



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Antti Venäläinen

## PET-muovipullojen hävikin seuranta pullotus- prosessissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Bio- ja elintarviketekniikka

Insinöörityö

20.4.2020

Tekijä Otsikko	Antti Venäläinen PET-muovipullojen hävikin seuranta pullotusprosessissa.
Sivumäärä Aika	46 sivua + 1 liite 20.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	bio- ja kemiantekniikka
Ammatillinen pääaine	bio- ja elintarviketekniikka
Ohjaajat	kehityspäällikkö Hannu Sistonen lehtori Pia-Tuulia Laine
<p>Yrityksen kannalta pakkausmateriaalihävikkiin pitäisi puuttua mahdollisimman tehokkaasti. Hävikin pienentäminen lisää yrityksen tuottavuutta ja näin ollen mahdollistaa paremman kilpailukyvyn. Insinööriyöhön aiheen antoi Oy Sinebrychoff Ab &amp; Sinebrychoff Supply Company.</p> <p>Insinööriyössä tavoitteena oli kerätä tietoa kahden tuotantolinjan PET-muovipullohävikistä ja näiden tulosten perusteella tuoda yritykselle tietoon mahdolliset kriittiset pisteet joissa syntyy hävikkiä. Insinööriyössä hävikin syntyyn keskityttiin preformien kaatamisesta puhalluskoneeseen ja täyden pullon etiketöinnin välisellä alueella. Työ koski ainoastaan primääripakkausten eli panimo- ja virvoitusjuomapullojen hävikkiä.</p> <p>Insinööriyössä seurantaan otettiin konesarjat 450 ja 470, koska näiden tuotantolinjojen PET-muovipullohävikkiin ei ollut aiemmin keskitytty. Aluksi seuranta varten operaattorit keräsivät käsin tuotantolukemat Unscramblereilta, mutta seurantatapaa muutettiin inhimillisten virheiden pienentämiseksi. Seuranta suoritettiin keräämällä vuororaporteista konesarjojen tuotantolukemat kymmenen viikon ajalta. Raporteista saaduista tuloksista luotiin Minitab-ohjelmalla kuvaajat, joiden avulla pystyttiin analysoimaan eri laitteiden aiheuttamat hävikit tuotantolinjoilla.</p> <p>Tuotantolinjojen kriittisiksi pisteiksi ilmenivät konesarjan 450 Unscrambler, laitteen epävarman toimivuuden takia ja konesarjalta 470 tuotantolinjan täyttökone. Kokonaishylkyprosentti konesarjalla 450 oli seurannan aikana 1,067 % ja konesarjalla 470 hylkyprosentti oli 0,964 %.</p> <p>Yrityksen on mahdollista hyödyntää tuloksia PET-muovipullohävikin seurannassa myös jatkossa. Insinööriyön tuloksia voidaan pitää vertailukelpoisina myöhemmin tehtävään PET-muovipullohävikin seurantaan. Työtä voidaan jatkaa huoltamalla kohteet, joissa suurinta hävikkiä esiintyi, jonka jälkeen tehdään uusi seuranta.</p>	
Avainsanat	hävikki, pakkausmateriaali, muovipullo

Author Title	Antti Venäläinen Loss of PET Plastic Bottles in the Bottling Process.
Number of Pages Date	46 pages + 1 appendix 20 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Biotechnology and Chemical Engineering
Professional Major	Biotechnology and Food Engineering
Instructors	Hannu Sistonen, Development Manager Pia-Tuulia Laine, Lecturer
<p>From the perspective of company, the loss of packaging materials should be handled as efficiently as possible. Reducing losses will increase the productivity of the company and thus enable greater competitiveness. The subject of the thesis was given by Oy Sinebrychoff Ab &amp; Sinebrychoff Supply Company.</p> <p>The purpose of this thesis was to collect data on the loss of plastic bottles from two production lines and to highlight possible critical points where the loss occurs. This thesis focused on the loss of waste, from the pouring of preforms into the blow molding machine to the labeling of a full bottle. The focus was only on primary packaging.</p> <p>The thesis included machine series 450 and 470, because these production lines had not previously monitored for the losses of PET plastic bottles. In practical work, operators were supposed to collect readings manually from Unscrambler devices on production lines, but the tracking method was changed to reduce human error. The monitoring was performed by collecting data from production series for ten weeks from the production reports. From the results of the production reports, graphs were created with Minitab software to analyze the losses caused by the devices on production lines.</p> <p>The results also revealed the critical points of the production lines where losses occur. Unscrambler proved to be the critical point in the machine series 450 due to the device's uncertain functionality, and in the machine series 470, the critical point was the filling machine. The total loss rate for the machine series 450 was 1.067 % during monitoring and for the machine series 470, it was 0.964 %.</p> <p>In the future, the company will be able to utilize the results of monitoring losses at the PET plastic bottle lines. The results of the thesis are comparable to the subsequent monitoring for losses in the future for the PET plastic bottle. After the thesis, the work can be continued by repairing the machines that caused most of the losses. And after that it is recommended that a new round of monitoring be done.</p>	
Keywords	loss, plastic bottle, packaging materials

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Panimoteollisuuden pakkausmateriaalit	1
2.1	Kierrätysmuovipullojen materiaalit Sinebrychoffilla	1
2.2	Tulevaisuuden näkymät	2
3	Pakkausmateriaalit ja kestävä kehitys Sinebrychoffilla	4
3.1	Pakkausmateriaalit	4
3.2	Sinebrychoff ja kestävä kehitys	5
3.3	Jätelaki muovipullojen näkökulmasta	8
4	Lean, six sigma, ja niiden hyödyntäminen elintarviketeollisuudessa	9
4.1	Leanin historia	9
4.2	Hukka	10
4.2.1	Muda, Muri ja Mura	10
4.2.2	Hukan eri tyypit	11
4.3	Resurssi- ja virtaustehokkuus	13
4.4	Tehokas tuotantoprosessi	14
4.5	Tehokkuusmatriisi	15
4.6	Six sigma suorituskyvyn parannusmenetelmänä	16
4.7	Prosessinohjaus	18
4.8	Tuottavuuden mittari	18
5	Materiaalit ja menetelmät	19
5.1	Konesarjat 450 ja 470	19
5.2	Pakkausten seuranta	21
5.3	Hävikin seuranta-aika ja seurantatavat	27
6	Hävikin seurannan tulokset	28
6.1	Konesarjojen 450 ja 470 tarkastelu	28

6.2	Havainnot konesarjan 450 hävikistä	36
6.3	Havainnot konesarjan 470 hävikistä	37
6.4	Konesarjojen hävikkien vertailua	38
7	Päätelmät	39
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Konesarjat 450 ja 470 yksityiskohtaisesti	

## Lyhenteet

KMP	Kierrätysmuovipullo. Kierrätettäväksi tarkoitettu ja rekisteröity muovipullo, joka on pantillinen järjestelmän mukainen.
LCL	Lower Control Limits. Prosessissa määritelty alaraja-arvo.
MES	Manufacturing Execution System. Tuotannon ja valmistuksen ohjaukseen käytettävä järjestelmä.
MEG	monoeteeniglykoli. Sokeriruo'osta saatuja ainesosia pakkausmateriaalin valmistamiseen.
OEE/KNL	Overall Equipment Effectiveness/Käytettävyys, Nopeus, Laatu. Laitteen kokonaistehokkuus. Tuotannon tehokkuutta mittaava tunnusluku.
PEF	Polyeteenifuraanikarboksylaatti. Polymeeri, jota on mahdollista käyttää pakkausmateriaalina.
PET	Polyeteenitereftalaatti. Kestomuovi, jota käytetään juomien pakkausmateriaalina.
PTA	Puhdistettu tereftaalihappo. Raaka-aine, jota käytetään PET-muovin valmistamisessa.
UCL	Upper Control Limits. Prosessissa määritelty yläraja-arvo.

## 1 Johdanto

Yritysmaailmassa on ollut jo pitkään esillä toiminnan tehostaminen, hävikin minimointi ja ympäristöteot. Nämä asiat tulevat esille yritysten kestävän kehityksen raporteista ja eri mediakanavien kautta tehdyistä lausunnoista, joissa kerrotaan mahdollisista uusista innovaatioista, joiden avulla voidaan pienentää ympäristön kuormitusta, mutta myös samalla tehostaa omaa tuotantoaan ja minimoida raaka-aine hävikistä syntyviä kuluja. [1.]

Tämä insinööri työ on tehty Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Companylle. Työ on jatkumoa aiemmin yrityksessä tehdylle insinööri työlle, joka käsitteli pakkausmateriaalihävikin vähentämistä alumiinitölkkien ja polyeteenitereftalaatista valmistettujen (PET) pullojen täyttölinjoilla [2]. Aiemmin tehty työ keskittyi lähinnä sekundääripakkausten hävikkiin eli esimerkiksi Coca-Colan 4 pakkauksen muovikärehävikkiin, ja tämä insinööri työ käsittelee primääripakkausten hävikkiä eli virvoitusjuomapullojen hävikkiä.

Työn tavoitteena oli luoda tilastollisen seurannan kautta kokonaiskuva virvoitusjuomapakkausten hävikistä tuotantolinjoilla. Seurannassa kerättyjen tietojen avulla voidaan perehtyä kierrätysmuovipullojen hävikkiin tuotteiden valmistusprosessissa. Kyseinen prosessi alkaa preformien eli aihoiden kaatamisesta puhalluskoneen preformikaukaloon ja päättyy pullojen lavaukseen. Tarkasteluun otettiin kaksi konesarjaa, KS450, jolta tuotetaan 0,33; 0,4; 0,45 ja 0,5 litran juomat, sekä KS470, jolta tuotetaan 1,25 ja 1,5 litran juomat. Tavoitteena oli myös löytää ratkaisuja hävikin pienentämiseksi tuotannossa. Insinööri työssä käytettiin lean menetelmää apuna, joka keskittyy jatkuvaan parantamiseen yrityksen tuotannossa ja hukkan minimoinnissa [3].

## 2 Panimoteollisuuden pakkausmateriaalit

### 2.1 Kierrätysmuovipullojen materiaalit Sinebrychoffilla

Kierrätysmuovipulloissa (KMP) käytetty materiaali on PET-muovi, jonka valmistamisessa perinteisesti käytetään öljyä ja muita fossiilisia polttoaineita. PET-muovin rakenteesta on mainittu kattavasti Silja-Maria Rytkösen insinööri työssä, joka on myös tehty Sinebrychoffille. [2.] Coca-Cola Company on kehittänyt teknologiaa, jota hyödyntämällä voidaan

valmistaa osittain kasvipohjaisia, mutta kuitenkin täysin kierrätettäviä muovipulloja. PlantBottle™ -nimellä tunnetussa pakkauksessa osa PET-muovin materiaalista on korvattu monoeteeniglykolilla (MEG). Tätä saadaan valmistettua sokeriruokojen aineosista. Coca-Colan Companyn käyttämissä PET-muovipulloissa MEG:n osuus on 30 % virvoitusjuomapullon painosta. [4.]

Puhdistettu tereftaalihappo (PTA) on myös PET-muovin valmistamisessa käytetty komponentti, jonka osuus raaka-aineesta on 70 %. Coca-Cola Company etsii keinoja, joilla voidaan tämäkin osuus korvata PET-muovin valmistuksessa, ja tavoitteena on, että vuoteen 2020 mennessä kaikki muoviset virvoitusjuomapullot ovat PlantBottle™ -pakkauksia. [4.]

Coca-Cola Companyn käyttämät juomapakkaukset ovat kaikki täysin kierrätettäviä, ja yli 90 % pullomateriaalista käytetään uudestaan. 0,5 litran muovipullojen materiaalina on käytetty 50 % kierrätettyä muovia, ja 1,5 litran pulloissa kierrätetyn materiaalin osuus on 25 %. [5.]

Kierrätyksessä muovipullot pakataan palautuspisteessä kuljetettavaksi jälleenkäsittelylaitokseen, jossa ne puristetaan tiiviiksi paaleiksi ja toimitetaan kierrätyslaitokselle. Kierrätyslaitoksella muovipaalit hienonnetaan murskaksi. Tätä toimenpidettä kutsutaan granuloinniksi. Kirkkaasta, hienoksi rouhitusta uusiomuovista voidaan valmistaa uusia preformeja ja värillistä muovirouhetta voidaan käyttää esimerkiksi pakkaus- ja elektroniikkateollisuudessa. [6.]

