



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tobias Niemi

Suodatinlaitteen kapasiteetin määrittäminen

Opinnäytetyö

Kevät 2023

Insinööri (AMK), Bio- ja elintarviketekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Insinööri AMK, Bio- ja elintarviketekniikka

Tekijä: Tobias Niemi

Työn nimi: Suodatinlaitteen kapasiteetin määrittäminen

Ohjaaja: Ilmari Äijö

Vuosi:2023

Sivumäärä:35

Liitteiden lukumäärä:4

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Valion Seinäjoen tehtaan erään suodatinlaitteen tehokkuutta ja vapaata kapasiteettia. Suodatinlaitteen prosessimäärät ovat nousussa ja tehokkuuden ja kapasiteetin selvitykselle oli tarvetta. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Valio Oy.

Suodatinlaitteen tehokkuutta selvitettiin huomioimalla suodatusprosessin eri askeleet ja valikoimalla niistä tuottamattomat askeleet. Selvityksessä hyödynnettiin laatutyökaluja, kuten osittain lean six sigman DMAIC-prosessia tiedon esiintuomisessa. Käytössä olivat myös juurisyy -ongelmanratkaisutyökalu sekä ongelmien selvittäminen kyselyn avulla. Kysely toteutettiin prosessissa työskenteleville ihmisille. Vapaata kapasiteettia eli suodatinlaitteen tuottamatonta aikaa selvitettiin seurantalomakkeen avulla. Tuottamattoman ajan määrän lisäksi selvitettiin seurantalomakkeen avulla tuottamattoman ajan syitä.

Opinnäytetyön tuloksina tunnistettiin prosessista ylimääräistä aikaa vieviä askeleita sekä niiden pituuksia. Ylimääräistä aikaa vievien askeleiden ongelmien juurisyyt selvitettiin ja pohdittiin niiden korjausta. Tuottamatonta aikaa oli kahdessa viikossa 46 %. Tuottamattoman ajan suurin aiheuttaja oli, ettei suodattamista ollut tarvetta käynnistää. Näiden tietojen perusteella pohdittiin prosessin kehittämistä ja tehokkuuden lisäämistä sekä vapaan kapasiteetin hyödyntämistä.

¹ Asiasanat: Tehokkuus, ajankäyttö, kapasiteetti.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Engineer AMK Bio- ja elintarviketekniikka

Author/s: Tobias Niemi

Title of thesis: Determination of the filter device capacity

Supervisor(s): Ilmari Äijö

Year:2023

Number of pages:42

Number of appendices:4

The purpose of the thesis was to study the effectiveness and free capacity of the membrane device at Valio Seinäjoki factory. The process volumes of the membrane device are increasing and there was therefore a need for an analysis of efficiency and capacity. The author of the thesis was Valio Oy.

The efficiency of the membrane device was determined by considering the different steps of the membrane process and by selecting the non-productive steps. Qualitytools, such as the lean six sigma's DMAIC process, were used in the study. There were also five-times-why-mapping and solving problems through a survey. The survey was carried out for people working with the process. The free capacity, i.e. the unproductive time of the membrane device, was examined using a follow-up form. In addition to the non-productive amount of time, the reasons for the non-productive period were examined using the monitoring form.

The results of the thesis identified extra time-consuming steps and their lengths. The root causes of the extra time - consuming steps were explained and discussed in order to correct them. 46 % of time was unproductive in two weeks, the main cause of which was that there was no need to start the membrane process. On the basis of this information, consideration was given to developing the process and increasing efficiency and making use of free capacity.

¹ Keywords: Efficiency, time management, capacity.

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	4
Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo	5
Käytetyt termit ja lyhenteet.....	6
1 JOHDANTO JA TYÖN TAVOITTEET	7
2 MEIJERITEOLLISUUS JA SUODATUS	9
2.1 Meijeriteollisuus.....	9
2.2 Suodatus	10
3 LEAN SIX SIGMA.....	15
3.1 Lean	15
3.2 Six Sigma	16
3.3 DMAIC.....	17
4 MENETELMÄT	19
4.1 Prosessi	19
4.2 Askeleiden ajalliset pituudet	21
4.3 Tuottamaton aika.....	22
5 TULOKSET: ASKELEIDEN AJALLISET PITUUDET	23
5.1 Tuottamattomat askeleet.....	23
5.2 Prosessien askeleiden ongelmat.....	25
6 TULOKSET: TUOTTAMATON AIKA	28
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	30
7.1 Tehokkuus: Askeleiden käyttämä aika	30
7.2 Vapaa kapasiteetti: Tuottamaton aika	30
7.3 Yhteenveto	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	35

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluettelo

Kuvio 1. Erilaiset suodatusmenetelmät, vaadittava painealue, erotettavat partikkelit ja suodatinkalvojen huokosten koot (Bylund, 2003, s.125).....	11
Kuvio 2. Spiraalinmuotoinen suodatinkalvo (Bylund, 2003, s.127).	13
Kuvio 3. Suodatinkalvojen kiinnittymistapa ja kiinnityskappaleet.	13
Kuvio 4. Suodatinprosessin askeleet prosessikaaviona.....	19
Kuvio 5. Yhteenvedo tuottamattomista askeleista.	24
Kuvio 6. Kalanruotokaaviossa on neljän laitteen kanssa työskennelleen ihmisen kertomat syyt prosessien hitaudelle.....	25
Kuvio 7. Ensimmäisen askeleen syyn kartoittaminen.	Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.
Kuvio 8. Kolmannen askeleen syyn kartoittaminen.....	27
Kuvio 9. Ajan jakautuminen kahdessa viikossa.	28
Kuvio 10. Seurantalomakkeelta saatujen tietojen perusteella koostettu tuottamattomien aikojen syyt.....	29

Käytetyt termit ja lyhenteet

Askel	Askel on vaihe prosessissa. Askeleita on useampia ja niiden perusteella tietää, mikä vaihe prosessista on meneillään. Askel on nimitys prosessin vaiheelle.
Kapasiteetti	Kapasiteetilla tarkoitetaan jonkin asian, kuten suodatinlaitteen mahdollista enimmäissuorituskykyä tietyssä ajassa.
Molekyyli	Molekyyli on atomeista muodostuva rakenne.
Permeaatti	Suodatinprosesseissa syntyvä sivuvirta.
Retentaatti	Suodatinprosesseissa syntyvä jalostettu raaka-aine.
Sivuvirta	Sivuvirta on tuotteen valmistusprosessissa syntyvä sivutuote.

1 JOHDANTO JA TYÖN TAVOITTEET

Tämän opinnäytetyön toimeksiantaja oli Valio Oy Seinäjoen tehdas. Valio on yksi Suomen suurimmista meijeri- ja elintarvikealan toimijoista. Seinäjoen Valion tehtaalla valmistetaan muun muassa levitteitä, rahkoja, raejuustoja, proteiinivanukkaita, jogurtteja ja maitojauheita. Opinnäytetyö koskee suodatinlaitteen tehokkuutta ja vapaata kapasiteettiä. Suodattaminen on prosessi, jossa Valiolla hyödynnetään maitoa tai muiden tuotteiden valmistuksesta jäävää raaka-ainetta eli sivuvirtoja. Salmenperän (2004, s.31) mukaan tällaista sivuvirtaa on esimerkiksi juuston valmistuksessa syntyvä hera. Maidosta ja sivuvirroista tiivistetään maidonjakeita muihin tuotteisiin. Suodattaminen on aloitettu Seinäjoen tehtaalla 2010-luvulla.

Opinnäytetyölle annettiin tavoitteeksi tuoda esiin suodatinlaitteen nykyinen tehokkuus ja tuottamattoman ajan määrää. Suodatusprosessin eri vaiheita kutsutaan askeleiksi. Eri askeleiden tehokkuutta tutkittiin hyödyntämällä laatutyökaluja.

Valiolla hyödynnetään leanin laadunhallintatyökaluja sekä halutaan minimoida aikahävikkiä ja turhia prosessia hidastavia tekijöitä jatkuvasti. Six Sigman (i.a.-b) mukaan lean on tehokkuuden määrittelyn ja tehokkuuden maksimoinnin työkalu, jonka historia alkaa Japanista Toyotan tehtaalta.

Tuottamatonta aikaa tutkittiin paneutumalla prosessin ulkopuolella olevaan aikaan. Prosessin ulkopuolella olevan ajan määrää selvitettiin laskemalla prosessin vievä aika vuorokaudesta. Ajan määrän selvityksen lisäksi prosessin ulkopuolella olevan ajankäytön syyt selvitettiin kahden viikon ajan käytössä olevalla seurantalomakkeella.

Opinnäytetyön rakenne. Opinnäytetyön johdanto-osiossa kerrotaan tutkimustavoite lyhykäisyydessään sekä esitellään toimeksiantaja. Lisäksi johdannossa kerrotaan lyhyesti opinnäytetyössä käytetyistä menetelmistä. Esille tuodaan myös tehdyn selvityksen lähtökohtia.

Seuraavaksi opinnäytetyössä tutustutaan meijeriteollisuuteen, suodattamiseen prosessina sekä laadunhallintatyökalu lean six sigmaan. Suodattaminen esitellään yleisesti prosessina ja syvennytään erilaisiin suodatusmekanismeihin. Lean six sigman laadunhallintaa esitellään ja tuodaan opinnäytetyössä käytettyjä työkaluja esille. Myös DMAIC -ongelmanratkaisutyökalu on esitelty osana kappaletta.

Luvussa 4 kerrotaan, miten opinnäytetyössä tuodaan haluttua tietoa esiin. Tehdasjärjestelmän ansiosta laitteistosta on saatavilla hyvin aineistoa. Tehdasjärjestelmään tallentuvat kaikki prosessien eri askeleet. Lisäksi Valiolla on käytössä raportointilomake, josta saadaan ajettut maitoraaka-aineen määrät sekä tuotetut määrät esille. Menetelmänä oli tuoda tiedot eri lähteistä yhteen visuaalisesti, jolloin niiden työstäminen saavutettavaan muotoon on helpompaa.

Tulokset jaetaan kahteen kokonaisuuteen: askeleet sekä tuottamaton aika. Opinnäytetyössä tulokset tuodaan esiin visuaalisesti, minkä ansiosta niiden tarkastelu on helpompaa. Osiossa selviävät askeleiden ongelmat ja ajankäytön kohdistuminen.

Johtopäätökset-osiossa tuon esille omaa pohdintaa tuloksista. Pohdin tulosten avulla menetelmien luotettavuutta ja käyttökelpoisuutta. Lopuksi pohdin saatujen tulosten hyödyllisyyttä ja käyttöä jatkossa tulevilla tutkimuksilla.

2 MEIJERITEOLLISUUS JA SUODATUS

2.1 Meijeriteollisuus

Virrankosken (1975, s.117—118) mukaan Suomen ensimmäinen meijeri perustettiin 1857, jonka jälkeen niitä perustettiin enemmän ympäri Suomea. Pieniä kylämeijereitä perustettiin lähes jokaiselle herraskartanolle. 1900-luvun alussa Suomessa alkoi suurempien osuusmeijereiden yleistyminen, johon vaikutti suurimpana tekijänä rasvan erottamiseen kehitetty separaattori. Ennen separaattorin keksimistä voi valmistettiin odottamalla, että maidon rakenne hajosi. Separaattorin yleistymisen jälkeen voita pystyttiin valmistamaan koneellisesti tehokkaammin ja nopeammin.

Virrankoski (1975, s.117) kertoo lehmien jalostuksen vaikuttaneen myös maidon määrän nousuun. Lehmät jalostettiin suuremmiksi kuin ne luonnostaan olivat. Lehmien lukumäärä 1900-luvun tienoilla ei ollut noussut asukaslukuun nähden, vaikka maidon määrä olikin noussut. Teollistumisen myötä meijeriteollisuudesta tuli yksi Suomen tärkeimmistä vientituotteista maailmalle.

Hyrylä (2020, s.14) esittelee meijeriteollisuuden osana Suomen elintarviketeollisuutta. Meijeriteollisuus kattaa suomalaisesta elintarviketeollisuuden liikevaihdosta noin 20 %, mikä tarkoittaa vuonna 2019 yli kahta miljardia euroa. Maitotaloustuotteet ovatkin edelleen tärkeimpiä Suomen vientituotteita maailmalle elintarvikealalta. Monet muistavat 2014 vuoden Venäjäpakotteiden vaikutuksen, kun Suomen kaupoissa myytiin juustoa todella halvalla. Valtiovarainministeriön (2014, s.8) mukaan tämä johtui siitä, kun vienti Venäjälle vähentyi hetkellisesti. Vienti ei koskaan palautunut samalle tasolle kuin ennen vuotta 2014. Ukrainan sodan takia vienti Venäjälle on loppunut uudelleen.

