



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Martina Nevala

# Tuotannon optimointi K3- vakuumpakkaus koneelle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja kemiantekniikka

Insinöörityö

1.9.2019

Tekijä Otsikko	Martina Nevala Tuotannon optimointi K3 vakuumpakkaus koneelle
Sivumäärä Aika	34 sivua + 4 liitettä 1.9.2019
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	Bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	Tuotannon esimies Marko Karilahti Lehtori Carola Fortelius-Sarén
<p>Työn toimeksiantajana oli kahvipaahotemotehdas Oy Gustav Paulig Ab. Työssä keskityttiin tutkimaan K3-pakkaus koneen kuljettimien optimointia Juhla Mokka 500 g:n tuotteella. Mittauksia suoritettiin kuudessa toisistaan poikkeavissa linjaston kohdissa ja nämä mittaukset toistettiin yhteensä 10 kertaa. Ylös kirjattiin ne tilanteet, joissa kuljettimet toimivat jouhevasti ilman vika- tai materiaalipysähdyksiä. Työhön liittyi osana myös koneiden ajureiden haastattelu, josta saatiin kerättyä tietoa linjaston ongelmakohdista.</p> <p>Tätä insinöörityötä on lähestytty lean -toimintamallin kautta ja käytetyn datan keräämiseen on hyödynnetty six sigma strategian mukaista tiedon keräämisen mallia. Six Sigman strategiaan kuuluu kehittämismallin mukainen DMAIC soveltamisstrategia, joka soveltuu K3 -linjaston optimoinnin analysointiin.</p> <p>3K-linjastolla ajetaan kolmella eri lavausmetodilla. Metodien yhteinen ongelma on, etteivät paketit etene linjastolla yhtä sujuvasti kuin muissa vastaavissa vakuumpakkauslinjastoilla. Tämän vuoksi ongelman tekijää on syytä tutkia. Vastaavia vakuumpakkauslaitteistoja Vuosaaren paahtimolla ovat K1, K2 ja K4. Tästä työstä saatuja tuloksia voidaan käyttää hyödyksi ja soveltaa myös muilla vakuumpakkauslinjastoilla.</p> <p>Tuotantoprosessin aikana esiintyy muutamia pullonkauloja, jotka hidastavat materiaalivirtauksien sujuvaa etenemistä. Linjaston alkupäässä tehdyissä mittauksissa havaittiin, että kovankoettajan kohdalla linjastolla esiintyi huomattavasti enemmän vaihtelua kuin muissa kohdissa linjastoa. Muiksi ongelmakohtiksi nousi tämän lisäksi se, että varttilavan muodostus on katkonaista ja aikaa vievää. Myös nostorobotti teki ylimääräistä työtä ja vakuumpakkaus koneen pakkauksien syöttötahti on liian suuri suhteessa linjaston nopeuteen.</p> <p>Linjaston epäkohtia pyritään säätämään mahdollisilla säädöillä jouhevammaksi ja yhtenäisemmäksi kokonaisuudeksi. Muutoksien avulla saadaan aika- ja materiaalihukkaa vähennettyä. K3-linjaston teoreettinen optimointi tapahtuu tahtiajan avulla, joka on laskettu tässä työssä toimeksiantajalle.</p>	
Avainsanat	Optimointi, linjasto, lean, six sigma, DMAIC, tahtiaika

Author Title	Martina Nevala Production Optimization for K3 Vacuum Packaging Machine
Number of Pages Date	34 pages + 4 appendices 29 April 2019
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Marko Karilahti, Production Supervisor Carola Fortelius-Sarén, Senior Lecturer
<p>The thesis project was commissioned by the coffee roasting factory Oy Gustav Paulig Ab. The project focused on studying the optimization of the conveyors of the K3 packaging machine with the Juhla Mokka 500g product. Measurements were made at six different points in the lines and these measurements were repeated 10 times in total. The situations where the conveyors functioned smoothly without any failure or material stops were recorded. The project also included a survey of machine drivers, which gathered information on the line problem.</p> <p>The 3K line is driven by three different palleting methods. The common problem with the methods is that the packets do not proceed as smoothly on the line as in other similar lines of vacuum packets. Therefore, it is advisable to investigate the problem. Similar vacuum packing equipment at Vuosaari roasters are K1, K2 and K4. The results of this thesis project can be utilized and applied to other vacuum packaging lines.</p> <p>During the production process, there are a few bottlenecks that slow down the flow of material flows. Measurements made at the beginning of the line showed that there was much more variation in the line at the hardener than in the other lines. In addition, other problems were raised by the fact that the formation of the skeleton is intermittent and time-consuming. Also, the lifting robot made extra work and the packing rate of the vacuum packing machine is too high in relation to line speed.</p> <p>The topic of this thesis project was approached through the Lean operating model, and the data collection model used in the Six Sigma strategy was used to collect the data used. The six sigma's strategy includes a DMAIC application paradigm that is consistent with the development model and is suitable for analyzing the K3 line optimization.</p> <p>Efforts are made to adjust the line drawbacks with possible adjustments into a more streamlined and unified entity. The changes will help to reduce time and material waste. The theoretical optimization of the K3 line takes place with the help of a timing calculated during this project for the client.</p>	
Keywords	optimization, line alignment, lean, six sigma, DMAIC, timing

## Sisällys

### Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimuksellinen viitekehys	3
2.1	Lean toimintamalli	3
2.1.1	Tahtiaika	9
2.1.2	Läpimenoaika	10
2.1.3	Juurisyys	10
2.1.4	Pullonkaulojen laki	10
2.2	Lean Six Sigma	11
2.3	DMAIC	12
2.4	Tutkimusongelma ja hypoteesi	13
2.5	Mittaukset ja aineiston kerääminen	14
2.5.1	Haastatteluaineiston kerääminen	14
2.5.2	Valitun menetelmän haasteet	15
3	Toimintaympäristön kuvaus	16
3.1	Sidosryhmät	16
3.2	Linjasto	17
3.2.1	Kovankoettaja	18
3.2.2	Ryhmäpakkaajat	19
3.3	Suoraan lavaus	20
3.3.1	Teholavaus	20
3.3.2	Varttilavaus	21
3.4	Lavausalue	22
4	Tulokset	22
4.1	Työntekijöiden haastattelun havainnot	22
4.2	Antero Putkirannan haastattelu	23
4.3	Mittaustulokset	24
4.4	Läpimeno- ja tahtiaika	26

5	Päätelmät ja jatkoehdotukset	27
6	Yhteenveto	34
	Lähteet	36
	Liitteet	
	Liite 1. Tuotantokaavio	
	Liite 2. Haastattelupohja	
	Liite 3. Mittauspöytäkirjat	

## Lyhenteet ja käsitteet

DMAIC	Six Sigman soveltamisstrategian ongelmanratkaisumalli.
EUR	EUR-lava on Euroopassa yleisesti käytössä oleva standardisoitu elintarvikelava.
FMT	Factory Management team Tehtaanjohtaja, tuotantopäällikkö, kunnossapitopäällikkö, laatupäällikkö, kiinteistö- ja turvallisuuspäällikkö.
Lean	Toimintamalli, joka luo tarkoituksenmukaisuutta.
NPD	New Product Development. Tuotekehitys.
Six Sigma	Lean toimituksen mukainen työkalu ongelmanratkaisuun.
SJ	Suodatinjauhettu kahvi.

## 1 Johdanto

Oy Gustav Paulig Ab on toiminut perheyriksenä vuodesta 1876 lähtien. Yrityksellä on toimintaa myös Baltiassa, Venäjällä, Ruotsissa ja Norjassa. Paulig on kahvin osalta Suomen ja Baltian markkinointijohtaja. Venäjällä se on toiseksi suurin paahdetun kahvin tuottaja. Yrityksen päätoimialana ovat kahvin lisäksi ruoka, mausteet ja pikkupurtavat. Pauligin kuuluisimpia brändejä ovat Paulig, Santa Maria, Risenta, Gold & Green ja Poco Loco. [1.]

Pauligin brändin ylläpitämä laatu tunnetaan kahvialalla omana käsitteenään. Paulig osaa vuosittain 0,7 % koko maailman kahvituotannosta, mikä tarkoittaa 60 miljoonaa kiloa raakakahvia vuodessa. Pauligin tunnetuimmat kahvimerkit ovat Juhla Mokka ja Presidentti. Vuosaaren ja Venäjän Tverin tehtaalla pakataan vuodessa yhteensä yli 100 miljoonaa kahvipakkausta vuodessa. [2.]

Insinööriytyö toteutui Oy Gustav Paulig Ab:n tehtaalla Vuosaarella. Työn tarkoituksena on kehittää K3-kahvinpakkauskoneen linjastoa tuotannollisesti tehokkaammaksi ja sujuvammaksi leanin periaatteita noudattaen. Tuotteiden sujuvampi eteneminen linjastolla tarkoittaa tuotteiden tehokkaampaa tuotantoa, jonka avulla taas voidaan säästää aikaa sekä materiaalihukkaa.

Tässä työssä keskityttiin K3 vakuumpakkauskoneen tutkimiseen ja optimointiin, erityisesti pakkauksen sujuvaan yhtäjaksoiseen kulkuun linjaston läpi lavausalueelle. Tutkittava tuote linjastolla on Juhla Mokka 500 g sj kahvi vakuumpakkaus. Tätä tuotetta tuottava linjasto valittiin insinööriytyöhön, koska se on Pauligin suosituin ja eniten pakattu tuote [2]. Linjaston optimaalinen toiminta on näin ollen tärkeä osassa Pauligin yritystoimintaa.

Täydellisesti toimivat kuljettimet kuljettavat pakkaukset yhtenäisesti linjaston läpi varastoon. Kuljettimet toimivat eräänlaisena välivarastona pakkauksen liikuessa eteenpäin kohti varsinaista varastoa ja siitä edelleen asiakkaalle. On tärkeää, etteivät kuljettimet aiheuta minkäänlaisia vaurioita pakkauksille eikä pakkauksille aiheudu liian suurta mekaanista rasitusta prosessin aikana.

Ideaalitilanteessa pakkaus lähtee etenemään vakuumikammioista kuljettimien avulla kovankoettajaan ilman ylimääräistä rasitusta tai pysähdyksiä. Kovankoettajan jälkeen pakkaus kuljetetaan kuljettimilla ryhmäpakkaus- tai lavausalueelle, josta pakatut tuotteet jatkavat varastoon odottamaan noutoa.

Muuttuvien kohtien määrää saadaan karsittua, jolloin linjaston optimointi on helpompaa ja selkeämpää. Tästä työstä syntyviä ratkaisuja voidaan hyödyntää ja soveltaa muihinkin vakuumpakkauksiin, pakkauslaitteisiin ja kuljettimiin. Samankaltaisia vakuumpakkaus koneita tehtaalla on K1, K2 ja K4.

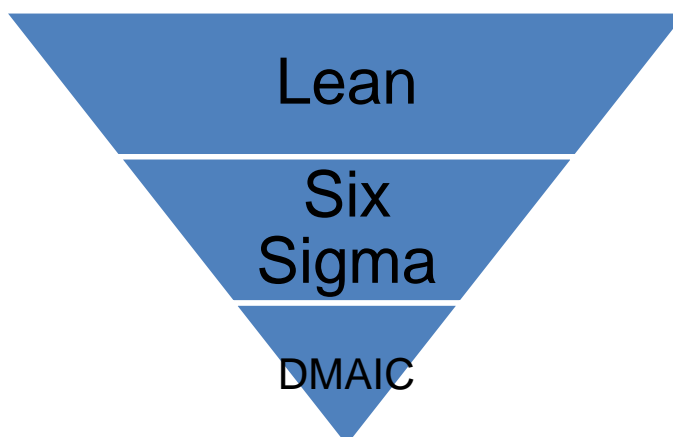
Tämän työn tuotantofilosofinen lähestymistapa on lähtöisin leanin toimintamallista, ja metodina on käytetty six sigmaa. Lean six sigma -mallin avulla pystytään selvittämään tuotannon ja prosessin läpimenoaika ja sekä Leanin tavoitteiden mukaisesti hukan synnyn juurisyyt. Six Sigma käsittää useita eri metodeja ja ongelmanratkaisumalleja, joiden avulla voidaan kerätä prosessin optimoimista varten tarvittavaa dataa. Tähän insinööriyöhön on valikoitu datan keräämiseen ja analysointiin DMAIC-malli, jotta syntynyttä hukkaa ja sen ratkaisuja voidaan tieteellisesti kvantitatiivisen datan avulla perustella.