## 2.2 Tulevaisuuden näkymät

Vuonna 2015 Sinebrychoffin emoyhtiö Carlsberg-konserni käynnisti projektin, jonka tarkoituksena on tuoda markkinoille sata prosenttisesti biopohjainen ja muoviton olutpullo. 9.10.2019 pidetyssä C40-ilmastoverkostokaupunkien pormestareiden pitämässä huip-pukokouksessa Carlsbergin edustajat ilmoittivat edistyksensä maailman ensimmäisen puukuiduista, täysin kierrätettävistä ja sata prosenttisesti biopohjaisista materiaaleista valmistetun pullon kohdalla, sekä siitä, että mukaan projektiin on tullut muitakin johtavia globaaleja yrityksiä, jotka pyrkivät suunnittelemaan pakkauksia pullo teknologian kehittämisen myötä. [7.]



Carlsberg on valmistanut kaksi uutta tutkimusprototyyppiä olutpulloista (Kuva 1), joiden sisäpinnassa on suojakalvo. Näiden kalvojen tehtävänä on turvata oluen säilyminen laadukkaana. Toisen prototyypin kalvo on valmistettu ohuesta, kierrätetystä PET-polymeeristä ja toisessa on käytetty materiaalina sata prosenttista biopohjaista polyeteenifuraanikarboksylaattia (PEF). [7.]



Kuva 1. Prototyyppi puukuituisesta olutpullosta [7].

Coca-Cola Company on myös esitellyt lokakuussa 2019 ensimmäiset juomapullot, jotka on valmistettu merestä kerätystä ja kierrätetystä muovista. Näitä mallipulloja on valmistettu 300 kappaletta, ja niiden materiaalina on käytetty Välimerestä sekä sen rannoilta kerättyä merivuovaa. Merimuovin osuus virvoitusjuomapullojen pakkausmateriaalista on 25 %. Valmistuksessa on käytetty tehostetun kierrätyksen teknologiaa, eli depolymerisaatiota, jonka avulla voidaan muuttaa likainen ja huonolaatuinen muovi takaisin alkupe räiseksi monomeeriksi, jonka puhdistaminen on huomattavasti helpompaa. Tämän jälkeen puhtaista monomeereista voidaan jälleen koota korkealaatuista PET-muoviraakaainetta, jota on mahdollisuus uudelleen käyttää pakkausmateriaalina. [8.]

Muovipullo (Kuva 2), joka on valmistettu merestä kerätystä ja uudelleen kierrätetystä jätemuovista, osoittaa sen, että muovin tulevaisuuteen on mahdollista vaikuttaa uusilla teknologioilla. Coca-Cola Company on ilmoittanut aloittavansa tehostetun kierrätyksen muovin hyödyntämisen joissakin omissa juomapulloissaan jo vuonna 2020.

Yleistyessään, tämän menetelmän avulla saadaan tuotettua suurempia määriä parempilaatuista muovia, ja täten uuden muovin valmistaminen on korvattavissa. Näin ollen pakkausten hiilijalanjäljet pienenevät, koska fossiilisten raaka-aineiden käytölle ei ole tarvetta. Myös muovin suljettu kierto on lopulta mahdollinen. Muovipullon valmistuksessa ja kierrätyksessä suljetun kierron prosessissa tavoitteena on käyttää kaikki mahdollinen materiaali uusien pullojen valmistamiseksi, jotta jätettä syntyisi mahdollisimman vähän. [9; 10.]



Kuva 2. Coca-Cola Companyn lanseeraama prototyyppi muovipullost, jossa on käytetty merestä kerättyä jätemuovia [9].

### 3 Pakkausmateriaalit ja kestävä kehitys Sinebrychoffilla

#### 3.1 Pakkausmateriaalit

Panimo- ja virvoitusjuomien pakkausmateriaaleina Sinebrychoffilla käytetään alumiinitölkkejä, PET-muovista valmistettuja pulloja ja astioita, lasipulloja sekä teräsastioita. Edellä mainituista alumiinitölkkejä käytetään eniten juomien pakkaamiseen. Tyhjät teräs- ja DraughtMaster-astiat Sinebrychoff käy hakemassa asiakkailtaan samalla kun heille vieään täydet astiat tilalle. [11.]

Sinebrychoffilla käytettyjen pakkausmateriaalien palautusaste on suomessa huppuluokkaa (Taulukko 1). Kun esimerkiksi Välimeren ja keskisen Itä-Euroopan maiden

palautusaste on ollut 30–40 %, niin suomessa palautusaste on 88–95 % riippuen palautettavasta materiaalista. [12; 13.]

Taulukko 1. Eri materiaaleista valmistettujen virvoitusjuomapakkausten kierrätysprosentit [13].

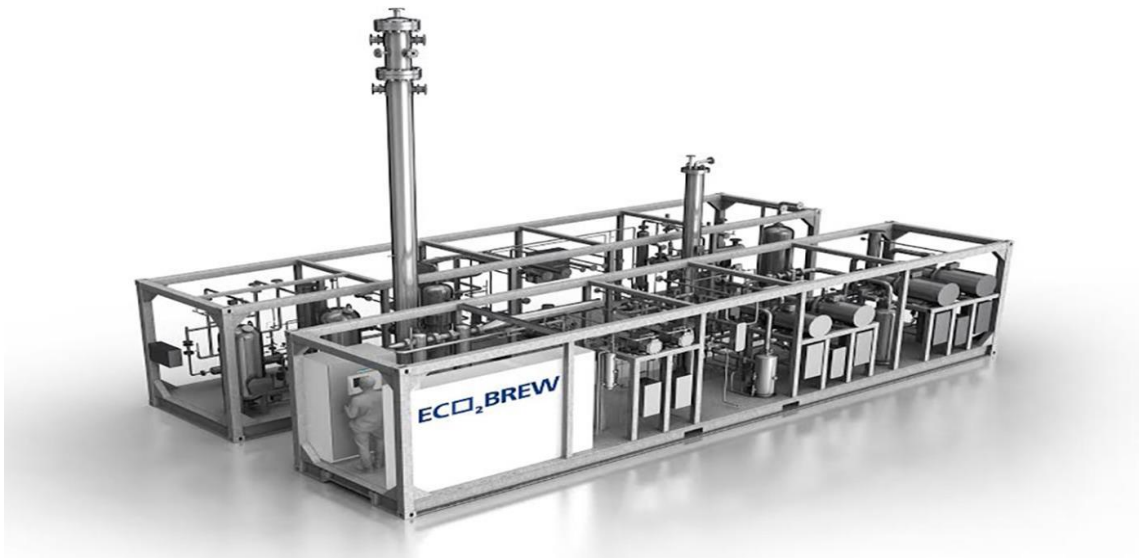
	2018	2017	2016
Tölkki	95%	94%	96%
Muovipullo	90%	91%	92%
Lasipullo	88%	87%	88%

### 3.2 Sinebrychoff ja kestävä kehitys

Carlsberg on lanseerannut kestävän kehityksen suunnitelmaansa mukaan Together Towards Zero -tavoitteet, joihin myös Sinebrychoff on sitoutunut mukaan. Yhdessä kohti nollaa strategian tavoitteena on pienentää hiilijalanjälkeä, vedenkäyttöä, työtapaturmia sekä vastuutonta juomista. [14.]

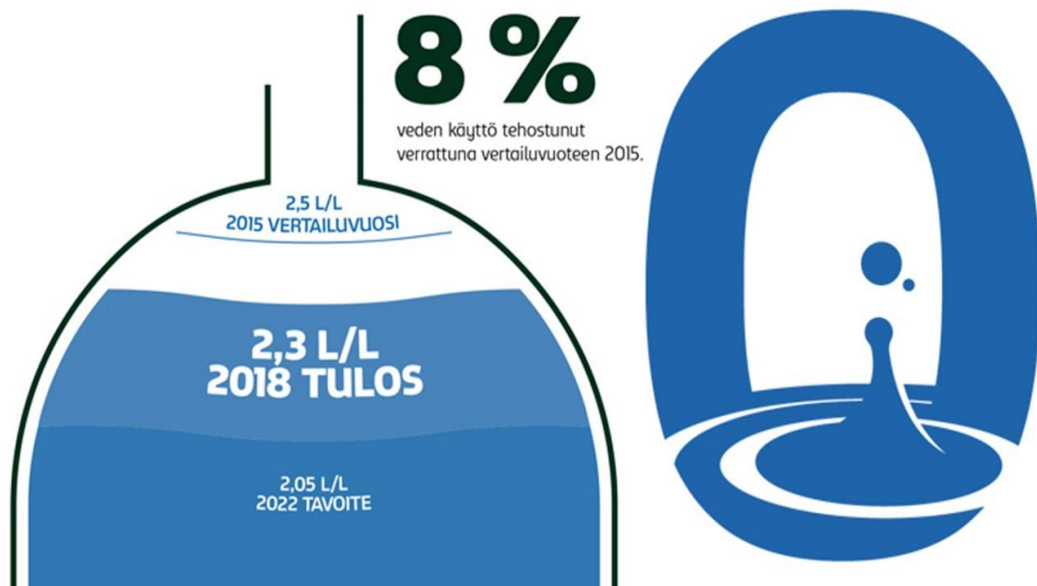
Vuoteen 2022 mennessä, yhdessä Carlsberg-konsernin kanssa, Sinebrychoffin tavoitteena on pienentää hiilidioksidipäästöjä 50 % ja vuoteen 2030 mennessä panimon tavoitteena on olla täysin hiilineutraali. Myös tuotteen hiilijalanjälkeä pyritään pienentämään 30 %. [15.]

Sinebrychoffilla valmistetun oluen hiilidioksidi puhdistetaan ja kierrätetään uudelleen käytettäväksi valmistettavissa juomissa (Kuva 3). Kierrätys on otettu käyttöön vuonna 2015, ja panimolla päästiin 49 % omavaraisuuteen hiilidioksidin käytön suhteen vuonna 2018. [16.]



Kuva 3. Sinebrychoff Oy:n käyttämä hiilidioksidin kierrätyslaite [14].

Vedenkäyttöä Sinebrychoffilla on tehostettu vuosien 2015 ja 2018 välillä 8 %. Kun vuonna 2015 raakavettä kului panimolla 2,5 litraa juomalitraa kohti, niin vuonna 2018 veden kulutus oli 2,3 litraa tuotettua juomalitraa kohti (Kuva 4). Tavoitteena on päästä vuoteen 2022 mennessä 2,05 litraan, ja pitkän tähtäimen suunnitelmansa on Yhdessä Kohti NOLLAA -strategian mukaisesti päästä 1,7 litraan raakavettä tuotettua juomalitraa kohti. [14.]



Kuva 4. Havainnekuva Kohti NOLLAA tavoitteesta Sinebrychoffilla [14].

Vuoden 2016 loppupuolella panimolla aloitettiin lämmönkeruu, joka suoritetaan lämpöpumppujen avulla. Näillä pumpuilla pystytään ottamaan talteen hukkalämpöä jopa 15 000 megawattituntia, ja tällä määrällä Sinebrychoff pystyy hyödyntämään viidesosan kokonaislämmöntarpeestaan. Tämä taas vastaa useiden satojen tuhansien eurojen säästöä lämmityskustannuksissa. Oluen jäähdytysprosessissa käytetään ammoniakkia, joka kuumenee voimakkaasti. Kuumenemisesta syntynyt lämpö kerätään talteen lämpöpumpuilla. Myös jätevedestä syntynyt lämpö kerätään talteen. Jätevettä syntyy juomanvalmistusprosessissa vuosittain satojatuhansia kuutioita, ja tämä vesi on noin 30 astetta. Talteen kerättävä lämpö ohjataan muun muassa kiinteistöjen lämmitykseen. Sinebrychoff on asettanut vuosille 2017–2025 elinkeinoelämän energiatehokkuussopimuksen sääötavoitteen, jonka sen saavutti reilusti etuajassa vuonna 2018. [17.] Vuonna 2019 lämpöä kerättiin talteen 9 100 MWh [14].

Vuonna 2017 Coca-Cola Companyn virvoitusjuomien pullojen kaulaosaa lyhennettiin neljällä millimetrillä, ja korkeihin tuli hieman kevennyksiä. Vuonna 2018 näillä teoilla tuotettiin noin 490 000 kiloa vähemmän muovia. Myös materiaalivalinnoilla voidaan vaikuttaa pakkausten hiilijalanjälkeen. [14.] Kertakäyttöpullojen materiaaleista on mainittu luvussa 2.

