäkin mäskäyksissä pääpaino on alfa-amylaaseilla, joita saadaan 64–68 asteessa. Maltaista aktivoituu 30–52 asteessa kalsiumfosfaattia irrottava fytaasi, joka laskee mäsikin pH:ta. Samalla lämpötila-alueella aktivoituu beta-glukanaasia (37–45 astetta), joka aiheuttaa liiallisissa määrissä mäsikin puuroutumista. Tästä johtuen suositellaan matalampaa tai korkeampaa lämpötilaa fytaasin aktivointiin. Proteinaasi ja peptinaasi aktivoituvat 50 asteessa. Ne pilkkovat proteiinit pienempiin, liukeneviin paloihin ja aminohapoiksi, jotka ovat tärkeitä hiivan ravinteina ja parantavat oluen runkoa sekä vaahtoa. Dekstrinaasi aktivoituu 60 asteessa. Se pystyy pilkkomaan sellaisia tärkkelyksiä, joihin alfa- ja beta-amylaasit eivät kykene. Dekstrinaasi on hyödyllinen, jos halutaan, että olut käy todella kuivaksi (Mosher 2015, 126).

Mäskäys kestää yleensä 60 minuuttia. Mäskäyksen jälkeen alkaa vierteen siirto keittokattilaan. Mäskäyskattilassa on valepohja, jolle mallas laskeutuu mäskäyksen aikana. Vierre kulkee maltaan läpi kattilan pohjalle, mikä tekee lopullisesta oluesta kirkkaampaa. Mäskäystä huuhdellaan vielä päältä, että siitä saadaan kaikki sokeri irti. Siirron aikana mitataan vierteen tiheyttä eli ominaispainoa. Ominaispainoa⁴ voidaan mitata esimerkiksi hydroometrillä tai refraktometrillä. 20 asteisen veden ominaispaino on tasan 1.000, kun kevyen oluen vierteen vahvuus ennen käymistä on noin 1.040 ja vahvempien oluiden ominaispaino on 1.080 tai enemmän.

⁴ Ominaispaino on käytännössä suoraan verrattavissa aineen tiheyteen, mutta pätee vain nesteisiin.

3.3 Oluen keittäminen

Mäskäyksen jälkeen aloitetaan oluen keitto. Vierre lämmitetään keittokattilassa 100 asteiseksi. Vierendeen lämmitessä voidaan punnita keiton alussa lisättävät humalat. Humalia on mahdollista käyttää muutamassa erilaisessa muodossa. Humala voidaan lisätä keittoon tuoreena tai kuivattuna kukintona. Tuoreita kukintoja käytettäessä tulee huomioida, että ne sisältävät paljon enemmän nestettä, joten niitä pitää käyttää moninkertainen määrä. Kukinnoista voidaan myös valmistaa tahnaa, joka kovetetaan ja myydään pelletteinä, jotka ovat tehokkuudeltaan vahvempia kuin kukinnot. Kukintoja voidaan myös jatkojalostaa vielä pidemmälle, jolloin saadaan vielä vahvempaa humalatiivistettä eli ”Hopshottia”.

Oluuta voidaan humaloida monella tavalla. Ensimmäisenä voidaan lisätä ensivierrehumalointi eli FWH (First Wort Hopping). FWH lisätään heti vierendeeseen sekaan eikä odoteta kiehumisen alkamista. Tällöin humalan öljyt saavat oksidoitua, jolloin ne eivät isomerisoidu keiton aikana ja antavat kevyemmän katkeron, mutta enemmän humalan aromia. Katkerohumalat lisätään keiton alussa, niistä ei tule paljolti makua tai aromia olueen. Humalan maku ja aromi saadaan, kun humalat lisätään keiton viimeisellä 30 minuutilla. Yksi vaihtoehto on lisätä kaikki humalat vasta keiton viimeisellä 20 minuutilla, tätä kutsutaan *hop burstiksi*. Tässä tapauksessa, kun keittoon ei lisätä katkerohumalaa, niin keittämisen lopulla pitää lisätä reilusti enemmän humalaa ja käyttää mahdollisesti vahvemman alfa-hapon humala-lajikkeita, jotta saavutetaan haluttu katkero. Viimeinen vaihtoehto on lisätä humalaa keiton päätyttyä. Tässä vaiheessa lisätty humala antaa hyvin vähän katkeroa, mutta todella vahvan humalan maun ja aromin.

Keiton päätyttyä vierendeelle tehdään *whirlpool* eli pyörre, joka nostaa humalapartikkelit ja muut uuttumattomat partikkelit keittokattilan keskelle. Tässä yhteydessä lisättyjä humalia kutsutaan *whirlpool*-humaloinniksi. *Whirlpoolissa* suoritettu humalointi ei anna yhtä paljon katkeroa kuin keiton aikana, koska neste ei enää kiehu. Nykyisessä tilanteessa *whirlpool* suoritetaan keittokattilassa keiton päätyttyä. *Whirlpoolin* yhteydessä suoritetaan myös mahdollinen laimennus oikeaan ominaispainoon. *Whirlpool* on erityisen tärkeä vahvasti humaloiduille oluille, koska niiden vierendeessä on todella paljon humalapelleteistä tulevia partikkeleita. Humalapartikkelit haittaavat hiivan liikehdintää käymisen aikana,

mikä saattaa aiheuttaa huonomman attenuaation⁵ tai ikäviä sivumakuja. Tässäkin vaiheessa voidaan vielä lisätä humalaa, jolloin humalaa seisotetaan vierteessä. Tästä tulee nimi hop stand (Morton 2016, 93).

Kun keitto on päättynyt, tarkistetaan vierteen ominaispaino ja lasketaan mahdollisen laimennusveden määrä. Vesi olisi hyvä lisätä ennen *whirlpoolia*, ettei se sekoita vierteessä olevia partikkeleita. Laimennuksen ja *whirlpoolin* jälkeen voidaan olut siirtää keskipakopumpun avulla puhdistettuun ja desinfioituun käymisastiaan. Vierre jäähdytetään yleensä levylämmönvaihtimen avulla. Sen ja pumpun avulla noin 2000 litraa melkein kiehuvaa vierrettä saadaan jäähdytettyä ja siirrettyä noin tunnissa.

3.4 Käyminen

Käymisen aikana hiiva syö vierteen sokeria ja muuttaa sitä alkoholiksi ja hiilidioksidiksi. Pääkäyminen kestää primääritankissa parista päivästä jopa useaan viikkoon. Ruosniemen Panimolla on käytössään seitsemän 30 hehtolitrin käymisastiaa (Kuva 2). Modernit käymistankit mahdollistavat oluen käymisen halutussa lämpötilassa. Tankin ympärillä on vaippa, jossa kierrätetään jäähdytysnestettä. Tämän avulla käymislämpötila saadaan halutulle tasolle. Hiiva tuottaa neutraalimpia makuja, kun se käy matalammissa lämpötiloissa (16–20 astetta), mutta jotkut hiivat toimivat paremmin yli 20 asteessa. Tällaisia hiivoja käytetään usein belgialaisissa oluttyyleissä, kuten saison, sour ale ja witbier. Niihin sopii käymisestereiden maut ja aromit.

⁵ Attenuaatiolla tarkoitetaan, että kuinka ”kuivaksi” olut käy, eli miten hyvin hiiva muuttaa vierteen sokeria hiilidioksidiksi ja alkoholiksi. Attenuatio ilmoitetaan yleensä prosentteina.



Kuva 2. Ruosniemen panimon käymisastioita

Käymisen aikana seurataan ominaispainon laskeutumista suunnitellulle tasolle. Oluen alkoholilavuus saadaan laskemalla ominaispainon muutos. Normaali lopullinen ominaispaino on lähellä veden ominaispainoa. Normaali pintahiiva syö sokeria 1.010–1.020 -tasolle. Vahvemmissa oluissa on usein hiivalle sopimattomampi toimintaympäristö, joten lopullinen ominaispaino jää korkeammalle tasolle. Osa belgialaisista hiivoista voi käydä lähelle 1.000 ominaispainoa tai jopa sen alle, kuten viinien hiivat. Hiiva voi olla uutta kuiva- tai nestehiivaa tai vaihtoehtoisesti kiertohiivaa eli toisesta oluesta laskettua hiivaa. Kiertohiivan eloisuus on kuitenkin hyvä varmistaa ennen käyttöä.

Pääkäymisen jälkeen voidaan olutta vielä kypsyyttää sekundäärissä eli toisessa tankissa tai jopa puutynnyrissä. Sekundäärin avulla saadaan myös kirkkaampi lopputuote. Ruosniemen Panimolla on sekundääriastioina kymmenen hehtolitrin vaakatankkeja. Olutta voidaan jälkikäymisen aikana myös muokata esimerkiksi kuivahumaloinnilla. Se vahvistaa oluen aromia, mutta ei anna siihen katkeroa. Kuivahumalointi haihtuu nopeammin oluesta pois kuin keiton aikana lisätty humala. Kun olut on kypsynyt tarpeeksi, se valmistellaan astiointiin jäädyttämällä käymistankki sopivaan lämpötilaan, alle kymmeneen asteeseen.