## 2 Tutkimuksellinen viitekehys

### 2.1 Lean toimintamalli

Kansainvälinen Leanin toimintamalli on saanut alkunsa Japanissa, Toyotan autotehtaalla. Se on laatuajattelua, jossa jokainen tuotannon kohta, ja sen tehtävä on tarkalleen optimoitua ja laatu pyritään tuomaan osaksi itse toimintaprosessia. Se on yrityksen toimintoihin ja tuotantoon keskittyvää laatuajattelua, jossa yritystä ja toimitusketjua tarkastellaan kokonaisuutena. [3, s. 6.]

Tätä insinööriötä on lähestytty lean -toimintamallin kautta ja käytetyn datan keräämiseen hyödynnetty six sigma strategian mukaista tiedon keruumallia. Six Sigman mallista tätä tutkimusta on edelleen jatkettu DMAIC -ongelmanratkaisumalliin (Kuva 1).



Kuva 1. Tässä työssä on käytetyt lean-työkalut kaaviona.

Tutkimus on kvantitatiivinen eli määrällinen. Hypoteesien avulla on kerätty numeraalisia tuloksia K3 -linjaston kuljettimien optimoinnista. Numeeristen tulosten perusteella on tehty korjaustoimenpide-ehdotuksia. Tuloksia pystytään vertaamaan teoriaan ja osoittamaan todeksi taulukon tai muun havainnekuvan avulla. Keskeisenä tutkimuskohteena on asioiden keskeneräinen riippuvuussuhde toisistaan. Kvantitatiivinen tieto antaa kattavan tiedon sen hetkisestä yleisilanteesta. [4, s. 15.]

Leanin toimintamallia kehitetään seuraavasti

Arvo määritellään asiakasnäkökulmasta, sillä asiakas on valmis maksamaan tuotteen tai palvelun tietyistä ominaisuuksista. Asiakkaalle tärkeää on tuotteen merkitys itselle, minkä hintainen tuote on, kuinka laadukkaasta materiaalista se on tuotettu ja kuinka nopeasti tuote on saatavilla. Kun nämä asiakkaan arvoa määrittelevät mittarit ovat tiedossa, kehitystoimintaa tulee ohjata näiden arvojen mukaisesti. [3, s. 8 - 9.]

Arvoketjussa määritellään, missä osassa prosessia tuotteen arvo luodaan. Arvoketju on yrityksen sisäisten prosessien ja toimintojen muokkaamista asiakkaan tuotteelle tai palvelulle määritellyn hinnan, ja ominaisuuksien mukaiseksi. Prosesseista ja toiminnoista tulee karsia pois niiden tuottamattomat osat eli ne, jotka eivät tuota mitään lisäarvoa prosessissa syntyvälle tuotteelle. [3, s. 8 - 9.]

Virtaus leanin mukaan määrittelee tuotteen arvoa niin, että sitä tulee tuottaa ilman keskeytyksiä ja pienennetään läpäisyäikää. Se tarkoittaa tuotteen sisäistä kulkua vaiheesta toiseen yrityksen sisällä arvoketjun mukaisesti. Tuotteen tuotantovaiheen virtauksesta puhuttaessa tarkoitetaan esimerkiksi valmistuksessa olevan tuotteen säilytykseen käytettäviä pieniä välivarastoja sekä linjaston ja varastoinnin välillä tarkkaan harkittuja siirtomatkoja. [3, s. 8 - 9.]

Imulla tarkoitetaan tehokasta kysyntäperusteista tuotantoa. Tuotteita tulee siis valmistaa vain todellisen tuotantotarpeen mukaan. Tämä on mahdollista silloin, kun läpäisy aika on lyhyt eikä tuotetta tarvitse valmistaa enempää kuin asiakas on tilannut. [3, s. 8 - 9.]

Täydellisyyteen pyrkiminen tarkoittaa hukkan poistamista. Tämä edellyttää jatkuvaa prosessikehitystä, jonka tarkoituksena on poistaa eri hukkailmiöitä ja ongelmia tuotannossa. Yritysten kaikkien toimintojen kehityksessä mennään laatu ja tehokkuus edellä. Esimerkiksi lyhyt läpäisy aika nopeuttaa ongelmakohtien huomaamista ja niihin puuttumista ja jatkuva kehitys helpottuu. [3, s. 8 - 9.]

Samanlaisesta toimintaketjusta lähdetään liikkeelle myös tuotannon toiminnan näkökulmasta, jonka keskeisimpänä menetelmänä on arvovirtaus.

Yrityksen jokaisen työntekijän vastuulla on laadusta huolehtiminen ja sen tuominen oman työn kautta yritykseen. Leanin toteuttaminen on kaikkia yrityksen toimintoja läpileikkaavaa kehitystyötä. Leanin perusideana on, ettei tehdä mitään turhaa ja minimoidaan toiminnoista mahdollisesti aiheutuva hukka. Se on perinteisen massatuotannon vastakohta, eli suurien tuote-erien sijaan pyritään ketterään jatkuvaan kehitykseen. [3, s. 10-11.]

Leanin toimintamalli perustuu prosessijohtamisen filosofiaan, jossa keskitytään tuottamaan asiakkaalle arvoa kasvattamalla prosessin virtausta sekä läpimenoa ja poistamalla arvon muodostamisen esteenä olevaa hukkaa. Hukka ja sen tunnistaminen on siis keino päästä kohti tavoitetta, joka on arvon lisääminen ja läpimenon kasvattaminen. Lean strategian tarkoituksena on saavuttaa tila, jossa tuotetaan enemmän ja parempia tuotteita samoilla resursseilla. [5.]

Leanissä arvon tavoite on valmistaa asiakkaan silmissä tuote, josta hän on valmis maksamaan enemmän kuin sen tuottamiseen tarvittavat resurssit maksavat yritykselle. Koska yrityksen kate muodostuu asiakkaan sille määrittelemän arvon ja tuottamisen erotuksesta liiketoiminta voi olla kannattamatonta, jos arvon tuottaminen on kalliimpaa, kuin siitä halutaan maksaa. [5.]

Kannattavuutta eli arvon lisäämistä voidaan johtaa viidellä eri keinolla. Prosessi johtamisessa näitä keinoja ovat seuraavat;

- 1 Tuottaa suurempaa arvoa samoilla resursseilla, kun aiemmin on käytetty.
- 2 Tuottaa samaa arvoa kuin aiemmin, mutta pienemmillä resursseilla.
- 3 Tuottaa suurempaa arvoa pienemmillä resursseilla kuin aiemmin.
- 4 Tuottaa merkittävästi suurempaa arvoa aiemmasta korotetuilla resursseilla.
- 5 Tuottaa vähemmän arvoa aiempaa vähemmällä resursseilla.

Tuotannossa arvo syntyy niissä toiminnoissa, joissa myytävä tuote luodaan. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi konetta, laitetta tai työasemaa. Arvon tuottamiseen tarvitaan aina aikaa ja Leanin mukaan tätä aikaa kutsutaan arvoa lisääväksi ajaksi. [6.]

Leanissa tärkeintä on tunnistaa ja poistaa hukka nopeasti ja mahdollisimman tehokkaasti sekä pienentää tuotannon kustannuksia ja parantaa toiminnon laatua. Leanissa hukka nähdään seurauksena erilaisista vioista ja virheistä, jotka aiheuttavat tarpeetonta vaihtelua. esimerkiksi tuotantolinjan vaihteleva kyky tuottaa tuotteita. Vaihtelu tulee minimoida, ei riitä, että hukka poistetaan. Tuotantolinjan optimoinnissa tulee tunnistaa, mistä syystä ja miksi vaihtelua syntyy, ja lyhentää tuotteen läpimenoaika linjastolla. [6, s. 10-11.]

Hukat jaettuna kuuteen kohtaan Lean periaatteella

Tuotetaan yli tuotantotarpeen/ asiakastilauksien määrän tai tuotetta tuotetaan ennen kuin asiakas on tilannut sitä [7, s. 654].

Linjaston tarpeettomat pysähtelyt, tuote seisoo varastossa ja odotteluajat näiden kaiken osalta [7, s. 654].

Materiaalia kuljetetaan paikasta toiseen turhaan, koska väliaikaisvarasto ei sijaitse siellä missä materiaalia tarvitaan. Tarpeettoman kuljetuksen alle luetaan myös ne asiat, joita joudutaan tekemään enemmän kuin kerran. [7, s. 654.]

Laatuvirheitä tuotteessa ovat sellaisia ominaisuuksia, joita syntyy tuotteeseen ilman, että sitä olisi tavoiteltu tuotettavaksi osaksi lopputuotetta. Ne eivät tuota tuotteelle lisäarvoa ja jopa heikentävät lopputuotteen laatua niin, että se on täysin käyttökeltoton. [7, s. 654.]

Tarpeettomasti varastossa seisovat puolivalmisteet ja jo osan jalostusprosessia läpikäyneet tuotteet, jotka odottavat varastossa jatkokäsittelyä keskeneräisinä [7, s. 654].

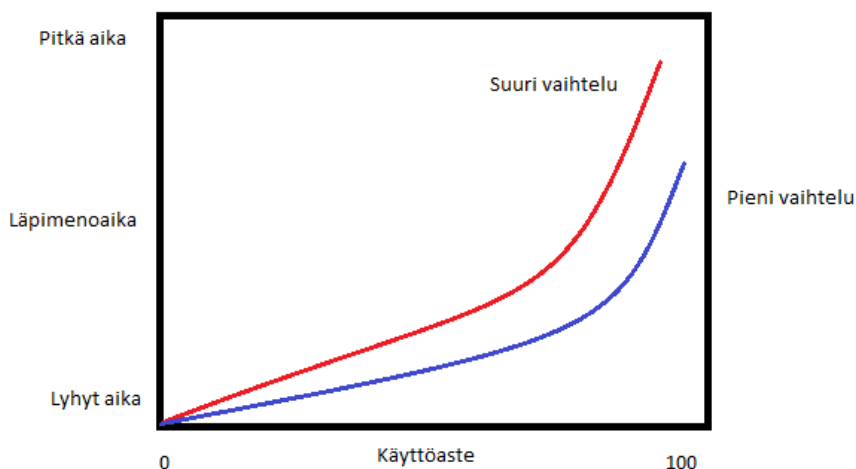
Tuotteen käsittelyyn käytetään tarpeettomasti työaika tai sen tuottamisessa on ylikäsittelyä prosesseja, jotka eivät tuota tuotteelle lisäarvoa [7, s. 654].

Kaikki turhat toiminnot, kuten välineiden ja ihmisten tarpeeton liikuttelu ilman lisäarvontuottoa asiakkaalle [7, s. 654].

Lean periaatteen mukaisesti hukka on siis perusteltu 7-jakoiseksi: ylituotanto, odottelut ja viivästyksset, tarpeeton kuljettaminen, laatuvirheet, tarpeettomat varastot, ylikäsittely ja tarpeeton työ. Koska tässä työssä keskitytään vain kuljettimen hukkaan, varastointiin ja siihen liittyvät asiat on jätetty pohdinnan ulkopuolelle. [3, s. 10 - 11.]

Lean –ajattelun tärkein teesi on, että hukka tulee poistaa. Toiminnot, jotka eivät tuota lisäarvoa tuotteelle, luokitellaan hukaksi. Prosessin kehittämisessä tulee tähdätä siihen, että ennen hukkatoimintoihin käytetty aika käytetään tuotteen arvoa lisääviin toimintoihin ja lyhennetään prosessin läpimenoaika. Prosessia kehittäessä Leanin tavoitteiden mukaiseksi on muistettava kysyä, mihin osaan prosessista kehitys ja parannustyö tulee kohdistaa. Tämän selvittämiseksi käytetään faktoja ja dataa tehdä parempia ratkaisuja ja selvittää prosessin satunnaista vaihtelua aiheuttavat tekijät. Satunnaisen vaihtelun eli six sigman tunnistamisen avuksi tarvitaan tiedon keräämiseen oma strategiansa. [8, s. 120; 9.]