Perinteisen teräsastian rinnalle Sinebrychoff toi ravintolamarkkinoille PET-muovista valmistetun astian (Kuva 5). DraughtMaster-nimellä tunnettu hanajärjestelmä käyttää tätä astiaa. Näissä astioissa olut säilyy kuusi kertaa pidempää kuin teräsastiassa, ja hiilijalanjälki on 3,8 % pienempi. Lasipulloon verrattuna hiilijalanjälki on 172 % pienempi, ja tölkkiin verrattuna 34 %. Ergo, joka on Sinebrychoffin oma kestävän kehityksen kehitysyhtiö, teki tutkimuksen, jonka Luonnonvarakeskus validoi. Tutkimuksessa todettiin edellä mainittujen lukujen tulevan esimerkiksi siitä, että DraughtMaster-astioiden vaatima tila kuljetuksissa on huomattavasti pienempi kuin teräsastialla, koska PET-muovista valmistetun astian pystyy tyhjänä puristamaan pieneen kokoon. Kyseisen astian on myös voinut hävittää energijakeen mukana, mutta Sinebrychoff on tehnyt sopimuksen jakeluyhteistyökumppaneidensa kanssa tyhjiä astioiden noutamisesta asiakkailtaan. DraughtMaster-astioiden hyötynä tulee myös astioiden pesujen väheneminen. Tämä taas säästää luonnonvaroja vähentämällä veden sekä kemikaalien kulutusta. [11.]



Kuva 5. Juoma-astioiden evoluutio. Perinteisen teräsastian rinnalle on tullut uuden sukupolven DraughtMaster-astia [18].

### 3.3 Jätelaki muovipullojen näkökulmasta

Euroopan parlamentin, ja neuvoston direktiivin mukaan unionin maiden on puututtava ympäristön, erityisesti merien roskaantumiseen. Tiettyjen muovituotteiden ympäristövai-  
kutukset ovat kolossaaliset. Esimerkiksi merten rannoille päätyy valtavasti jätettä, josta muovijätteen osuus on laskentojen perusteella 80–85 %, ja tästä kertakäyttöisen muovin osuus on 50 %. [19.]

Euroopan parlamentti on päättänyt, että vuoteen 2021 mennessä seuraavat kertakäyt-  
tötuotteet kielletään:

- kertakäyttöiset muoviset ruokailuvälineet
- muoviset pillit
- muovista valmistetut vanupuikot
- Oxo-hajoavat muovit sekä tästä materiaalista valmistetut elintarvikkeen säilytys-  
rasiat ja polystyreenistä valmistetut juoma-astiat.

Direktiivin mukaan, vuoteen 2025 mennessä muovipullojen on sisällettävä vähintään 25 % ja vuoteen 2030 mennessä 30 % kierrätettävää materiaalia ja vuoteen 2029 men-  
nessä jäsenmaiden tulee saavuttaa 90 %:n tavoite muovipullojen kierrätyksessä.

Sopimuksessa on myös pykälä, jossa mainitaan valmistajiin kohdistuvasta ”saastuttaja maksaa” -periaatteesta. Tämä koskee erityisesti tupakkatuotteiden valmistajia, mutta on myös laajentumassa koskemaan kalastusvälineiden valmistajia. Tällä pykälällä valmistajat maksaisivat merille jääneiden roskien siivoamisen. [20.]

Panimo- ja virvoitusjuomateollisuuden suurin vaikutus on vuonna 2024 voimaan astuva direktiivi, joka edellyttää sitä, että korkkien on pysyttävä kiinni pulloissa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että korkkien valmistukseen on lisättävä muovia noin gramman verran, jotta saadaan valmistettua mekanismi, jolla korkki pysyy kiinni pullossa. Tämä taas lisää muovin kulutusta 500 000 kiloa vuodessa. [21.]

## **4 Lean, six sigma, ja niiden hyödyntäminen elintarviketeollisuudessa**

### **4.1 Leanin historia**

Leanin historia sijoittuu toisen maailmansodan vaiheille Japaniin, missä Toyota Motor Corporationin päätuotantolinjoille annettiin tehtäväksi parantaa tuottavuutta yrityksessä. Kun toinen maailmansota oli päättynyt, Yhdysvaltojen autoteollisuus keskittyi tuottamaan autoja massatuotannolla, jonka avulla kustannukset saatiin pidettyä alhaisina. Fordin Motor Companyn tehtailla tehtiin liukuhihnoilla pientä automallistoa suurella volyyminä vuokratyövoimaa apuna käyttäen. Japanissa ei tähän ollut mahdollisuutta resurssipulan vuoksi. Toyota Motor Companylla niukkuutta oli massatuotantoon tarvittavista raaka-aineista sekä osista, jotka olivat välttämättömiä autojen valmistamiseen. Myös Toyotan käyttämällä alihankkijoilla oli puutetta laitteista sekä työntekijöistä, jotta he olisivat voineet valmistaa tarvittavan määrän osia autotuotantoon. Tilannetta ei myöskään helpottanut taloudellinen ahdinko, joka aiheutti sen, että suuret investoinnit eivät olleet mahdollisia, joita tuotantolinjoihin olisi vaadittu. Japanin hallitus päätti asettaa myös kiellon ulkomaalaisille autoyhtiöille. Tällä kiellolla ulkomaalaiset autoyhtiöt eivät saaneet lupaa rakentaa tuotantotehdasta Japaniin, ja näin ollen eivät pääsisi hyötymään Japanin automarkkinoista. Vaikka kilpailijoita ei Toyotalla Japanissa ollutkaan, oli autoteollisuuden menestyminen epävarmaa. [22.]

Toyota Motor Companyn pääinsinööri Taiichi Ohno, kävi usein tutustumassa Yhdysvaltojen tuotantolaitoksilla autojen valmistukseen. Vieraillessaan tuotantolaitoksilla, hän

havaitti massatuotannon olevan hyvin altista hukalle. Fordin tehtailla oli periaate pitää tuotantolinjat jatkuvasti käynnissä, jolloin liukuhihnalta päästettiin myös lievästi vialliset tuotteet jatkokäsittelyyn ja kokoonpanoon. Syy siihen, että liukuhihna haluttiin pitää Fordilla jatkuvasti käynnissä, oli pysäyttämistä syntyvät lisäkustannukset. Koska autoja piti valmistaa suurella volyymillä, jokainen pysähdys liukuhihnalla aiheutti tuotantoajan pitenemisen. Tästä syntyi työntekijöiden ylityökustannuksia. Ohno pisti merkille myös turhien työntekijöiden määrän. Fordin tuotantotehtailla oli henkilöitä, joiden työtehtävät olisi pystytty suorittamaan pienemmälläkin henkilömäärällä. Havainnot, joita Ohno teki vieraillessaan USA:n autotehtailla, olivat ensiaskeleita Toyotan tuotantojärjestelmän (TPS, Toyota Production System) syntymiseen. [22.]

Toyotan tuotantojärjestelmän keskeisiä käsitteitä ovat just-in-time ja jidoka. Näitä kahta tukipilaria tarvitaan, jotta voidaan saavuttaa absoluuttinen hukan poisto, joka on Toyota Production Systemin perusta. Just-in-time-käsitteen ydin syntyi Kiichirō Toyodan vieraillessa Yhdysvalloissa. Toyoda huomasi supermarketissa käydessään, että hyllyjä täytettiin sitä mukaa, kun asiakas kävi ottamassa sieltä tuotteen. Tästä syntyi idea ohuesta materiaalivirrasta tehdasympäristössä. Ohuen materiaalivirran tarkoituksena on tuottaa asiakkaalle juuri heidän tilaustaan vastaava määrä, juuri oikeaan aikaan. Tällöin saadaan pidettyä varastosaldot mahdollisimman alhaisina, joten varastossa ei myöskään tarvitse olla hukkatilaa. [23.]

Jidokan idea keksittiin Sakichi Toyodan suunnittelemista kangaspuista. Kangaspuihin oli rakennettu automaattinen mekanismi, joka pysäytti koneen mikäli laitteessa ilmeni ongelmia. Autonomisuus, eli jidoka, huolehtii myös siitä ettei epäkurantteja tuotteita ei pääse tuotannossa eteenpäin. [23.]

## 4.2 Hukka

### 4.2.1 Muda, Muri ja Mura

Kaikessa yksinkertaisuudessaan lean on virtaustehokkuutta voimistava toimintamenetelmä [24, s. 117]. Hukka on myös vahvasti sidoksissa leaniin. Hukan poistaminen ei ole kuitenkaan itsetarkoitus, vaan sillä on mahdollista saavuttaa ideaali lean-tila. Yhtälailla tärkeää on pyrkiä ehkäisemään hukan muodostumista kuin pelkästään poistamaan sitä. [25, s. 14.]



Toyota Production System viittaa Mudaan, Muraan ja Muriin hukan ilmenemismuotoina. Nämä kolme ovat leanin peruseriaatteita. Muda tarkoittaa työtä jota tehdään turhaan. Tällöin työ ei tuota yritykselle lisäarvoa. Mura kuvaa työn epätasaisuutta. Esimerkiksi tehdään työtä, jossa on useampi henkilö samaan aikaan töissä, mutta vain ensimmäinen tekee töitä muiden odottaessa ensimmäisen vaiheen valmistumista ennen kuin pääsevät itse tekemään oman vaiheensa. Muri tarkoittaa työtä joka ylikuormittaa työtä tekeviä henkilöitä tai koneita. Toyotan Taiichi Ohno määritteli hukalle seitsemän eri tyyppiä, ja jälkikäteen näiden seitsemän lisäksi lisättiin vielä yksi. [25, s. 15.]

#### 4.2.2 Hukan eri tyypit

Ohnon seitsemän hukkaa ovat ylituotanto, odottaminen, työntekijän turhat liikkeet, materiaalin tai työn turha kuljettaminen, tarpeeton tai ylikäsittely, viat ja tarpeeton varastointi. Ylituotannon Taiichi Ohno uskoi olevan vakavin kaikista hukan muodoista, koska se oli juurisyy muiden hukkien syntyyn. Ylituotantoa on tehdä tuotteita liikaa, liian aikaisin tai ihan vain varalle. Elintarviketeollisuudessa tämä ei etenkään kannata tuotteiden päivämäärien umpeen menemisen vuoksi. Sen sijaan pitäisikin tuottaa vaadittu määrä, ei enempää eikä vähempää, juuri oikeaan aikaan ja virheettömänä. Elintarviketeollisuudessa hankaluuksia aiheuttaa se, että tuotantoa pitää ennustaa ja tulkita aiempia menneitä. [25, s. 15–16.]

Odottaminen on todennäköisesti seuraavaksi eniten haittaa aiheuttava hukka. Se on suoraan verrannollinen tuotevirtaan. Odottaminen vaikuttaa myös suoraan tuotteen läpimenoaikaan. Esimerkiksi panimo- ja virvoitusjuomien valmistuksessa tyhjät pullot on puhallettu valmiiksi, ja tuotantolinja on laitettu tuotantokuntoon, mutta juoman valmistamoa joudutaan odottamaan, koska valmistamolla on ongelmia juoman valmistamisessa. Tätä aikaa ei kuitenkaan pystytä hyödyntämään mitenkään, koska täyttöosaston tulee olla valmiina kun juoma saadaan lähetettyä valmistamosta eteenpäin. [25, s. 16.]

Myös turhat liikkeet, niin koneilta kuin ihmisiltäkin ovat hukkaa. Työn teko hidastuu huomattavasti mikäli työkaluja, tarvikkeita tai materiaaleja joutuu hakemaan muualta kuin työpisteen välittömästä läheisyydestä. Muun muassa myös turhat kurottelut, taivutukset ja pitkät kävelymatkat työpisteellä määritetään turhiksi liikkeiksi. [25, s. 17.]

Seuraavana Ohnon määrittämistä hukista tulee työn tai materiaalin turha kuljettaminen. Tämä on kuitenkin hukka jota ei voida koskaan kokonaan poistaa, mutta sen vähentämiseen pitäisi jatkuvasti pyrkiä. Hyvä layout sekä automaatio vähentävät tätä hukkaa huomattavasti. Esimerkiksi varastotiloissa automaatio kuljettaa valmiit tuotteet suoraan oikeille paikoille, eikä niitä tarvitse välivarastoida. Turhan kuljettamisen myötä myös tuotteen vahingoittumisen riski kasvaa. [25, s. 17.]

Tuotteen tarpeetonta käsittelyä voi verrata suoraan pähkinän särkemiseen vasaralla. Tätä kuvaa myös hyvin turhan suuren laitteiston hankkiminen prosessia varten. Ensinnäkin tuotantotilat ovat aina rajalliset, joten yhtä liian isoa laitetta ei kannata hankkia. Sen sijaan pienemmän ja kompaktimman laitteen, joka kuitenkin kattaa tuotantokapasiteetin tarpeet, hankkiminen on suotavampaa. Lisäksi ylituotannon riski kasvaa suuremman laitteen myötä, koska kuvitellaan, että isommalla laitteella pitää tuottaa myös enemmän. [25, s. 17.]