3.5 Astiointi

Oluen astiointi voidaan suorittaa, kun se on käynyt loppuun ja jäähdytetty. Oluen käydessä suurin osa hiilidioksidista päästetään paineventtiin kautta pois. Astiointia varten tarvittava hiilidioksidi saadaan hiilidioksidipullosta, jonka avulla käymistankki paineistetaan haluttuun paineeseen. Sopiva paine voidaan valita vastaavasta taulukosta (Taulukko 1), jossa kerrotaan tietyllä paineella ja oluen lämpötilalla saavutettava hiilihapon määrä. Sininen on alihapottunut, 0–1.40 tilavuutta CO₂. Harmaa sopii stouteille ja porttereille, 1.50–2.20 tilavuutta CO₂. Vihreä on yleisin, jota käytetään suurimmalle osalle lagereista ja aleista, 2.20–2.60 tilavuutta CO₂. Keltainen on vahvasti hiilihapotettu ja sitä käytetään lambiceissa ja vehnäoluissa, 2.60–4.0 tilavuutta CO₂. Punainen on ylihiilihapottunut, yli 4.0 tilavuutta CO₂ (kegerators.com).

Taulukko 1. Hiilihapotusasteikko (kegerators.com)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
30°F	1.82	1.92	2.03	2.14	2.23	2.36	2.48	2.60	2.70	2.82	2.93	3.02	3.13	3.24	3.35	3.46	3.57	3.67	3.78	3.89	4.00	4.11	4.22	4.33	4.44	4.66	4.77	4.87	4.98	4.9
31°F	1.78	1.88	2.00	2.10	2.20	2.31	2.42	2.54	2.65	2.76	2.86	2.96	3.07	3.17	3.28	3.39	3.50	3.60	3.71	3.82	3.93	4.03	4.14	4.25	4.35	4.46	4.57	4.68	4.78	4.8
32°F	1.75	1.85	1.95	2.05	2.15	2.27	2.38	2.49	2.59	2.70	2.80	2.90	3.00	3.11	3.21	3.31	3.42	3.52	3.63	3.73	3.84	3.94	4.04	4.15	4.25	4.36	4.46	4.57	4.67	4.7
33°F	1.71	1.81	1.91	2.01	2.10	2.23	2.33	2.43	2.53	2.63	2.74	2.84	2.96	3.06	3.15	3.25	3.35	3.46	3.56	3.66	3.76	3.87	3.97	4.07	4.18	4.28	4.38	4.48	4.59	4.6
34°F	1.68	1.78	1.86	1.97	2.06	2.18	2.28	2.38	2.48	2.58	2.69	2.79	2.90	3.00	3.09	3.19	3.29	3.39	3.49	3.59	3.69	3.79	3.90	4.00	4.10	4.20	4.30	4.40	4.50	4.6
35°F	1.63	1.73	1.83	1.93	2.02	2.14	2.24	2.34	2.43	2.52	2.63	2.73	2.83	2.93	3.02	3.12	3.22	3.32	3.42	3.52	3.62	3.72	3.82	3.92	4.01	4.11	4.21	4.31	4.41	4.5
36°F	1.60	1.69	1.79	1.88	1.98	2.09	2.19	2.29	2.38	2.47	2.57	2.67	2.77	2.86	2.96	3.05	3.15	3.24	3.34	3.43	3.53	3.63	3.72	3.82	3.92	4.01	4.11	4.21	4.30	4.4
37°F	1.55	1.65	1.74	1.84	1.94	2.04	2.14	2.24	2.33	2.42	2.52	2.62	2.71	2.80	2.90	3.00	3.09	3.18	3.27	3.37	3.46	3.56	3.65	3.75	3.84	3.94	4.03	4.13	4.22	4.3
38°F	1.52	1.61	1.71	1.80	1.90	2.00	2.10	2.20	2.29	2.38	2.48	2.57	2.66	2.75	2.85	2.94	3.03	3.12	3.21	3.30	3.40	3.49	3.59	3.68	3.77	3.87	3.96	4.06	4.15	4.2
39°F	1.49	1.58	1.67	1.77	1.86	1.96	2.06	2.15	2.25	2.34	2.43	2.52	2.61	2.70	2.80	2.89	2.98	3.07	3.16	3.25	3.34	3.44	3.53	3.62	3.71	3.81	3.90	3.99	4.08	4.1
40°F	1.47	1.56	1.65	1.74	1.83	1.92	2.01	2.10	2.20	2.30	2.39	2.47	2.56	2.65	2.75	2.84	2.93	3.01	3.10	3.19	3.28	3.37	3.46	3.55	3.64	3.73	3.82	3.91	4.01	4.1
41°F	1.43	1.52	1.61	1.70	1.79	1.88	1.97	2.06	2.16	2.25	2.34	2.43	2.52	2.60	2.70	2.79	2.88	2.96	3.05	3.14	3.23	3.32	3.41	3.50	3.59	3.68	3.77	3.86	3.95	4.0
42°F	1.39	1.48	1.57	1.66	1.75	1.85	1.94	2.02	2.12	2.21	2.30	2.39	2.48	2.56	2.65	2.74	2.83	2.91	3.00	3.09	3.18	3.26	3.35	3.44	3.53	3.62	3.70	3.79	3.88	3.9
43°F	1.37	1.46	1.54	1.63	1.72	1.81	1.90	1.99	2.08	2.17	2.26	2.34	2.43	2.52	2.61	2.69	2.78	2.86	2.95	3.04	3.13	3.21	3.30	3.39	3.47	3.56	3.65	3.74	3.82	3.9
44°F	1.35	1.43	1.52	1.60	1.69	1.78	1.87	1.95	2.04	2.13	2.22	2.30	2.39	2.47	2.56	2.64	2.73	2.81	2.90	2.99	3.07	3.10	3.24	3.33	3.41	3.50	3.58	3.67	3.76	3.8
45°F	1.32	1.41	1.49	1.58	1.66	1.75	1.84	1.91	2.00	2.08	2.17	2.26	2.34	2.42	2.51	2.60	2.69	2.77	2.86	2.94	3.02	3.11	3.19	3.28	3.36	3.45	3.53	3.62	3.70	3.7
46°F	1.28	1.37	1.45	1.54	1.62	1.71	1.80	1.88	1.96	2.04	2.13	2.22	2.30	2.38	2.47	2.55	2.64	2.72	2.81	2.89	2.98	3.06	3.15	3.23	3.31	3.40	3.48	3.57	3.65	3.7
47°F	1.26	1.34	1.42	1.51	1.59	1.68	1.76	1.84	1.92	2.00	2.09	2.18	2.26	2.34	2.42	2.50	2.59	2.67	2.76	2.84	2.93	3.02	3.09	3.18	3.26	3.35	3.43	3.51	3.60	3.6
48°F	1.23	1.31	1.39	1.48	1.56	1.65	1.73	1.81	1.89	1.96	2.05	2.14	2.22	2.30	2.38	2.46	2.54	2.62	2.71	2.79	2.88	2.96	3.04	3.13	3.21	3.30	3.38	3.46	3.54	3.6
49°F	1.21	1.29	1.37	1.45	1.53	1.62	1.70	1.79	1.86	1.93	2.01	2.10	2.18	2.25	2.34	2.42	2.50	2.58	2.67	2.75	2.83	2.91	3.00	3.07	3.15	3.23	3.31	3.39	3.47	3.5
50°F	1.18	1.26	1.34	1.42	1.50	1.59	1.66	1.74	1.82	1.90	1.98	2.06	2.14	2.21	2.30	2.38	2.46	2.54	2.62	2.70	2.78	2.86	2.94	3.02	3.10	3.17	3.25	3.33	3.41	3.4
51°F	1.18	1.26	1.34	1.42	1.49	1.57	1.64	1.71	1.79	1.87	1.95	2.02	2.10	2.18	2.26	2.34	2.42	2.49	2.57	2.65	2.74	2.82	2.90	2.97	3.05	3.13	3.19	3.27	3.34	3.4
52°F	1.16	1.23	1.31	1.39	1.46	1.54	1.61	1.68	1.76	1.84	1.92	1.99	2.06	2.14	2.22	2.30	2.38	2.45	2.53	2.61	2.68	2.76	2.84	2.92	3.00	3.06	3.13	3.22	3.30	3.3
53°F	1.14	1.21	1.29	1.36	1.44	1.51	1.59	1.66	1.74	1.81	1.89	1.96	2.03	2.10	2.18	2.26	2.34	2.41	2.49	2.57	2.64	2.71	2.79	2.86	2.94	3.01	3.09	3.16	3.24	3.3
54°F	1.12	1.19	1.27	1.34	1.41	1.49	1.56	1.63	1.71	1.78	1.86	1.93	2.00	2.07	2.15	2.22	2.30	2.37	2.45	2.52	2.59	2.66	2.74	2.81	2.89	2.96	3.04	3.10	3.17	3.2
55°F	1.10	1.17	1.24	1.31	1.39	1.46	1.53	1.60	1.68	1.75	1.82	1.89	1.97	2.04	2.12	2.18	2.26	2.33	2.40	2.47	2.54	2.62	2.69	2.76	2.83	2.89	2.97	3.04	3.11	3.1
56°F	1.07	1.15	1.22	1.29	1.36	1.43	1.50	1.57	1.65	1.72	1.79	1.86	1.93	2.00	2.08	2.15	2.22	2.29	2.36	2.43	2.50	2.57	2.64	2.71	2.78	2.85	2.92	2.99	3.06	3.1
57°F	1.05	1.12	1.19	1.26	1.33	1.40	1.47	1.54	1.62	1.70	1.77	1.83	1.90	1.97	2.04	2.11	2.18	2.25	2.32	2.39	2.46	2.53	2.60	2.66	2.73	2.80	2.87	2.94	3.00	3.0
58°F	1.03	1.10	1.17	1.24	1.30	1.37	1.44	1.51	1.59	1.67	1.74	1.80	1.87	1.94	2.01	2.08	2.15	2.21	2.28	2.35	2.42	2.48	2.55	2.62	2.69	2.75	2.82	2.88	2.95	3.0
59°F	1.02	1.09	1.16	1.22	1.29	1.36	1.43	1.49	1.56	1.64	1.71	1.77	1.84	1.91	1.98	2.04	2.11	2.17	2.24	2.31	2.38	2.43	2.50	2.57	2.64	2.70	2.77	2.84	2.91	2.9
60°F	1.01	1.08	1.15	1.21	1.28	1.34	1.41	1.47	1.54	1.62	1.62	1.75	1.82	1.88	1.95	2.01	2.08	2.14	2.21	2.27	2.34	2.40	2.47	2.53	2.60	2.66	2.73	2.79	2.86	2.9
61°F	0.99	1.05	1.12	1.18	1.24	1.31	1.37	1.44	1.50	1.57	1.63	1.69	1.76	1.82	1.89	1.95	2.02	2.08	2.14	2.21	2.27	2.34	2.40	2.47	2.53	2.59	2.66	2.72	2.79	2.8
62°F	0.96	1.02	1.09	1.15	1.21	1.27	1.34	1.40	1.46	1.52	1.59	1.65	1.71	1.78	1.84	1.90	1.97	2.03	2.09	2.15	2.22	2.28	2.34	2.41	2.47	2.53	2.59	2.66	2.72	2.7
63°F	0.93	0.99	1.06	1.12	1.18	1.24	1.30	1.36	1.42	1.49	1.55	1.61	1.67	1.73	1.79	1.85	1.92	1.98	2.04	2.10	2.16	2.22	2.28	2.35	2.41	2.47	2.53	2.59	2.65	2.7
64°F	0.91	0.97	1.03	1.09	1.15	1.21	1.27	1.33	1.39	1.45	1.51	1.57	1.63	1.69	1.75	1.81	1.87	1.93	1.99	2.05	2.11	2.17	2.23	2.29	2.35	1.41	2.47	2.52	2.58	2.6
65°F	0.88	0.94	1.00	1.06	1.11	1.17	1.23	1.29	1.35	1.41	1.46	1.52	1.58	1.64	1.70	1.76	1.82	1.87	1.93	1.99	2.05	2.11	2.17	2.23	2.28	2.34	2.40	2.46	2.52	2.5