Tästä hyvänä esimerkkinä on Leanin yhteydessä käytetty Kingmanin kaava (taulukko 1), jonka kehitti 1960-luvulla Sir John Kingman. Kaava (taulukko 1) osoittaa käyttöasteen vaihtelun sekä resurssitehokkuuden ja läpimenoajan välisen yhteyden. Virtaustehokkuus on täysin riippuvainen virtauksen vaihtelusta. Läpimenoaika kuvaa pystyakseli, ja vaakakseli kertoo linjaston käyttöasteesta. Käyttöaste voi olla 0–100. Se kertoo resurssien käyttöasteesta, eli mitä suurempi luku (punainen käyrä), sitä resurssitehokkaampi linjasto on. Kun taas käyttöaste on pieni (sininen käyrä) sitä vähemmän resurssitehokkaampi linjasto on. [9, s. 42 - 43.] [10]



Kuva 1 Läpimenoaika on riippuvainen resurssien käyttöasteesta [9].

Leanin toimintastrategia on erinomainen työkalu virtaustehokkuuden mittaamiseksi. Läpimenoaika suurenee korkeammalle pystyakselilla liikuttaessa. Käyttöaste kertoo kuinka hyödyntää käytettävissä olevia resursseja. Mitä lähemmäksi pystytään saavuttamaan sadan prosentin resurssitehokkuus, sitä parempi on läpimenoaika. Läpimenoajan käyrästä pystyy päättämään, että se on eksponentiaalinen. Tästä voidaan päätellä, että suuret vaihtelut tarkoittavat myös suurta läpimenoaikaa. [10]

Virtaustehokkuutta ei voi ymmärtää, jos ei ymmärrä vaihtelun merkitystä. Käytännön esimerkkinä linjastoa voidaan verrata autotiehen. Jos jokainen auto liikkuisi tiellä saman aikaisesti ja samalla vauhdilla, ei minkäänlaisia pysähdyksiä ilmenisi. Kun autot joutuvat väistämään, hiljentämään tai kiihdyttämään nopeutta liikenteessä syntyy vaihtelua, jonka takia syntyy välttämättömiä jonoja. Tämä tarkoittaa nopeuksien vaihtelua. [8, s. 43]

Jos kaavaa verrataan K3 linjaston kuljettimiin, voidaan päätellä, että mitä vähemmän paketit kokevat matkalla pysähdyksiä, sitä jouhevammin ne pääsevät etenemään linjastolla. Täytyy kuitenkin huomioida, että materiaalivirtauksissa täytyy olennaisena osana olla tuoton vaihtelua. Nämä prosessin vaihtelun syyt voidaan jakaa kolmeen eri luokkaan, jotka on sovellettu K3-tuotantolinjastoon. [9, s. 40 - 41.]

Lean -mallin mukaisen vaihtelun luokat K3 pakkauskoneen linjastolla.

Resurssit. Koneiden kunto ja toimintakyky. Mikäli laitteistoon tulee vikaa, täytyy varmistaa asentajan saatavuus. [9, s. 40 - 41.]

Virtausyksiköt. Pakkauksia saattaa jäädä linjastolle jumiin. Eri kohdissa pakkauksien kulkunopeus vaihtelee. [9, s. 40 - 41.]

Ulkoiset tekijät. Koneesta tulevien pakkauksien tuotanto tahti voi vaihdella. Tähän vaikuttaa materiaali täytöt sekä säädöt, joita vakuumpakkaukoneeseen tehdään. [9, s. 40 - 41.]

### 2.1.1 Tahtiaika

Tahtiajan avulla saadaan jokainen linjaston osa optimoitua ajallisesti. Kun virtaus on laskettu optimaaliseksi ei kohtuutonta hukkaa ja jonoa pääse syntymään. Tahtiaika on aikayksikkö, joka kertoo missä ajassa tuote tai sen osa valmistuu. Linjasto jaetaan osiin, jonka jokainen kohta seuraa toisiaan. Tällöin saadaan tulosta tuova ”työtahti”. Aikataulu on helppo luoda, kun prossin kohdat ovat selkeästi suunniteltuja. [11]

Kuva prosessin nykytilanteesta helpottaa uuden tahtiajan kartoittamista. Näitä kuvia prosessin nykytilasta ovat esimerkiksi viikkosuunnitelmat, tehtävälöki, tehtäväkalenteri, porrasvinjetit tai työmaan ohjausalusta. [11]

Tästä kokonaiskuvasta linjasto pystytään jakamaan pienempiin osiin. Osien nopeuden määrittää virtauksien hitain kohta. Hitaimmassa pisteessä voidaan miettiä ratkaisuja kohdan nopeuttamiseksi. Voisiko esimerkiksi pisteen kuormituskapasiteettia jakaa tai lisätä kohtaan enemmän resursseja. [11]

Etenemistahtiin vaikuttavat kiinteästi materiaalien ja suunnitelmätietojen saanti ajallaan. Tämä pystytään takamaan tasaisella materiaalivirtauksella ja hyvin suunnitellulla tuotannolla. Jatkuvana toimenpiteenä on pitää huolta, että linjaston kehityksessä pyritään kokoaikaiseen kehitykseen ja sen toiminnan hiomiseen paremmaksi kokonaisuudeksi. [11]

### 2.1.2 Läpimenoaika

Arvon tuottamisessa oleellisinta on läpimenoaika. Koska aika on rajallista ja erinäisistä syistä johtuen arvoa lisäävä aika vaihtelee, saadaan tuotteita eri tarkasteluväleillä tuotettua eri määriä. Mitä lyhyempi prosessiaika on, sitä enemmän tuotteita saadaan valmistettua valitulla tarkasteluvälillä. Läpimenoajalla tarkoitetaan tarkasteluvälin ajalla tapahtuvaa tuotteen keskimääräistä valmistumisnopeutta. Läpimenoajan nopeutta mitataan tyypillisesti kappale per aikayksikkö. [6], [5]

### 2.1.3 Juurisyy

Juurisyyden kyseenalaistaminen tuo linjaston syvimmat ongelmat konkreettisemmin esiin. Juurisyyanalyysi on perus ongelmanratkaisumenetelmän kartoittamistyökalu. [11]

Juurisyys on Leanin mukaisten hukkaongelmien tunnistamisen työkalu. Juurisyyn selvittämisen periaatteena on toistaa tarpeeksi monta kertaa miksi-kysymystä, jotta ongelman juurisyy saadaan selville. Tietenkin, joissakin tapauksissa, juurisyyn selvittämiseen tarvitaan muitakin kysymyksiä. Juurisyyn selvittämiseksi asiat täytyy purkaa osiin, yksinkertaistaa, joka taas mahdollistaa ratkaisun löytämisen. [11]

Juurisyyn selvittäminen on tärkeää, sillä ongelmien juurisyihin paneutumalla ongelmat ratkeavat pysyvästi. Tätä voi havainnollistaa esimerkiksi ajattelemalla pullonkaulaa oireena eikä varsinaisena syynä. [11]

### 2.1.4 Pullonkaulojen laki

Prosessin toiminnan ymmärtämisessä auttaa pullonkaulojen laki, jonka kautta voidaan selittää organisaation virtauksien tehottomuutta. Lain mukaan prosessin läpimenoaikaan vaikuttavat ne vaiheet, joissa jaksoaika on pisin eli tuotannon ajalliset odottelut. Seuraava käytännön esimerkki kuvaa pullonkaulojen lakia arkielämässä, mikä taas auttaa ymmärtämään prosessiin kuuluvia vaihteluita. [9, s. 37- 40.]

Kauppaan saapuu asiakkaita ostoksille. Kassan kohdalla asiakkaat viipyvät eripituisia aikoja. Ensimmäinen asiakas on unohtanut maksuvälineensä kotiin. Toinen asiakas maksaa suuren ostoksensa pelkästään kolikoilla. Kolmas ei muista maksukorttinsa salasanaa. Havaittavissa on, että kassan kohdalla on pullonkaula, jossa jokaisen asiakkaan täytyy ohittaa kassapiste päästäkseen ulos kaupasta. Ihmisvirran pysähtyessä aina kassan kohdalla se vaikuttaa kaupan virtaustehokkuuteen negatiivisesti. Sama pätee materiaalien prosessivirtaukseen. [9, s. 37- 40.]

Prosesseissa syntyy pullonkauloja kahdesta syystä. Prosessin vaiheet täytyy tehdä tietyssä järjestyksessä, ja toisekseen prosessissa esiintyvää vaihtelua ei voi täysin välttää. Vaikka jostakin kohdasta saataisiin pullonkaula poistettua, se ilmaantuu johonkin muuhun prosessiin kohtaan uudelleen. Jos prosessissa on pullonkaula, siinä ilmenee kaksi piirrettä: ennen pullonkaulaa muodostuu aina jono ja pullonkaulan jälkeen tulevat prosessit hidastuvat heikentäen läpimenoaikaa. Pullonkaulojen ominaispiirteiden vuoksi ne on helppo paikantaa kohdasta, jossa syntyy siis jonoa juuri ennen pullonkaulaa. Tämä on tyypillisintä materiaalivirtauksien prosessien kohdalla. Kun linjasto tuottaa sujuvaa virtausta tuotantoprosessi saadaan täyteen tuotantopotentiaaliinsa. Pullonkaulat lisäävät läpimenoaikaa ja edellyttävät jaksoajan lyhentämistä. Pullonkaulat ovat siis prosessissa esiintyvää vaihtelua eli hukkaa, joka ei tuota arvoa tuotteelle eikä asiakkaalle. [9, s. 37-40.]

## 2.2 Lean Six Sigma

Six Sigma on leanista peräisin oleva työkalu, jota käytetään ongelman ratkaisuun, jossa pyrkimyksenä on selvittää prosessin syuseuraussuhteet ja tekemään ulostulojen muutoksia tarkoituksena pienentää vaihtelua prosessin ulostulossa. Six Sigma keskittyy prosessin vaihteluun eikä ole tästä syystä parannusohjelma vaan suorituskyvyn parantamisen menetelmä. Six Sigma hyödyntää tilastollista ajattelua ja menetelmiä, eli sen tulokset perustuvat tieteellisiin parannusmetodeihin. [12], [8, s. 120.]

Lean tarkoituksena on vähentää hukkaa ja Six Sigma keskittyykin vaihtelun minimoimiseen, joka on hukan aiheuttaja. Vaihtelulla vähennetään hukkaa, josta yleensä seuraa virtauksen kasvaminen. Lähtökohtana on, että vaihtelut aiheuttavat virheitä.

Virheet aiheuttavat vikoja ja viat aiheuttavat hukkaa. Jos tuotantolinjalla on liikaa vaihtelua, se aiheuttaa tuotantolinjalla vian. Tuotantolinja tukkiutuminen tai virtauksen heikkeneminen estää laitteen optimaalisen toiminnan, jolloin tuotantolinjastolla aiheutuu hukka-aikaa. [9], [8, s. 120.]

Six Sigma on strategia, koska se pitää sisällään yrityksen kaikkien toimintojen, tuotteiden, palveluiden, osastojen ja laitteiden välisen laatutason vertailumittauksen, nollavirhe suorituskäytävöitten ja tapoja mitata laatua. Toisekseen Six Sigma on statistiikkaa, jolla kuvataan kriittisten tuoteominaisuuksien standardipoikkeamia. Tällä tarkoitetaan sitä, että tuotteille määritetään prosessin keskiarvo, jolla voidaan seurata prosessin suorituskäytävöitten parantamista. Lisäksi se käsittää filosofian jatkuvan tiedon keräämisen laadun ja suorituskäytävöitten parantamisesta ja kestävän kehityksen strategian, jossa tulosta kasvatetaan vähemmällä luonnonresursseilla ja tuotetaan parempaa laatua halvemmalla. Six Sigma on myös osaamiseen perustuva kehittämisstrategia, jonka avulla johdetaan organisaation tasolla muutosta ja luodaan uusia tapoja toimia. Edellä mainittujen tekijöiden avulla Six Sigma sopii hyvin myös tuotantoprosessien parantamiseen. [8, s.18 - 24,31.]