Meijeriteollisuudella tarkoitetaan Tilastokeskuksen (i.a) mukaan maitotuotteita, jotka ovat jalostettu maidosta. Jalostamisella tarkoitetaan prosesseja, joissa syntyy tuotteita kuten:

- voita- sekä muita voiöljypohjaisia levitteitä
- piimä, viili, jogurtti, rahka ja smetana
- maitojauhe

- maidot ja kermit
- kermapohjainen jäätelö
- juustot, kuten tuorejuusto ja kypsytettävät juustot.

Myös tuotteiden sivuvirtojen eli tuotteiden valmistuksessa jäävän raaka-aineen jatkokäsittely on meijeriteollisuuden tuote. Salmenperän (2004, s.31) mukaan meijeriteollisuudessa tuotteiden valmistuksessa syntyy myös maitohuuhteita. Hänen mukaansa maitohuuhteita syntyy linjojen ja tankkien pesuista, jolloin vedellä poistetaan kiinteä lika. Maitohuuhteita käytetään eläinten rehuna.

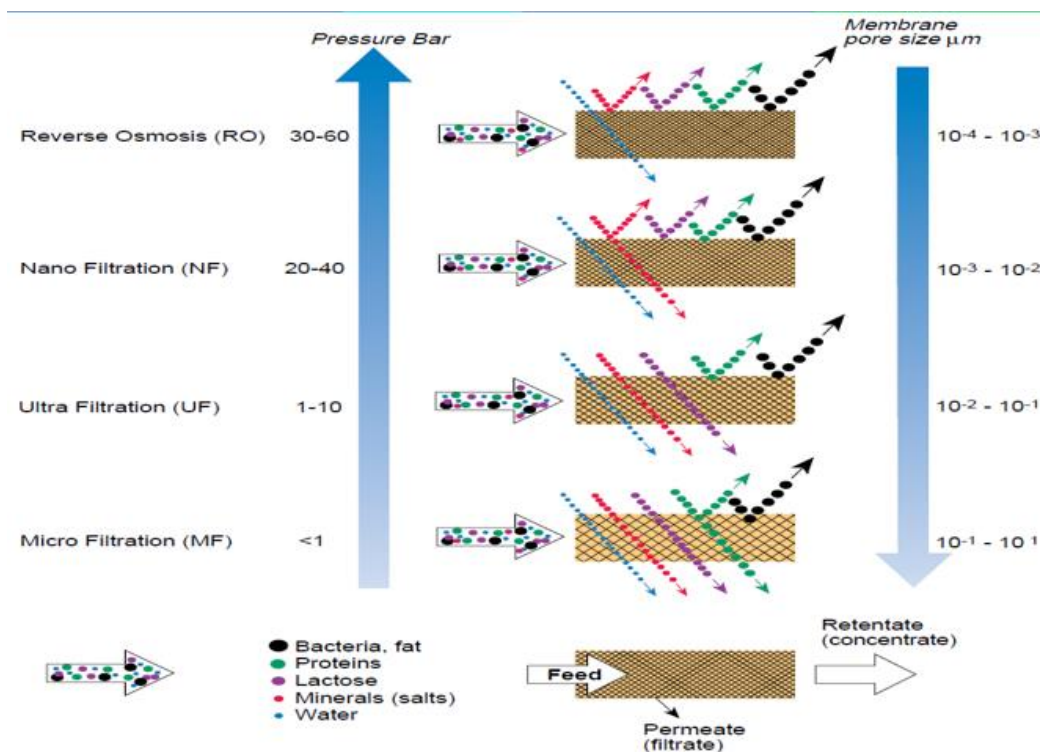
2.2 Suodatus

Suodattamisesta puhutaan ihmisten arjessa arkisimmissakin askareissa, kuten kahvin keittämisessä. Kahvin keittäminen muistuttaa kuitenkin oikeasti enemmän uuttamista, sillä kahvin keitossa raaka-ainetta eli kahvinpuruja ei suodateta pois, vaan sitä uutetaan. Teollinen suodatus on suodattamista, missä ainetta tiivistetään tai erotetaan toisistaan.

Bylundin (2003, s.23—24) mukaan suodatustapoja on kahdenlaisia, Dead-End- ja Cross-Flow-suodatus. Dead-End-suodatuksessa suodatettava raaka-aine suodatetaan painovoiman avulla kalvoa päin, jolloin erotettava jaloste läpäisee kalvon. Dead-End-suodatus on panostoimista. Panostoiminen tarkoittaa, että Dead-End-suodatuksessa suodattimeen laitetaan vain yksi raaka-aine, josta suodatetaan haluttu jaloste, jonka jälkeen raaka-aine otetaan pois. Cross-Flow-suodatuksessa raaka-aineesta erotetaan kaksi jalostetta paineen avulla. Cross-Flow suodattaminen on jatkuvatoiminen prosessi, eli raaka-ainetta saadaan prosessoitua jatkuvasti. Kaikki tässä opinnäytetyössä esitellyt suodatusprosessit ovat Cross-Flow-suodatusta.

Chen (2018) kertoo, että suodatusta hyödynnetään meijeriteollisuudessa monissa prosesseissa, kuten maidon konsentroinnissa eli tiivistyksessä. Lisäksi suodatuksen avulla voidaan poistaa laktoosi ja suolaa. Suodattaminen on puoliläpäisevän kalvon ominaisuuksiin perustuva tekniikka. Sillä tarkoitetaan sitä, että kalvo päästää läpi osan raaka-aineesta ja osa jatkaa matkaa. Kalvot päästävät läpi pienemmät molekyylit samalla pidättäen isommat.

Kutz (2013, s.211) kertoo, että suodatuksessa hyödynnetään painetta sekä partikkeleiden kooka ja muotoa. Partikkeleilla tarkoitetaan molekyyliä, joita halutaan suodattaa. Niiden koko ja muoto vaikuttavat siihen, millaisen kalvon ne läpäisevät tai jättävät läpäisemättä. Putkistoissa oleva paine auttaa molekyyliä erottumaan toisistaan. Eri maitojakeita kuten laktoosia tai proteiinia saadaan erotettua raaka-aineesta erilaisten kalvojen ja suodatustekniikan avulla. Kuviossa 1 Bylund (2003, s.125) esittelee Cross-flow-suodatustekniikat, jotka ovat tunnettuja meijeriteollisuudessa. Kuvassa näkyy, että mitä pienempiä molekyyliä raaka-aineesta erotetaan, sitä suurempi paineen tulee olla suodattimen putkistoissa.



Kuvio 1. Erilaiset suodatusmenetelmät, vaadittava painealue, erotettavat partikkelit ja suodatinkalvojen huokosten koot (Bylund, i.a.).

Kuviossa 1 esitellään erilaisia menetelmiä, joiden paineet eroavat toisistaan. Eri menetelmien avulla voidaan suodattaa erilaisia molekyyliä. Kuviossa 1 on esitelty seuraavat menetelmät:

MF- eli mikrosuodatus: Bylundin (2003, s.125) mukaan erotetaan korkeintaan 1 barin paineessa bakteerit, joiden koko on 10^{-1} - 10^1 mikrometriä. Mikrosuodatuksen avulla raaka-aineesta voidaan erotella bakteeri- ja rasvamolekyylit sekä joitain proteiinimolekyylejä.

UF- eli ultrasuodatus: Bylund (2003, s.125) kertoo ultrasuodatuksessa erotettavan 1—10 barin paineessa laktoosi, mineraali ja vesi syötöstä, jotka ovat kooltaan 10^{-2} - 10^{-1} mikrometriä.

Ultrasuodatuksen avulla erotellaan bakteeri-, rasva- ja proteiinimolekyylit kokonaan. Ultra-suodatuksesta kerrotaan myöhemmin lisää, sillä se on yksi yleisimmin käytetty suodatin.

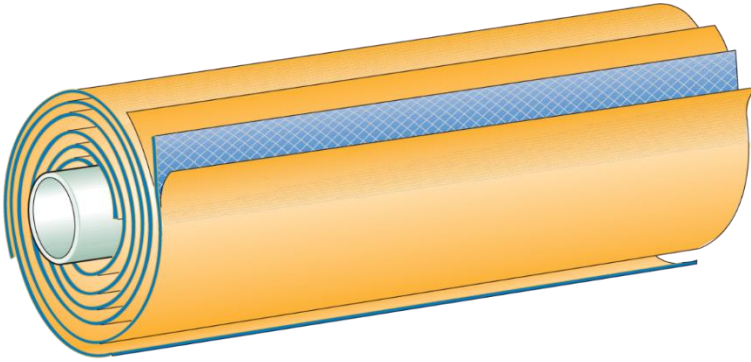
NF- eli nanosuodatus: Paine suodattimella on Bylundin (2003, s.125) mukaan 20—40 barin, jolloin pienten kalvojen avulla saadaan erotettua veden lisäksi vain vähän mineraaleja. Nanosuodatuksessa erotellaan aiempien bakteeri-, rasva ja proteiinimolekyylien lisäksi laktoosimolekyylit ja joitain mineraalimolekyylejä.

RO- eli käänteinen osmoosisuodatus: Bylund (2003, s.125) esittelee suodattimella erotettavan veden muusta nesteestä korkeassa paineessa. Eli käänteisessä osmoosisuodatuksessa saadaan erotettua muut molekyylit pois vedestä. Vettä voidaan myös hyödyntää esimerkiksi pesuissa.

Bylundin (2003, s.125) mukaan raaka-aineesta, jota suodattimella prosessoidaan, käytetään nimitystä *Feed* eli syöttö. Suodattimelle ajetaan raaka-ainetta haluttu määrä. Suodatuksessa raaka-aine ohjataan suodatinputkiin, joissa se suodattuu paineen avulla eli molekyylit erottuvat raaka-aineesta. Bylundin (2003) kuvion 1 alalaidassa näkyy syöttö menossa suodatukseen.

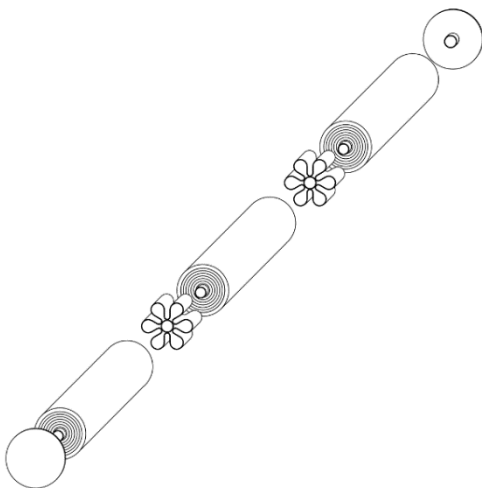
Suodatuksessa osa molekyyleistä suodatetaan pois ja osa jatkaa matkaa. Poissuodatettua osaa Kutz (2013, s.211—212) kutsuu permeaatiksi. Permeate (engl.) tarkoittaa suomeksi läpäisyä tai läpitukenkumista. Permeaatti on siis se osa raaka-ainetta, joka läpäisee kalvon. Bylundin (2004) kuviossa 1 permeaatti näkyy suodatuksessa eroavina molekyyleinä.

Retentaatiksi Kutz (2013, s.211—212) nimittää osaa, josta molekyylit on erotettu. Retentaatti tulee englanninkielisestä sanasta *Retain*, eli pysyvä osa. Retentaatti on siis syötteen osa, joka jatkaa matkaa. Bylundin (2004) kuviossa 1 retentaatti näkyy suodatuksen jatkotuotteena.



Kuvio 2. Spiraalinmuotoinen suodatinkalvo (Bylund, i.a.).

Suodatuksessa käytetään monenlaisia suodatinkalvoja käyttötarkoituksen mukaisesti. Bylund (2003, s.127—128) esittelee kuviossa 2 meijeriteollisuudessa usein käytössä olevan spiraalimuotoisen suodatinkalvon, jossa kalvo on kerroksittain spiraalissa muodossa.



Kuvio 3. Suodatinkalvojen kiinnittymistapa ja kiinnityskappaleet.

Bylundin (2003, s.128) mukaan suodatinkalvot kiinnitetään toisiinsa välikappaleiden avulla kuvion 3 mukaisesti. Välikappaleet mahdollistavat virtauksen jatkuvan spiraalinmuotoisesta suodatinkalvokerästä toiseen.