Oluutta voidaan astioida oluttynnyreihin eli kegittää. Ruosniemen Panimo käyttää kertakäyttöisiä Keygeg-merkkisiä kegejä. Kertakäyttöinen kegi on yleensä valmistettu muovista ja sen tilavuus on 30 litraa. Ne ovat melkein välttämätön vaihtoehto pienpanimolle niiden halvemman hinnan ja käyttökustannusten takia⁶. Kun riittävä määrä on kegitetty, voidaan loput oluesta astioida pulloon. Ruosniemen Panimo käyttää pullotuksessa amerikkalaisen Meheenin M6 -täyttölaitetta. Laite pystyy täyttämään jopa 40 pulloa minuutissa.

Pullot ovat usein long neck -mallia ja ruskeaa lasia, niiden tilavuus on joko 0,33 tai 0,5 litraa. Pulloihin liimataan paperinen etiketti, jossa tulee näkyä oluen vahvuus ja gluteenia sisältävät maltaat (ohra, vehnä ja ruis). Parasta ennen -päivämäärä pitää käydä ilmi pullost. Jos se ei lue etiketissä, siitä tulee olla erillinen tarra tai leima. Etiketistä pitää käydä myös ilmi oluen valmistaja ja valmistusmaa. Oluet astioidaan hiilidioksidilla paineistettuna eli niissä on hiilihapot, kun ne siirretään pulloon. Toinen vaihtoehto olisi lisätä oluen joukkoon sokeria pullotuksen yhteydessä ja antaa oluen hiivan tuottaa hiilihapot pulloon.

⁶ Uudelleenkäytettävät kegit ovat selkeästi kalliimpia, koska niille pitää rakentaa oma pesulinja panimolle. Tämän lisäksi niille pitää järjestää aina kuljetus ravintolasta takaisin panimolle.

4 PROSESSIN KARTOITUS

4.1 Laitteisto

Panimon tämänhetkinen laitteisto on slovenialaisen Plevnikin valmistama. Se pitää sisällään 2000 litraisen keittokattilan ja mäskisiivilän (plevnik.si, 2016). Nykyinen laitteisto on havainnollistettuna panimon PI-kaaviossa (Liite 1.). Keittokattila on kokonaistilavuudeltaan 2400 litraa ja sen lämmitys tapahtuu vedellä, joka lämmitetään ja kierrätetään kattilan vaipassa. Kattila on varustettu esimäskäimellä (Kuva 3), missä yhdistetään vesi ja maltaat ennen kattilaan pääsyä. Maltaat siirretään esimäskäimen suppiloon ruuvilinjalta, mikä helpottaa mäskäystä vähäisen tilan takia. Kattilasta löytyy myös sähkömoottorilla pyörivä sekoitin, jolla varmistetaan tasainen mäski. Kattilassa on tämän lisäksi kaksi muuta järjestelmää, *whirlpool*- ja pesulaitteisto. *Whirlpool*-putken ja sekoittimen avulla saadaan keiton loputtua aikaan pyörre, joka nostattaa suurimman osan humalasta ja muusta irtonaisesta materiaalista keittokattilan keskelle. Näin saadaan aikaan kirkkaampi vierre ilman suodattamista. Pesulaitteistoon kuuluvat pesupallot, joilla varmistetaan veden ja pesuaineen leviäminen kaikkialle keittokattilassa.



Kuva 3. Suppilolla varustettu esimäskäin keittokattilan päällä ja siihen tuleva ruuvilinja.

Mäskisiivilä (Kuva 4) on saman kokoinen keittokattilan kanssa. Siinä ei ole lämmitystä, koska mäskisiivilässä suoritetaan vain mäskin huuhtelu. Siivilässä on irrallinen valepohja, jonka päälle mäski laskeutuu siirron jälkeen. Valepohja on neliosainen ja valmistettu reikälevystä. Mäskisiivilässä on raskaampi sähkömoottorilla pyörivä sekoitin, koska sen pitää sekoittaa suurella virtauksella tulevaa valmista mäskiä eikä esimäskäimen läpi kevyemmin virtaavaa. Siivilästä löytyy samanlaiset pesupallot kuin keittokattilasta ja niiden lisäksi vierteen levitykseen tarkoitetut levyt. Levyjen avulla vierre ja vesi levitetään tasaisesti mallaspedin päälle, jolloin se laskeutuu laajasti maltaan läpi. Muuten neste tekisi väylän mallaspetiin ja menisi suoraan helpointa reittiä maltaan läpi eikä irrottaisi tarpeeksi sokereita. Mäskisiivilässä on myös luukku, josta kuivanut mäski kerätään pois.



Kuva 4. Mäskisiivilä

Mäski ja vierre siirretään kattilasta toiseen sähköisellä keskipakopumpulla, joka on kiinteänä rakenteena laitteistossa ja jota ohjataan taajuusmuuttajalla. Panimolla on käytössään toinen liikuteltava pumppu, jolla suoritetaan käymistankin, letkujen sekä putkien puhdistukset ja desinfiointit. Kun olut on keiton jälkeen laimennettu ja *whirlpoolattu*, se pumpataan Alfa lavalin valmistaman levylämmönvaihtimen läpi. Levylämmönvaihtimen toiminta perustuu lämmönsiirtoon kahden kappaleen välillä johtumalla. Lämmönvaihdin koostuu hunajakennokuvioituista levyistä, joissa jäähdytettävä aine liikkuu. Kennokuvion ansiosta aineeseen tulee turbulenttinen liike, mikä nopeuttaa jäähtymistä. Tässä tapauksessa vierrettä jäähdytetään vesijohtovedellä. Levyjä on kahdenlaisia, millä varmistetaan nesteiden erillinen liikkuminen lämmönvaihtimessa ja ne kasataan vuoronperään. Laitteistossa on monimutkainen putkisto, jossa voidaan kierrättää erilaisia nesteitä ja mäskiä jokaisen tilanteen vaatimalla tavalla (Kuva 5). Aineita ohjataan putkistossa olevilla venttiileillä.



Kuva 5. Keskipakopumppu, levylämmönvaihdin ja laitteiston putkisto.

4.2 Prosessin nykytilanne

Oluen valmistusprosessi alkaa veden siirrolla valittuun käymisastiaan. Vesi lämmitetään edellisenä päivänä keittokattilassa ja se on prosessin alussa noin 85 asteista. Panimon prosessiin kuuluu vaiheistettu mäsikäys eli siirron jälkeen yhdistetään maltaat ja vesi keittokattilaan, siis suoritetaan sisäänmäsikäys. Maltaat kulkevat esimäskäimeen ruuvilinjaa pitkin ja vesi pumpataan käymistankista, vettä jäähdytetään noin 50 asteeseen sekoittamalla siihen kylmää vesijohtovettä. Tavoiteltu sisäänmäsikäyslämpötila on 50–55 astetta. Ensimmäisenä rouhitaan erikoismaltaat, esimerkiksi ulkomaiset ja tummemmat maltaat. Rouhittu mallas vanhenee nopeasti ja se tulisi käyttää kolmen kuukauden sisällä rouhinnasta. Yleisempää kotimaista vaaleaa mallasta kannattaa ostaa rouhittuna, koska rouhinta vie turhan paljon aikaa. Niiden vaihtuvuus on myös hyvä, koska valtaosa resepteistä on yleensä vaaleaa mallasta. Sisäänmäsikäyksen jälkeen nostetaan mäskin lämpötila reseptin vaatimaan mäsikäyslämpötilaan. Kun lämpötila on saavutettu, vahvempia oluita mäsikäytään ja suoritetaan myös ulosmäsikäys⁷, mutta vähittäistavarakauppavahvuiset siirretään suoraan mäsiksiivilään.