### 2.3 DMAIC

DMAIC on Six Sigman kehittämismallin mukainen soveltamisstrategia, jonka avulla voidaan systemisesti selvittää valmistusprosessin suorituskäytävöitten parantavia tekijöitä ja tavoitellaan näihin radikaaleja muutoksia [8, s. 43]. Leanin lähtöisessä kehittämisessä paneudutaan kehittämismallin soveltamista hukkan minimoimiseen [3, s. 10 - 11].

Suorituskäytävöitten parantamisessa keskeisintä on löytää satunnainen syy eli syy, jota ei tiedetä. Satunnaisen syyn löytämiseksi käytetään DMAIC -prosessia, jossa edetään loogisesti induktio-deduktio-mallin mukaan ja etsitään juurisyy. Aluksi ongelma kuvataan ja etsitään mahdollisia syitä, ja tätä kutsutaan karakterisointivaiheeksi. Tämän jälkeen siirrytään optimointivaiheeseen, jossa aiemmassa vaiheessa määritetyt syytekijöitä muuttamalla optimoidaan ja parannetaan prosessia. [13], [8, s.15 - 16.]

Six Sigman viisivaiheisen DMAIC -prosessin on kehittänyt Mikel J. Harry. Tästä viisivaiheisestä ongelmanratkaisuprosessista käytetään lyhennystä DMAIC, joka tulee sanoista define (määrittely), measure (mittaus), analyze (analysointi), improve (parannus) ja control (ohjaus). DMAIC -prosessissa teoria eli induktio- ja fakta eli deduktiovaiheet vuorottelevat. Induktiovaiheessa muodostetaan teoria yksittäisen havaintojoukon perusteella, minkä jälkeen deduktiovaiheen prosessista kerätyn datan pohjalta osoitetaan teoria joko todeksi tai vääräksi. [14], [8, s.43; 15-16.]

## 2.4 Tutkimusongelma ja hypoteesi

Tutkimuksen lähtökohtana ja tavoitteena on ollut selvittää K3-linjaston hukka ja sen optimointi. Tutkimusongelma on määritelty yhdessä toimeksiantajan kanssa.

Lähtöoletushypoteesi linjastolla on se, ettei se ikinä toimi täydellisesti, ja toinen oletus on, että kuljettimen kriittiset pisteet paikantamalla toimintaa voidaan hioa. Linjaston pullonkaula ja hukkaa aiheuttava osa on kovankoettava.

Tutkimuskysymyksiä?

- Mikä sujuvoittaisi linjastoa?
- Mikä tuotantofilosofia tukee virtaus- ja resurssitehokasta linjaston toimintaa?
- Miten prosessivaihtelu voidaan minimoida mittaustietojen perusteella?

Juurisyiden kyseenalaistaminen tuo linjaston syvimmat ongelmat konkreettisemmin esiin. Juurisyysanalyysi on perusongelmanratkaisumenetelmän kartoittamistyökalu. Tässä ongelmakohdan aiheuttaja ja miksi ongelma on syntynyt.

Työn hypoteesi perustuu Lean tuotantofilosofiaan, jonka toimintastrategia tukee sujuvaa virtaustehokkuutta sekä resurssitehokkuutta. Kuljettimien onnistuneen optimoinnin jälkeen voidaan olettaa, että tuotantoaika on lyhyempi, laatu on kehittyneempää ja tuottavuus on suurempi.

## 2.5 Mittaukset ja aineiston kerääminen

Mittaustulokset on kirjattu muistivihkoon ajalla 5.11.-26.11.2018. Muistivihkosta ne on koottu yhteen Excel-taulukon avulla. Mittauksia on suoritettu silmämääräisesti laskemalla sekuntikellon avulla ja kirjattu välittömästi mittauksen jälkeen taulukkoon, jotta mahdolliset inhimilliset virheet mittaustuloksista minimoidaan. Kohteissa, joissa tämä on ollut suurien materiaalivirtausmäärien takia haastavaa, on käytetty apuna videointia, jolloin virrat on saatu laskettua hidastetusta kuvasta.

### 2.5.1 Haastatteluaineiston kerääminen

Haastattelut tehtiin kasvotusten suullisesti haastattelupohjaa apuna käyttäen (Liite 1), ja kirjattiin ylös muistivihkoon. Näiden jälkeen haastattelujen vastaukset koottiin yhtenäiseksi dokumentiksi.

Prosessioperaattoreiden haastattelut toteutettiin 15.9.2018- 15.1.2018, aamu- ja iltavuorossa haastatteleamalla 10 prosessin asiantuntijaa. Haastattelu pohjautuu liitteessä olevaan haastattelurunkoon (Liite 2). Haastatteluista esiin nousseet ratkaisuehdotukset ja työntekijöiden huomiot on otettu insinööriyössä huomioon niiltä osin, kun tutkimuskysymyksen rajauksen piirissä on katsottu tarpeelliseksi.

Haastateltavan yliopettajan Antero Putkirannan haastattelu toteutettiin Metropolian Leiritien kampuksella 30.1.2019. Haastattelussa käytettiin pohjana linjaston yksityiskohtien mittaustuloksia ja keskityttiin mahdollisten hidastavien tuotantokohtien analysointiin. Haastattelussa suunniteltiin erilaisia tieteellisiä lähestymistapoja ongelmanratkaisuun tuotannossa.

Numeerisen tiedon tueksi tietoa on kerätty tietoa laadullisella menetelmällä henkilöhaastattelujen avulla. Tämä siksi että Lean toimintamallin mukaan työntekijöiden tietotaito ja luovuus tulee ottaa kehityksessä huomioon, sillä hukkan poistaminen vaatii koko työyhteisön toiminnan yhtenäistämistä ja yhteistä panostusta. [4, s. 14 – 15.] Työntekijöillä on yleensä parasta käytännöntietoa työvaiheiden ja menetelmien toiminnasta [3, s. 11]. Menetelmän valinnassa on päädytty teemahaastatteluun.

Teemahaastattelu on valittu siksi, että on haluttu selvittää tuntematonta tai vähemmän tuntematonta tekijää, eli linjaston ongelmakohtaa [15].

Haastattelun teemana on ollut K3 -linjasto ja tarkoituksena on ollut selvittää henkilöstön käyttäjäkokemuksia ja -näkömyksiä K3 -linjaston toiminnasta ja tätä kautta selvittää työntekijän näkömyksiä linjaston toiminnan ongelmista. Kaikki haastateltavat on haastateltu saman lomakkeen perusteella, jonka avulla kaikille haastateltaville esitettiin samat kysymykset ja vastauksia laajennettiin vapaalla keskustelulla. Haastattelussa esille nousseiden asioiden perusteella on luotu kehyskertomus K3 -linjaston toimintaan vaikuttavista ja toistuvista ydinasioista. Haastateltaviksi henkilöiksi on valikoitu satunnainen otanta tuotannon työntekijöitä. [15.]

### 2.5.2 Valitun menetelmän haasteet

Haastattelumenetelmän käyttöön liittyy monenlaisia haasteita. Mahdollista on, että haastattelu ei pysy valitussa teemassa ja eksytään aiheesta. Vastaukset ovat usein myös näkökulmaväriytyneitä riippuen siitä, ketä haastatellaan. Haasteet on otettu huomioon niin, että ne koskivat nimenomaan K3 kuljettimen toimintaa. Haastattelin K3 kuljettimen parissa työskennelleitä työntekijöitä. Teemaan liittyvän aiheen rajasin lomakekysymyksiin, joten vastaukset eivät päässeet eksymään aiheesta. [16, s. 9-10; 12 - 13.]

Haastattelussa on otettu huomioon myös työntekijän oma osallisuus työyhteisössä. Haastateltavien ja haastattelijan väliset ihmissuhteet ovat voineet vaikuttaa, siihen millaista tietoa ja millä tasolla sitä jaetaan. Työyhteisöosallisuus nosti positiivisesti päätään haastattelujen aikana, ja haastateltavat puhuivat avoimesti eivätkä pelänneet vastata kysymyksiin. Aiemmin haastateltavan ja haastattelijan välille työyhteisössä luodut luottamussuhteet vaikuttivat myös siihen, että haastateltavat olivat halukkaampia suostumaan haastatteluun ja vastaamaan heille esitettyihin kysymyksiin ilman pelkoa siitä, että heidän antamaansa tietoa käytettäisiin epäeettisellä tavalla. [17; 14.] [18]

### 3 Toimintaympäristön kuvaus

#### 3.1 Sidosryhmät

Sidosryhmät koostuvat moniammatillisesta yhteistyöstä, jotka takaavat tuotannon sujuvuuden. Pakkaushallin ja lavauksen operaattoreihin kuuluvat prosessinhoitajat eli tehtaan työntekijät koneiden ääressä sekä lavaamoalueella. Kunnossapidon asentajat auttavat koneen säädöissä, mikäli koneeseen tulee jotain vikaa, eikä se toimi niin kuin pitäisi. Sähköasentajat ovat tarvittaessa auttamassa sähköteknisien ongelmien kanssa ja tekevät tarvittavat säädöt laitteistoihin.

Laadunvarmistus kuuluu prosessinhoitajille sekä laboratoriossa työskenteleville laadunvalvonnan ammattilaisille. Tällöin varmistetaan, että kahvin laatu on paahtoasteeltaan ja väriltään oikean laatuista. Myös vakuumpakkauksen ulkomuoto tarkistetaan, jotta se olisi oikean kokoinen, kuvio on suorassa eikä pakkauksessa ole ryppyjä tai muodostumia. Paulig kuuluu kansainväliseen ISO 22000 standardiin, jonka omavalvontaan kuuluu tarkka laadunvalvonta raaka-aineiden hankinnasta valmiiseen tuotteeseen. [19.]

Pehmeitä paketteja seurataan koko vuoron ajan. Mikäli pehmeiden pakettien määrä lisääntyy yhtäkkiä radikaalisti, tilanteeseen tulee reagoida. Tuotannon linjastolla on useita kohtia, jossa se ohjaa pehmentyneet pakkaukset pois linjastolta. Pehmeistä paketeista on tehty Pauligilla myös paljon tutkimuksia, joista saatua tietoa käytetään hyödyksi.

Tällä hetkellä Pauligilla työskentelee oma työntekijä, joka ottaa kerran tunnissa satunnaisesta kohtaan näytteitä ja testaa ne Witt Leak-Master Easy -vesitestauslaitteen avulla. Menetelmässä neljä pakkausta asetetaan vesisäiliöön. Paketit ovat 30 sekunnin ajan säiliössä, jolloin niihin kohdistetaan 350 millibaarin verran painetta. Jos saumauksessa esiintyy mikrovuotoja tai sidos on heikko, vuotokohta saadaan heti selville.

Tuotannosuunnittelu suunnittelee tilauksien määrien ja resurssien perusteella, kuinka paljon kahvia tulisi pakata. Työnjohto ja vuorovastaavat varmistavat, että tuotannossa on oikeaan aikaan riittävästi henkilöstä. He ovat myös vastuussa, mikäli jotain poikkeuksellista tapahtuu vuoron aikana.

Tuotekehitys eli NPD kehittää tuotteista entistä parempia, joskus kehittämällä uusia tuotteita tai tekemällä parannuksia jo olemassa oleviin tuotteisiin. Markkinointi luo myyntiennusteen, joka toimii pitkän aikavälin tuotannosuunnittelun pohjana. Se myös markkinoi tuotteita eri markkinointikanavien välityksellä tuotteiden myynnin takaamiseksi.

### 3.2 Linjasto

Tässä Insinööriyössä tutkitaan pakkauskone K3 -tuotantolinjaston prosessia ja kuljettimien toimintaa. Tutkittava pakkauskone tuottaa tällä hetkellä noin 121 kahvipakkausta minuutin aikana. Vakuumpakkauskoneen luona työskentelee kolmivuorossa yksi prosessinhoitaja. Prosessinhoitajan tehtäviin kuuluu varmistaa muun muassa oikeanlaisten pakkausmateriaalien riittävyys, pakkauksen koko ja pakkauksen saumauksien lämpötila ja ylipäättänsä valvoa, että pakkauskone tuottaa laadultaan halutunlaisia pakkauksia.