Ultrasuodatus. Ultrasuodatus perustuu pääosin molekyylin koon mukaiseen erotukseen, eli kalvo erottaa molekyylit, jotka mahtuvat kalvon läpi. Kutz (2013, s.211) kertoo ultrasuodattimen erottamia isoja molekyylejä olevan rasva ja proteiini, jotka jatkavat retentaatissa. Pienemmät erotettavat molekyylit ovat laktoosi, mineraalit ja vesi, jotka muodostavat permeaatin. Bylund (2003, s.125) kertoo ultrasuodattimen kalvojen huokosten koon olevan noin 10^{-2} — 10^{-1} mikrometriä. Paineen tulee olla ultrasuodattimessa 1—10 barin väliltä.

Grandison ja Lewis (1996, s.116) kertovat diavesiannostelun tarkoittavan suodatuksessa raaka-aineen huuhtelua vedellä. Kun raaka-aineet huuhdellaan vedellä, pienemmät molekyylit eivät jää suodatinkalvoon kiinni, vaan menevät paremmin läpi, sillä suodatinkalvot puhdistuvat. Kutzin (2013, s.211) mukaan ultrasuodatuksessa voidaan käyttää diavesiannostelua huuhtomaan proteiinia, sillä proteiinimolekyylit kasvavat veden ansiosta. Tällä tavoin suodatus tapahtuu puhtaammin ja saadaan nostettua konsentraatiota eli tiivisteiden proteiinipitoisuutta.

Salmenperä (2004, s.32) kertoo, että esimerkiksi juuston valmistuksesta jää yli heraa, josta voidaan suodattaa esimerkiksi proteiinitiiivistettä. Bylundin (2004, s.333, 335) mukaan herasta valmistetaan WPC- ja WPI-proteiinitiiivisteitä. WPC sisältää proteiinia 20—89 % ja WPI 90 % tai enemmän. Valiolla suodatettuja proteiinitiiivisteitä käytetään esimerkiksi lasten ruokaan.

3 LEAN SIX SIGMA

Six sigman (i.a.-b) mukaan lean juontaa juurensa Japaniin 1900-luvun puolivälin jälkeen Toyotan tehtaalle, jossa kehitettiin ja käytettiin erilaisia laadunhallinta ja tuotannon maksimoinnin työkaluja. Toyotan tehtaan toimintatapoja kutsutaan Toyota production systemiksi (lyhenne TPS). Toyotan (i.a.) mukaan TPS-tuotantoon viitataan usein lean-tuotantona.

Lean six sigma on laadunhallintatyökalu, jossa on yhdistettynä lean ja six sigma. Taghizadegan (2006, s.2–3, 59) mukaan lean on tarpeettoman ajan lyhentämistä ja toiminnan nopeuttamista. Six sigma keskittyy ongelmien tunnistamiseen ja niiden hävittämiseen. Hänen mukaansa yhdistämällä nämä kaksi tehokkuutta parantavaa työkalua voidaan luoda tehokkain tuotantotapa WCP (engl. World class performance), jota kutsutaan lean sig sigmaksiksi. Lean six sigman tarkoitus on luoda tuotanto, jossa tuotannon laatua parannetaan Six Sigman avulla ja tehokkuutta leanin avulla.

Karjalainen (2023) esittelee juurisyy selvittämisen ongelmanratkaisutapana, joka usein yhdistetään Toyotan toimintatapoihin. Ongelmanratkaisutyökalu toimii yleisesti siten, että ongelmalta kysytään miksi niin kauan, että ongelman todellinen aiheuttaja saadaan selville.

Sixsigma (i.a.-a) tuo esille pareto-kaavion ongelmien havainnointivälineenä. Pareto-kaavion teoria on se, että 20 % ongelman syistä aiheuttaa 80 % ongelmasta. On yleistä, että prosessin tai tuotannon ongelmaan on useita eri syitä ja pareton mukaan siis noin viidennes syistä aiheuttaa lähes kokonaan ongelman.

Opinnäytetyössä esitellään seuraavaksi lean ja six sigma erikseen omina kappaleina. Opinnäytetyössä osittain käytössä ollut lean six sigman DMAIC-ongelmanratkaisuväline esitellään myös omana kappaleenaan.

3.1 Lean

Kouri (2009) kertoo leanin olevan tuotannon arvoa lisäävää toimintaa, mutta sen ei ole tarkoitus olla kustannustensäästöohjelma. Tällä tarkoitetaan, että työstä tehdään tehokkaampaa keskittymällä työn ongelmiin eikä työntekijöihin. Hänen mukaansa lean-työkaluja käyttämällä voidaan parantaa yrityksen kilpailukykyä. Näin tehdään esimerkiksi poistamalla prosessien

hukka-aikaa. Hukka-ajalla tarkoitetaan prosessien tuottamatonta aikaa eli kaikkea aikaa, joka on turhaa tai ei tuota mitään arvoa prosesseille eikä sen lopputuotteelle.

Arrowin (i.a) mukaan tuotannon yleisimpiä hukkia ovat ylituotanto, odottelu ja viivästyksset, tarpeeton kuljettaminen, laatuvirheet, tarpeettomat varastot, ylikäsittely, tarpeeton liike työkentelyssä ja käyttämättä jätetty työntekijän luovuus.

Kourin (2009) mukaan tuottavuuden parantamiseen ei tähdätä työtahdin lisäämisellä. Tarkoitus ei ole tehdä työntekijöiden työskentelystä epämiellyttävää tai vähentää työntekijöiden tarvetta. Esimerkiksi työntekijällä voi mennä aikaa, kun tarvittava siivousväline pitää hakea kaukaa. Leanin mukaan silloin ei pidä hoputtaa työntekijää, vaan siirtää siivousväline lähemmäs.

Kouri (2009) esittelee lean-työkaluna imun ja virtauksen tutkimisen tehokkuuden kannalta. Imu tarkoittaa, että tuotetta valmistetaan vain tarpeen mukaan. Imun tarkoituksena on siis välttää ylituotantoa. Virtaus tarkoittaa raaka-aineiden käyttöä nopeasti välttäen ylimääräistä varastointia. Imusta ja virtauksesta koostuu tuotteen läpimenoaika eli aika, jolloin raaka-aineesta tulee lopputuote. Six Sigman (i.a.-c) mukaan mahdollisimman pienellä läpimenoajalla saavutetaan paras taloudellinen arvo prosessille.

Arrow (i.a.) luettelee neljä tapaa lean-tuotannon saavuttamiseksi, joita ovat luetettavan ja reaaliaikaisen tiedon kerääminen, jokapäiväiset tuotantopalaverit, analysoinnin ja kehittämisen priorisointi ja tulosten seuraaminen sekä niiden perusteella parantaminen.

3.2 Six Sigma

Taghizadega (2006, s.3–4) kertoo että sig sixma on 1980-luvulla William Smithin kehittämä laatutyökalu Motorolan tehtaalle. Työkalun tarkoituksena on parantaa laatua ja vähentää sen vaihtelua sekä maksimoida tuottavuus. Deepali (2010, s.9—11) kertoo six sigman olevan kuuteen pääperiaatteeseen sitoutuva työkalu. Hänen mukaansa nämä kuusi standardia ovat:

- täydellisyyden tavoittelu ilman virhemarginaalia
- tiedon kerääminen ja sen pohjalta toiminen
- ryhmätyön ja eri osaamisen hyödyntäminen

- prosessin, johdon ja kehityksen priorisointi
- ennakoiva johto
- asiakaslähtöisyys ja asiakkaiden toiveisiin nopea reagointi.

3.3 DMAIC

Deepalin (2010, s.41,51) mukaan ongelmia tuotannosta tai prosessista voidaan poistaa hyödyntämällä ongelmanratkaisutyökalua DMAIC:ia. DMAIC tulee sanoista define, measure, analyze, improve ja control. Ongelmanratkaisutyökalu DMAIC:n tarkoituksena on löytää ongelma prosessista, parantaa se ja hallita parannusta.

Define: Deepalin (2010, s. 43—46) mukaan "Define" eli havainnointi on ongelman tunnistamista. Ongelman tunnistuksessa tulee ottaa huomioon ongelman laajuus ja sen vaikutukset tuotantoon. Havainnoinnissa on tarkoituksena löytää ongelmia ilman niiden ratkaisua. Tämä tarkoittaa, että ongelmat tuodaan esiin, vaikka ongelmalle ei ole ratkaisua tiedossa. Hänen mukaansa prosessin ongelmista kannattaa tehdä kartoitus, johon prosessista tietävät ihmiset osallistuvat. Havainnoinnissa tulee ottaa myös huomioon ongelman mittaukseen liittyvät asiat, kuten ongelman mitattavuus.

Measure: eli mittausvaihe on Arterin (2021) mukaan vaihe, jossa prosessia tai tuotantoa mitataan. Hän esittelee mittausvaiheen tärkeimmäksi tavoitteeksi selvittää prosessin nykytilanne. Prosessin nykytilanteesta halutaan tuoda esille vähintään parannettavien osien nykytilanne. Deepali (2010, s.47) kertoo kannattavaksi hyödyntää prosessista tai tuotannosta tietäviä työntekijöitä. Kuuntelemalla työntekijöitä voidaan varmistua oikeanlaisesta mittausmenetelmästä.

Analyze: Arterin (2021) kertoo, että "analyze" eli analysointivaiheen tarkoitus on pohtia keinoja mittauksessa ilmenneiden ongelmien korjaamiseksi. Haetaan vastausta, että millä tavoin ongelmalle saadaan ratkaisu.

Improve: parannusvaihe on Arterin (2021) mukaan vaihe, jossa esitellään parannusehdotus tai -ehdotukset ongelmalle ja päätetään toimintasuunnitelma. Toimintasuunnitelma tarkoittaa parannusten tekemisestä ja valvomisesta tehtyä suunnitelmaa. Parannukset voivat olla

esimerkiksi yksittäisiä toimintatapojen muutoksia tai kokonaisen uuden laitteen käyttöä. Toimintasuunnitelmassa otetaan parannukset käyttöön.

Control: Arter (2021) kertoo valvonnan eli "control" tarkoittavan vaihetta, jossa selvitetään, onko ongelmalle löytynyt ratkaisu. Valvonnan aikana pyritään myös vakiinnuttamaan korjattavaa toimintaa. Mittaamalla korjattua ongelmakohtaa mittausmenetelmien mukaan ja vertaamalla aikaisempiin tuloksiin, voidaan helposti nähdä parannuksen toimivuus. Parannusta kannattaa myös mitata, jotta nähdään, onko parannus toiminut toimintasuunnitelman mukaisesti.

4 MENETELMÄT

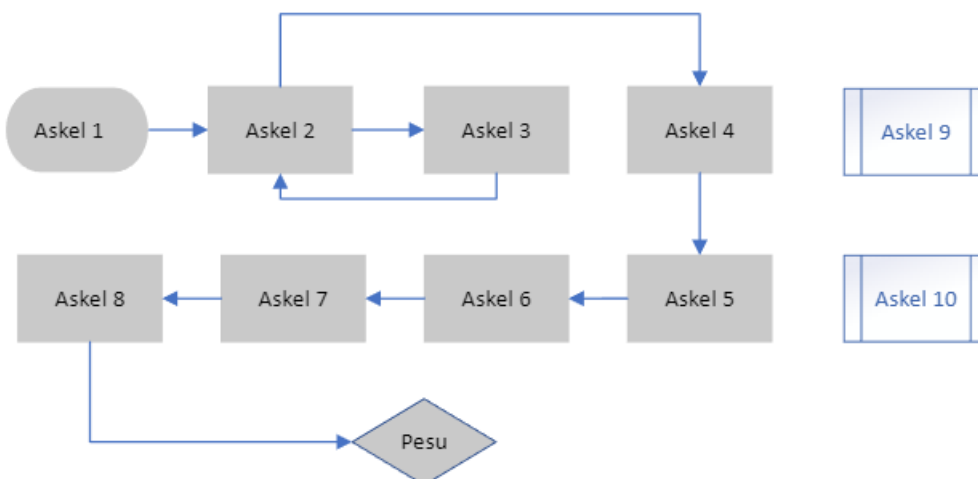
Seinäjoen Valiolla on käytössä useampia suodatinlaitteita, jotka hyödyntävät maitoraaka-aineita. Yksi käytössä olevista suodatinlaitteista on muiden tuotteiden valmistuksessa syntyviä sivuvirtoja hyödyntävä suodatinlaitteisto mitä opinnäytetyö koskee. Valion suodatinlaitteistossa on käytössä myös diavesiannostelu.