Mäsiksiivilässä suoritetaan maltaiden siivilöinti. Kun mäski on siirretty, sen annetaan ta-soittua hetki ennen siivilöintiä. Siivilöintiin kuuluu *Vorlauf* eli vierteen kirkastus ja maltaiden huuhtelu vedellä. *Vorlaufissa* vierrettä kierrätetään mäsiksiivilän pohjalta mäskin yläpuolella oleviin levyihin, jolloin osa vierteen proteiineista ja muista uuttumattomista partikkeleista tarttuu mallaspetiin. Kirkastus kestää noin kymmenen minuuttia tai kunnes vierre on kirkasta. Vierteen kirkastuksen jälkeen se siirretään keittokattilaan keittoa varten. Siirto ja huuhtelu kestää normaalisti noin 90 minuuttia. Siirron edetessä mäskiä huuhdellaan vedellä, jotta siitä saadaan kaikki sokerit irti. Huuhtelun aikana tarkkaillaan keittokattilaan tulevan vierteen ominaispainoa, jonka perusteella arvioidaan vierteen lopullista ominaispainoa ja mahdollista laimennusveden tarvetta.

Huuhteluvesi katkaistaan viimeistään siinä vaiheessa, kun käymistankissa on enää noin 300 litraa vettä, koska sen verran tarvitaan käymistankin, letkujen, levylämmönvaihtimen

⁷ Ulosmäsikäyksessä mäskin lämpötila nostetaan yli normaalin lämpötilan, jossa amylaasien toiminta hidastuu. Tämä rikkoo mäskin rakennetta ja helpottaa huuhtelua, mikä on tärkeitä vahvempien oluiden mäsikäyksessä.

ja putkien puhdistukseen. Puhdistus ja desinfiointi tapahtuvat kahdella aineella, alkalisella yleispesuaineella ja peretikkahapolla. Alkalinen yleispesuaine on emäksinen ja suunniteltu erityisesti orgaanisen lian poistoon, peretikkahapolla desinfioidaan. Emäksinen pesuaine toimii paremmin lämpimänä ja happo kylmänä. Välillä laitteet pestään vahvan happamalla pesuaineella, joka on suunniteltu ei-orgaanisen lian, esimerkiksi kalkin poistoon. Tätä ei kuitenkaan koeta tarpeelliseksi jokaisen prosessin aikana. Keiton ja pesujen aikana mäskisiivilä tyhjenetään. Mäski lapioidaan käsin biojätteeseen ja siirretään pois. Kun siivilä on tyhjenetty, valepohjan osat otetaan pois huuhdeltaviksi.

Keiton jälkeen suoritetaan *whirlpool*, laimennetaan vierrettä tarvittaessa ja annetaan partikkelien laskeutua. Tämän jälkeen siirretään vierre käymisastiaan levylämmönvaihtimen kautta. Taajuusmuuntajalla säädetään vierteen virtausnopeutta, jotta sillä on hiivan kannalta sopiva lämpötila. Levylämmönvaihtimen kuuma vesi ohjataan joko mäskisiivilään tai suoraan viemäriin. Vierre hapetetaan hapetus kivellä siirron aikana, jotta hiiva pystyy toimimaan. Vierteen siirron jälkeen suoritetaan vielä puhdistukset kattiloille, putkille ja levylämmönvaihtimelle. Puhdistusaine jätetään levylämmönvaihtimen sisään, muualta se huuhdellaan pois. Koko prosessi kestää nykytilanteessa noin kahdeksan tuntia.

5 VERTAILU

5.1 Vertailun lähtökohdat

Eri vaihtoehtoja vertaillaan niiden taloudellisten kustannusten sekä läpimenoajan ja sitä kautta päivittäisen tuotantomäärän kannalta. Koska kyseessä on pieni yritys, suuret investoinnit ovat haastavia. Tuottavuuteen ja tehokkuuteen vaikuttavat tekijät voidaan yksinkertaisimmillaan jakaa määrällisiin ja laadullisiin tekijöihin. Määrällisiä tekijöitä ovat esimerkiksi uusien koneiden, teknologian ja lisätyövoiman hankkiminen. Laadullisia keinoja puolestaan ovat muun muassa prosessin vaiheiden suorittaminen nopeammin tai vaihtelun pienentäminen eli laadunvalvonta. Yksittäisen oluterän läpimenoaika ei kuitenkaan saada merkittävästi laskettua, koska oluen valmistukseen kuuluvat aina samat vaiheet. Tässä työssä keskitytäänkin tästä syystä määrällisiin tekijöihin. Tärkeämpi seikka on se, kuinka paljon pystytään suorittamaan päällekkäisiä vaiheita eri oluterien valmistuksessa. Jos yhden keiton aika on vakio, niin kuinka kauan kestää kaksi tai kolme keittoa?

Tavoitteena on valita ratkaisuja, joilla saadaan mahdollisimman suuri taloudellinen hyöty mahdollisimman pienillä kustannuksilla. Laitteistosta ei tehdä virallisia tarjouspyyntöjä rajallisen ajan takia vaan lähteenä käytetään pienpanimolaitteistoa myyvää sivustoa (cechzhminibreweries.com). Sivuston avulla saa hyvän käsityksen, mitä kokonainen laitteisto maksaa, jolloin siitä on helppo arvioida yksittäisen laitteen kustannuksia.

Oluttyyliä välillä on olutkohtaisia eroja. Esimerkiksi vähittäistavarakauppavahvuisia oluita ei nykyisessä prosessissa mäsätä ollenkaan, mutta laskennan helpottamiseksi vaiheiden kestoihin tehdään yleistyksiä. Oluita ei mäsätä vaan niille tehdään sisäänmäsäys, jonka jälkeen lämpötila nostetaan reseptin ilmoittamalle tasolle. Vahvempia oluita mäsätään, minkä jälkeen niille tehdään vielä ulosmäsäys. Tuotannon pääpaino on kuitenkin vähittäistavarakauppavahvuisissa tuotteissa, joten laskennan kannalta ei ole tarvetta ottaa huomioon mäsäys- tai ulosmäsäysaikaa. Kun lämpötila on saavutettu, mäski siirretään mäskisiivilään. Siivilöinti, johon kuuluu kirkastus ja mäskin huuhtelu keittokattilaan, kestää laskennallisesti 90 minuuttia ja keitolle on varattu saman verran aikaa. Alla olevassa taulukossa (Taulukko 2) nähdään eri prosessin vaiheet ja kuinka kauan ne

vievät aikaa, yhteensä normaalin työpäivän ajan eli kahdeksan tuntia. Ajat on mitattu yksittäisen oluen valmistuksen aikana ja ne ovat osoittautuneet melko tarkoiksi kevyempiä oluita valmistettaessa.

Taulukko 2. Lämpimenoaikaan vaikuttavat tekijät.

Prosessin vaihe	Kesto minuuteissa
Lämmitetyn veden siirto käymisastiaan	20
Sisäänmäskäys	25
Lämmitys mäskäyslämpötilaan	20
Mäskin siirto mäskisiivilään ja sen tasoittuminen	40
Vorlauf eli vierteen kirkastus	15
Huuhtelu	90
Vierteen lämmitys kiehuvaaksi	25
Oluen keitto	90
Whirlpool ja mahdollinen laimennus	40
Oluen siirto käymisastiaan	65
Puhdistukset	50
Yhteensä:	480

5.2 Vaihtoehdot

Seuraavaksi esitellään erilaiset vaihtoehdot, joiden avulla prosessia voitaisiin kehittää. Vertailua käydään usean erilaisen laitevalinnan kesken. Vaihtoehtoja on käytännössä satoja, jolloin niiden karsiminen on välttämätöntä. Karsimisessa hyödynnetään niin sanottua suppilotekniikkaa. Laitevalinta ei saisi vaikuttaa nykyisen prosessin vaiheisiin liikaa, mikä eliminoi kokonaan vaihtoehtoista esimerkiksi mäskikattilan. Prosessin automatisointi on osoittautunut myös todella monimutkaiseksi, koska kyseessä on kuitenkin pohjimmiltaan käsityönä tehtävä tuote ja tuotekirjo on todella laaja. Vaihtoehtoja valittiin useista eri hintaluokista ja prosessin vaiheista.