Ennen pakkauskoneelle saapumista kahvi paahdetaan ja jauhetaan, jonka jälkeen kahvi kulkee pakkauskoneen alkuun kaasuuntuneena. Valmiiksi kaasuuntunut kahvi lähetetään pakkauskoneeseen pakattavaksi. Kahvi kaasuunnutetaan osana pakkausprosessia, ja kaasun toimii kahvin suojakaasuna. Koneen loppuvaiheessa tuotteet menevät suureen vakuumikammioon, jossa alipaineen avulla saadaan paketeista imettyä ylimääräinen ilma pois. Näin paketeista tulee kovia ”tiiliskivimäisiä” paketteja.

Kammiosta ulos tulevat paketit ajautuvat sulkijateipin jälkeen lukijan ohitse, joka heittää ulos mahdolliset pehmeät paketit. Tästä eteenpäin paketit kulkevat spiraalimaisen kuljettimen avulla kovankoettajalaitteiston läpi. Tuotannon rakennekaava on kuvailtu liitteessä 1.

Pakkausten kuljettua prosessin, eli kovankoettajan ja suoraan lavauksen tai ryhmäpakkaajan lävitse, siirretään ne lavaamoalueelle. Lavaamoalueella lavat siirtyvät tästä kuljettimien ja robottien avulla varaston puolelle. Seuraavaksi trukit siirtävät lavat oikeaan paikkaan odottamaan noutoa. Tehtaalta lavat noudetaan rekoilla. Rekkojen lastaaminen tiiviisti on suunniteltu tarkasti ja systemaattisesti. Kulkureitti on suunniteltu mahdollisimman loogiseksi tukku- tai vähittäistavarakauppojen luokse. [20.]

### 3.2.1 Kovankoettaja

Vakuumpakkaus koneen jälkeen paketit kulkevat kovankoettajaan. K3 -linjaston kovankoettajana käytetään saksalaisvalmisteista Bosch merkistä laitteistoa, joka on 98 cm pitkä ja 19 cm leveä. (Kuva 2).



Kuva 2. Kovankoettajanlaitteisto mittaamassa pakkauksia.

Kovankoettajan tehtävänä on tunnistaa sen läpi kulkevat pehmeät paketit. Kun laitteisto tunnistaa pehmeän paketin, se ohjaa paketin pois linjastolta, erilliseen astiaan. Mekanismi perustuu paketin puristukseen, jolloin kone mittaa, paljonko puristus antaa paketin pinnalta periksi. Laitteisto päästää koetuksen jälkeen pakkauksia kahden pakkauksen erissä jatkamaan etenemistä linjastolla.

Jokainen vakuumpakkaus koneelta lähtevä paketti kulkee kovankoettajan läpi. Kovankoettajaan kulkeutuu linjastoa pitkin pystyssä olevia kahvipakkauksia, jolloin se tunnistaa vakuumpakkauksen pehmenemisen varalta.

Optimaalisessa tilanteessa kovankoettajaan kulkeutuu pakkauksia tasaisella materiaalivirralla, yksitellen. Koneesta ulos virratessa laitteesta kulkeutuu kaksi toisissaan kiinni olevaa pakkausta yhtä tasaisella materiaalivirralla kuin laitteeseen mentäessä.

### 3.2.2 Ryhmäpakkaajat

Kovankoettajan jälkeen pakkaukset kulkeutuvat ryhmäpakkaajalaitteiston luokse. Ryhmäpakkauslaite koostuu kahdesta eri laitteesta ja niiden yhteistoiminnasta: Formeca ja Meurer.



Kuva 3. Formeca- ja Meurer-ryhmäpakkauslaitteiston 12 paketin pakkaukokonaisuus [21].

Ryhmäpakkaaja jakaa erillispakkaukset 12 paketin kokonaisuuksiksi (Kuva 3). Formeca lajittelee paketit ryhmityttään tasaisella vauhdilla pakkauksia koneelle. Tämän jälkeen Meurer liimaa kulman saumaukset kiinni ja käärii muovin pakkauksen ylitse. Seuraavaksi



pakkaukset siirtyvät kuljettimien avulla lavausalueelle. Näitä ryhmäpakkauksia koottuja lavoja kutsutaan lavan päälle pinottuina kuormalavaksi (Kuva 3).

Kuva 4. Valmis kuormalava kuljettimen päällä varastoalueella.

Kuormalava on edullisempi ja kevyempi lavanmuoto kuin EUR-lava. Lavan päälle kasataan 12 pakettin pakkauksia yhteensä 60 kpl. Yhteensä lavalle mahtuu tällöin 720 vakuumpakkauspakettia. Pakatun lavan päälle robotti asettaa suojaavan muovikääreen. Kuormalavan standardikoko on 600 mm x 800 mm (Kuva 4).

### 3.3 Suoraan lavaus

Kovankoettajan jälkeen kahvipaketit voidaan myös lähettää suoraan lavaukseen ilman ryhmäpakkauslaitteen läpiajoa. Suoraan lavauksessa kahvipaketit siirtyvät kuljettimien avulla lavojen päälle yksittäisinä paketteina. Suoraan lavauksen metodeja on kahta erilaista: teholavaus ja varttilavaus.

#### 3.3.1 Teholavaus

Tehoavuuksissa apuna käytetään japanilaista Kawasaki GmbH Ceetu ZD130S-merkkistä nostorobottia. Robotti muodostaa paketeista tiiviin kerroksen puulavan päälle.



Teholavalle pakkaukset kasataan kahdeksassa kerroksessa. Pakkauskerroksia on kolme pystysuorassa ja viisi vaakatasoisesti. Koko lavaan saadaan mahtumaan yhteensä 365 kahvipakkausta lavaa kohden (Kuva 4).

Kuva 5. Valmis teholava varastossa.

Lava on elintarviketeollisuudessa käytetty standardien mukainen mitoiltaan 800 mm x 1200 mm ja painaa 20– 22 kg. Paino voi vaihdella hieman ilman kosteuden sekä lavassa käytetyn puun laadun mukaan.

### 3.3.2 Varttilavaus

Varttilava on neljäsosa standardoidusta EUR-lavasta. Materiaali on paksua muovia ja kooltaan 400 x 600 mm. Tähän saadaan mahtumaan 150 kahvipakkausta. Lavalla olevat pakettikerrokset saadaan tiivistetyksi yhteen muovipannan avulla, mikä tekee lavasta jykevemmän (Kuva 6).



Kuva 6. Valmis varttilava varastossa.

### 3.4 Lavausalue

Kaikki kahvipakkaukset kulkevat lavausalueelle lavoille lastattaviksi. Lavat liikkuvat kuljetinkiskoja pitkin ja saavat suojaavan muovikalvon pinnalle. Lavat jatkavat matkaa kuljettimien avulla varastoon, josta ne viedään omille paikoilleen trukeilla. Varastossa valmis tuote odottaa noutoa lähteväksi myyntiin. Lavausalueella työskentelee vuoron aikana aina 1–2 työntekijää.

## 4 Tulokset

### 4.1 Työntekijöiden haastattelun havainnot

Suurena ongelmana pakkauskoneen työntekijät näkivät pienien tiluserien määrät sekä näissä ilmenevät pakettien ulkonäölliset haasteet. Näiden lisäksi myös laminaatista sekä sulkijateipistä koituu ajoittain ylimääräistä vaivaa linjastolla. He arvioivat koneiston toimivan sujuvammin paremmilla materiaaleilla. [22.]

Vakuumpakkauskone painattaa jokaisen pakkauksen kylkeen tuotteen tuotannon päivämäärätiedot. Haastatteluissa nousi esille, että koneesta ulos tullessaan pakettien päivämäärän oikeellisuuden tarkistamiseen tarkoitettu lukijalaite ei toimi aina sen käyttötarkoituksen mukaisesti eli havaitse päivämäärän painomustetta paketissa. Esimerkiksi lukijalaite ilmoittaa toisinaan päivämäärän olevan painettu pakettiin, vaikka päivämäärä puuttuisi tai näkyisi siinä vain osittain. [22.]

Ongelmana laitteen kanssa työskennelleet operaattorit pitivät varttilavatilauksien ajoja. Silloin linjastolla esiintyi eniten pitkäkestoisia taukoja, jotka johtuivat pakettien hitaasta etenemisestä juuri ennen lavaamoalueelle saapumista. [22.]

Ryhmäpakkaajan parissa työskentelevät näkivät haasteellisena pakettien vaihtelevan ulkomuodon. Esille nousivat erityisesti pakettien pohjan virheellisestä tai epätäydellisestä saumauksesta johtuvat kaatumiset. [22.]

Suurimpana ongelmana lavausalueen työntekijät nostivat esille pakettien rypyyisyys- ja pituuserot. Lyhyiden pakettien vuoksi lava heiluu herkemmin, ja pahimmassa tapauksessa heiluminen aiheutti lavan kaatumisen. Lisäksi linjaston nostorobotilla oli vaikeuksia saada imulla otetta paketista epätasaisen pinnan vuoksi. [22.]

Hidastuksia työhön aiheuttivat kaikki koneen pysähdykset, joista osa on välttämättömiä, muun muassa materiaalitäytöt. Joskus kuljettimien varrella pysähdyksiä koituu paketeista, jotka ovat jääneet jumiin linjastolle. Tämä saattaa johtua paketin pulleudesta taikka pohjan rypystä johtuvasta epätasaisuudesta, jonka vuoksi paketit joskus kaatuilevat ja aiheuttavat tällöin tukoksen materiaalivirrassa. [22.]

Näiden lisäksi varttilavaa varten tukevaksi pakkausmateriaaliksi käytetään ”pantaa”, joka on muovinen nauha lavan ympärille, jotta se pysyisi tiiviinä ja yhtenäisenä kokonaisuutena lavan päällä. Pantakoneen kohdalla asetukset olivat hitaasti toimivia, työn aikana robotti teki turhaa ja ylimääräistä työtä liikkuessaan edestakaisin. [22.]

#### 4.2 Antero Putkirannan haastattelu

Haastattelin työhöni Metropolian tuotantotalouden yliopettajaa Antero Putkirantaa, jolla on vuosien kokemus tuotannon logistisista suunnittelutehtävistä. Häntä haastattelemalla oli tarkoitus syventää tietoa linjaston optimoinnista ja saada kokemukseen perustuvia vinkkejä insinööri työn eteenpäin viemiseen.

Hän suositteli minulle myös aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Kirjallisuuden ehdotetut viitteet olivat tuotantolinjan tasapainotus (*Production line balance*) ja toiminnan ohjaus (*Operations management*). Putkirannan [23] esille nostamien teorioiden ja havaintojen avulla lähdin keräämään linjastokohtaista määrällistä tietoa selvittääkseni optimoinnin taustalla olevaa juurisyytä.

Putkiranta [23] korosti tuotannon juurisyiden etsimisen tärkeyttä, mikä tarkoittaa, että menetelmässä kyseenalaistetaan ongelmakohtaa niin kauan kuin ongelman juurisyy saadaan esille. Hän kehotti minua selvittämään linjaston ongelmia paneutumalla sen hitaimpiin pisteisiin, sillä linjaston nopeinta kohtaa määrittellee linjaston hitain piste. Näillä pisteillä on tärkein merkitys prosessin nopeuden suhteen ja täten tuotannon optimointiin. [24.]

#### 4.3 Mittaustulokset

Ongelman kuvausta ja satunnaisten syiden syyehdokkaiden selvittämisessä lähdettiin liikkeelle haastatteleamalla koneenajureita, jotka työskentelevät päivittäin koneen parissa. Haastatteluissa nousi esille tärkeimmät tutkimuskohdat, sillä niistä selvisi kokemustiedon kautta kuljettimen aiheuttamat pysähdykset linjastolla.