Turhaa varastointia pitää pyrkiä välttämään varsinkin elintarviketeollisuudessa. Ylisuurista varastotiloista ei synny kuin hukkaa, joka näkyy kommunikaation heikkenemisenä, läpimenoajan lisääntymisenä ja riskinä, että materiaalit menettävät päiväyksensä. Varastointia on kolmen laista: raaka-aineiden varastointi, keskeneräisten tuotteiden varastointi ja valmiiden tuotteiden varastointi. Ideaali tilanne onkin se, että mitään tuotannossa tarvittavaa ei löytyisi varastosaldoilta, vaan raaka-aineiden saavuttua tuotteet valmistettaisiin välittömästi ja toimitettaisiin asiakkaalle pikimmiten. Tällöin myös epäkurantin tuotteen toimittaminen asiakkaalle on huomattavasti varmempaa. JIT (Just-In-Time, juuri oikealla hetkellä) rohkaisee minimoimaan varastotason ja käyttämään jopa ”varavaraston” olemattomiin. Mikäli tuotannolle ei synny tästä hukkaa, on opittu toimimaan leanimpaan suuntaan. Mutta mikäli tästä ilmenee tuotannon pysähtymistä, on ongelma tunnistettavissa, ja täten sen juurisyyhyn on mahdollista paneutua. [25, s. 18.]

Viimeisenä mutta ei vähäisimpänä seitsemästä hukasta Ohnon listalla on vikojen hukka. Vikojen aiheuttama hukka näkyy tuotannossa ja tuloksessa välittömästi, mutta myös pidemmällä aikavälillä. Yrityksen sisäiset haitat syntyvät tuotantojen viivästyemisestä, uudelleen tehtävästä tuotteesta, mikäli siinä ilmenee esimerkiksi konevian takia virheitä, ja näistä syntyvistä hylkytuotannoista. Ulkoisia haittoja ovat muun muassa tuotteiden korjauskustannukset, tuotteiden takasin vedot ja mahdolliset asiakasmenetykset. Näistä kaikista syntyy yrityksille lisäkustannuksia. Esimerkiksi elintarviketeollisuudessa

pakkausten kansissa on ongelmia. Ne eivät pysy kiinni tai ovat jatkuvasti huonosti paikoillaan. Tämä mahdollistaa tuotteen pilaantumisen, ja mikäli asiakkaalle päätyy epäkuoranteja elintarvikkeita, eivät he jatkossa välttämättä tule ostamaan yrityksen valmistamia tuotteita. Kyse on siis myös maineesta. [25, s. 18.]

Uutena hukan määritelmänä on lisätty työntekijöiden luovuuden huomiotta jättäminen ja hyväksikäyttäminen. Esimerkiksi useamman vuoden työssä ollut henkilö näkee varmasti tuotantolinjan aivan toiselta kannalta kuin yrityksen johtohenkilöt. Tämän työntekijän ammattitaitoa ja tietoa kannattaa käyttää hyväksi jo ennen ongelmien syntymistä tai siinä vaiheessa kun suunnitellaan esimerkiksi muutoksia tuotantolinjoihin tai uusia linjoja. Uusien työntekijöiden ”tuoreita silmiä” kannattaa myös hyödyntää. Jokaista työntekijää tulisi rohkaista tekemään ehdotuksia tuotannon parantamiseksi. [26.]

#### 4.3 Resurssi- ja virtaustehokkuus

Kun puhutaan tapahtumasta, jossa resurssit ovat antavana osapuolena, ja virtausyksikkö arvoa vastaanottavana, eli arvon siirtymisestä, muodostuu tästä tapahtumasta seuraavan kaltainen suhde:

- Hyvällä resurssitehokkuudella tarkoitetaan sitä, että tietyn ajanjakson on oltava pitkä resurssien arvoon antavaan ajanjaksoon suhteutettuna. Tällöin resurssit tuottavat suurimman mahdollisen määrän arvoa.
- Hyvällä virtaustehokkuudella tarkoitetaan sitä, että tietyn ajanjakson on oltava pitkä virtausyksikön arvoa vastaanottavaan aikaan suhteutettuna. Tällöin virtausyksikkö vastaanottaa suurimman mahdollisen määrän arvoa.

Puhuttaessa resurssitehokkuudesta (Kuva 6), tarkoitetaan pääasiassa sitä, että resurssien käyttö on tehokasta. Virtaustehokkuudessa seurataan prosessin läpi kulkevan virtausyksikön liikkumista. [24, s. 20.]

Esimerkki elintarviketeollisuudesta toimii niin, että asiakkaan tarve tuotteelle tiedetään hyvissä ajoin, joten on osattu ennakoida raaka-aineen hankkiminen ja tuotanto on päästy

aloittamaan hyvissä ajoin ennen asiakkaan tarvetta tuotteelle. Prosessista jää kaikki arvoa tuottamaton aika minimiin.



Kuva 6. Esimerkki resurssi- ja virtaustehokkuudesta [27].

#### 4.4 Tehokas tuotantoprosessi

Otetaan esimerkiksi panimoteollisuus, jossa valmistetaan alkoholi- ja virvoitusjuomia. Tehokkaaseen tuotantoon ja asiakastyytyvyyteen päästään, kun ymmärretään kolme lakia, jotka vaikuttavat virtaustehokkuuteen sekä läpimenoajan kasvuun. Nämä kolme ovat Littlen laki, pullonkaulojen laki ja vaihtelun vaikutuksen laki. [24, s. 44.]

Littlen laiksi kutsutaan läpimenoajan kasvua prosessissa määrittävää keskeneräisten virtausyksiköiden, esimerkiksi täytettävien virvoitusjuomapullojen määrää, sekä koko prosessin jaksoajan pituutta. Jaksoajalla voidaan tarkoittaa aikaa joka kuluu esimerkiksi sadantuhannen virvoitusjuomapullon puhaltamiseen tai täyttöön. [28.]

Pullonkaulojen laiksi kutsutaan prosessissa esiintyviä kohtia, jotka kasvattavat läpimenoaikaa. Esimerkkinä voidaan mainita tilanne, jossa täyttölinjasto olisi kokonaisuudessaan valmis tuotantoon, mutta virvoitusjuoman valmistamo eli mehuttamo ei olisi saanut vielä tuotettua virvoitusjuomaa täyttökoneelle. Toiseksi voi mainita tilanteen, missä täyttökoneella tuotetaan esimerkiksi 15 000 pulloa tunnissa, mutta etikettikoneella ilmenee

häiriö, jonka syystä etiketikoneen läpi ei pysty ajamaan kuin 10 000 pulloa tunnissa. Tässä tilanteessa etiketikone aiheuttaa pullonkaulan tuotannossa. [29.]

Laki vaihtelun vaikutuksesta tarkoittaa, että jokainen prosessiin vaikuttava muuttuva tekijä aiheuttaa läpimenoajan kasvua. Tämä voi johtua ulkoisista tekijöistä, esimerkiksi raaka-aineen valmistajalla on ongelmia tuotteiden toimittamisessa tai sisäisistä ongelmista, esimerkiksi koneiden toimimattomuudesta. [24, s. 44–46.]

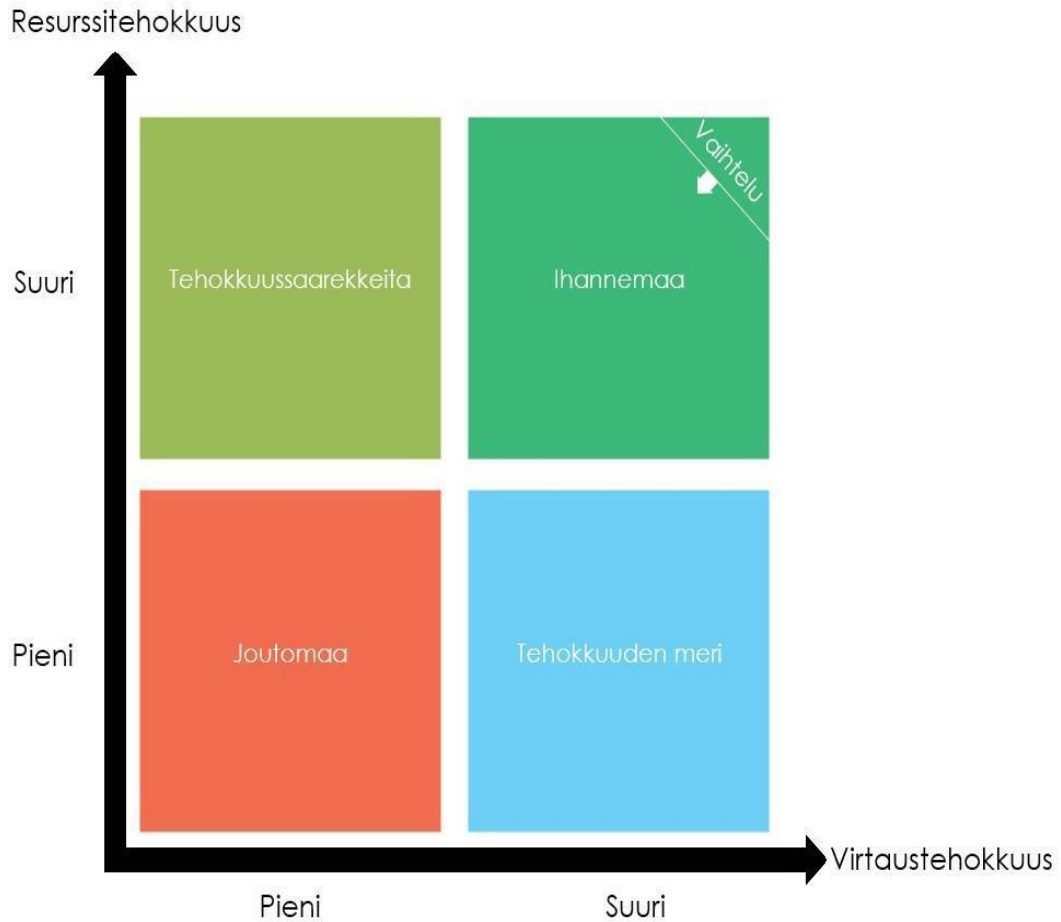
#### 4.5 Tehokkuusmatriisi

Tehokkuusmatriisi (Kuva 7) ilmaisee kuinka yrityksen voi jaotella kahden tehokkuuden muodon mukaan. Onko yrityksellä pieni vai suuri virtaustehokkuus tai pieni vai suuri resurssitehokkuus. Matriisi sisältää neljä kohtaa, joihin yritys voi toiminnallaan itsensä sijoittaa. Kun resurssitehokkuuden ollessa suuri, mutta virtaustehokkuus on pieni, tältä alueelta löytyy tehokkuusaarekkeitä. Tämä tarkoittaa teollisuudessa sitä, että pisimmän ajan tuote on prosessissa varastoituna raaka-aineena tai valmiina tuotteena, eikä pääse täten ulos yrityksestä asiakkaalle asti mahdollisimman nopeassa ajassa. [24, s. 101.]

Tehokkuusaarekkeiden alapuolella sijaitsee joutomaa, joka on kaikista epäedullisin yritykselle. Täällä yrityksen resurssi- ja virtaustehokkuus ovat molemmat pieniä. Joutomaassa yrityksen resursseja tuhlataan, virtaus on todella pientä, ja arvo jonka asiakas saa on lähes mitätön. [24, s. 101–102.]

Joutomaan oikealla puolella matriisissa sijaitsee tehokkuuden meri. Tämä alue kuvaa sitä tilaa, jolla yritys on onnistunut hyödyntämään resurssit, ja luomaan toimivan virtaustehokkuuden asiakkaan tarpeiden tyydyttämiseksi nopeasti. [24, s. 100–101.]

Viimeisenä matriisin oikeasta yläkulmasta löytyy lähes utopistinen ihannemaa. Tänne sijoittuvat yritykset ovat oppineet hyödyntämään täydellisesti resurssit, ja luomaan yrityksen virtaustehokkuudesta ilmiömäistä. Suurin syy esteenä ihannemaahan pääsyyn on vaihtelu, mitä on mahdotonta kitkeä pois yritysten toiminnasta. [24, s. 102.]



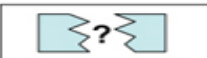




Kuva 7. Tehokkuusmatriisi [30].