Valiolla olevat tuotevalmistajat tilaavat retentaattia eli jalostettua raaka-ainetta tarvittavan määrän tuotteiden valmistukseen. Tilatun retentaatin määrän perusteella suodatusvalvomo tilaa jalostamatonta raaka-ainetta suodatettavaksi. Jos retentaattia ei tilata tai ei ole syytä käynnistää prosessia suodatinlaitetta ei käynnistetä.

Jalostamaton raaka-aine on siis tässä tapauksessa suodatinlaitteen syöte ja tuotevalmistajien haluama jalostettu raaka-aine on retentaatti. Suodatuksessa syntyy retentaatin lisäksi permeaattia. Permeaatti opinnäytetyön suodatinlaitteelta jatkaa toiselle suodattimelle, jossa siitä tulee eläinten rehua ja vettä.

4.1 Prosessi

Suodatusprosesseissa on erilaisia vaiheita, joita nimitetään askeleiksi (kuvio 4).



Kuvio 4. Suodatinprosessin askeleet prosessikaaviona.

Kuviossa 4 on suodatusprosessi prosessikaaviona. Suodatusprosessissa askeleita on enemmän, mutta opinnäytetyön kannalta olennaisinta ovat nämä 10. Kuvasta on nähtävillä eri askelien järjestys prosesseissa. Askeleet 9 ja 10 tulevat vika- ja häiriötilanteissa, jolloin ne

eivät ole suoranaisesti ole osa prosessia. Askeleet ovat jokaisessa Valion tämän suodatinlaitteen suodatusprosesseissa samat, mutta niiden ajallisissa pituuksissa on vaihtelua. Askeleet suodatusprosesseissa ovat:

- 1. Askel:** Ensimmäisen askeleen tarkoitus on käynnistää suodatin ja nostaa suodattimen paine haluttuun arvoon ja käynnistää suodattimen pumpput. Paineen säätö suodattimien suodatinputkissa on 2,54 baria.
- 2. Askel:** Toinen askel tulee, kun suodatin on nostanut itsensä valmiiksi prosessiin eli paineet ovat tarvittavat ja pumpput ovat käynnistyneet. Tässä askeleessa suodatinlaitteisto odottaa niin kauan, että tuotevalmistaja asettaa ohjelmaan seuraavan askeleen.
- 3. Askel:** Kolmannen askeleen aikana testataan kalvot. Kalvotesti on valittava käsin, kun suodatin on 2. askeleessa. Kalvotestin tarkoitus on testata kalvojen kuntoa. Testin lämpötila-asetus on 17-astetta. Kalvotestin suorittamisen jälkeen suodattimelle kuitataan kalvotestin onnistuminen ohjelmaan ja suodatin palaa vesikiertoaskeleeseen.
- 4. Askel:** Neljännen askeleen tuotevalmistaja aloittaa asettamalla ohjelman käsin suodattimen palattua kolmannen askeleen jälkeen askeleeseen 2. Neljännessä askeleessa suodatin tasoittaa suodattimen virtaukset ja paineet, jotta suodattaminen voidaan aloittaa.
- 5. Askel:** Viides askel on tuotannon aloitus, jolloin pumpput ajavat suodattimelle raaka-ainetta. Viides askel tulee automaattisesti neljännen askeleen jälkeen. Retentaatti kiertää suodattimessa niin kauan että tiheydensäätö arvo on haluttu ja suodatin siirtyy seuraavaan askeleeseen. Heti tuotannon aloituksesta alkaa syntyä jo permeaattia, joka ajetaan toiselle suodattimelle.
- 6. Askel:** Kuudennen askeleen aikana tapahtuu suodatus. Suodatuksessa syntyy retentaattia ja permaattia. Suodatus kestää niin kauan kuin raaka-ainetta riittää tai retentaattia on saatu jalostettua tarpeeksi. Suodatusaskeleessa tiheydensäätö pyritään pitämään halutulla tasolla. Suodatusaskeleessa syntyvä retentaatti ajetaan säiliöön odottamaan jatkotuotantoa.

- 7. Askel:** Seitsemänteen askeleeseen siirrytään, kun suodatus halutaan lopettaa. Lopeuksessa suodattimelle ajetaan vettä raaka-aineen sijaan. Vettä ajetaan niin kauan, että tiheydensäätö saavuttaa ohjelmistoon määritetyn alarajan. Retentaatin ja permaatinn syntyminen loppuu ohjelmiston määritysten mukaisesti.
- 8. Askel:** Kahdeksannen askeleen aikana suodatus on lopetettu ja suodatin odottaa pesua. Pesun odotus kestää niin kauan, että suodattaja valitsee suodattimelle pesuohjelman ja aloittaa pesun.

Kaksi viimeistä askelta eli askeleet 9 ja 10 tulevat ainoastaan häiriöiden ja vikatilojen yhteydessä.

- 9. Askel:** Yhdeksäs askel tulee, kun suodatin menee kiertotilaan. Kiertotilassa suodattimelle ei ajeta lisää raaka-ainetta eikä suodatin tuota retentaattia tai permeaattia. Kiertotila johtuu häiriöstä tai ongelmasta suodattimella.
- 10. Askel:** Kymmenes askel on hätäseis-askel. Hätäseis-askel sulkee suodattimen kokonaan, mukaan lukien kaikki luopit eli suodatinputket sekä pumpit. 10. askeleelta jatkettaessa tuotantoa joudutaan käymään 1. askel uudestaan.

Prosessien eli jokaisen askeleen läpikäymisen jälkeen suodatinlaitteisto pestään. Suodatinlaitteistolle on määritetty pesuohjelmat suodatetun raaka-aineen mukaan. Pesuohjelman valintaan vaikuttaa myös seuraavaksi tulevan prosessin raaka-aine. Suodatinlaitteen pesuohjelmia on neljä erilaista. Pesuohjelmien kesto vaihtelee valitun ohjelman mukaisesti.

4.2 Askeleiden ajalliset pituudet

Työ aloitettiin kartoittamalla prosesseista erilaiset askeleet sekä niiden kesto. Prosessien askeleet esiteltiin äskeisessä kappaleessa. Tehdastietojärjestelmä kerää kaiken prosessilaitteen käsittelyn talteen, jota pystyttiin hyödyntämään tiedonkeruussa. Tehdastietojärjestelmästä saatiin askelkohtaiset kestot minuutteina, joista kopioitiin laskentataulukoksi. Opinnäytetyössä käytettiin Exceliä tiedonkäsittelyssä. Tuotantomäärät sekä tuotetut retentaattimäärät saatiin paperisista suodatusraporteista kopioitua Excel-pohjalle. Liitteessä 2 on esitelty muitakin askeleita, joilla ei ole merkitystä tämän opinnäytetyön kannalta.

Askeleiden kartoittamisen jälkeen tehtiin yhteenveto käytetystä ajasta jokaisella prosessien askeleella, jotka ovat nähtävillä liitteessä 4. Liitteessä 4 on tuotu esille piirakkadiagrammina kolme eri prosessimahdollisuutta, jota suodatinlaitteella syntyy.

Askeleiden ongelmien selvityksessä käytettiin kalanruotokaaviota, jonka jälkeen tietoja käsiteltiin lean six sigma -työkaluihin kuuluvalla juurisyy ongelmanratkaisutyökalulla. Suodatinlaitteen kanssa työskenteleviltä tuotevalmistajilta kyseltiin ongelmia, joita tuottamattomat askelet aiheuttavat. Ongelmista valittiin olennaisimmat, joita lähdettiin tutkimaan juurisyy ongelmanratkaisutyökalun avulla, jolloin ongelmien perimmäinen aiheuttaja saatiin selville.

4.3 Tuottamaton aika

Laitteen pesujen sekä tuotantojen välinen aika on tuottamatonta aikaa, jonka käyttömahdollisuudet selvitettiin. Selvitys aloitettiin ottamalla ylös kahden viikonajalta prosessi, pesu ja käyttämättömän ajan. Prosessi ja pesuaika otettiin ylös tehdastietojärjestelmästä ja siirrettiin Exceliin. Prosessien ja pesuajan ulkopuolelle jäävä aika on tuottamatonta aikaa, joka laskettiin jokaisen vuorokauden ylimääräisten tuntien avulla.

Tuottamattoman ajan määrän selvittämisen jälkeen koettiin tarpeelliseksi selvittää syyt tuottamattomalle ajalle ylimääräisen kapasiteetin selvittämiseksi. Liitteessä 1 kuvatus mukainen seurantalomake oli käytössä kahden viikon ajan. Tuottamatonta aikaa selvitettiin liitteen mukaisella seurantalomakkeella. Seurantalomakkeeseen saaduista tiedoista koostettiin taulukot, jotka havainnollistavat käytettyä aika

5 TULOKSET: ASKELEIDEN AJALLISET PITUUDET

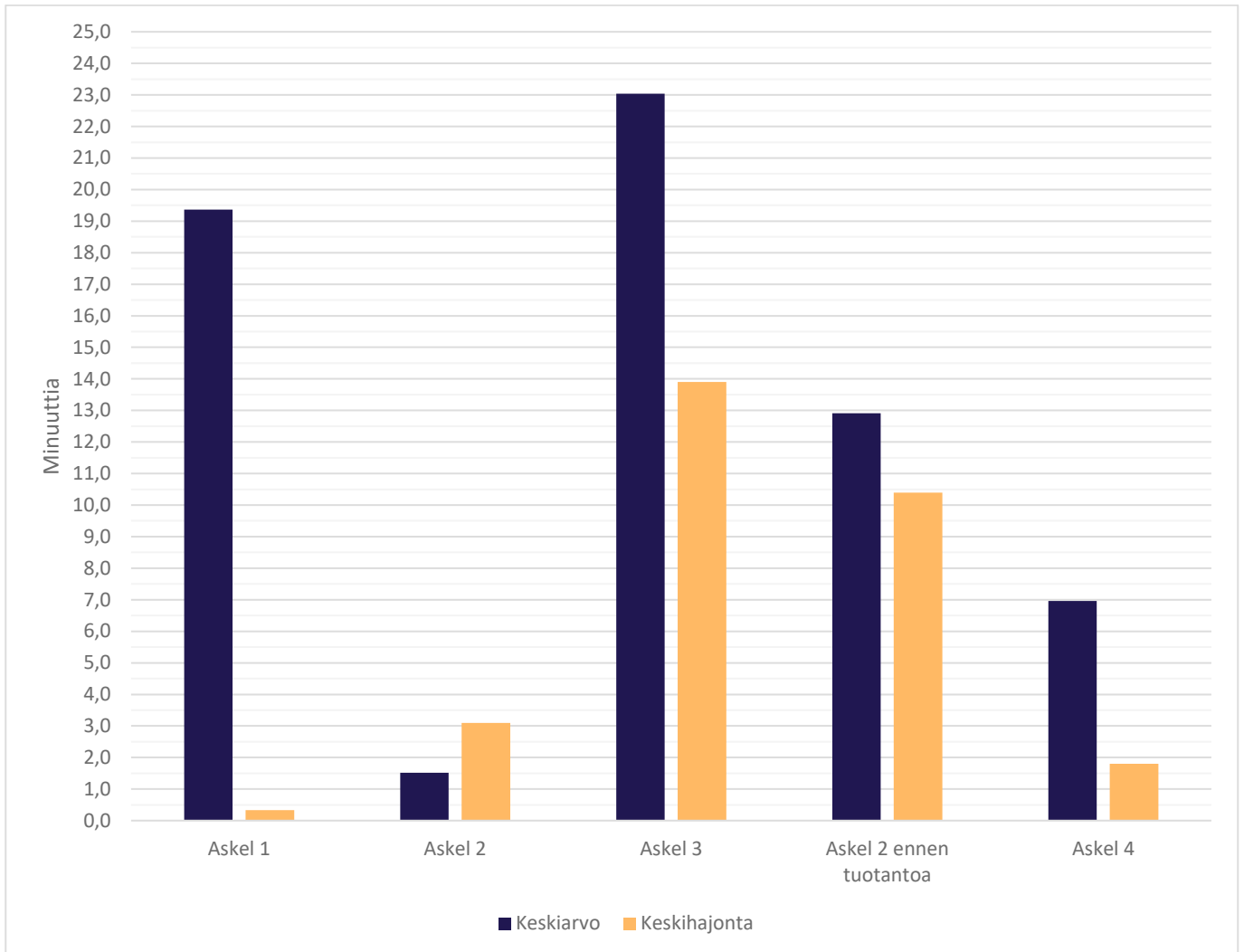
Opinnäytetyössä haluttiin selvittää suodatinlaitteen nykyistä tehokkuutta ja kapasiteettia eli tuottamatonta aikaa. Tässä luvussa käsitellään tehokkuutta ja seuraavassa kapasiteettia. Tehokkuutta selvitettiin kartoittamalla laitteen askeleet ja niihin kuluva aika. Askeleiden ajan määrittäminen on tärkeää, jotta suodatinlaitteen tehokkuutta voidaan ymmärtää.