Ongelmakohtiksi haastateltavat nostivat varttilavauksen hitauden sekä kovankoettajan toimimattomuuden. Ensimmäisenä ongelmakohtana K3 -linjastolla työntekijät nostivat kovankoettajan toimimattomuuden. Tämän vuoksi tämä insinööri työ keskittyy eniten siihen ongelmakohtaan. Kovankoettajaa ennen on ainoastaan pakkaus kone, josta oli laskettava ulostulokapasiteetin volyyymi.

Näiden kohtien jälkeen täytyi mitata kovankoettajasta ulostulo aika, joka on merkittävä kovankoettajan edessä olevan jatkuvan ruuhkan takia. Seuraava piste linjastolla sijoittuu ryhmäpakkaajaa Meureriin. Ryhmäpakkaajan luokse virtautuu kuuden uran linjastolla paketteja, joiden virtaus on sujuvaa vaikkakin epätasaista, minkä vuoksi se on jätetty pois tästä tutkimuksesta. Ulostulo kohta kuuluu eri laitteistolle, Formecalle. Formecalta tulevat 12 pakkauksen tuote kokonaisuudet on otettu mittauskohdaksi toimeksiantajan ehdotuksesta. Edellä mainittujen lisäksi mittauspisteiksi valikoitiin teholavan ja kuormalavojen muodostusajat.

Keskiarvo saadaan laskemalla kaikki saman mittauskohdan luvut yhteen. Tämän jälkeen ne jaetaan lukujen määrällä eli mittauksien määrällä, joka on tässä työssä 10. Mittaustuloksien keskiarvo on laskettu (Kuva 7) kaavalla.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Kuva 7. Keskiarvon laskentakaava.

Keskihajonta kertoo lukuarvojen vaihtelusta keskiarvon molemmin puolin. Keskihajonnan laskemiseen tarvitaan keskiarvon luku. Jakomerkin osoittajariville tulee kaikki saadut luvut, joista miinustetaan keskiarvo, jonka tulo kerrotaan potenssiin kaksi. Nämä luvut jaetaan jakajalla 10 eli työssä suoritettujen mittauskertojen määrällä. Jakolasku sisäistetään juureen, jonka avulla saadaan keskihajonta. (Kuva 8.)

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Kuva 8. Keskihajonnan laskentakaava.

Mediaani eli keskiluku saadaan järjestämällä mittaustuloksien arvot pienimmästä suurimpaan. Tällä tavalla järjestettyjen lukujen keskelle jäävä luku on mediaani. Mediaani on helpoin selvittää parittomasta luvusta. Mikäli lukuja on parillinen määrä, voidaan tulos ilmoittaa raja arvoksi jäävällä osa luvulla tai erottaa keskenään pilkulla. (Kuva 9.)

$$P(X \leq m) \geq \frac{1}{2} \text{ ja } P(X \geq m) \geq \frac{1}{2}$$

Kuva 9. Mediaanin laskentakaava.

Taulukko 1. Pakkauksien ulostulo- ja menoajat, pakkaus/ minuutti.

	Keskiarvo pkt/min	Keskihajonta pkt/min	Mediaani pkt/min
Pakkauskoneesta ulostulo	121	0	121
Kovankoettajaan meno	93	25,55	90
Kovankoettajasta ulostulo	118,4	18,04	123

Taulukko 2. Pakkauksien ulostulo- ja menoajat, kilogramma/ minuutti.

	Keskiarvo kg/min	Keskihajonta kg/min	Mediaani kg/min
Pakkauskoneesta ulostulo	60,5	0	60,5
Kovankoettajaan meno	46,5	12,78	45
Kovankoettajasta ulostulo	59,2	9,02	61,5

Jokainen insinööriyötä varten tehty mittaus on toteutettu 10 kertaa. Mittaukset on toteutettu mahdollisimman vähällä määrällä muuttujia. Esimerkiksi, mikäli mittauksien aikana on tapahtunut selkeitä keskeytyksiä, esimerkiksi rullanvaihto, ei tulosta ole kirjattu lainkaan. Tällöin saadaan virhemarginaali mahdollisimman pieneksi.

Taulukko 3. Yhden valmiin lavan muodostuksen kesto minuuteissa, sekunneissa ja sadasosissa.

Valmiin lavan valmistus	Keskiarvo	Keskihajonta	Mediaani
Teholava	03:11,8	0,00	03:03,4
Kuormalava	08:23,7	0,00	0,01

#### 4.4 Läpimeno- ja tahtiaika

Läpimenoaika on laskettu sekuntikellon kanssa minuutti kerrallaan. Sekuntikelloon asetettiin minuutin ajanjakson päätteeksi hälytys, joka ilmoitti mittausajan täyttymisestä. Sen soidessa mittaus pysäytettiin ja tulokset kirjattiin tämän jälkeen ylös ennen seuraavaa minuutin mittausta seuranta. Minuutin mittausajan aikana laskettiin

silmämääräisesti linjaston ulostulo- tai menoaukon kohdalla laitteen läpi menevät paketit. Niinä kertoina, kun pakkausvirtaus oli niin suurta, ettei sitä voinut silmämääräisesti laskea, käytettiin laskennan apuna videointia. Videoidusta tallenteesta pystyttiin katsomaan hidastetusti läpi menneiden pakettien määrä mittauskohdasta mitatun ajanjakson ajalta.

Ensiksi täytyy määritellä tuotannon pysähtelykohdat, jotka ovat K3 -linjastolla lavausmetodeista riippuvaisia. Näistä kohdista tulee seuloa hitain kohta, joka määrittelee koko tuotannon nopeuden. K3 linjastolla hitain kohta on kovankoettaja sekä varttilavauksen pantakone. Hitain kohta voidaan määritellä siitä, missä on suurin ruuhka. Ensimmäinen ruuhka on havaittavissa kovankoettajan jälkeen. Paketteja liikkuu kovankoettajasta ulos 25,4 pakettia minuutissa enemmän kuin sisään mentäessä, mikä tarkoittaa 12,7 kg suodatinjauhettua kahvia minuutissa.

Teoreettinen tuotannon tahditusaika antaisi linjastolle kaikista optimaalisimman tuloksen [11]. Tällöin seuraavan laitteen tulisi olla hiukan nopeampi kuin edellinen, jolloin turhia ruuhkakohtia linjastolla ei pääse syntymään. Työvaiheet seuraavat sujuvasti toisiaan.

Jotta tuotannon tahti aika saataisiin laskettua, kovankoettajan virtauksesta täytyisi saada enemmän analysoitavaa dataa. Kuitenkin täytyy ottaa huomioon, että jokainen pakkaus on läpäissyt tässä vaiheessa koneen omat pehmeiden pakettien tarkistuskohdat lävitse, minkä vuoksi pehmeiden pakettien läpipääsy tuotantolinjastolta asiakkaalle on suhteellisen pieni.

## **5 Päätelmät ja jatkoehdotukset**

Insinööriyön tarkoitus on kartoittaa kuljettimien ja laitteistojen optimointia K3 vakuumpakkauslaitteella. Tarkoituksena olisi löytää parannusehdotuksia ja säätöjen avulla parantaa linjaston toimivuutta uusien laitteistohankintojen sijaan.

Linjaston epäkohtia pyritään säätämään mahdollisilla säädöillä jouhevammaksi ja yhtenäisemmäksi kokonaisuudeksi. Muutoksien avulla saadaan aika- ja

materiaalihukkaa vähennettyä. K3 –linjaston teoreettinen optimointi tapahtuu tahtiajan avulla, joka on laskettu tässä työssä toimeksiantajalle.

Tutkimuskysymyksiä vastaukset

Mikä sujuvoittaisi linjastoa?

Linjastoa sujuvoittaa koko linjaston nopeuden säätö samaan aikaan, jotta kovankoettajalle tai robotin kohdalle ei muodostu ruuhkaa.

Mikä tuotantofilosofia tukee virtaus- ja resurssitehokasta linjaston toimintaa?

Lean, Six Sigma, DMAIC, juurisyiden kyseenalaistaminen, prosessin vaihteluiden, hukan määrittäminen, tahtiaika, jaksoaika, läpimenoaika, virtaustehokkuus, pullonkaulojen laki.

Miten prosessivaihtelu voidaan minimoida mittaustietojen perusteella?

Juurisyyanalyysin tulos on, että linjaston laitteiston asetukset tulee yhtenäistää. Tuotannon nopeuttamiseksi ei auta, että nopeutetaan vain yhtä laitetta kuljettimessa. Jos tuotteita syötetään nopeammin kuin laite voi vastaanottaa, syntyy pullonkauloja, jotka ruuhkauttavat linjaston ja heikentävät ensimmäisen laitteen jälkeen tulevien laitteiden toimintaa. Tällöin linjasto ei toimi optimaalisesti.

Juurisyyyn löytämiseksi, tulee meidän kysyä vähintään viisi ”miksi” -kysymystä.

Mikä estää linjaston optimaalisen toiminnan? Miksi?

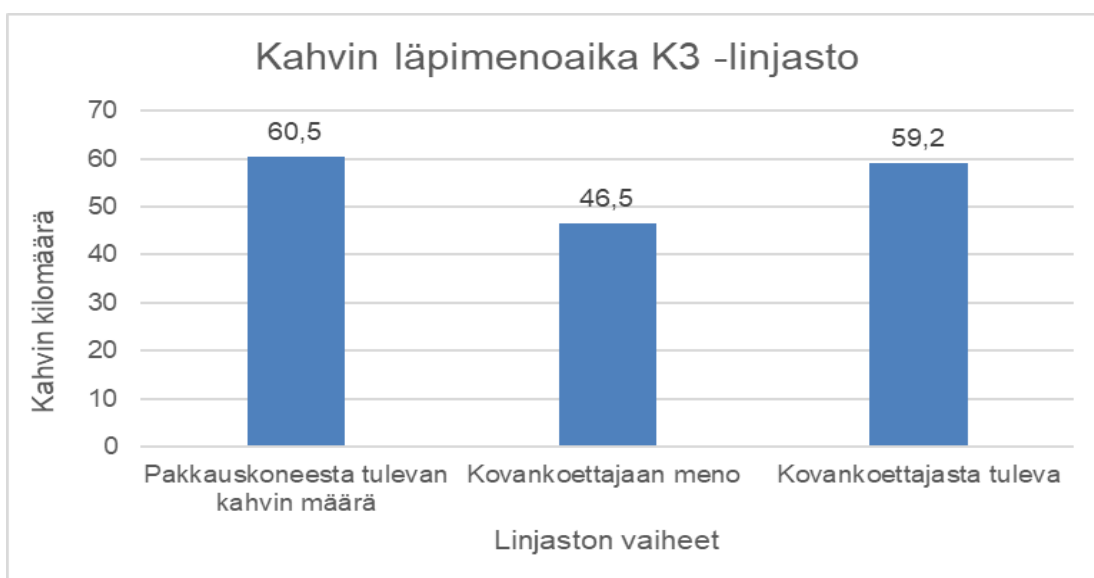
Linjastolla esiintyy odottelua ja kuljetin ei liikuta tuotteita. Tuotanto ei etene ja laitteet seisovat paikoillaan.

Missä kohdassa linjastoa on ruuhkaa?

Materiaalivirrassa pysähdyksiä voidaan nimittää pullonkaulakohdiksi. Tuotannon prosesseissa pullonkaulasta puhuttaessa tarkoitetaan niitä prosessin vaiheita, joissa

jokin toiminta rajoittaa tuotteen läpimenoa. Kuten pullosta vettä kaadettaessa, hidastaa pullonkaula veden kulkua ulos pullosta. Sama periaate toimii myös tuotannossa, jossa epätasapainoa esiintyy pullonkaulojen sekä muun muassa tuotantokapasiteetin ja asiakastilausten vaihtelujen vuoksi. [24.]

Selkeä ongelmakohta on kovankoettajassa, kun pakkauksia saapuu niin kovalla paineella, ettei kone ehdi testata pakkauksien kovuutta laisinkaan. Kovankoettajalaitteiston havaitessa ruuhkan linjastolla se antaa pakettien kulkea läpi automaattisesti ehkäisten kuljettimen ruuhkautumista. Tällöin laite ei tee sille osoitettua työtä ja kuljetin ei toimi optimaalisesti. Tässä vaiheessa pehmeitä paketteja saattaa päästä virtauksen mukana etenemään lavaamoon ja tästä edelleen asiakkaalle. (Kuva 10)



Kuva 10. Kahvin läpimenoaika K3 -linjastolla.