#### 4.6 Six sigma suorituskyvyn parannusmenetelmänä

Tuotantoprosessin järjestelmällistä parantamista kutsutaan six sigmaksi. Tähän kuuluu joukko menetelmiä, joiden tavoitteena on syysseuraussuhteita analysoimalla, ja onnistuneita muutoksia tehden, vaikuttaa prosessin ulostuloon (tuotteen saapumista asiakkaalle) vaikuttaviin muuttujiin. Näitä ovat esimerkiksi pullonkaulat, joita tuotannon aikana mahdollisesti syntyy. Six sigmasta puhuttaessa ei kuitenkaan ole kyse parannusohjelmasta, vaan suorituskyvyn parannusmenetelmästä. Siinä hyödynnetään tilastollista ajattelua ja menetelmiä, joilla voidaan minimoida vaihtelua ja täten vähentää prosessissa aiheutuvan hukan määrää. Onnistuessaan, tämä kasvattaa yrityksen virtauksen kapasiteettia. Minimoimalla vaihtelua, vähennetään virheitä, joista syntyy vikoja, jotka taas tuovat mukanaan hukkaa. [31.]

Koesuunnittelu on toinen lean six sigman menetelmistä, jonka avulla voidaan tehokkaasti tutkia useiden prosessin tulosten ja tekijöiden välisiä syy-seuraussuhteita. Tarkoituksena on etukäteen tehtyjen suunnitelmien tai matriisien perusteella tehdä koeajoja, joista kerätään tietoa. Tehokkaaksi tämän tekee se, että voidaan tehdä suuri määrä koekteita pienillä erillä, joissa prosessin muuttujien tasoja vaihdetaan suunnitelmallisesti eri tasoille, ja näistä mitataan syntynyt ulostulo, jonka tuloksena syntyy paras mahdollinen ratkaisu ulostulolle. [31.]

DMAIC-menetelmää (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) käytetään liiketoiminnan kehittämisen kannalta järjestelmällisenä tapana tuoda ratkaisu esiin prosessissa. DMAIC-menetelmää (Kuva 8) hyödynnetään systemaattisesti tilastollisen ongelman ratkaisuun six sigmassa. Esimerkiksi mikäli valmiissa tuotteessa ilmenee ongelma, rajataan tuotannosta alue missä kyseinen ongelma syntyy, ja tämän jälkeen etsitään ratkaisu juurisyyhyn. [32.]

<b>PROSESSIN PARANNUS LEAN SIX SIGMALLA</b>		
<b>Lean Six Sigman vaiheet</b>	<b>Prosessin parannus</b>	<b>Prosessin suunnittelu/ uudelleen suunnittelu</b>
 <b>1. MÄÄRITTELY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista ongelma</li> <li>Määrittele vaatimukset</li> <li>Aseta tavoite</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista onko suppeat vai laajat ongelmat</li> <li>Määrittele tavoite/muutos visio</li> <li>Selkeytä ongelman laajuus ja asiakasvaatimukset</li> </ul>
 <b>2. MITTAUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kelpuuta ongelma/prosessi</li> <li>Viimeistele ongelma/tavoite</li> <li>Mittaa avainkohdat/inputit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mittaa vaatimusten suorituskyky</li> <li>Kerää prosessin hyötysuhteen määrittelyssä tarvittavaa dataa</li> </ul>
 <b>3. ANALYSOINTI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo syy-seuraus hypoteesi</li> <li>Tunnista keskeiset ydinsyyt</li> <li>Kelpuuta hypoteesit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tunnista "paras käytäntö"</li> <li>Arvioi prosessisuunnitelmaa               <ul style="list-style-type: none"> <li>– arvon/ei-arvon lisäys</li> <li>– pullonkaulat/katkokset</li> <li>– vaihtoehtoiset "polut"</li> </ul> </li> <li>Viimeistele vaatimuksia</li> </ul>
 <b>4. PARANNUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo idea, kuinka ydinsyyt poistetaan</li> <li>Testaa ratkaisu</li> <li>Standardisoi ratkaisu</li> <li>Mittaa tulos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suunnittele uusi prosessi               <ul style="list-style-type: none"> <li>– haasteelliset oletukset</li> <li>– käytä luovuutta</li> <li>– virtausperiaate</li> </ul> </li> <li>Toteuta uusi prosessi, rakenteet ja systeemit</li> </ul>
 <b>5. OHJAUS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo standardimittaukset ylläpitämään suorituskykyä</li> <li>Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Luo mittaukset ja katselmoi ylläpitääksesi suorituskyvyn</li> <li>Korjaa ongelmat, jos niitä syntyy</li> </ul>

Kuva 8. DMAIC-menetelmää hyödynnetään six sigmassa tilastollisten ongelmien ratkaisuun [33].

#### 4.7 Prosessinohjaus

Prosessinohjaus on tärkeä osa tuotantoa. Tuotannon eri vaiheet sisältävät väistämättäkin lukuisia mahdollisia muuttujia, jolloin huolella suunniteltu prosessinohjaus pitää tuotannon toimivana ja mahdollisimman vakaana. Prosessinohjauksen avulla tuotteiden valmistajat kykenevät varmistamaan tuotteidensa hyvän laadun, mutta myös määrittelemään tarkempia rajoja tuottavuuden maksimoimiseksi.

Massatuotannossa prosessinohjaus mahdollistaa toimivan automaation käytön. Automaatiota hyödyntämällä pystytään sujuvasti ylläpitämään tuotantoa pienelläkin henkilömäärällä, ja inhimillistenkin virheiden määrä vähenee.

Prosessinohjausta hyödyntämällä mahdollistetaan yrityksen tuottavuuden optimointi. Tiedonkeruu mahdollistaa energiatehokkuuteen panostamisen, ja samalla on mahdollista löytää hukkaa synnyttäviä kohteita yrityksessä. Oikein käytettynä prosessinohjaus mahdollistaa myös turvallisen työympäristön. [34.]

#### 4.8 Tuottavuuden mittari

OEE (Overall Equipment Effectiveness) on Japanissa 1970-luvun alussa kehitetyn TPM (Total Productive Maintenance) ajattelutavan osa. OEE:n avulla tuotannosta pyritään saamaan mahdollisimman täydellinen ilman tuotantoa hidastavia tai pysäyttäviä tekijöitä. KNL (käytettävyys, nopeus, laatu) on suomenkielinen vastine OEE:lle. [35.]

OEE-mittarilla pystytään mittaamaan, seuraamaan ja parantamaan koko tuotantolaitoksen tuottavuutta, mutta myös yksittäisten laitteiden käyttötehokkuutta. Järjestelmään johon OEE-mittari on liitetty, kirjataan tuotantoon liittyvät katkot, esimerkiksi tuotteiden vaihdot, materiaalin odotus tai laiteviat. OEE-mittari kirjaa myös laitteen nopeuden hidastumisen vaikka tuotanto ei täysin pysähtyisikään. Tämä mahdollistaa tuotannossa muodostuneiden pullonkaulojen havaitsemisen. [25, s. 57–58]



## 5 Materiaalit ja menetelmät

### 5.1 Konesarjat 450 ja 470

Muovipullohävikin tarkasteluun otettiin kaksi tuotantolinjaa. Konesarjalla 450 tuotetaan 0,33; 0,4; 0,45 ja 0,5 litran juomat, ja tuotannossa on 10 erilaista pulloprofiilia. Konesarjalla 470 tuotetaan 1,25 ja 1,5 litran juomat, ja tällä tuotantolinjalla erilaisia pulloprofiileja on 7 kappaletta. Molemmat tuotantolinjat ovat lähestulkoon samanlaisia, mutta joitain eroavaisuuksia löytyy täyttökoneiden tukikaiderakenteista ja tähtipyöristä, pulloratojen ja massapöytien pituuksista sekä lavaajista.

Linjojen ensimmäinen vaihe tuotannossa on preformien (Kuva 9) kaataminen konteista preformikaukalon (Kuva 9) kautta hihnoille. Kuljetushihnalla preformit kääntyvät oikein päin ja asettuvat tähtipyörälle. Tähtipyörältä ne kuljetetaan yksitellen puhalluskoneen uuniin (Kuva 9), jossa niitä esilämmitetään infrapunalampuilla ennen muotoon puhaltamista. Kun pullo on puhallettu ne kulkeutuvat hihnaa pitkin siiloon. [36.] Siiloihin (Kuva 9) ei jää niin paljoa pulloja tuotannon päätteeksi, että hävikin tarkastelun kannalta tähän olisi tarvetta paneutua tarkemmin [37]. Siilojen jälkeen pullo vapautetaan eteenpäin Unscramblerille. Tämä on karusellin kaltainen laite, jonka toiminta perustuu painovoimaan. Valmistuneet pullo pyörivät koneen mukana, kunnes ne osuvat oikein nostajalle, joka pudottaa ne oikein päin suppiloon. Suppilon tullessa oikealle kohdalle pullo siirtyvät tähtipyörälle josta ne kulkeutuvat ilmakuljetinta pitkin täyttökoneelle.



Kuva 9. Vasemmalla ylhäällä on 0,33 litran sekä 0,5 litran preformit, ja ylhäällä oikealla kaukalo, johon preformit kaadetaan. Vasemmalla alhaalla on preformien esilämmitysruuni sekä puhalluskone, ja alhaalla oikealla silot, joiden kautta valmiiksi puhalletut pullot kuljetetaan täytön puolelle.

Täyttökoneessa tyhjät pullot huuhdellaan sisältä rinserissä eli huuhtelulaitteessa. Huuhtelun tarkoituksena on poistaa mahdolliset epäpuhtaudet pulloista. Huuhtelulla taataan turvallinen tuote hygienian kannalta. Huuhtelun jälkeen pullot menevät täyttörenkaalle. Tässä vaiheessa pullot täytetään virvoitusjuomalla, samalla lisätään hiilidioksidi ja täytetyt pullot korkitetaan. Ennen täyttökoneen ulostuloa on huuhtelu, jolla poistetaan mahdolliset virvoitusjuomaroiskeet pullosta. Täyttökoneen jälkeen on Heuft-tarkastaja. Tarkastajalla varmistetaan, että tuote on spesifikaatioiden mukainen muun muassa täyttöasteen ja korkituksen osalta. Epäkurantit pullot tarkastaja poistaa tuotantolinjalta, ja ne kulkeutuvat erillistä kuljetinta pitkin kipperiin.

Täyttökoneelta pullot jatkavat etiketöintikoneelle. Myös täältä löytyy Heuft-tarkastaja, jonka tehtävänä on varmistaa toiseen kertaan, että virvoitusjuomapullot ovat tuotantokelpoisia.

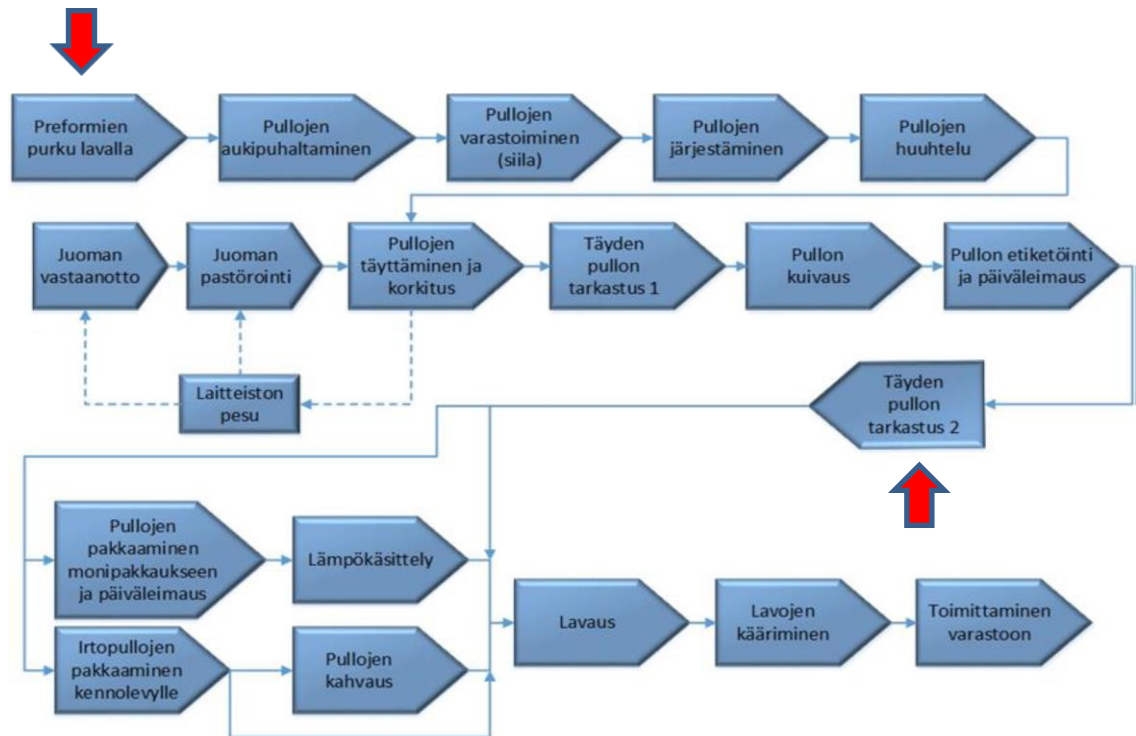
Mikäli konesarjoilla ajetaan pakettiajtoa, pullot ohjataan Ocme-pakkaajan kautta. Konesarjalla 450 pakataan 24 kappaleen pakkauksia, ja konesarjalla 470 pakataan 4 kappaleen pakkauksia. Pakettiajossa tuotteet ohjataan pakkaajaan soluttelijan kautta, joka jakaa pullot tasaisiin riveihin ja oikeaan kappalemäärään. 4 pakkaukset, ja suurin osa 24 pakkauksista ajetaan shrink-pakkauksina. Shrink-ajossa pullot kääritään pakkaajassa pelkkään kutistekalvoon, joka kiristyy pullojen ympärille kuumassa uunissa. Tray-ajossa pullot asettuvat pahvin päälle, ja näiden ympärille kääritään kutistemuovi, joka myös kiristetään uunissa tiukaksi paketiksi tuotteiden ympärille.