5.1 Tuottamattomat askeleet

Askeleet, joissa suodatinlaitteelle ei mene raaka-ainetta tai laite ei jalosta raaka-ainetta, voidaan kutsua tuottamattomaksi. Tuottamaton askel siis tarkoittaa askelta, joka ei tuota mitään. Suodatinlaitteelle on kolme erilaista suodatusprosessia. Liitteen 4 diagrammeissa on eritelty nämä kolme prosessia. Näiden kolmen prosessin tuottamattomat askeleet ovat samat. Suodatusprosesseissa näitä askeleita ovat askeleet 1—4.

Keskiarvon ja keskihajonnan avulla saatiin tuotua esille ajon tuottamattomien askeleiden käyttämä aika. Liitteen 4 avulla tehtiin kuvio 5, johon laskettiin aritmeettinen keskiarvo prosessien askeleen käyttämästä ajasta. Kuvioon 5 laskettiin myös otannan keskihajonta. Keskihajonnan avulla voidaan nähdä, onko askeleiden käyttämissä ajoissa suuria heittelyitä.

Aritmeettinen keskiarvo lasketaan jakamalla otannasta saatujen minuuttien summa niiden lukumäärällä. Keskihajonta laskettiin Excelin kaavalla *keskihajonta.p*, jolloin kaava ottaa keskihajonnan annetusta perusjoukosta.



Kuvio 5. Yhteenveto tuottamattomista askeleista.

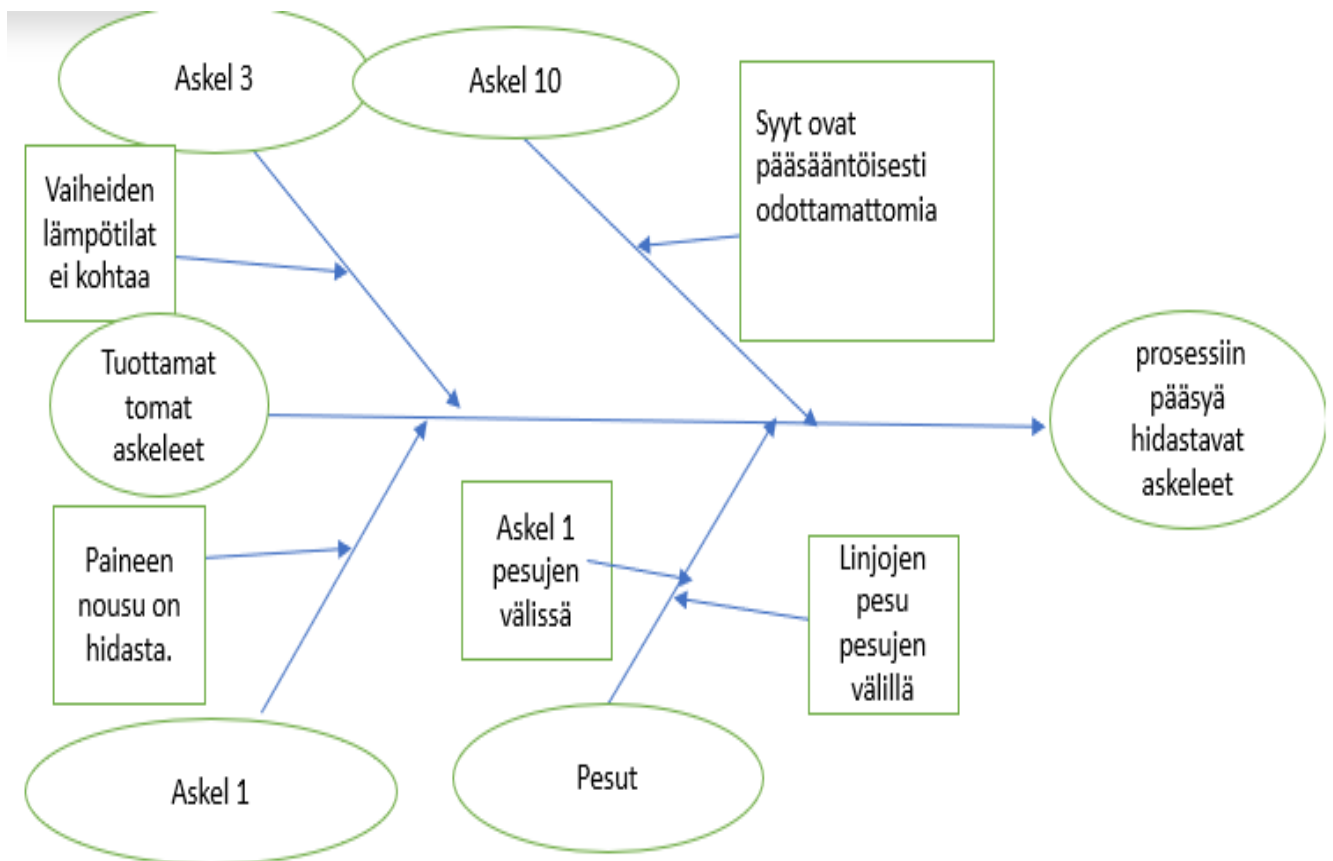
Askel 1 on askel, jonka aikana suodatinlaitteen pumpput käynnistetään ja paineet nostetaan haluttuihin arvoihin. Askel 1 kestää 19,5 minuuttia kuvion 5 perusteella. Askeleessa 1 on vain pieni 0,5 minuutin keskihajonta otannassa. Pienen keskihajonnan ansiosta voidaan sanoa, että askel kesti keskimäärin 19–20 minuuttia tutkitun ajanjakson aikana.

Askeleen 2 aikana suodatinlaite odottaa askelta 3. Askel 2 kestää noin 1,5 minuuttia, kuitenkin suhteelliseen suurella 3 minuutin keskihajonnalla. Kun suodatin on askeleessa 2 uudelleen ennen askelta 4 eli ennen tuotantoa se kestää 7 minuuttia. Silloin keskihajonta on noin 2 minuuttia. Askel on siis pidempi toisella kerralla.

Askeleen 3 aikana suodatin testaa kalvot. Kolmas askel kestää noin 23 minuuttia ja sen keskihajonta on noin 14 minuuttia. Kolmannen askeleen ajalliset pituudet vaihtelevat siis keskimäärin 9 ja 37 minuutin välillä.

5.2 Prosessien askeleiden ongelmat

Opinnäytetyössä haluttiin selvittää myös prosesseja ohjaavien henkilöiden mielipiteet prosessien askeleiden ongelmista. Prosessien askeleiden ongelmat haluttiin tuoda esille kalanruoto-kaavion avulla. Kalanruotokaavioon ongelmat tuotiin haastattelemalla neljää laitteen kanssa työskennellyttä henkilöä. Haastattelukysymykset olivat avoimia ja koskivat tuottamattomia askeleita. Niissä kyseltiin laitteen toiminnasta sekä ongelmista.

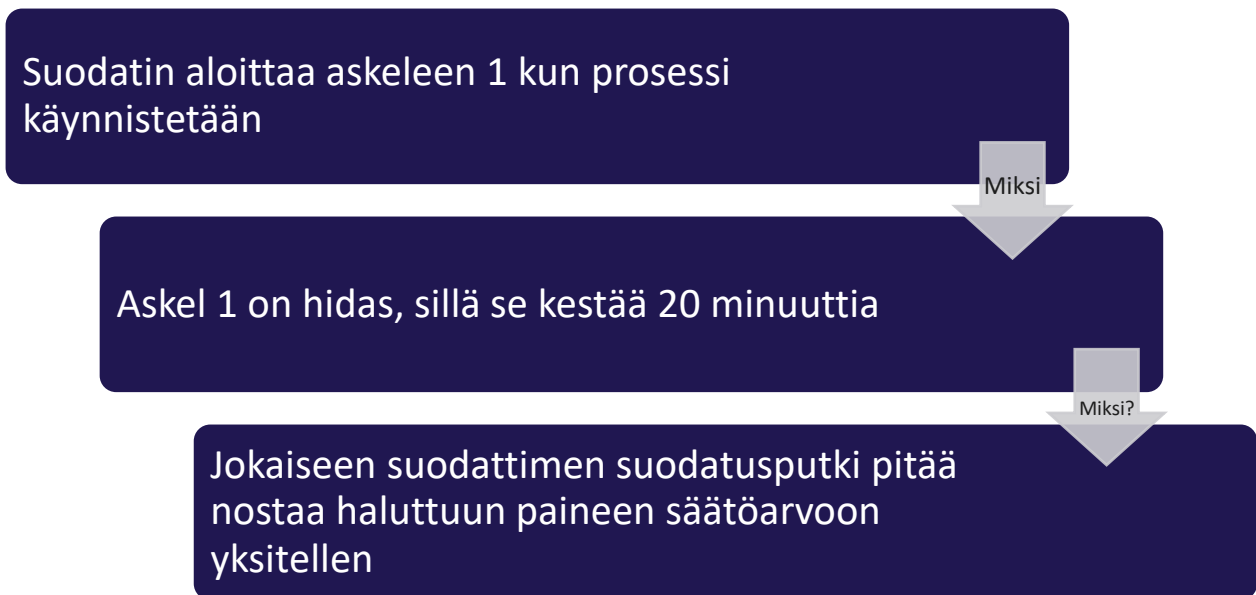


Kuvio 6. Kalanruotokaaviossa on neljän laitteen kanssa työskennelleen ihmisen kertomat syyt prosessien hitaudelle.

Kuvion 6 kalanruotokaaviosta todettiin syyt, jotka hidastavat prosesseja. Syy ensimmäisen askeleen hitaudelle oli suodatinlaitteen paineen nousun kesto. Kolmas askel hidastui haastattelun perusteella sen takia, että suodatinlaitteen suodatinputkien lämpötilat eivät kohtaa. 10. askeleen eli hätäseis-askeleen syyt ovat odottamattomia. Pesuja ei ole eritelty erikseen askeleina, mutta pesut hidastavat prosesseja. Niiden syiksi haastateltavat kertoivat, että laite pitää aina käynnistää pesun jälkeen ja paineet on nostettava uudelleen. Lisäksi ongelmana on, että suodatinlaitteen raaka-aine sekä vesilinjat pitää pestä pesujen välissä tai niiden jälkeen.

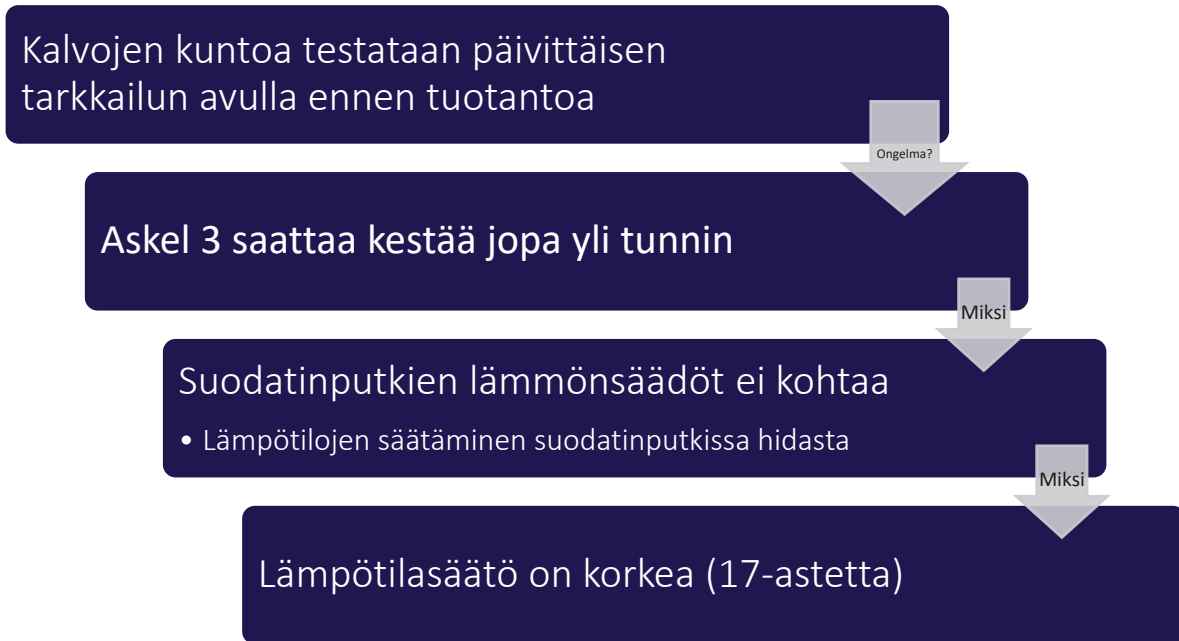
Ongelmien syyt. Kalanruotokaaviossa 1. askel ja 3. askel nousivat eniten esille. Kuviossa 6 on nähtävissä myös pesujen ja hätäseis-askeleen eli 10. askelele ongelmat. Opinnäytetyössä nämä kuitenkin rajattiin pois.