5.2.1 Kuumavesivaraaja (HLT)

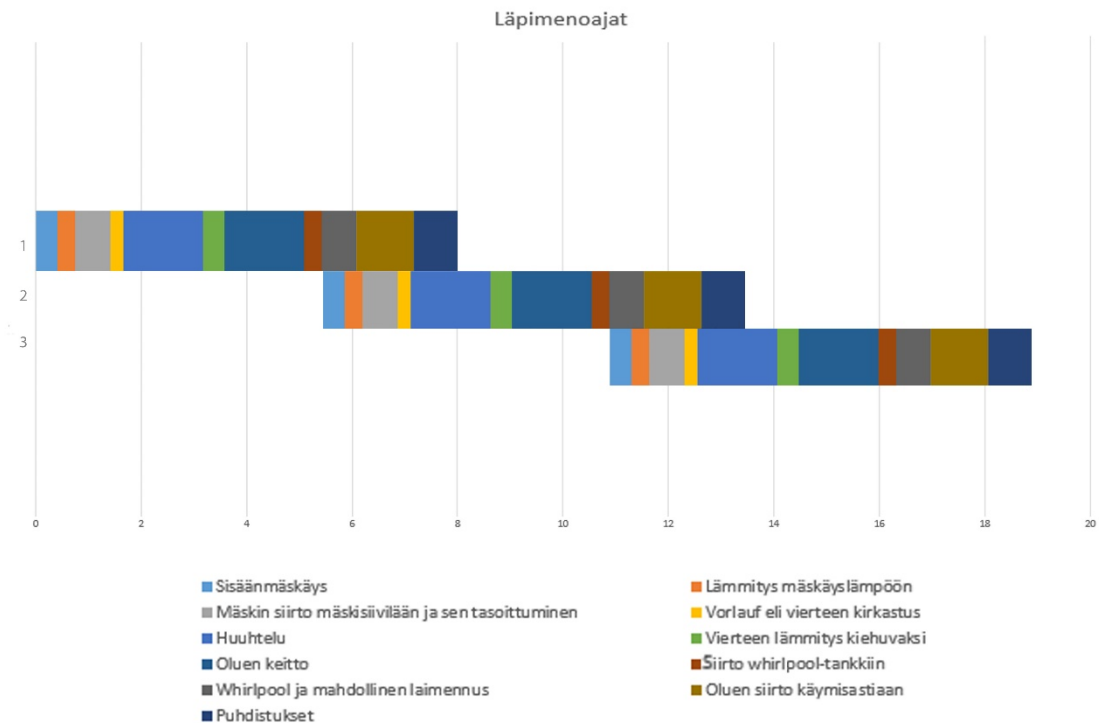
Kuumavesivaraaja eli HLT (Hot Liquor Tank) on hyödyllinen lisäys oluen valmistusprosessiin. HLT on suuri vesisäiliö, jota lämmitetään veden määrään suhteessa pienellä vastuksella. Esimerkiksi 300 hehtolitrin HLT:ssa usein alle 10 kW: lämpövastus, vuorostaan saman suuruusluokan keittokattilassa on melkein kymmenkertainen lämmitysteho, jotta vierre saadaan kiehumaan nopeasti. HLT:ssa riittää pienempi lämmitysteho, koska se voi lämmittää vettä koko ajan. Vesi muodostaa suurimman osan oluen raaka-aineista ja sitä tarvitaan myös laitteiston puhdistukseen. Nykyisessä tilanteessa vesi lämmitetään keittokattilassa oluen panopäivää edeltävänä yönä. Vesi siirretään keittokattilasta käymisastiaan, josta sitä käytetään mäsikäykseen, huuhteluun sekä käymisastian, letkujen ja levylämmönvaihtimen puhdistukseen ja desinfiointiin. HLT vähentäisi myös veden kuluusta, koska tällä hetkellä levylämmönvaihtimessa jäädytyksen aikana kulkeva vesi menee suoraan viemäriin. Jos vesi pumpattaisiinkin lämmönvaihtimesta HLT:iin, sitä voitaisiin hyödyntää seuraavan oluen mäsikäyksessä, huuhtelussa ja puhdistuksissa. Lämmönvaihtimesta tuleva vesi on todella lämmintä, jolloin sitä ei tarvitsisi lämmittää niin paljon mäsikäystä varten. HLT tarvitsisi myös oman pumpun, jotta sen käyttö ei olisi sidottu oluen keiton eri vaiheisiin tai käymisastian puhdistukseen. Kolmella pumpulla pysyttäisiin yhtäaikaaisesti tekemään kaikkia oluenvalmistusprosessin vaiheita.

Tässä vaiheessa on myös hyvä hetki pohtia, kuinka suuri kapasiteetti HLT-järjestelmässä pitäisi olla. Jos esimerkiksi keitetään kolme keittoa päivässä, lämmintä vettä tarvitaan yli 6000 litraa. HLT ei yksinään nopeuta niin paljon keittoprosessia, koska se ei mahdollista päällekkäisiä toimintoja. Sen avulla kolmen oluen keittäminen kestäisi melkein vuorokauden. HLT kuitenkin tukee prosessin tehokkuutta niin paljon, että on kannattavampaa laskea se osaksi jokaista vaihtoehtoa prosessin kehityksessä. Silloin keittokattila ei ole sidottuna mäsikäysveden lämmitykseen, vettä ei aluksi tarvitse siirtää toiseen astiaan ja sinne saadaan kerättyä jäädytysvesi. Panimolta löytyy jo tällä hetkellä käyttämätön 3000 litran tankki, josta voitaisiin muokata HLT-tankki. Tämä tarkoittaa, että jokaisesta läpimenoajasta voidaan vähentää veden siirto käymisastiaan prosessin alussa. Säästöä tulee ajallisesti 20 minuuttia ja lopulliseksi läpimenoajaksi 460 minuuttia.

5.2.2 Whirlpool-tankki

Ensimmäinen vaihtoehto on, että nykyiseen järjestelmään lisättäisiin whirlpool-tankki. Tämä on sijoituksena pieni, koska *whirlpool*-tankki ei tarvitse esimerkiksi lämmitystä. *Whirlpool*-tankissa voidaan rauhassa suorittaa viimeinen humalointi ja mahdollinen laimennus ennen oluen jäädyttämistä ja siirtämistä käymistankkiin. Jos vierre siirrettäisiin *whirlpool*-tankkiin keiton jälkeen, seuraavan oluen valmistus voitaisiin aloittaa yli tuntia aikaisemmin. Whirlpool-tankin yhdistäminen lisää prosessiin aina vierteen tankkiin siirtämiseen kuluvan ajan, joka nostaa läpimenoajan tasan kahdeksaan tuntiin. Tämä kuitenkin tarkoittaa, että *whirlpool*-tankki ei loppujen lopuksi yksinään nopeuta prosessia tarpeeksi. *Whirlpool*-tankin kanssa kolme keittoa kestäisi 18 tuntia ja 50 minuuttia (Kuvio 1). Laite sopii paremmin tukemaan prosessia, samaan tapaan kuin HLT-järjestelmä. Prosessissa tulee myös huomioida *whirlpool*-tankin puhdistus ja desinfiointi. Se siis pidentää puhdistuksen kestoa, kun pesu- ja desinfiointiaine pitää kierrättää vielä yhdessä tankissa. Tämän ei kuitenkaan pitäisi pidentää läpimenoaika.

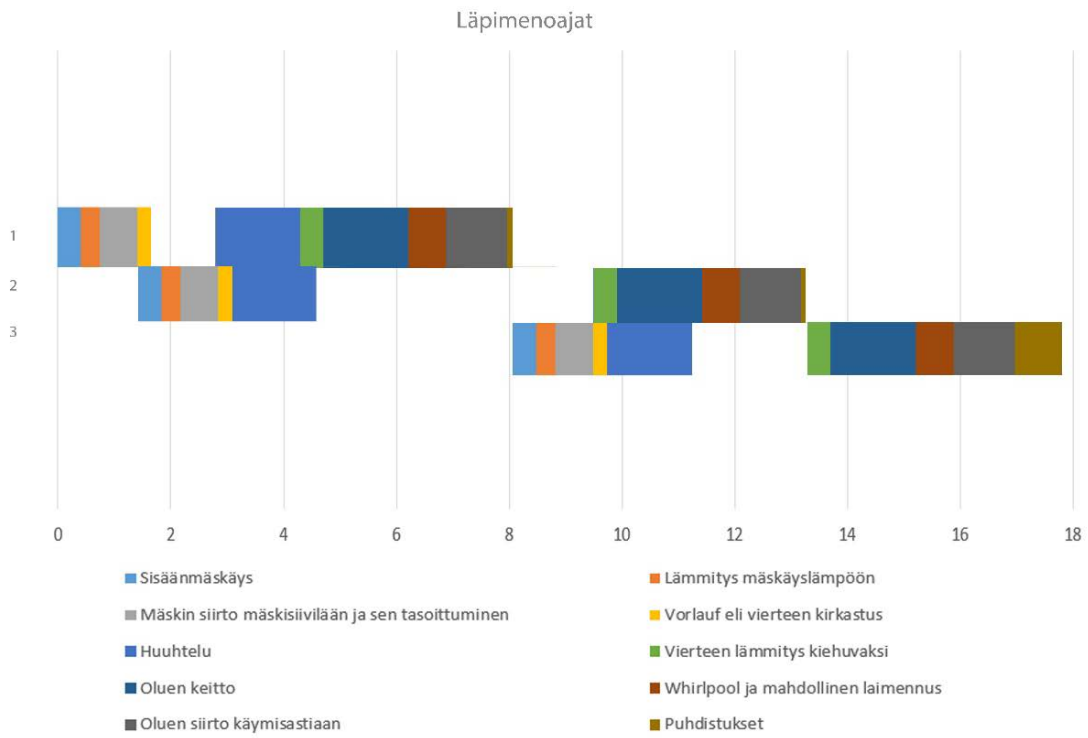
Kuvio 1. Whirlpool-tankin mahdollistamat läpimenoajat



5.2.3 Mäskisiivilä

Toinen vaihtoehto on, että laitteistoon lisättäisiin toinen mäskisiivilä. Se on investointina pienempi kuin keittokattila, mutta kalliimpi kuin *whirlpool*-tankki. Toisen mäskisiivilän lisääminen järjestelmään vaatisi selkeästi eniten muutoksia nykyiseen prosessiin. Tässä tapauksessa keittokattilassa suoritettaisiin sisäänmäskäys ja mäskin lämmitys mäskäyslämpötilaan, minkä jälkeen mäski siirretään ensimmäiseen mäskisiivilään. Tämän jälkeen keittokattilassa tehtäisiin heti toinen sisäänmäskäys, mäskin lämmitys ja mäskin siirto toiseen siivilään. Kolmas mäskäys voitaisiin suorittaa ennen toisen keiton aloitusta. Toisen oluen keiton aikana viimeinen vierre voidaan kirkastaa ja valmistella siirtoa varten.