Viimeisenä ennen pullojen päätymistä varastoon on lavaaja. Riippuen ajettavasta tuotteesta, lavaajan robottivarret varustetaan oikealla työkalulla, jonka on mahdollista nostaa joko paketit tai irtopullot lavoille, ja valmiit lavat toimitetaan lavaajalta varastoon.

## 5.2 Pakkausten seuranta

Jotta voidaan löytää syyt hukkien syntymiseen tuotantolinjoilla, täytyy myös ymmärtää tuotantoprosessi, ja tietää alueet jolta mittauksia tehdään. Insinööriyössä hukkan syntyyn keskityttiin preformien kaatamisesta puhalluskoneeseen, ja toiseen täyden pullon tarkastuksen väliselle alueelle. (Kuva 10).

Koska tiedossa oli ettei hukkaa juurikaan synny toisen Heuft-tarkastajan jälkeen, ei ollut mitään syytä lähteä seuraamaan toisen Heuft-tarkastajan jälkeisiä laitteita eli pakkaajaa ja lavaajaa. Vuororaporteista kirjatusta tuloksista luoduista kuvaajista pystyttiin näkemään tuotantolinjojen kriittisimmät pisteet, joissa hukkaa syntyi.



Kuva 10. Prosessikartta panimo- ja virvoitusjuomatuotannossa PET-muovipullolinjalla. Insinööri-työ keskittyi preformien purun, ja toisen täyden pullon tarkastajan väliselle alueelle. Kuvassa mittaukseen keskittynyt alue on merkitty punaisilla nuolilla. [38]

Virvoitusjuomapakkausten seurantaan otettiin mukaan kaikki tuotteet, joita konesarjoilla 450 ja 470 tuotettiin ajalla 15.9.29.—11.2019. Tarkoituksena oli selvittää olisiko joidenkin tiettyjen pullojen profiililla hävikkiä enemmän kuin muilla, missä hävikkiä syntyy, ja kuinka tähän hävikkiin olisi mahdollista vaikuttaa. Molemmilta konesarjoilta on mahdollista saada tuotantolukemat suoraan MES-järjestelmästä (*Manufacturing Execution System*) kaikilta muilta työpisteiltä paitsi Unscramblereilta ja Heuft-tarkastajilta.

Puhalluksessa kirjataan vuororaporttiin pullot, jotka puhalluskone on tuottanut, ja jotka on laskettu siiloihin. Puhalluksessa lukemat on mahdollista kirjata joko puhalluskoneen laskurista tai MES-järjestelmästä. Puhalluksen jälkeen tulevan Unscramblerin hylkyyn vaikuttavat puhalluksessa epämuodostuneet ja Unscramblerin ruttaamat pullot, jotka aiheuttavat tukoksia joko suppiloissa (Kuva 11) tai pullojen jumiutuessa ilmakuljettimen alkupäähän. Työtä tehdessä havaittiin myös lukumäärällisesti hyvin suurta pullojen puoimista pois ilmakuljettimilta (Kuva 12).

Täyttökoneen (Kuva 13) laskuri kirjaa kaikki pullot jotka menevät täyttörenkaalle, myös mahdolliset huonosti täyttöventtiilille asettuneet, jotka saattavat pudota täyttökoneen

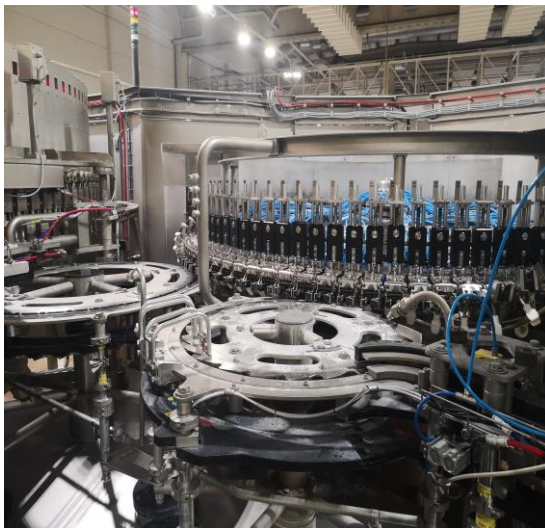
sisään tai jäädä vajaatäyttöisiksi, Täyttökoneen lukema kirjautuu MES-järjestelmään mutta kirjataan myös vuororaporttiin. Täyttökoneen jälkeinen Heuft-tarkastaja (Kuva 14) laskee kaikki pullot, myös hylätyt, ja ilmoittaa johtuuko mahdollinen hylky väärin kiertyneestä korkista vai ali- tai ylitäyttöisestä pullosta. Hylätyn pullon tarkastajalla oleva potkaisu tönäisee sivuun, ja pullo kulkeutuu erillistä kuljetinta pitkin kipperiin. Heuftin lukemista kirjataan vuororaporttiin ainoastaan hylättyjen pullojen määrä.



Kuva 11. Ensimmäisessä kuvassa on Unscrambler, johon puhalletut pullot kulkeutuvat laitteen päällä olevasta putkesta. Pullon ollessa oikeassa asennossa se pääsee putoamaan suppilon kautta lokeroon, jotka näkyvät oikealla olevassa kuvassa. Alimmaisessa kuvassa pullot on päästetty lokeroista imutähdelle, josta ne kulkeutuvat ensimmäisenä kuvassa olevan pullon perässä ilmakuljettimelle. Kuvissa konesarjan 450 Unscrambler.



Kuva 12. Konesarjan 470 ilmakuljettimen alkuosa. Kuvassa esiintyvällä ilmakuljettimen osalla esiintyy suurta pullojen putoamista. Muun muassa tämä aiheuttaa virvoitusjuomaprosessissa epätasaisuutta ja hukkaa.



Kuva 13. Vasemmalla on täyttökoneen huuhtelulaite eli rinseri. Oikealla kuvassa on täyttörengas, ja tämän oikealla puolella näkyvä korkituskone.



Kuva 14. Ylhäällä kuvasarjassa näkyy täyttökoneen jälkeinen Heuft-tarkastaja, joka hylkää tuotantoon kelpaamattomat pullot. Alhaalla vasemmalla on pullo jonka tarkastaja on hyväksynyt, ja oikealla pullo joka on päätnyt hylkyyn väärin kiertyneen korkin takia.

Etikettikoneen laskuri on myös yhteydessä MES-järjestelmään. Kuten täyttökonekin, etikettikone laskee kaikki pullot, jotka ovat menneet koneesta sisälle, myös pois pudonneet, vaikka tätä harvemmin etikettikoneella tapahtuu. On myös mahdollista, että pullot jotka ovat esimerkiksi vaurioituneet puhalluksessa, ovat sattumalta päässeet ensimmäisestä tarkastajasta läpi. Huonosti puhallettuun tai muuten vaurioituneeseen pulloon saattaa

syntyä esimerkiksi hiusmurtuma tai pieni reikä, josta juoma pääsee vuotamaan ulos, ja kun täyttökoneen ja etikettikoneen välillä on muutaman kymmenen metrin verran matkaa, pääsee virvoitusjuoma vuotamaan ulos pullosta. Etikettikoneen jälkeisessä Heuft-tarkastajassa on myös nesteen rajapinnan tarkastaja, ja mikäli pullosta on päässyt vuotamaan virvoitusjuomaa pois, tämäkin tarkastaja hylkää vajaatäyttöisen pullon. Tarkastajasta löytyy myös röntgen, joka katsoo ettei pulloon ole päätnyt vierasesineitä. Etikettikoneen oma tarkastaja katsoo, että pullossa etiketti on kiinni, ja mikäli etiketti ei tartu pulloon, valosilmä reagoi siihen, ja hylkää pullon koneen jälkeisellä Heuft-tarkastajalla. Etikettikoneen lukema kirjautuu myös MES-järjestelmään ja tämän jälkeiseltä Heuft-tarkastajalta kirjataan vuororaporttiin hylättyjen pullojen määrä, ja vuoron loppulukema tuotannosta.

Pakettiajossa Ocme-pakkaajan (Kuva 15) tuotantolukema tallentuu MES-järjestelmään. Pakkaajassa on myös oma laskuri jota käytetään hyödyksi, mikäli MES-järjestelmässä ilmenee ongelmia. Pakettiajossa hylkyä ei juurikaan synny, koska vialliset pakkaukset puretaan käsin takaisin kuljettimelle uudestaan pakattavaksi.

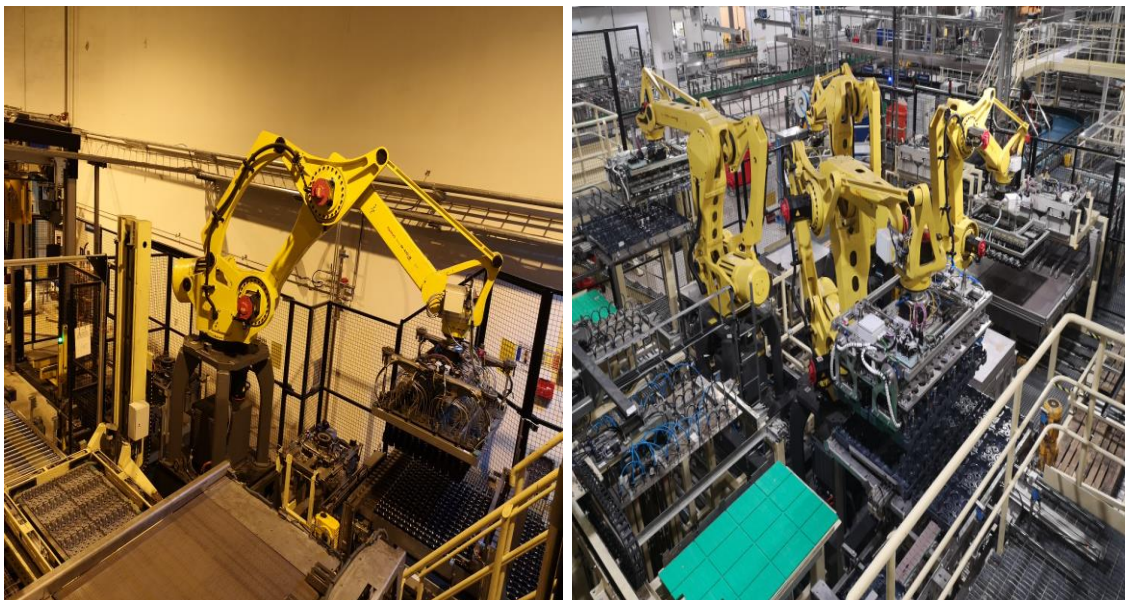


Kuva 15. Ocme-pakkaaja tuotannossa. Pakettikäärinnän jälkeen pakkaukset menevät uuniin, jossa kutistekalvo kiristetään kuumassa ilmassa tiukaksi paketiksi pullojen ympärille.

Lavaajan (Kuva 16) tuotantolukema kirjautuu myös MES-järjestelmään. Myös lavaajalta saatavaa lukemaa on mahdollista käyttää vuororaportin loppulukemana. Lavaajalta hylkyä syntyy hyvin harvoin, ja määrätkin ovat vähäisiä. Huonot paketit voivat aiheuttaa



häiriöitä, ja mikäli robottivarren työkaluun tulee toimintahäiriö tai jokin vaurio on robotin lähes mahdotonta nostaa tuotteita lavalle, joten työkalu on korjattava jotta tuotantoa voidaan jatkaa.