Askeleiden ongelmien aiheuttajan etsimisessä hyödynnettiin ongelman juurisyysratkaisu työkalua.



Kuvio 7. Ensimmäisen askeleen syyn kartoittaminen.

Askel 1 kestää lähes 20 minuuttia. Kalanruotokaaviossa ensimmäisen askeleen ongelmaksi kerrottiin, että suodatinlaitteiden paineiden nostamisessa kestää kauan. Kuviossa kolme selviää, että paineiden nostamisessa kestää, koska jokaisen suodatinputken paineet pitää nostaa yksitellen.

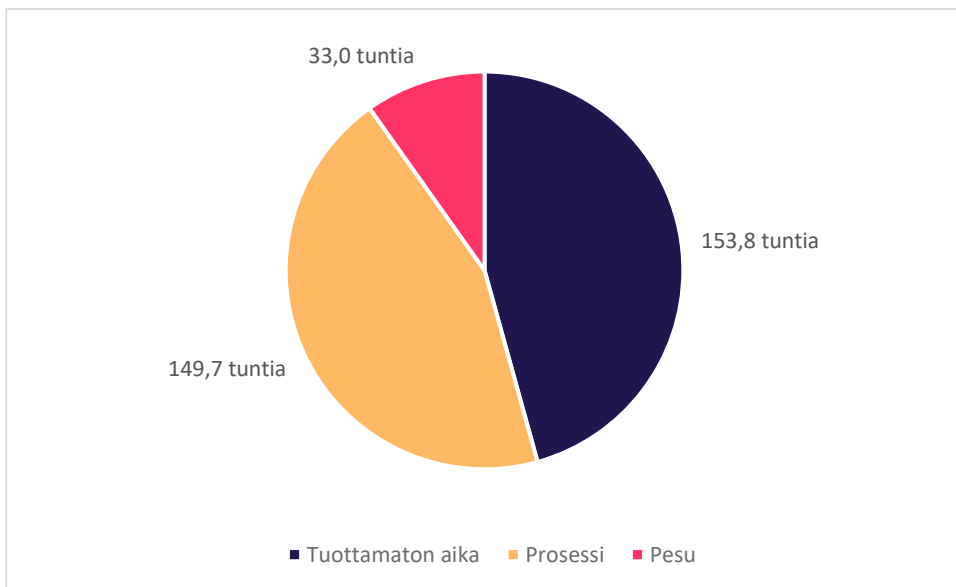


Kuvio 8. Kolmannen askeleen syyn kartoittaminen.

Askeleen 1 lisäksi hidastava tekijä tuotannossa on kolmas askel. Askel 3 vie reilu 20 minuuttia aikaa ja keskihajonta on miltei 15 minuuttia. Näin siis keskimääräisetkin ajat heittelevät 9 ja 37 minuutin välillä. Askeleen pituus siis vaihtelee suuresti ja kestää kauan. Kalanruotokaa- viosta kuviossa 2 on nähtävissä, että prosessien kanssa työskentelevät ihmiset kertoivat on- gelmaksi lämpötilaerot suodatinputkissa. Kuviosta 4 nähdään, että syynä on liian korkea läm- pötilan säätö. Kaikkien putkien pitää olla samassa lämpötilassa, jotta 3. askeleesta voidaan siirtyä seuraavan. Ongelmana siis on, että suodatinputkilla kestää kauan päästä samaan lämpötilaan. Jos lämpötila olisi optimoitu lähemmäs suodatinputkissa olevaa lämpötilaa en- nen askelta 3, niin aikaa voitaisiin säästää.

6 TULOKSET: TUOTTAMATON AIKA

Tuottamattomalla ajalla tarkoitetaan tässä opinnäytetyössä prosessien eli askeleiden ja pesujen välissä olevaa aikaa. Tuottamattoman ajan määrän ja syiden selvittämisellä voidaan selvittää, miksi tuottamatonta aikaa on ja voidaanko siihen vaikuttaa.

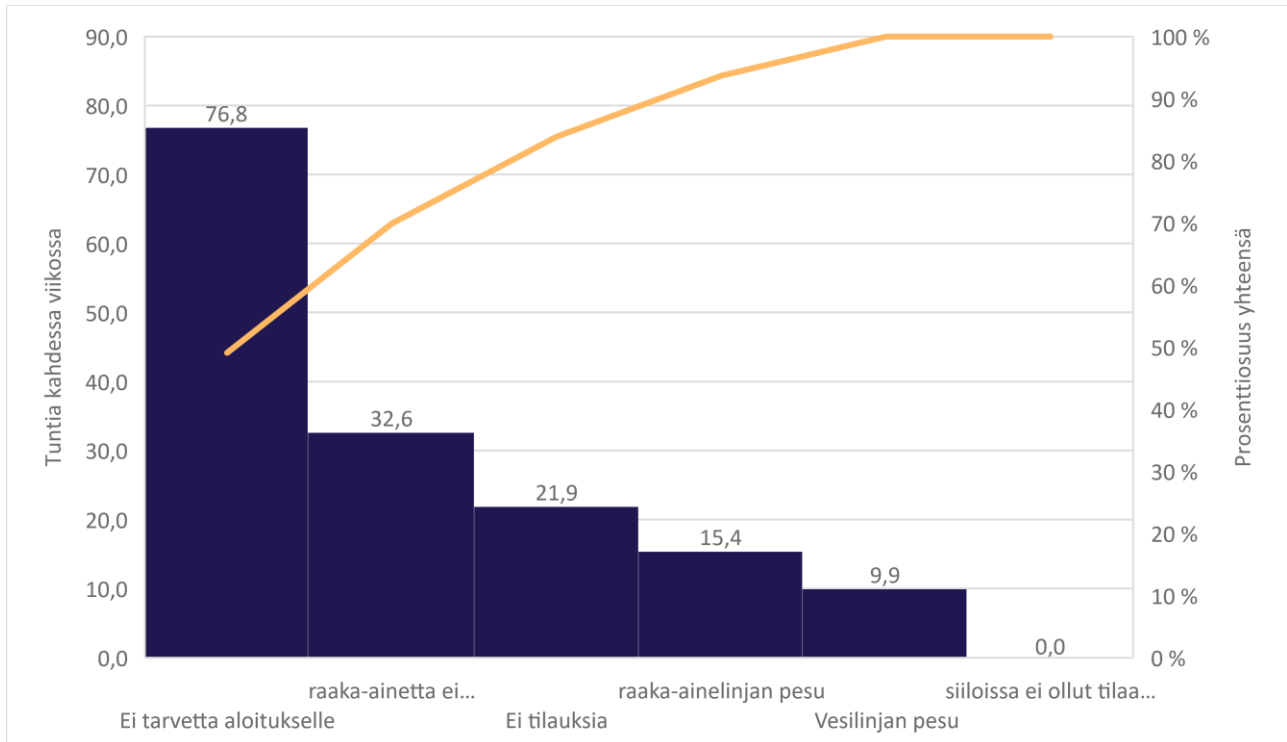


Kuvio 9. Ajan jakautuminen kahdessa viikossa.

Kuviossa 9 on nähtävissä, että Valion suodatinlaitteella on tuottamatonta aikaa 46 % kahden viikon aikana eli noin 154 tuntia. Tuottamatonta aikaa on siis lähes puolet toiminnasta. Prosessit veivät noin 150 tuntia ja pesut noin 30 tuntia.

Liitteessä 3 on suodatinlaitteen prosesseista ja prosessien ulkopuolisesta ajasta koostetut jannot. Janojen avulla tuottamaton aika on helpommin nähtävillä.

Tuottamattoman ajan syiden selvitys. Kuviossa 9 nähdään kahden viikon aikana jakautunut aika. Seurantalomakkeen avulla selvitettiin syytä tuottamattomalle ajalle. Käyttämättömän ajan syyt ovat tuotu esille kuviossa 10. Kuviossa nähdään paljonko mikäkin on vienyt käyttämättömästä ajasta tunteina sekä prosentteina.



Kuvio 10. Seurantalomakkeelta saatujen tietojen perusteella koostettu tuottamattomien aikojen syyt.

”Ei tarvetta aloitukselle” oli yleisin syy suodattimen käyttämättömyydelle. ”Ei tarvetta aloitukselle” tarkoittaa että suodatusprosessi voitaisiin aloittaa, mutta sille ei ole tarvetta, esimerkiksi yövuorossa. Tilattu määrä saadaan valmistettua, vaikka suodatin käynnistetään myöhemmin, suodattajille sopivampana ajankohtana. Yövuoroissa suodattajia on yksi, kun taas päivävuorossa kaksi. Sitä oli yhteensä kahden viikonaikana lähes 77 tuntia, joka oli 49 % käyttämättömistä tunneista.

Seuraavaksi yleisin syy oli, että raaka-ainetta ei ole tarpeeksi. Silloin muilta osastoilta ei ole saatu sivuvirtana syntyvää raaka-ainetta tai sitä ei ole ollut tarpeeksi, jotta prosessi olisi voitu aloittaa. Sitä oli yhteensä lähes 33 tuntia. Kahdessa viikossa se tarkoitti käyttämättömistä syistä 21 %. Kaksi yleisintä syytä kattavat siis kuviossa 6 nähtävissä olevan noin 70 % tuottamattomasta ajasta.

Kolmanneksi yleisin syy on ”Ei tilauksia”. Silloin tuotevalmistuksesta ei ole tullut tilausta suodatuksen tuotteelle eli retentaatille. ”Ei tilauksia” tarkoittaa ettei suodattimella ajeta ollenkaan.

Edellä mainitut kolme yleisintä syytä kattavat 80 % tuottamattoman ajan syistä. Muut syyt ovat siis pienempiä ja vievät vain 20 % tuottamattomasta ajasta.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää Valion suodatinlaitteen tehokkuutta ja tuottamattoman ajan määrää. Opinnäytetyössä käytettiin DMAIC-prosessin ensimmäisiä vaiheita, jotka keskittyivät tiedon selvittämiseen.

Suodatinlaitteen tehokkuutta selvitettiin suodatusprosessin eri askeleiden käyttämällä ajalla. Lisäksi tehokkuutta selvitettiin kysymällä suodatinlaitteen kanssa työskenteleviltä ihmisiltä ongelmakohtia suodatinlaitteen tuottamattomissa askeleissa. Ongelmia analysoitiin vielä tarkemmin juurisyy ongelmanratkaisutyökalun avulla.

Tuottamatonta aikaa selvitettiin seurantalomakkeen avulla. Seurantalomakkeen avulla tuottamattoman ajan määrä ja erilaiset syyt tuottamattomalle ajalle selvisi. Erilaisia syitä tuottamattomalle ajalle selvisi useita, joista kolme käyttivät tuottamattomasta ajasta 80 %.

7.1 Tehokkuus: Askeleiden käyttämä aika

Tuottamattomista askeleista askeleet 1 ja 3 nousivat eniten aikaa vieviksi. Askeleiden ongelmiin pureuduttiin kalanruotokaavion sekä juurisyy ongelmanratkaisutyökalun avulla.

Askeleessa 1 suodatin nostaa paineet korkeaksi, joka hidastaa tuotannon aloitusta. Askelta voidaan nopeuttaa säätämällä haluttu paine pienemmäksi, jolloin ensimmäinen askel ei vie niin paljoa aikaa.

Askel 3 on tällä hetkellä askeleena ennen prosessia. Lämmönsäätö 17-asteeseen on korkea, joka vie suurimman osan ajasta askeleessa 3. Lämpötilaa optimoimalla alemmas, voidaan säästää huomattavasti aikaa kalvotestistä. Siirtämällä askeleen 3 prosessin aloituksesta pesun loppuun suodatuksen aloittaminen saataisiin nopeammaksi.

7.2 Vapaa kapasiteetti: Tuottamaton aika

Suodattimella on paljon tuottamatonta aikaa. Tuottamaton aika on vapaata kapasiteettia, sillä tuottamaton aika antaa mahdollisuuksia käyttää aika hyödyllisemmin ja lisätä kapasiteettia. Suurin syy suodattimen käyttämättömyydelle oli, ettei suodatinta ole tarvetta käynnistää.