Kuvio 2. Mäskisiivilän mahdollistamat läpimenoajat



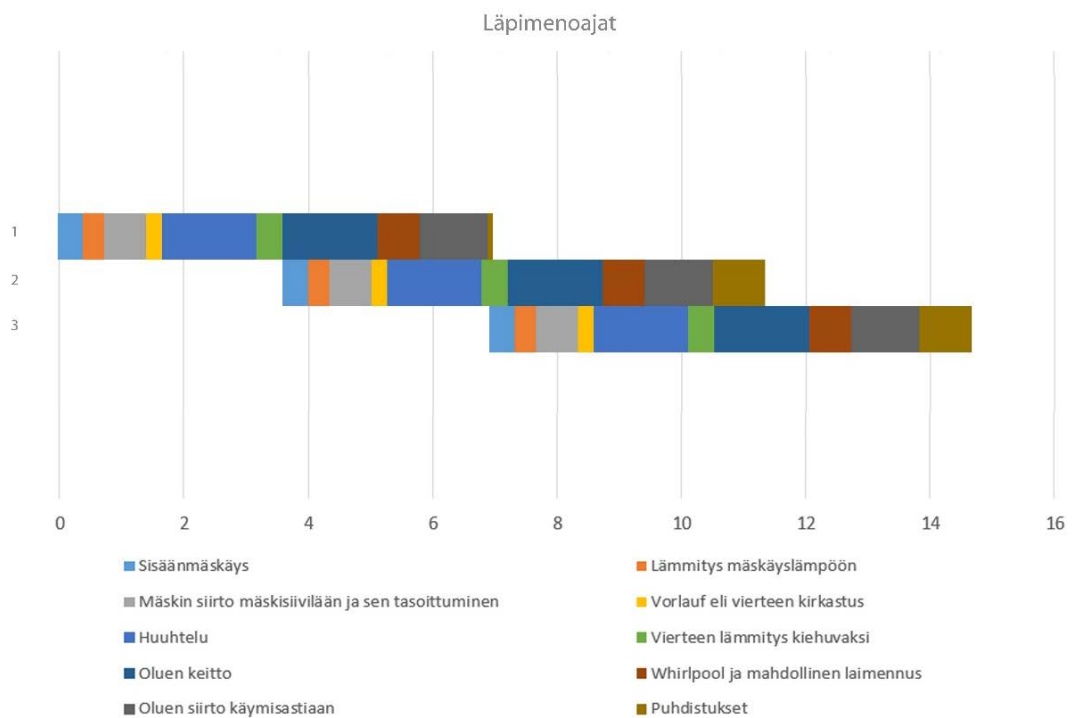
Tässä tilanteessa vähintään toisessa mäskisiivilässä pitäisi olla lämmitys, koska mäski jäähtyisi liikaa toista olutta valmistettaessa. Toinen vaihtoehto olisi hankkia lämmityksellinen tankki, johon toinen vierre huuhdeltaisiin. Lämmitetyn tankin avulla kiehumispisteeseen lämmittäminen ei veisi yhtä kauan. Kolmas vaihtoehto olisi huuhdella toisesta mäskäyksestä saatava vierre erilliseen astiaan, esimerkiksi *whirlpool*-tankkiin odottamaan keittoa. Tässä tapauksessa prosessi ei ehkä olisi tehokkain, koska vierrettä siirreltäisiin useammin eri tankkeihin ja ne joutuisivat odottamaan keittokattilaan pääsyä. Vierre siis joutuisi seisomaan prosessin aikana. Suuri siirtojen määrä tarkoittaisi myös

mahdollista lisäpumpun tarvetta, jotta eri vaiheita pystyttäisiin suorittamaan samanaikaisesti. Pitkien odotusaikojen takia kolme keittoa kestää melkein yhtä kauan kuin *whirlpool*-tankilla. Yhteensä kolme keittoa kestää 17 tuntia ja 25 minuuttia (**Virhe. Viitteen lähdettä ei löytynyt.**). Kaksi keittoa tuntuu järkevämmältä vaihtoehdolta, koska silloin odotusajat putoavat selkeästi.

5.2.4 Keittokattila

Kolmantena vaihtoehtona tarkastellaan laiteratkaisua, jossa käytössä olisi kaksi keittokattilaa ja yksi mäskisiivilä. Tämä vaihtoehto on investointina reilusti suurempi kuin esimerkiksi *whirlpool*-tankki, mutta se samalla säästää paljon enemmän aikaa kuin moni muu vaihtoehto. Tämä johtuu siitä, että tässä vaihtoehdossa voidaan aloittaa toisen oluen mäs-käys, kun ensimmäinen olut on vielä mäskisiivilässä. Heti kun mäskisiivilä on saatu tyh-jäksi, siirretään uusi mäski siivilään ja tehdään samat vaiheet kuin edelliseen. Oluita voi-daan keittää samanaikaisesti, jolloin toisen työntekijän tarve korostuu, koska usean keiton seuranta on vaikeaa. Kolmas olut voidaan aloittaa heti, kun ensimmäinen on keitetty, jol-loin kolme keittoa kestää 14 tuntia ja 30 minuuttia (Kuvio 3).

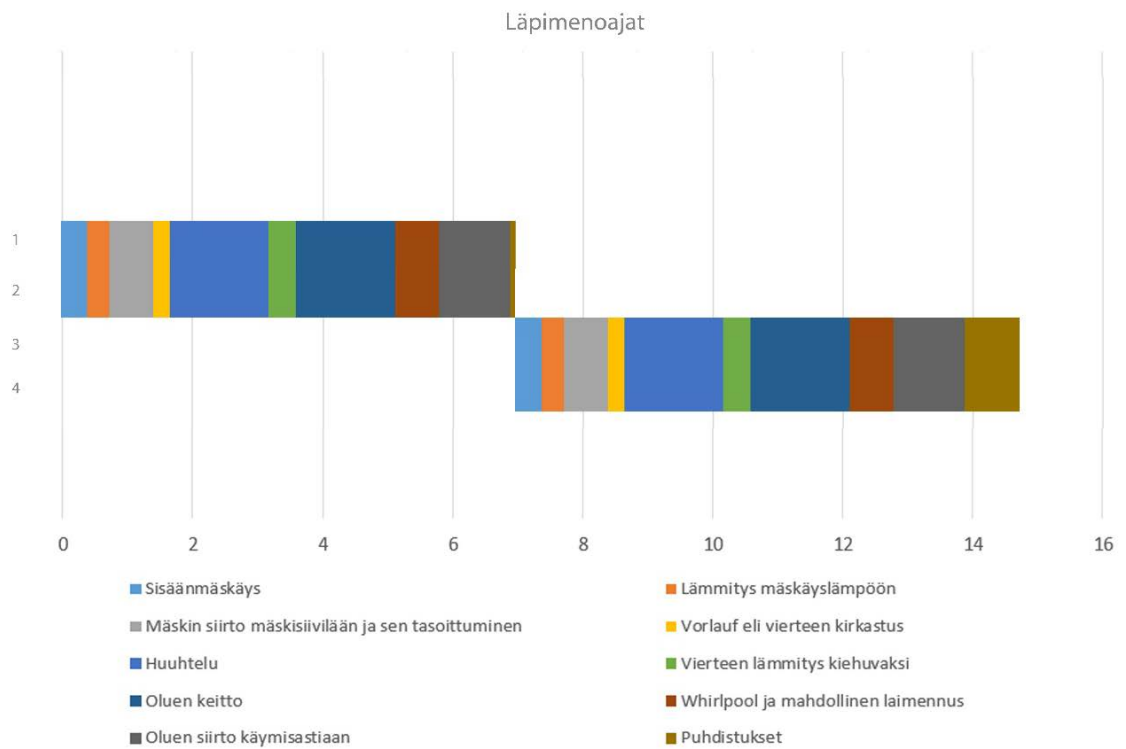
Kuvio 3. Toisen keittokattilan mahdollistamat läpimenoajat



5.2.5 Kokonainen laitteisto

Tarkastellaan seuraavaksi vaihtoehtoa, jossa käytettäisiin kahta identtistä laitteistoa. Tämä vaihtoehto on investointina selkeästi suurin, mutta sillä pystytään myös saamaan paras hyöty. Tällöin esimerkiksi yksi työntekijä voi aloittaa ensimmäisen oluen valmistuksen ja samalla toinen työntekijä voi aloittaa toisen oluen valmistuksen rinnakkaisella laitteistolla. Kaksi keittoa saadaan siis valmiiksi samassa ajassa kuin yksi. Samalla kuitenkin kolme keittoa voidaan valmistaa samassa ajassa kuin neljä (Kuvio 4). Eli tällä vaihtoehdolla voitaisiin valmistaa jopa kuusi erää olutta yhden vuorokauden aikana. Tällöin kuitenkin tarvitaan paljon enemmän työvoimaa, jos halutaan keittää useampaa olutta yhtäaikaisesti. Tämä ratkaisu vaatisi myös HLT-järjestelmältä enemmän, koska vettä tarvitaan useaan pisteeseen yhtäaikaisesti. Luultavasti järkevintä olisi kuitenkin lämmittää osa vedestä alkuperäiseen tapaan ja käyttää HLT:a apuna keittojen aikana. HLT lämmittelee vettä vain hitaasti taustalla eikä pystyisi vastaamaan kolmen tai useamman keiton tarpeisiin yhden päivän aikana.