Kuva 16. Vasemmalla konesarjan 450 lavaajan pullorobotti. Tällä linjalla tuotteet pinotaan yhtä pullorobottia käyttäen. Kuvan ulkopuolelle on jäänyt kennorobotti. Oikealla olevassa kuvassa on konesarjan 470 lavaaja. Tältä tuotantolinjalta tuotteita pinotaan kahta pullorobottia käyttäen, ja lavaaja-alue on huomattavasti suurempi kuin konesarjalla 450. Oikealla olevasta kuvasta on jäänyt ulkopuolelle pullokennojen purkurobotti.

### 5.3 Hävikin seuranta-aika ja seurantatavat

Työssä käytettiin hyväksi DMAIC-menetelmästä määrittely-, mittaus-, ja analyysivaiheita. Parannus- ja kontrollivaihe jäi yrityksen vastuulle. Työn alussa jokaiselle vaiheelle määriteltiin kolmen viikon aikaraja. Esimerkiksi määrittelyvaihe kesti kolme viikkoa, jonka aikana mahdollisia syitä pullohävikkiin, ja jalkauduttiin tuotantotiloihin tarkastelemaan ennalta esiin tuotuja pisteitä, joissa on mahdollista puuttua hävikin syntymiseen.

Mittausvaiheessa pakkausten hävikkiseurantaa varten otettiin ensin kolmen viikon seuranta-aika konesarjojen 450 ja 470 Unscramblereilta. Tarkoituksena oli kirjata Unscramblereilta ulos tulleiden pullojen lukema käsin jokaisen tuotevaihdon yhteydessä. Näitä lukuja olisi käytetty hyväksi siihen tietoon kuinka paljon Unscrambler hylkää aivan hyviäkin pulloja. Käsin kirjaus tehtiin siitä syystä, koska Unscramblereilta ei kulje tietoa MES-

järjestelmään. Nämä tulokset eivät olleet kuitenkaan relevantteja, koska inhimillisten erehdysten takia kaikkien tuotteiden lukemia ei Unscramblereilta kirjattu laitteen kylkeen kiinnitettyyn seurantalomakkeeseen. Tämä taas johti siihen, että seuraavankaan ajetun tuotteen lukema ei täsmännyt Unscramblerista ulos tulleiden pullojen kanssa.

Koska reaaliaikainen seuranta epäonnistui, päätettiin kerätä kymmenen viikon ajanjaksoilta vuororaportteihin kirjattuja lukemia. Tämä muutti hieman mittausvaiheen aikataulua. Näihin lukuihin sisältyivät molempien konesarjojen puhalluskoneiden tuotantolukemat, täyttökoneiden tuotantolukemat, ensimmäisten ja toisten Heuft-tarkastajien hylkylukemat, sekä lavaajien tuotantolukemat. Koska tiedossa oli, että hylkyä ei merkittäviä määriä synny puhalluksessa eikä etiketikoneen jälkeen, jäi hävikin seurantaan Unscramblerin ja toisen Heuft-tarkastajan välinen alue.

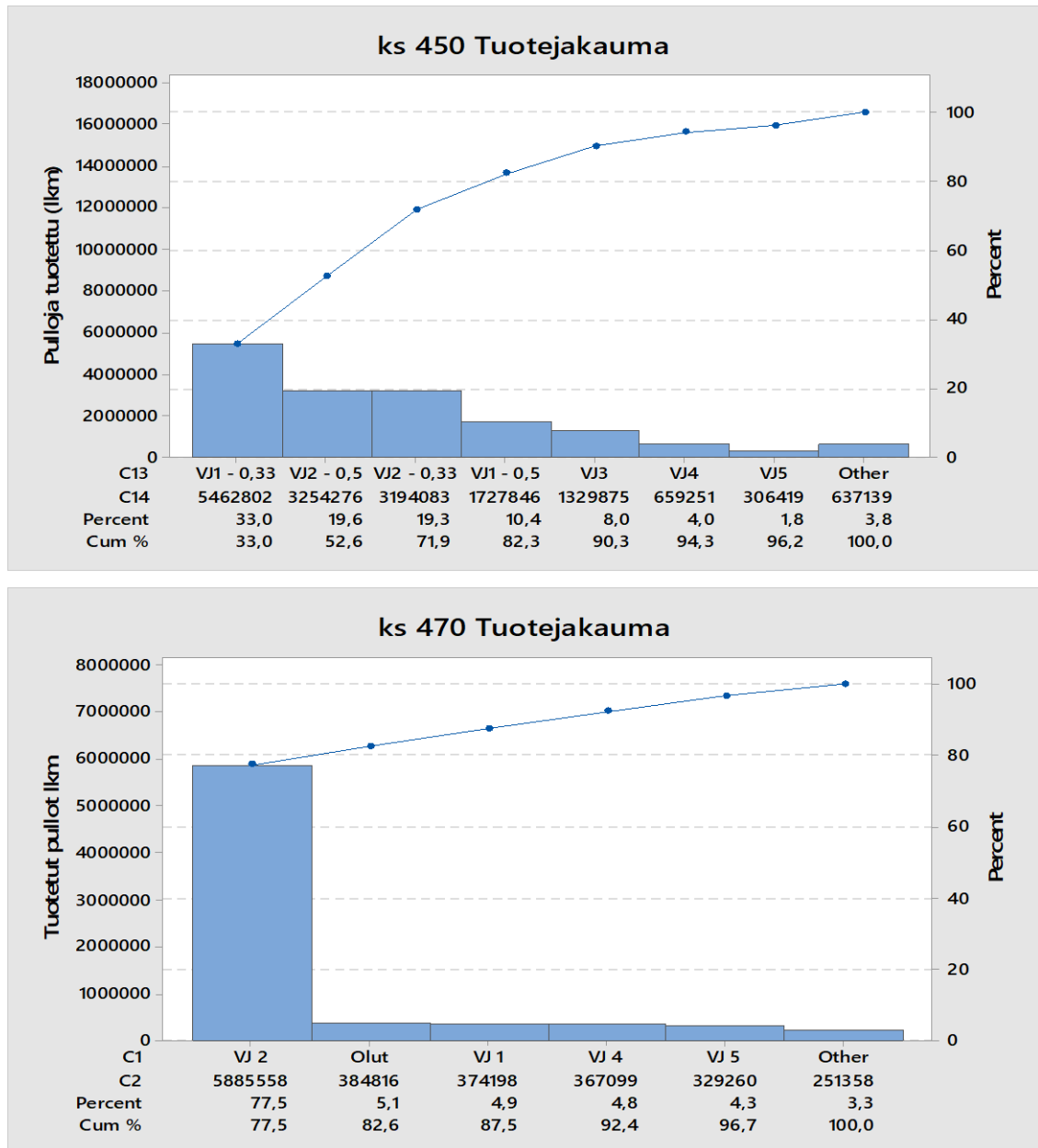
Tulosten tilastolliseen analyysiin käytettiin Minitab-ohjelmistoa (Minitab Inc. Yhdysvallat). Tuloksia varten vuororaportteista kirjattiin pullot, jotka oli tuotettu puhalluksessa ja menneet täyttökoneeseen. Tällä välillä tapahtunut hävikki kirjattiin Unscramblerille tapahtuneeksi. Täyttökoneen sekä lavaajan välisestä kahdesta Heuft-tarkastajasta kirjattiin vain hylättyjen pullojen lukemat. Vuororaportteista saaduista lukemista tehtiin pareto analyysit, joilla nähtiin molempien konesarjojen tuotejakauma. Varianssi analyysillä (ANOVA) luotiin boxplot kaaviot, joista nähtiin tuotantolinjojen mittausalueen laitteiden aiheuttamat vaihtelut. I-chart kuvaajasta nähtiin tuotantolinjoilla suoritettun seurannan aikana jokaisessa ajossa syntynyt hylkymäärä. Normaalijakauman kuvaajasta nähtiin kummankin konesarjan suorituskyky tuotantolinjojen hävikkeihin suhteutettuna. Yrityksen kehityspäällikkö Hannu Sistonen loi tuloksista kuvaajat Minitab-ohjelmalla, joita yhdessä tulkitimme.

## **6 Hävikin seurannan tulokset**

### **6.1 Konesarjojen 450 ja 470 tarkastelu**

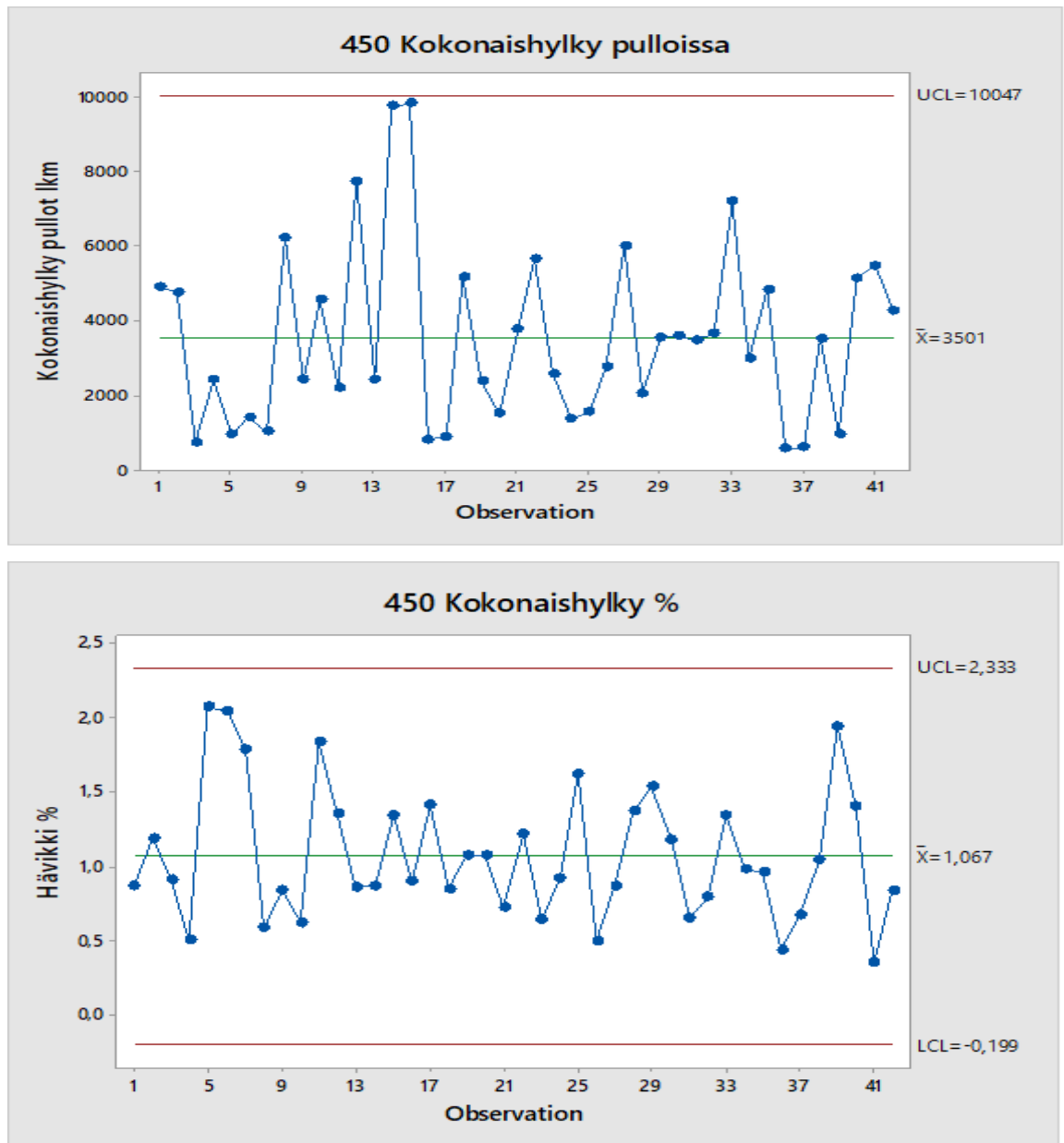
Pareto-analyysiä apuna käyttäen luotiin kuvaajat molempien konesarjojen tuotejakauksista (Kuva 17). Kun tarkastellaan kuvaajia, niistä nähdään jokaisen tuoteprofiilin määrät kappaleittain ja prosentuaalisesti. Kuvaajasta selviää myös yksittäisen tuotteen kumulatiivinen osuus. [39, s. 134.] Kuvaajien perusteella voidaan havaita huomattava ero

konesarjojen tuotannoissa. Konesarjan 450 tuotantokausia tarkastellessa huomataan tiettyjen pullotyyppien nousevan erityisesti esille. Sama pätee myös konesarjan 470 kohdalla, mutta tällä tuotantolinjalla esiin nousee yksi pulloprofiili jota tuotetaan ylivoimaisesti muita enemmän. Kuvaajista selviää tiettyjen virvoitusjuomien volyyymi tuotannossa.