Kuljettimen virtausta hidastava tekijä K3 -linjastolla on kovankoettajassa. Materiaalivirrat vaihtelevat tässä pisteessä todella paljon. Mittaushetkellä ero kahvin virtauksessa laitteeseen suhteessa kahvin ulostuloon on ollut 12,4 kg. Tämä kertoo paineen olevan ennen kovankoettajaa liian suuri. Painetta saadaan purettua hiljentämällä koneen pakkauksien tuottoaika.

Miksi juuri kovankoettajan edessä on ruuhka?

Kovankoettajan eteen muodostuu jonoa lähes koko ajon ajan, koska vakuumpakkaus kone tuottaa enemmän kahvia kuin kovankoettaja kykenee prosessoimaan. Kovankoettajan edessä oleva jono saattaa purkautua vain silloin, jos vakuumpakkaus koneeseen syntyy pidempiaikainen odotus.

Miksi kovankoettaja ei kykene käsittelemään vakuumpakkaus koneen materiaalivirtaa?

Kun tilauksia valmistetaan nopealla tuotantotahdilla, on helppo nopeuttaa linjastoa sen alkupäästä, jossa nopeutus tapahtuu vain pienillä säädöillä ilman sähköasentajan läsnäolon vaatimusta. Kun vain vakuumpakkaus koneen materiaalivirtaa nopeutetaan ilman kovankoettajan samanaikaisen vastaanottokyvyn säätöä, ei kovankoettaja pysty vastaanottamaan vakuumpakkaus koneen syöttämää tuotevirtaa.

Miksi kovankoettaja ei kykene käsittelemään vakuumpakkaus koneen materiaalivirtaa?

Pakkaus koneen käyttäjät ovat säätäneet koneen tuottamaan paketteja liian nopeasti.

Miksi kovankoettaja ei kykene käsittelemään vakuumpakkaus koneen materiaalivirtaa?

Tuotannolla on liian kova kiire, jonka vuoksi pakkauksia halutaan saada tuotettua mahdollisimman paljon tuotteita lyhyessä ajassa.

K3 -linjaston vaihtelun juurisyyn taustalla on se, ettei koko linjaston säätöjä optimoida sen ensimmäisen vaiheen kiihdyttämisen jälkeen ja linjasto ruuhkautuu. Tuloksista näkee, että kuljettimen pullonkaulaksi on osoittautunut kovankoettajan menokohta, jossa pakkauksista syntyy ruuhka- tai painekohta kuljettimessa ja että tämän pullonkaulan syy on kuljettimen säätöjen erilaistaminen niin, etteivät sen koneiden toimintojen nopeudet ole yhteneväisiä. Ongelmat alkavat siitä, etteivät linjastoalueen työntekijät optimoi koko kuljetinta tuotannon kiireen vuoksi. Linjaston osittainen optimointi on tuotannon pullonkaulojen juurisyys.

Tutkimuksen lähtökohtana ja tavoitteena on ollut selvittää K3 linjaston hukka ja tämän sen optimointi. Tutkimusongelma on määritelty yhdessä toimeksiantajan kanssa.

Lähtöoletushypoteesi linjastolla on ollut, ettei se ikinä toimi täydellisesti ja toinen oletus on, että kuljettimen kriittiset pisteet paikantamalla toimintaa voidaan hioa. Linjaston pullonkaula ja hukkaa aiheuttava osa on kovankoettaja.

Pullonkaulojen lain mukaan vaihtelua ei voi poistaa kokonaan vaan yhden ongelman poistaminen siirtää sen jonnekin muualle. Kun pullonkaula on paikannettu, on päästy perehtymään ongelman juurisyyn.

Linjastolla oli muitakin pullonkauloja kuin tässä työssä käsittelin. Linjasto toimii optimaalisesti, jos se tuottaa laadullisesti hyviä tuotepaketteja, joiden koko ja muoto vastaavat sekä tuotteelle asetettuja laatustandardeja että laitteelle syötettyjä tuotekohtaisia säätöjä. Esimerkiksi, jos tuotteet ovat kooltaan eriäviä, ei lavausalueen robotti pysty kokoamaan niistä valmista lavaa, koska se ei saa tuotteen epätasaisesta pinnasta otetta. Epätäydelliset paketit voivat siis näin hidastaa koko linjaston toimintaa ja tuotteen siirtämistä varastoon.

Hypoteesi kovankoettajasta osoittautui osittain vääräksi. Linjaston pullonkaula on kovankoettajan edessä ja sen aiheuttama ruuhka on hukkaa, mutta kovankoettaja ei ole itse ongelman aiheuttajan juurisyys ja hukka syntyy alun perin muualla.

Vakuumpakkauskone tuottaa pakkauksia liian nopealla tahdilla suhteessa kovankoettajan käsittelykapasiteettiin. Vakuumpakkauskoneen jälkeen kuljettimet siirtävät paketit kovankoettajan lävitse. Kun vakuumpakkauskone syöttää paketteja liian nopealla tahdilla, kuljetin siirtää liikaa tuotteita kovankoettajaan, jolloin sen edessä esiintyy ruuhkaa ja se lakkaa toimimasta. Kun kovankoettaja lakkaa toimimasta, se purkaa ruuhkan päästämällä kaikki paketit lävitse tarkastamatta niitä. Kehitysehdotuksena vakuumpakkauskoneen tuotantotahtia tulisi hidastaa lähelle 93 pakettia/minuutissa, jotta materiaaliruuhkaa ei syntyisi. (Taulukko 1), (Taulukko 2). Vakuumpakkauskoneen kapasiteetti pystyy tällöin käsittelemään jokaisen läpimenneen pakkauksen.

Parasta arvoa lisäävää aikaa on se, että lyhyessä raakaprosessiajassa saadaan valmistettua enemmän tuotteita aiempaa vähemmällä resursseilla. Nolla virhettä-vision mukainen tavoite tuotannossa vähentäisi ajoittaista ruuhkan syntyä kuljettimilla sekä nostorobotin liikaliikettä.

Ratkaisuehdotukset on aina helppo määritellä, sen perusteella kuinka hyvin prosessin nykytila on tiedostettu. Vaihtelua esiintyy joka tapauksessa. Vain siihen kuinka suuri vaihtelu on, voidaan vaikuttaa.

Aikaisempaa vertailudataa ei ole käytettävissä kovankoettajasta, koska sitä ei ole mitattu aikaisemmin. Ehdotuksenani toimeksiantajalle on hyödyntää videomateriaalia, jota saadaan kovankoettajan ruuhkavideoinnista talteen. Ja laskea kattavampi linjaston tahtiaika sen datamateriaalin perusteella. Materiaalin keräämiseen ei tarvitsisi henkilöä kuin purkamaan datan nauhoitteista ja tekemään yhteenvedon esimerkiksi kuukausitasolla. Tällöin otos olisi laajemmalla aikavälillä ja olisi näin ollen luotettavampi.

Pakkaukset kulkevat pakkauskoneen lävitse kohdista, jossa vuotokohta on mahdollista havaita. Kovankoettajan tarkoituksena on mitata pakettien pehmeys viimeisen kerran ennen varastoimista. Lähtökohtaisesti oletetaan pakkauskoneen tuottavan vain laadukkaita paketteja, minkä vuoksi vuotavien pakkauksien mahdollisuus päästä asiakkaalle on suhteellisen pieni. Tämä tarkoittaa, että tuotantomäärä ei saa olla riippuvainen kovankoettajasta.

Kokonaisuutta ajatellen ajurin tieto kokonaisuudesta ja syiden yhteydestä linjastosta auttaa. Tätä varten koneen hoitajalla on videokuva kuljettimien päälle, jotta kaikille näkymättömissä olevalle alueellekin saadaan näköyhteys. Haastatteluissa moni työntekijä myönsi odottaneensa monesti koneen ollessaan paikoillaan ja luottavansa, että ongelmakohta olisi toisessa päässä. [22.]

Haastatteluissa tein huomion, että suurin osa prosessioperaattoreista on tehnyt pitkän uran linjastolla. Heillä on asiantuntijaosaamiseen verrattavaa tietotaitoa toimia linjaston vikatilanteissa. Lean-filosofia sekä Six Sigma strategia korostavat, että myös ihmisten osaamisen ja ideoiden hyödyntämättä jättäminen on toiminnan hukkaa. [14.], [9s 143.]

Koneen operaattoreiden mielestä paremmat pakkausmateriaalit sujuvoittaisivat linjaston kulkua. Pakkauslaminaatti saattaa jäädä päältä tai pohjasta epätasaiseksi. Kun pakkaus on epätasainen päältä, on riskinä, ettei nostorobotti saa imulla kiinni pakkauksesta. Jos pakkaus jää pohjasta epätasaiseksi, on riski, että se linjastolla kulkeutuessaan liikkuu herkemmin, jolloin se saattaa kaatua tai vierähtää poikittain tukokseksi linjastolle.

Työntekijöillä on valtavasti tietoa linjaston toiminnasta ja sen ongelmista, tätä voitaisiin käyttää hyödyksi linjaston optimoimisen prosessissa ja liiketoiminnan kehittämisessä. Työntekijöiden tiedoista tulisi kerätä järjestelmällisesti dataa, jolloin tietoa voitaisiin hyödyntää ja tuotantoprosessin hukkaa minimoida. Ehdotuksenani toimeksiantajalle on selvittää vaihtoehtoisia toimintamalleja standardoidun datan keräämiseen.

Insinööriyöni K3 linjaston havainnointivaiheessa kiinnitin huomiota siihen, että lavaamo-puolen robotti tekee ylimääräistä työtä varttilavausta tehdessä. Robotin virheliikkeet nousivat esille myös työntekijöiden haastattelussa [20]. Robotti tekee useita hukkaliikkeitä sitoessaan tukipantaa lavattavien tuotteiden ympärille. Nämä ylimääräiset liikkeet ovat laitteen hukkaa, joka tulisi minimoida. Tulevaisuudessa olisi hyvä kartoittaa löytyisikö robotin ylimääräisten toimintojen minimoimiseen jotakin ratkaisua.

Pakkauskoneen ajurilla, mahdollisella ryhmäpakkaajalla ja lavaamoalueen henkilöstöllä tulisi olla saumaton kommunikointimahdollisuus. Haastatteluista kävi ilmi, että monista kuljettimesta johtuvista pysähdyksien syistä ei ollut varmaa tietoa. [22.]

Pakkauskoneen ajuri pitää siitä kuuluvasta linjaston osasta huolta. Seuraavaksi kun paketti liikkuu linjastoa pitkin ylös spiraalin avulla pois näköyhteydestä, saattaa ajallisesti hukkaa ilmentyä, jos pakkaus juuttuu linjastolle kohdassa ennen ja jälkeen kovankoettajan, jossa se ei ole kenenkään näköyhteydessä. Tähän ongelmaan on nauhoitettava videokuva asennettuna tasanteen päälle, jota ajurin on mahdollista seurata työpisteeltään. Linjastoon jää siitäkin huolimatta kohtia, johon ei ole välitöntä näköyhteyttä.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda toimeksiantajalle erilaisia mahdollisuuksia optimoida K3-pakkauskoneen tuotantoa. Muutoksien piti olla toteuttavissa tämän hetkisillä käytössä olevilla laitteistoilla. Linjaston eri vaiheiden nopeuksista on tämän työn tuloksena saatu yritykselle vertailtavaa dataa tulevaisuutta varten. Näitä tuloksia yritys voi edelleen soveltaa muihin tuotannon pakkauskoneisiin ja sen laitteistoihin.

Työn alkaessa pakkauskoneen ja sen kuljettimet jaettiin erilaisiin osiin, jotta etäisyydet pystyttiin ajallisesti mittamaan. Näiden osien materiaalien ohittamaa määrää voitiin toistaa sekuntikellon kanssa ja kerätä dataa eri kohtien nopeuksista. Nopeuksien vaihtelut kertoivat eri pisteiden sen aikaisesta tilasta, joista joihinkin kohtiin kohdistui tarpeetonta ruuhkaa.