Liitteessä 3 esitellään janojen avulla prosessien aikataulua. Jos kaikki tuottamaton aika, jonka syynä on, että suodatinta ei ole tarvetta käynnistää, olisi yhdellä päivällä, voitaisiin suodatinlaitteelle lisätä yksi suodatusprosessi lisää. Kuitenkin mikäli tuottamattoman ajan säästäisi yhdelle päivälle ja lisäisi näin tuotantoa, se aiheuttaisi vain raaka-aineen odottamista. Liitteettä 3 katsomalla voidaan todeta, että tuottamattomat ajat ovat vuorokausikohtaisia eikä aikaa voida säästää yhdelle päivälle.

Liitteestä 3 selviää myös, että tuotantoa voitaisiin lisätä päivittäin noin neljän tunnin verran aikoihin, jolloin suodatinta ei ole tarvetta käynnistää. Näin päivittäistä tuotantoa voitaisiin nostaa. Tasaisella tuotantomäärän nostolla käyttämättömän ajan määrä suodattimella vähenisi ja prosessiaika nousisi. Tuotantomäärän noususta saattaa kuitenkin aiheutua ongelmia suodatuksen toissijaisen tuotteen eli permeaatin suhteen. Permeaattia syntyisi tuotantomäärän nostosta enemmän kuin tällä hetkellä, joka saattaisi aiheuttaa tilaongelmia.

Myös raaka-aineen saanti voi aiheutua ongelmaksi suodattimen tuotantomäärän nostossa. Raaka-ainetta syntyy toissijaisena tuotteena muilta osastoilta, jolloin raaka-aineen saanti on epätasaista. Tuotantomäärän nosto voisi aiheuttaa ylimääräistä odottamista suodattimella, kun raaka-ainetta ei saataisikaan käyttöön tarpeeksi. Kapasiteetin lisäystä tulisi tutkia saatavilla olevan ylimääräisen raaka-aineen kautta, jolloin odotteluaikoja ei syntyisi.

Yksi syy tuottamattomalle ajalle oli erilaiset pesut. Pesut veivät tuottamattomasta ajasta yhteensä noin 20 %. Tällä hetkellä suodatin ei voi olla käynnissä linjapesujen aikana, joka aiheutti kahdessa viikossa odotusta kymmenen tuntia. Raaka-ainelinjan pesusta odotusta aiheutui lähes 15 ja puolituntia kahden viikon aikana. Linjat ovat eri pesuohjelmissa, jonka takia pesuja ei saa myöskään samaan aikaan päälle. Olisi hyödyllistä ohjelmoida linjojen pesut siten, että ne voidaan pestä samaan aikaan kun suodatin. Tällä tavoin voidaan säästää aikaa huomattavasti. Raaka-ainelinjan liittäminen osaksi suodattimen pesuohjelmaa vähentäisi odottelun raaka-ainelinjan kohdalta nollaan.

7.3 Yhteenveto

Valion suodatinlaitteelta löytyi paljon tehokkuutta alentavia tekijöitä. Jotkin tuottamattomat askeleet veivät todella paljon aikaa, mikä alentaa suoraan suodattimen tehokkuutta. Lisäksi suodatinlaitteella oli paljon tuottamatonta aikaa, kun suodatinta ei yksinkertaisesti käynnistetty tai pesut piti suorittaa vuorotellen.

Menetelmien avulla löydettiin nämä tehokkuutta alentavat syyt. Seuraavaksi suosittelen tekemään prosessiaikataulun. Mielestäni olisi tärkeää tehdä prosessiaikataulu, jotta tuotantoa voitaisiin lisätä. Prosessiaikataulun avulla voitaisiin laskea prosessin pituus ja hyödyntää aikaa paremmin. Permeaattimäärät kannattaisi huomioida prosessiaikataulussa, jolloin tilan kanssa ei tulisi ongelmia. Tämä vaatii kuitenkin lisää tutkimuksia ja suunnittelua.

Lean -työkalujen avulla voitaisiin parantaa Seinäjoen Valion suodatinlaitteen suodatusprosessien tehokkuutta entisestään. Opinnäytetyössä tuotiin esille tämänhetkinen askeleiden tehokkuus ja tuottamattoman ajan syyt. Lisätutkimusten avulla ja tässä opinnäytetyössä esiteltyjen tulosten perusteella on mahdollisuuksia tuotannon lisäykselle.

LÄHTEET

- Arrow. (i.a.). *4 askelta kohti Lean-tuotantoa: Tiedonkeruusta Lean-päivittäisjohtamiseen*.
- Pinja. <https://blog.pinja.com/opas-4-askelta-kohti-lean-tuotantoa?hsCtaTracking=307ce8f7-2dfb-41b9-80e0-33b87743fd6c%7C3820778e-77a2-453b-89e5-48a9c23e11a6>
- Arter. (2021). Ongelmanratkaisumenetelmä Lean Six Sigma DMAIC. *Miten prosesseja voidaan kehittää*. <https://www.arter.fi/six-sigma-dmaic/>
- Bylund, G. (i.a.). *Dairy processing handbook: Membrane technology*. Tetra Pak Processing Systems. <https://dairyprocessinghandbook.tetrapak.com/chapter/membrane-technology>
- Bylund, G. (2003). *Dairy processing handbook (2nd rev. ed.)*. Tetra Pak Processing Systems.
- Chen, Q., Zhao, L., Yao, L., Chen, Q., Ahmad, W., Li, Y., & Qin, Z. (2018). *The Application of Membrane Separation Technology in the Dairy Industry*. Technological Approaches for Novel Applications in Dairy Processing. doi: <https://doi.org/10.5772/68053>
- Desai, D. K. (2010). *Six sigma*. Himalaya Publishing House.
- Grandison, A. S., & Lewis, M. J. (1996). *Separation processes in the food and biotechnology industries*. Woodhead Publishing.
- Hyyrylä, L. (2020). *TEM toimialaraportit: Elintärkeä, monimuotoinen elintarvikeala*. Työ- ja elinkeinoministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-544-7>
- Karjalainen, E. (2023). *Juurisyyanalyysi ja sen kehittyminen*. QKK. <https://qkk.fi/juurisyyanalyysi-ja-sen-kehittyminen/>
- Kouri, I. (2009). *Lean Taskukirja*. Teknologiateollisuus Ry.
- Kutz, M. (2013). *Handbook of farm, dairy and food machinery engineering (2nd ed.)*. Elsevier / Academic Press.
- Paldanius, M. (2016). Optimointia Lean-menetelmän avulla. *Bio-analyytikko*.
- Salmenperä, H. (2004). *Ympäristöopas: Jätteen synnyn ehkäisy ympäristölupamenettelyssä*. Suomen Ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/41748/ymp%C3%A4rist%C3%B6-opas_116.pdf?sequence=1
- Six Sigma. (i.a.-a). *Kymmenen tilastollista Six Sigman työkalua selitettynä*. <https://six-sigma.fi/kymmenen-tilastollista-six-sigman-tyokalua-selitettyna/>
- Six Sigma. (i.a.-b). *Leanin Historiaa*. <https://sixsigma.fi/leanin-historia/>

Six Sigma. (i.a.-c). *Yleistä Leanista*. <https://sixsigma.fi/yleista-leanista/>

Taghizadegan, S. (2006). *Essentials of Lean Six Sigma*. Butterworth-Heinemann.

Tilastokeskus. (i.a). *Toimialaluokitus: 15510 Meijerituotteiden valmistus*.
<https://www.stat.fi/meta/luokitukset/toimiala/001-2000/15510.html>

Toyota. (i.a). *Toyota production system*. <https://www.toyota-europe.com/about-us/toyota-vision-and-philosophy/toyota-production-system>

Valtiovarainministeriö. (2014). *EU:n Venäjä-pakotteiden ja Venäjän vastapakotteiden taloudelliset vaikutukset*. https://valtioneuvosto.fi/documents/10184/1058456/Venajapakotteet_SUOMI.pdf/adf852b5-7917-4396-9b6e-ec3c3fc072c5

Virrankoski, P. (1975). *Suomen Talous Historia: Kaskikaudesta Atomikauteen*. Otava.

LIITTEET

Liite 1. Seurantalomakepohja

Liite 2. Askeleet tehdastietojärjestelmästä

Liite 3. Viikkoseurantajanat

Liite 4. Prosessien erivaiheiden kuluttama aika

Liite 1. Seurantalomakepohja

	Edellisen tuotannon pesun loppu	prosessin aloitus	1 pesu /3 pesu aloitus	2 pesu/4pesu pesun aloitus	Lisätietoa tai muu syy:
	Tuottamattomien tuntien syy:	Käytetyt tunnit:	esujen välillä tuottamaton(vaikutus) aikaa,	Käytetyt tunnit:	
	Tila ongelmat		Tila ongelmat		
	raaka-ainetta ei tarpeeksi		raaka-ainetta ei tarpeeksi		
	Vesiliinjan pesu		Vesiliinjan pesu		
	raaka-ainelinjan pesu		raaka-ainelinjan pesu		
	Ei tilauksia		Ei tilauksia		
	Ei tarvetta aloitukselle		Ei tarvetta aloitukselle		

Liite 1 Seurantalomake

Liite 2. Askeleet, jotka kartoitettiin tehdastietojärjestelmästä 1.1.2022-11.7.2022

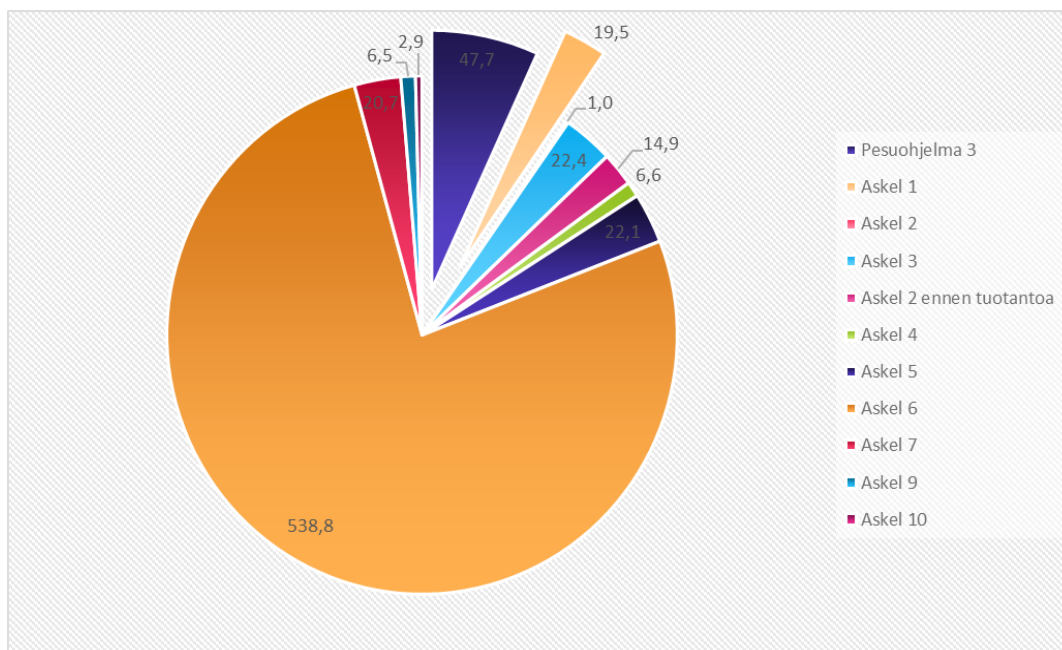
Päivämäärä, milloin ajettu.
Ajettu raaka-aineen määrä, eli suodatettu määrä.
Ajoaika, joka on eräkohtainen. Yksi erä sisältää prosessin alusta pesun alkuun.
Ajoaika, joka sisältää pesun tai pesut.
Pesuaika, laitteen pesuun käytetty aika.
Valmiin tuotteen määrä, eli suodatetun retentaatin määrä.
Tehotunnissa, eli ajettu raaka-aineen määrä jaettuna ajatulla ajalla ilman pesua.
Retentaatin tuotantoteho, eli valmiin tuotteen määrä jaettuna ajatulla ajalla ilman pesua.
Ylösajo, ylösajon kuluttama minuutti määrä.
Vesikierto-askel ennen kalvotestia.
Kalvotesti.
Vesikierto-askel ennen aloitusta.
Tasaus-askel.
Aloitus.