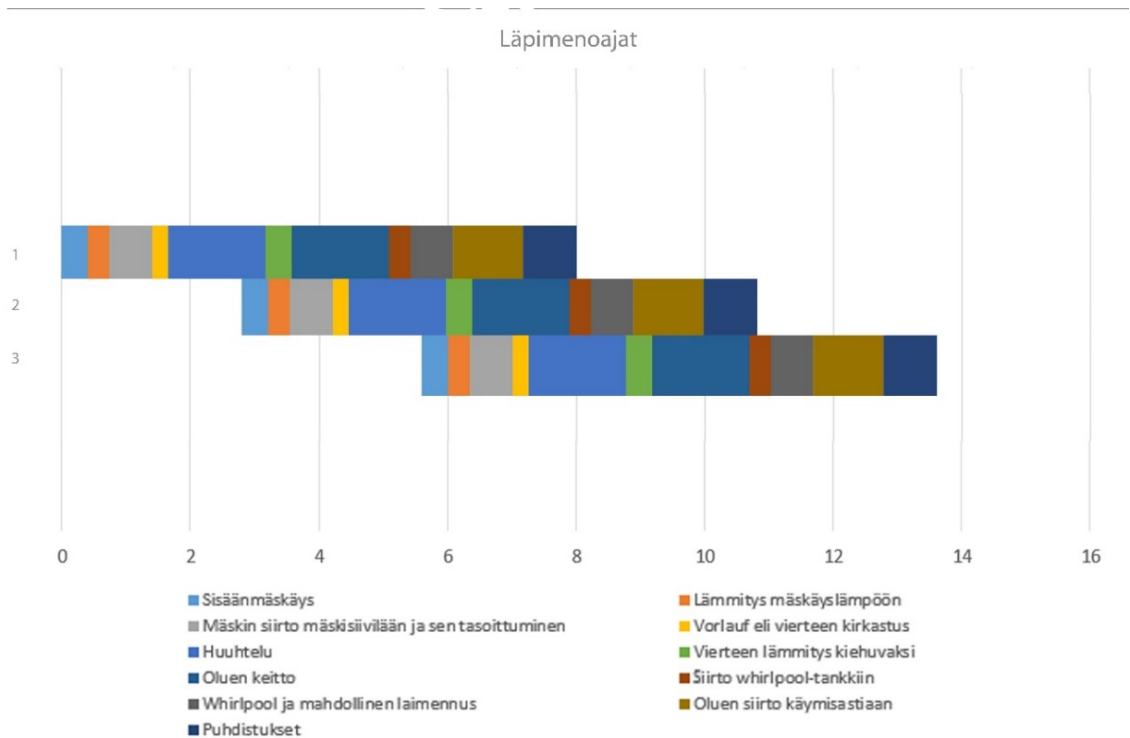
Kuvio 4. Kokonaisen laitteiston mahdollistamat läpimenoajat



5.2.6 Yhdistelmät

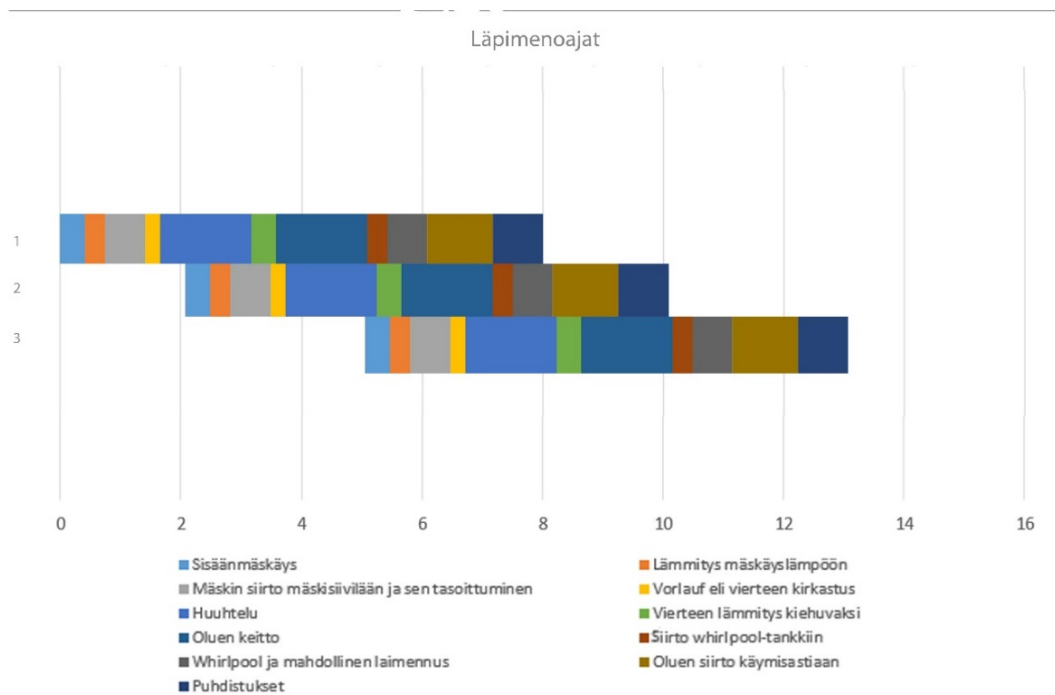
Kuten aiemmin todettiin, HLT tulisi ottaa jokaisen vaihtoehdon yhteyteen, koska kuuman veden tarve kasvaa selkeästi keitettäessä useampi keitto saman päivän aikana. *Whirlpool*-tankki säästää enemmän aikaa kuin HLT, mutta sen tuoma ajansäästö ei anna mahdollisuutta kolmen oluen valmistukselle samana päivänä. Näihin laitteisiin voidaan yhdistää esimerkiksi toinen keittokattila, jolloin mahdollistetaan melkein yhtä hyvä tuotannon suorituskyky kuin toisella kokonaisella laitteistolla, mutta selkeästi pienemmillä investoinneilla. Vertailuun otettaviksi yhdistelmiksi valikoituivat *whirlpool*-tankin ja keittokattilan sekä kokonaisen laitteiston yhdistelmät.

Kuvio 5. Toisen keittokattilan ja whirlpool-tankin mahdollistamat läpimenoajat



Koska *whirlpool* kasvattaa läpimenoaika 20 minuuttia, kaksi keittoa vie *whirlpool*-tankin kanssa pidempään. Kolme keittoa saadaan kuitenkin suoritettua nopeammin. Keittokattilan ja *whirlpool*-tankin yhdistelmällä säästetään 45 minuuttia (Kuvio 5) ja kokonaisen keittolaitteistojen ja *whirlpool*-tankin yhdistelmällä puolestaan 1 tunti ja 20 minuuttia.

Kuvio 6. Kokonaisen laitteiston ja whirlpool-tankin yhdistelmän mahdollistamat läpimenoajat



5.3 Tulokset

Seuraavaksi esitellään laskennan tuloksia tarkemmin. Alla olevasta taulukosta nähdään, kuinka suuria investointeja erilaiset ratkaisumallit ovat ja kuinka paljon yksi, kaksi tai kolme keittoa vie aikaa (Taulukko 3). Kuten aiemmin jo mainittiin, laitteista ei tehty virallisia tarjouspyyntöjä rajallisen ajan takia vaan investointien laajuudet arvioidaan. Euron merkit taulukossa eivät viittaa tiettyihin summiin vaan havainnollistavat investointien suuruksia suhteessa toisiinsa. Investoinnit vaihtelevat muutamasta tuhannesta kymmeneen tuhansiin ja jopa satoihin tuhansiin euroihin. Tuotantokapasiteetin kasvatuksen aiheuttamat muut kulut, esimerkiksi henkilöstökulut otetaan huomioon vasta yhteenvedossa.

Taulukko 3. Prosessin eri vaihtoehtojen investoinnit ja läpimenoajat

	Investointi (€)	yksi keitto (t)	kaksi keittoa (t)	kolme keittoa (t)
Whirlpool- tankki	€	8 h	13 h 25 min	18 h 50 min
Mäskisiivilä	€€	7 h 40 min	12 h 45 min	17 h 25 min
Keittokattila	€€€	7 h 40 min	10 h 30 min	14 h 30 min
Kokonainen laitteisto	€€€€	7 h 40 min	7 h 40 min	14 h 30 min (myös 4. keitto)
Keittokattila + Whirlpool	€€€€	8 h	10 h 50 min	13 h 45 min
Kokonainen laitteisto + Whirlpool	€€€€€	8 h	10 h 10 min	13 h 10 min

Läpimenoajoissa on huomattavissa mielenkiintoisia eroavaisuuksia. Kuten HLT-järjestelmä, *whirlpool* osoittautui myös enemmän prosessia tukevaksi laiteratkaisuksi vaihtoehtoista. Se vaatisi työskentelyä useassa vuorossa, jos pelkästään sen avulla haluttaisiin keittää kolme keittoa kerralla. Mäskisiivilän tuomat pitkät odotusajat saattavat vaikeuttaa prosessia. Kolme keittoa vie silläkin yli kolme tuntia pidempään kuin muissa nopeammissa ratkaisuissa. Toinen keittokattila nopeuttaa prosessia selkeästi, mutta on myös investointina suurempi kuin kaksi ensimmäistä. Se on kolmella keitolla yhtä nopea kuin kokonainen laitteistokin, mutta sillä voitaisiin keittää jopa neljä keittoa saman päivän aikana. Kokonainen laitteisto siis mahdollistaa kaksi samanaikaista keittoa, jos työntekijöitä olisi riittävästi. Se on laitevalintana ajallisesti nopein kahdella keitolla ja kolmella silloin, kun siihen yhdistetään *whirlpool*-tankki. Tällöin se ei tuo kahden jälkimmäisen vaihtoehdon kohdalla ajallista hyötyä yhdellä tai kahdella keitolla vaan päinvastoin. Tämä johtuu siitä, että *whirlpool*-tankki on käytössä tietyn ajan ennen kuin seuraava olut saadaan siirrettyä siihen. Vasta kolmannella keitolla saadaan selkeää ajallista hyötyä.