Seuraavassa työn vaiheessa koneen ajureita haastateltiin pakkauskoneen ongelmakohtiin liittyen nimettömästi. Näiden haastattelujen jälkeen suoritettiin vielä asiantuntija haastattelu tuotantotalouden yliopettajan kanssa, joka kertoi tuotannon optimoinnin erilaisista ratkaisumahdollisuuksista ja lähdekirjallisuudesta. Seuraavaksi tulokset analysoitiin lean -toimintamallin avulla. Lisäksi tiedon keruussa on hyödynnetty six sigman mukaista tiedon keruu mallia, josta tutkimusta on edelleen jatkettu DMAIC -ongelmanratkaisumalliin.

Optimoinnin kehitysehdotuksena ratkaisuksi on ilmentynyt pakkauskoneen tuotannon hiljentäminen kovankoettajalle sopivammaksi. Pakkauskoneen hiljentämisen tuloksena pakkaukset kulkevat sille tarkoitetulla tavalla tuotannon läpi, eikä enää suuria painekohtia synny, jolloin tuotteet jäisivät vaille kovankoetinta. Tämän seurauksena tuotannosta tuli yhtenäisempi ja jouhevampi.

Työn tuloksena pakkauskoneen tuotanto saatiin optimoitua muiden laitteistojen ja kuljettimien tasolle yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Lisäksi toimeksiantaja sai haastattelun tuloksien avulla prosessioperaattoreilta arvokasta tietoa K3 optimointiin. Näistä tärkeimmät havainnot olivat katkeamaton tiedonkulku sekä laadukkaiden pakkausmateriaalien tärkeys.

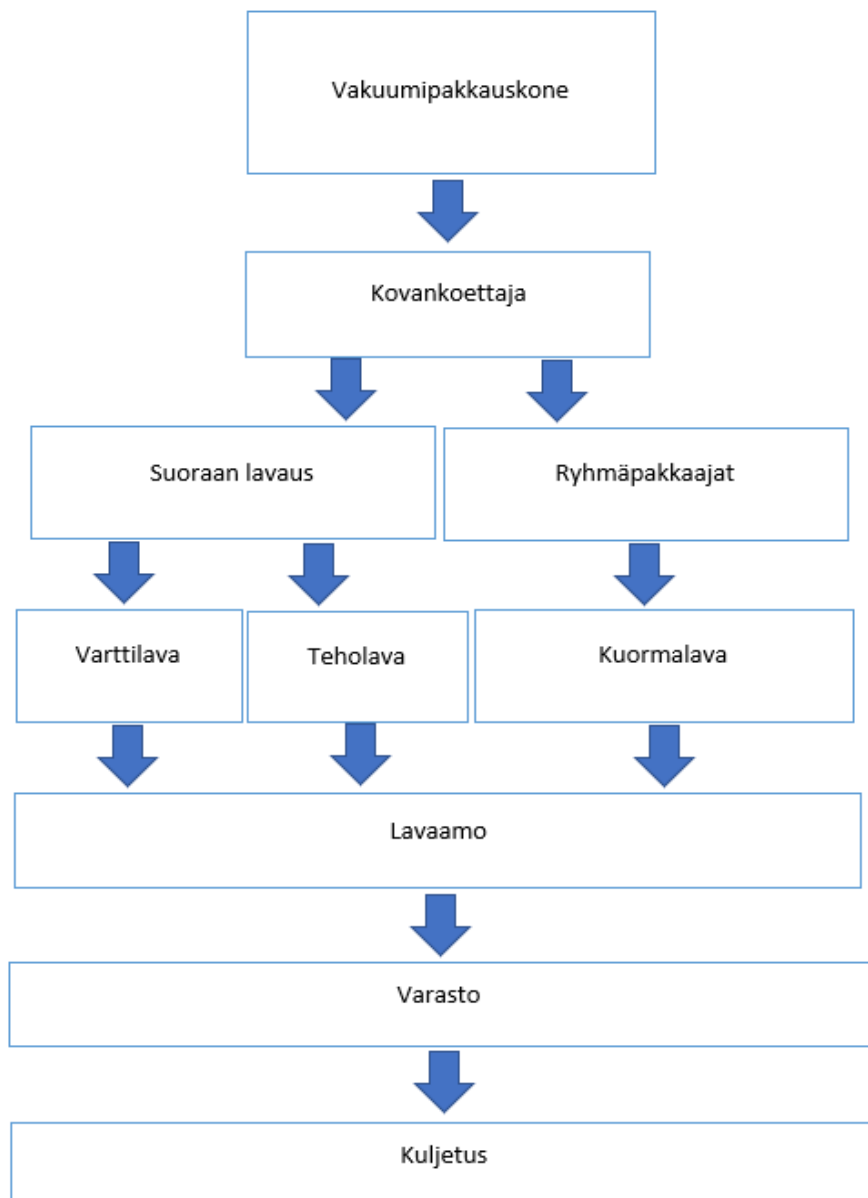


## Lähteet

- 1 Laadukkaan kahvin koti. Verkkoaineisto. <https://www.pauliggroup.com/fi/tietoa-meista/paulig-coffee>. Luettu 21.2.2019
- 2 Suosituin tuote. Verkkoaineisto. <https://www.paulig.fi/inspiroitu-opi/kaikki-kahvista/pavusta-kuppiin>. Luettu 27.1.2019
- 3 Kouri, Ilkka. 2010. Lean taskukirja. Helsinki: Teknologiateollisuus ry. s. 6, 8-9, 10-11
- 4 Heikkilä, Tarja, 2014. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita.
- 5 Leanin hukka. Verkkoaineisto. <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukkamuda-mura-ja-muri/> netti. Luettu 5.4.2019
- 6 Leanin arvo ja hukka. Verkkoaineisto. [http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20\(2009\)%20Projektituotantoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusalalla.pdf](http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20(2009)%20Projektituotantoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusalalla.pdf). Luettu 15.4.2019
- 7 Heizer, Jay & Render, Barry. 2011. Principles of operations management. Upper Saddle River, NJ : Pearson Education cop. 2011.
- 8 Karjalainen, Tanja & Karjalainen, Eero. E, 2002. Six Sigma uuden sukupolven johtamis- ja laatu järjestelmä. Hollola: Quality Knowhow Karjalainen Oy.
- 9 Modig, Niklas & Åhlström, Pär. 2016. Tätä on lean. Tukholma: Rheologica.
- 10 Kingmanin kaava. Verkkoaineisto. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/kingmanin-kaava/>. Luettu 10.4
- 11 Tahtiaika. Verkkoaineisto. <http://lci.fi/blog/metodimateriaali/tahtiaikatuotanto/#>. Luettu 6.3.2019.
- 12 DFSS, Design for Six Sigma. Verkkoaineisto. <http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/six-sigma/dfss/>. Luettu 16.4.2019
- 13 Numeraalinen tieto ja laadullinen menetelmä. Verkkoaineisto. [http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20\(2009\)%20Projektituotantoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusalalla.pdf](http://www.lci.fi/sites/default/files/Merikallio%20%26%20Haapasalo%20(2009)%20Projektituotantoj%C3%A4rjestelm%C3%A4n%20strategiset%20kehitt%C3%A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusalalla.pdf)

- %A4miskohteet%20kiinteist%C3%B6-%20ja%20rakennusalalla.pdf. Luettu 16.4.2019
- 14 Six Sigma. Verkkoaineisto. <http://www.sixsigma.fi/fi/artikkelit/lean-ja-hukka-muda-mura-ja-muri/>. Luettu 16.4.2019
- 15 Teemahaastattelu. Verkkoaineisto. [https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_3\\_2.html](https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_2.html). Luettu 5.4.2019
- 16 Haastattelun haasteet. Verkkoaineisto. <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/39424/haastatt.pdf?sequence=1> ). Luettu 5.4.2019
- 17 Hyvä tutkimuskäytäntö. Verkkoaineisto. [https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L3\\_1\\_2.html](https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_1_2.html). Luettu 5.4.2019
- 18 Haastattelijan on voitava luottaa siihen, että tietoja käytetään oikein. Verkkoaineisto. [https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6\\_3.html](https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3.html). Luettu 2.4.2019
- 19 Paulig Juhla Mokka -jauhettu kahvi 12-pack. Verkkoaineisto. [https://cdn.verk.net/960/images/59/2\\_243625-1316x1176.jpeg](https://cdn.verk.net/960/images/59/2_243625-1316x1176.jpeg). Luettu 9.11.2019
- 20 ISO 22000-standardi. Verkkoaineisto. <https://www.paulig.fi/inspiroidu-opi/kaikki-kahvista/pavusta-kuppiin>. Luettu 2.4.2019
- 21 Tehokkaat kuljetusketjut. Verkkoaineisto. <https://www.paulig.fi/inspiroidu-opi/kaikki-kahvista/pavusta-kuppiin>. Luettu 21.2.2019
- 22 Pakkaushallin prosessioperaattorit. Oy Gustav Paulig ab, Helsinki. Haastatteluja 15.9.2018- 15.1.2018. Haastattelijana Martina Nevala.
- 23 Putkiranta, Antero. 2019. Yliopettaja, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Vantaa. Haastattelu 30.1.2019.
- 24 Juurisyyn analysointi. Verkkoaineisto. [chrome-extension://oemmnndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/163568/mod\\_folder/content/0/Kon-15\\_4199\\_lean-filosofia.pdf?forcedownload=1](chrome-extension://oemmnndcbldboiebfnladdacbfmadadm/https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/163568/mod_folder/content/0/Kon-15_4199_lean-filosofia.pdf?forcedownload=1). Luettu 28.4.2019.

## Tuotannon kaavio vakuumpakkaus koneesta K3



### Haastattelupohja

Tavoitteena on saada kehitysideoita ja kartoittaa tietoa miksi pakkauskoneen kuljettimet pysähtelevät ajon aikana. Haastattelut toteutetaan kyselynä työaikana kysymysten pohjalta. Vastaajien nimiä ei kirjata ylös.

- Kuinka pitkä on kokemuksesi vakuumpakkauskoneilta?
- Työskentelypisteesi?
- Missä on sinun mielestäsi suurimmat ongelmat?
- Mikä parantaisi k3-linjaston sujuvuutta?

Pakkauskone

Kovankoettaja

Ryhmäpakkaaja

Lavaamo

- Toimiiko jokin asia erityisen hyvin tai huonosti k3 linjalla?
- Mitä muuta?

## Mittauspöytäkirjat

Mittauspöytäkirja K3				
Päivä	Koneen nopeus	Aloitusaika	Lopetus aika	Mittauksen fokus
5.11.2018	121 pkt/ min	17:53	18:40	Koneesta ulostulosajat, Kovankoettaajaan meno, Kovankoettajasta ulostulo.
23.11.2018	121 pkt/min	17:14	19:00	Kovankoettaja ja teholavan muodostusaika
26.11.2018	121 pkt/ min	16:03	19:10	Formeca ja Meurer, 12-paketin myymäläpakkauksen muodostus ja lauvaa aika

5.11.2018	Juhla Mokka Sj 500g	Tilauksen koko 30 000 kg
Mittaukset aloitettu klo.17.53	Hylättyjä 17 pkt	Ajettu 25 303kg
Mittaukset lopetettu klo.18.40	Hylättyjä 19 pkt	Ajettu 27 525kg

Mittauskerta	Koneesta ulostulo pkt/min	Kovankoettaajaan meno pkt/min	Kovankoettajasta ulostulo pkt/min
1	121	54	118
2	121	67	126
3	121	137	120
4	121	70	87
5	121	90	147
6	121	87	127
7	121	90	131
8	121	103	98
9	121	115	129
10	121	117	101

Mittauskerta	Kuormalavan muodostus aika	Teholavan muodostus aika
1	10.24,54	2.49,79
2	8.48,05	2.52,48
3	6.41,06	4.04,94
4	7.33,13	3.38,85
5	7.55,06	2.56,74
6	8.19,01	3.10,06
7	7.55,09	2.46,13
8	9.18,63	2.27,19
9	8.19,61	4.00,25
10	8.43,22	3.11,34