Suodatus.
2herna ohjelman alkuvesitys.
2herna ohjelman tuotesiirto.
Loppuvesitys.
Loppuvesitys 2herna ohjelmalla.
Tuotekierto.
Hätäseis.
Vesikierto ennen pesua.
Erän pesuaika yhteensä.
Pesun päivämäärä.
Pesu ohjelma.
Pesun kesto

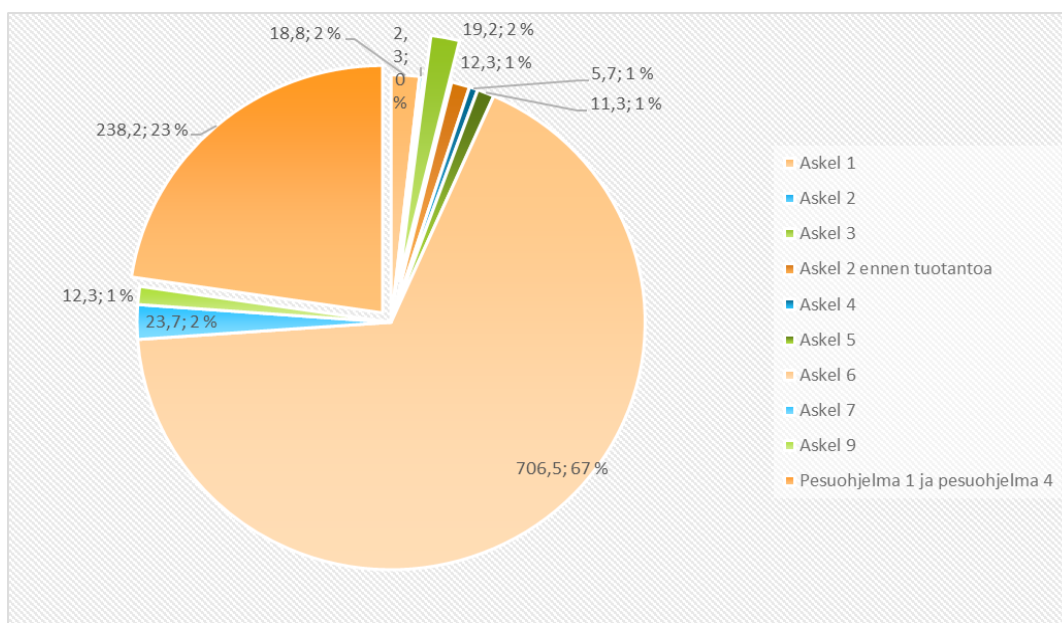
Liite 3 Viikkoseurantajanat

	0:00	0:30	1:00	1:30	2:00	2:30	3:00	3:30	4:00	4:30	5:00	5:30	6:00	6:30	7:00	7:30	8:00	8:30	9:00	9:30	10:00	10:30	11:00	11:30	12:00	12:30	13:00	13:30	14:00	14:30	15:00	15:30	16:00	16:30	17:00	17:30	18:00	18:30	19:00	19:30	20:00	20:30	21:00	21:30	22:00	22:30	23:00	23:30	0:00
Maanantai 3.10	Ei tilauksia, 00:00-21:52																														3 pesu, 21:52-22:39	Ei tarvetta aloitukselle 22:39-07:15																	
Tuotantoaika	Pesuaika	siloissa ei ollut tilaa tiivistettelle h	raaka-ainetta ei tarpeeksi h	Vesilinjän pesu	Ei tilauksia h	Ei tarvetta aloitukselle h	Raaka-ainelinjanpesu	0	68,4	0	0	28	1312	81	58																																		
Tiistai 4.10	Ei tarvetta aloitukselle 22:39-07:15														Vesilinjän pesu, 6:37-7:05	Prosessi 7:15-19:15														1 pesu, 19:17-20:20	Raaka-ainelinjanpesu 20:28-21:26	4 pesu 22:08-00:44																	
Tuotantoaika	Pesuaika	siloissa ei ollut tilaa tiivistettelle h	raaka-ainetta ei tarpeeksi h	Vesilinjän pesu	Ei tilauksia h	Ei tarvetta aloitukselle h	Raaka-ainelinjanpesu	723	175	0	0	28	0	485	58																																		
Keskiviikko 5.10	4 pesu 22:08-00:44	Ei tarvetta aloitukselle 00:44-6:52														Prosessi, 6:52-18:57														1 pesu, 18:57-20:05	Raaka-ainelinjanpesu 20:18-21:19	2 pesu, 22:38-00:19																	
Tuotantoaika	Pesuaika	siloissa ei ollut tilaa tiivistettelle h	raaka-ainetta ei tarpeeksi h	Vesilinjän pesu	Ei tilauksia h	Ei tarvetta aloitukselle h	Raaka-ainelinjanpesu	725,5	194	0	0	28	0	368	61																																		
Torstai 6.10	Ei tarvetta aloitukselle, 00:19-7:15														Prosessi, 7:15-17:40														3pesu, 17:45-18:49	Raaka-ainetta ei ollut tarpeeksi, 18:49-21:00	Ei tarvetta aloitukselle 21:00-6:10																		
Tuotantoaika	Pesuaika	siloissa ei ollut tilaa tiivistettelle h	raaka-ainetta ei tarpeeksi h	Vesilinjän pesu	Ei tilauksia h	Ei tarvetta aloitukselle h	Raaka-ainelinjanpesu	630,7	64	0	131	28	0	180	60																																		
Perjantai 7.10	Ei tarvetta aloitukselle, 21:00-06:10														Prosessi, 6:10-18:55														1 pesu, 18:55-19:59	Raaka-ainelinjanpesu 20:00-20:59	4 pesu, 21:00-23:55																		
Tuotantoaika	Pesuaika	siloissa ei ollut tilaa tiivistettelle h	raaka-ainetta ei tarpeeksi h	Vesilinjän pesu	Ei tilauksia h	Ei tarvetta aloitukselle h	Raaka-ainelinjanpesu	765,8	239	0	0	28	0	370	60																																		
Lauantai 8.10	raaka-ainetta ei tarpeeksi h														Prosessi, 9:55-19:24														3pesu, 19:24-20:10	Ei tarvetta aloitukselle, 20:10-13:11																			
Tuotantoaika	Pesuaika	siloissa ei ollut tilaa tiivistettelle h	raaka-ainetta ei tarpeeksi h	Vesilinjän pesu	Ei tilauksia h	Ei tarvetta aloitukselle h	Raaka-ainelinjanpesu	568,6	46	0	595	28	0	230	60																																		
Sunnuntai 9.10	Ei tarvetta aloitukselle, 20:10-13:11														Prosessi, 13:11-20:58														1 pesu, 21-22	Raaka-ainelinjanpesu 22:00-23:30																			
Tuotantoaika	Pesuaika	siloissa ei ollut tilaa tiivistettelle h	raaka-ainetta ei tarpeeksi h	Vesilinjän pesu	Ei tilauksia h	Ei tarvetta aloitukselle h	Raaka-ainelinjanpesu	469,3	90	0	0	60	0	791	60																																		

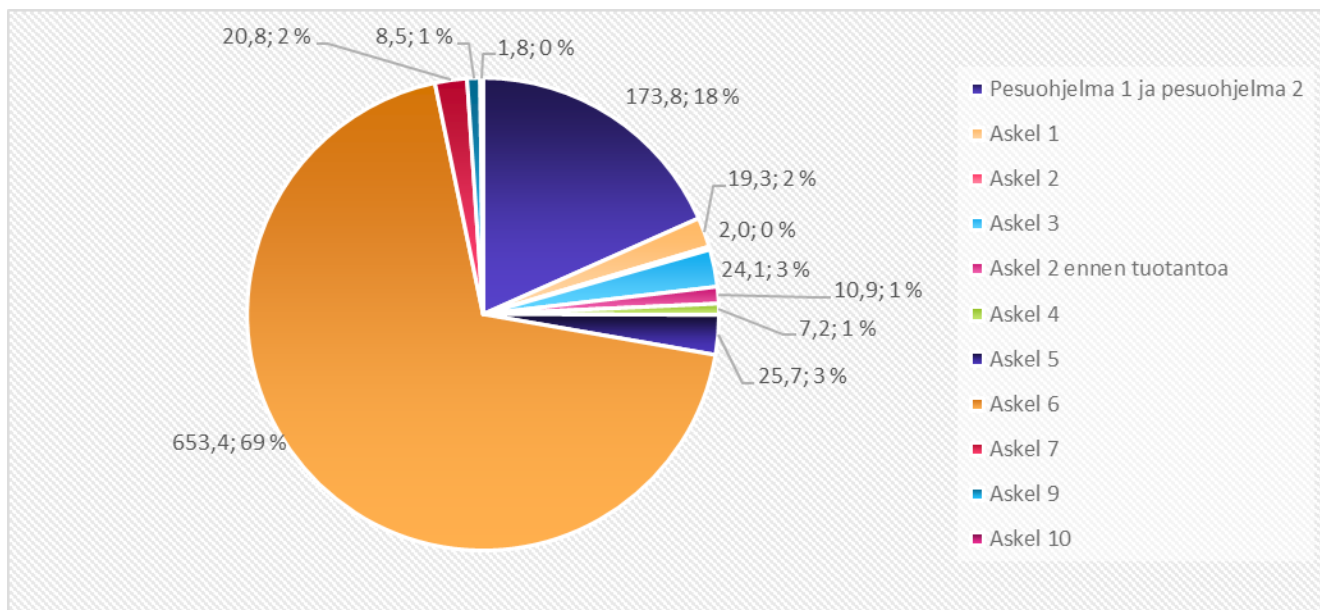
Liite 4



Kuviossa 1 nähdään prosessin vaiheiden kuluttama aika, kun prosessi loppuu pesuun 3.

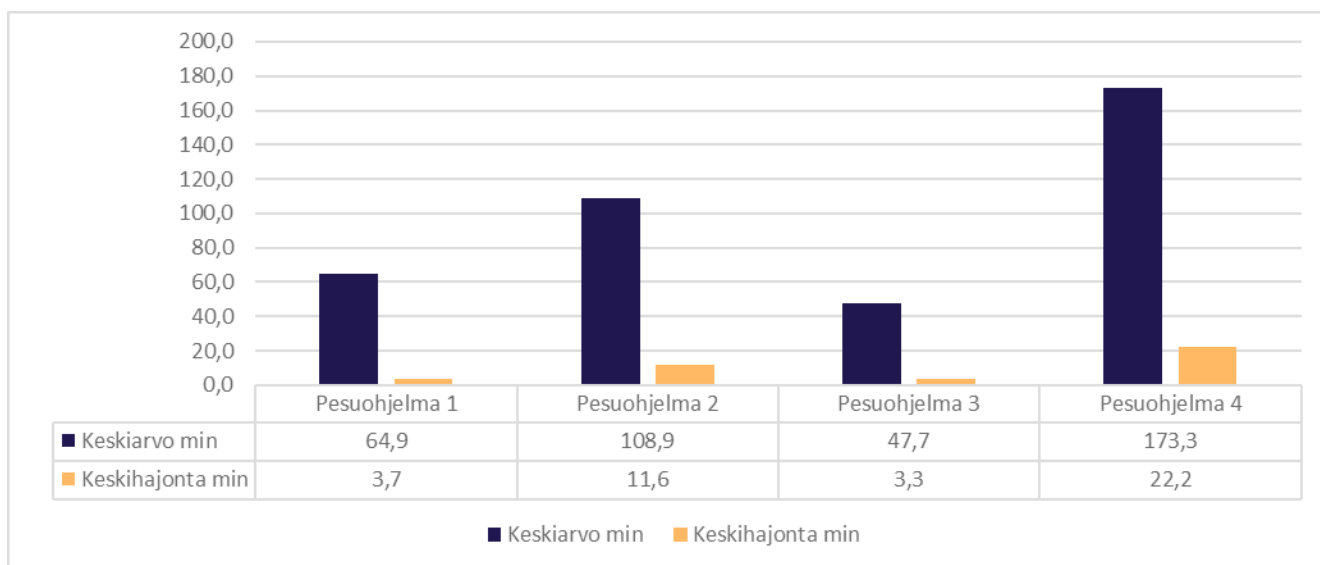


Kuviossa 2 prosessi loppuu pesuun 2, kun tuotanto raaka-aineena on maitoraaka-aine.



Liite 2

Kuviossa 3 nähdään maitoraaka-aine 1 vaiheiden kuluttama aika, kun prosessi loppuu pesuohjelmiin 1 ja 2.



Liite 3

Kuviossa 4 nähdään pesujen käyttämä aika keskiarvona sekä pesu aikojen keskihajonta.