6 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tuloksena löydettiin erilaisia laiteratkaisuja, joilla voisi kasvattaa pienpanimon tuotantokapasiteettia. Tavoitteena oli löytää ratkaisuja, jotka olisivat taloudellisesti kustannustehokkaimpia eivätkä vaikuttaisi nykyisen prosessin rakenteeseen kovin paljon. Tuottavuuteen ja tehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä keskityttiin enemmän määrällisiin kuin laadullisiin tekijöihin. Panimon tämänhetkinen laitteisto on slovenialaisen Plevnikin valmistama, joten tulevien laitteiden pitäisi tukea nykyistä laitteistoa. Aluksi esiteltiin laajasti oluen valmistusprosessi ja raaka-aineet. Oluen valmistusprosessi jakautuu mäsäykseen, keittoon, käymiseen ja astiointiin, jotka pyrittiin selostamaan mahdollisimman yksityiskohtaisesti. Oluen tärkeimmät raaka-aineet ovat vesi, mallas, humala ja hiiva, joita löytyy huomattavan laaja kirjo. Tarkasti esitelty tuotteen valmistus helpotti panimon nykyisen prosessin kartoitusta. Prosessi pystyttiin sen jälkeen jakamaan osiin ja laskemaan vaiheiden kestot ja läpimenoaika. Prosessin yksityiskohtainen perehtyminen paljasti, ettei prosessin läpimenoaikaa pysty lyhentämään merkittävästi, koska kaikki vaiheet on suoritettava eikä niitä voi karsia tai nopeuttaa. Tärkeämpää olikin pohdita, kuinka paljon pystytään suorittamaan päällekkäisiä toimintoja.

Vaihtoehtoisiksi löytyi kuusi erilaista ratkaisua, joiden kustannukset vaihtelivat muutamista tuhansista kymmeneen tuhansiin euroihin. Jotkin valinnat osoittautuivat enemmän prosessia tukeviksi valinnoiksi, kun taas toiset toivat selkeää ajallista säästöä. HLT-järjestelmä osoittautui käytännössä pakolliseksi hankinnaksi, vaikka se ei tuo yhtä hyvää ajallista säästöä. *Whirlpool*-tankki ei myöskään yksinään säästä merkittävästi aikaa, mutta voisi hyvin toimia tukevana laitteena esimerkiksi keittokattilalle. Toinen kokonainen laitteisto oli taloudellisilta kustannuksiltaan selkeästi suurin investointi, mutta sillä saadaan myös paras ajallinen hyöty. Sen avulla voidaan keittää kahta oluterää yhtä aikaa, jolloin vuorokaudessa olisi mahdollista keittää jopa kuusi erää olutta. Ruosniemen Panimo voi hyödyntää työstä saatuja tuloksia seuraavalla kerralla, kun yhtiö suunnittelee uusia investointeja. Tarvittaisiin tarkempaa laskentaa ja virallisten tarjouspyyntöjen tekoa, jotta voitaisiin arvioida, mikä investointi on mahdollista poistaa järkevällä aikataululla.

6.1 Tuotantokapasiteetin kasvatuksen tuomat haasteet

Kun kapasiteettia kasvatetaan, se tuo mukanaan muita haasteita. Työ on fyysisesti raskasta, joten työmäärän kasvaessa tarvitaan enemmän henkilöstöä. Kannattaa myös miettiä, voisiko laitteilla keventää työtaakkaa. Suurempi kapasiteetti tarkoittaa myös muita laitehankintoja. Panimon nykyinen käymiskapasiteetti alkaa olla maksimissaan eli tarvitaan lisää esimerkiksi käymisastioita.

6.1.1 Laitteisto

Pelkästään tuotantolaitteiston päivitys ei riitä, kun tuotantomääriä kasvatetaan. Käymisastioita tarvitaan lisää, koska nykyisissä tiloissa ja nykyisillä tuotantomäärillä käymiskapasiteetti on käytännössä maksimoitu. Nykyisen kokoluokan käymistankkeja pitäisi hankkia lisää. Toisaalta voitaisiin myös hankkia suurempia, esimerkiksi 40–60 hehtolitrin tankkeja, joihin voidaan keittää kaksi olutta käymään samanaikaisesti. Nykytilanteessa tankit eivät ole tyhjinä kuin lyhyen ajan ja uutta tuotetta keitetään välittömästi. Suuremmat valmistusmäärät aiheuttavat myös enemmän astiointia. Jos olutta valmistetaan kaksin- tai kolminkertainen määrä, astioiden määrä kasvaa samassa suhteessa. Käymiskapasiteettia voi kasvattaa mahdollisuuksien mukaan sen verran, että oluet saavat myös riittävän pitkän jälkikäymisen sekundäärissä. Astioiden suhteen pitää pohtia, onko nykyinen pullotuslaitteisto riittävä eli riittääkö, että pullotetaan useammin ja pidempiä aikoja.

Kapasiteettia kasvatettaessa tulee myös mieleen, onko työntekijöiden työtaakkaa mahdollista vähentää jotenkin. Fyysisesti raskas vaihe on esimerkiksi käytetyn maltaan tyhjennys siiviläammeesta. Maltaan paino kaksinkertaistuu, kun se imee mäsäyksen aikana nestettä sisäänsä. Kun yhden keiton aikana tarvitaan satoja kiloja mallasta ja keittoja olisi tarkoitus suorittaa useampi päivän aikana, tulee käytettyä mäskiä tonneja. Kannattaisi harkita mahdollisuutta, että maltaat menisivät kompostoriin vastaavaa ruuvilinjaa pitkin, jollaista ne kuljetetaan esimäskäimeen. Tällöin työntekijän ei tarvitsisi siirrellä useita täysiä biojäteastioita, jotka painavat yli 200 kiloa.

Aiemmin tuotiin jo ilmi pumppujen suuri tarve. Useamman oluen yhtäaikainen keitto tarkoittaisi, että tarvittaisiin useampia pumppuja, jotta kaikkia toimintoja pystyttäisiin suorittamaan yhtä aikaa. Keittolaitteisto tarvitsee pumpun mäsikin ja vierteen siirtoon, huuhteluun sekä *whirlpooliin*. HLT-järjestelmä tarvitsee pumppua mäskäykseen, käymistankin ja muiden laitteiden pesuun sekä huuhteluun tarvittavan veden siirtoon. Käymistankkien ja muun laitteiston pesuun tarvittaisiin myös oma pumppu. Keittolaitteistolle, HLT-järjestelmälle ja tankkien pesuun tarvitsisi jokaiselle oman pumpun, koska muuten joku työvaihe joutuisi odottamaan pumpun vapautumista, mikä hidastaa valmistusprosessia.

6.1.2 Henkilöstö

Kolme keittoa yhtenä päivänä on fyysisesti liian raskas yhdelle työntekijälle. Kahden tai useamman oluen valmistuksen seuranta on myös todella monimutkaista yksin ja virheiden mahdollisuus kasvaa, jos yhden työntekijän pitää seurata useampaa prosessia yhtä aikaa. Suuremmat tuotantomäärät tarkoittavat myös enemmän astiointia, joka on yksin todella hidasta. Työntekijöitä tarvitaan siis useampia myös keittojen ulkopuolella.

LÄHTEET

beersmith.com. 29.4.2008. Brad Smith. Beer Color: Understanding SRM, Lovibond and EBC. Luettu 27.12.2016.

<http://beersmith.com/blog/2008/04/29/beer-color-understanding-srm-lovibond-and-ebc/>

Bjergsø M. & Pang P. 2015. Mikkeller's book of beer. Jacqui Small Llp.

czechminibreweries.com. Breworx oppidum 2000 -tekniset tiedot. Luettu 20.4.2017

<http://eshop.czechminibreweries.com/product/brewhouse-breworx-oppidum-2000/>

Finlex.fi. 10.4.2015. Alkoholilainsäädäntö. Luettu 15.4.2017. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19941471#P9>

Hornsey I. 2013. Brewing, 2nd edition. Cambridge. The Royal Society of Chemistry.

Jylhä J-P. 2016. Juomien suomi: pienpanimot, viinitilat ja tislaamot. Helsinki. Kartta-keskus Oy.

kegerators.com. Carbonation table. Luettu 21.4.2017. <http://www.kegerators.com/carbonation-table.php>

Korpinen S. & Nikulainen H. 2014. Suomalaiset pienpanimot. Jyväskylä. Kirjakaari Oy.

Morton J. 2016. Brew: The foolproof guide to making world-class beer at home. London. Quadrille publishing.

Mosher R. 2015. Mastering homebrew: The complete guide to brewing delicious beer. San Francisco. Chronicle Books LLC.

Palmer J & Kaminski C. 2013. Water: Comprehensive guide to brewers. Boulder, Colorado. Brewers Publications.

plevnik.si. 22.1.2016. PLEVNIK, engineering and production d.o.o. Catalogue 2016: Brewing equipment. Luettu 15.1.2017.

<http://www.plevnik.si/en/plevnik.asp?FolderId=221>

Steele M. 2012. IPA: Brewing techniques, recipes and the evolution of India Pale Ale. Boulder, Colorado. Brewers Publications.

Tonsmeire M. 2014. American sour beers: Innovative techniques for mixed fermentation. Boulder, Colorado. Brewers Publications.

White C & Zainasheff J. 2010. Yeast: The practical guide to beer fermentation. Boulder, Colorado. Brewers Publications.