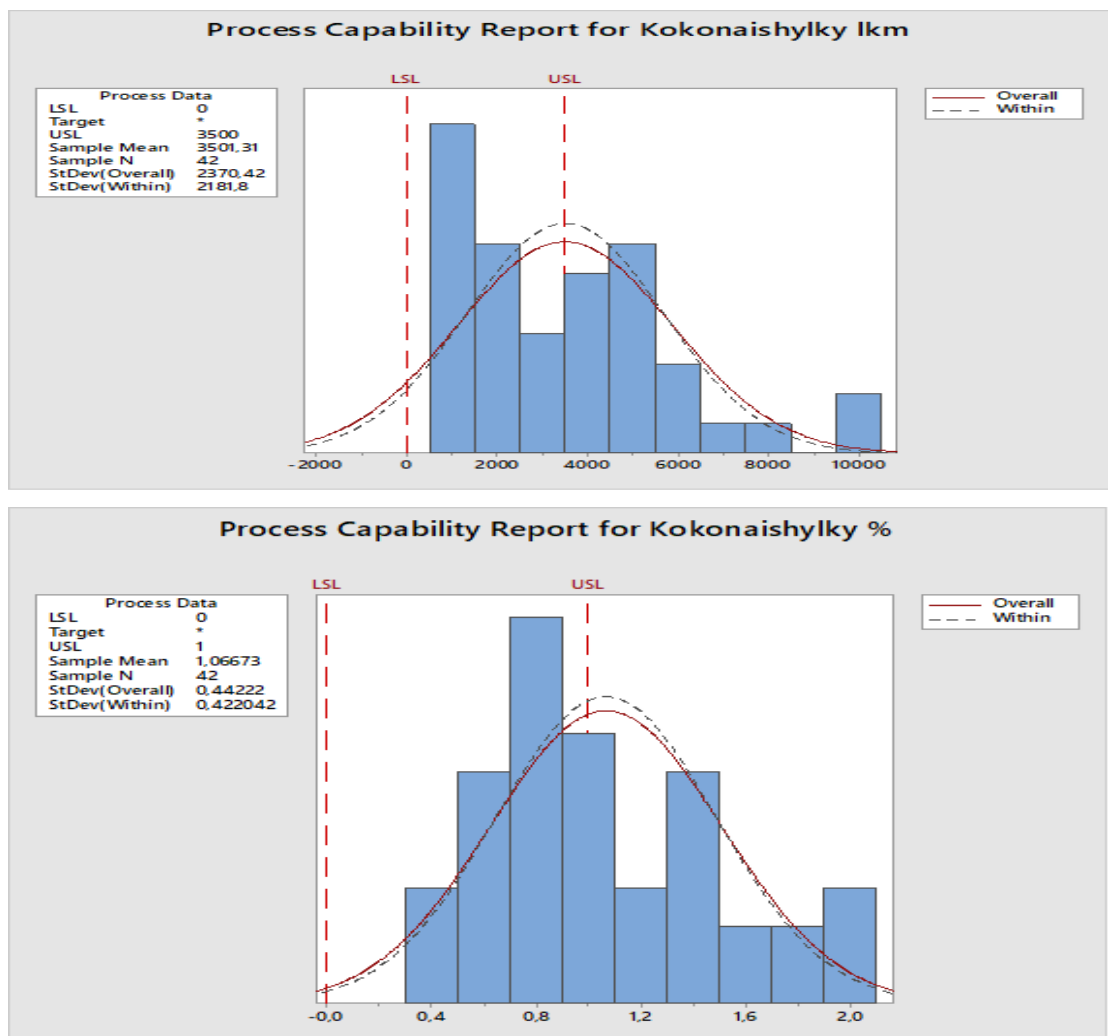
Kuva 17. Pareto-analyysit tarkastelujaksojen tuotejakaumista konesarjoilla 450 ja 470. Kuvaajista nähdään molempien linjojen tuotejakauma. Toisin sanoen mikä on osuus kullakin tuotteella tuotannossa.

Kun tarkastellaan konesarjan 450 tuotantoprosessin kokonaishylkyä, voidaan I Chart-kuvaajien perusteella sanoa (Kuva 18), että hylkyä syntyy todella suurella vaihtelulla. Kappalemäärällisesti suurimmat hylkylukemat ovat luonnollisesti suuremmissa tuotantoerissä. Prosentuaalisesti taas pienet tuotantoerät aiheuttavat suuremman tappion.



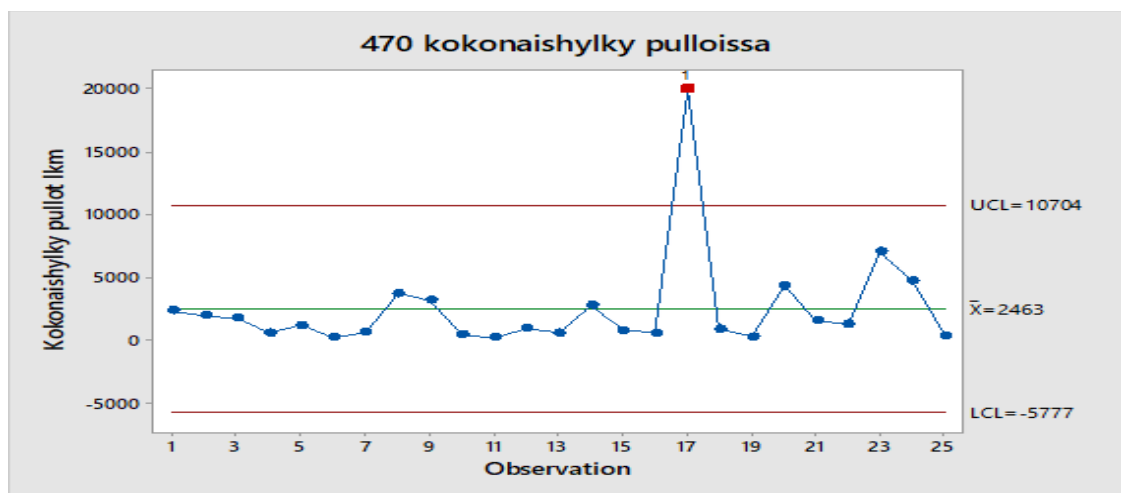
Kuva 18. Konesarja 450 kokonaishyllyn I Chart-kuvaajat. Kuvaajasta nähdään seurannan aikana ajettujen pulloprofiilien määrä (observation), keskiarvot kappalemäärällisesti sekä prosentuaalisesti. Jokainen piste kuvaajassa ei ole kuitenkaan yksittäinen tuoteajo, vaan yhteen pisteeseen saattaa sisältyä useampi tuote samalla pulloprofiililla.

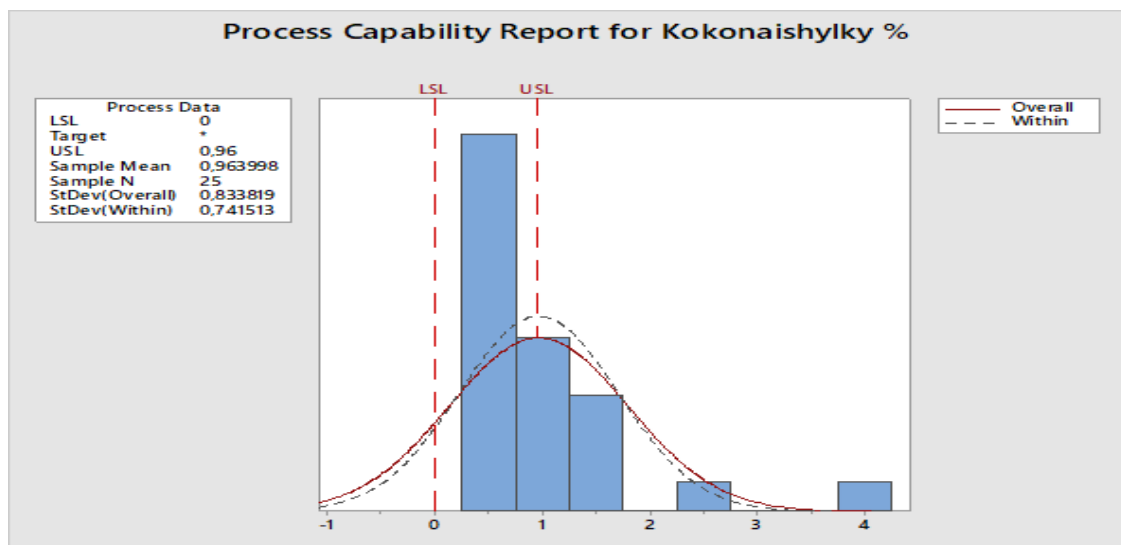
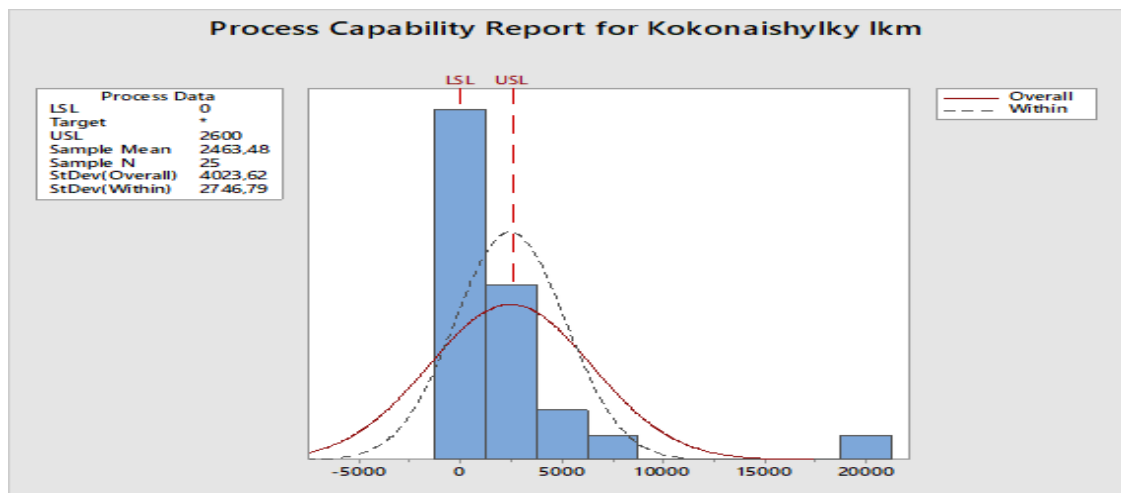
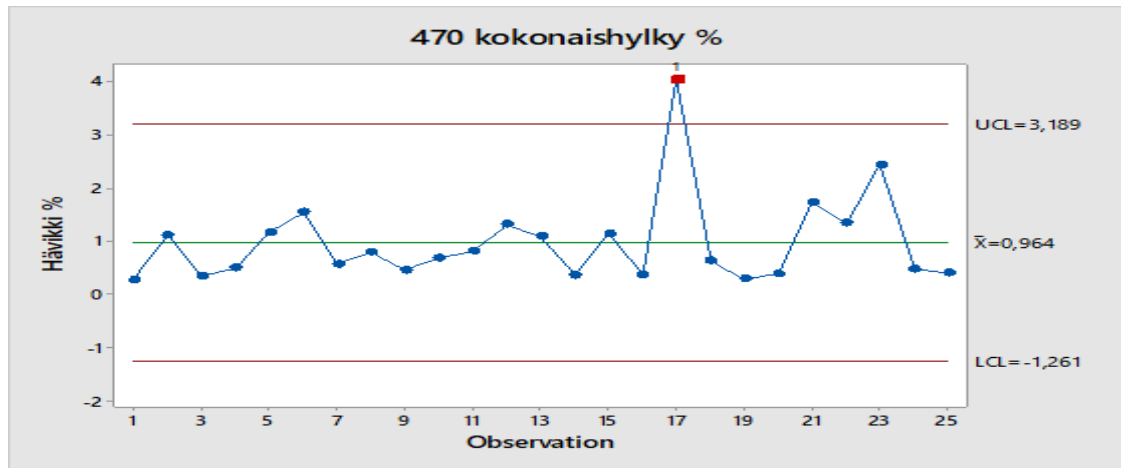
Konesarjan 450 suorituskykyä tarkastellessa (Kuva 19), voidaan normaalijakauman kuvaajista todeta prosessin olevan epätasaisesti jakautunut. Prosessin suorituskykyä on myös verrattu kuvan 18 keskiarvoihin, ja voidaan todeta, että tuotantoprosessi ei ole suuren vaihtelun vuoksi hallinnassa. Suureen vaihteluun ei seurannan aikana Unscramblerin epävarman toiminnan lisäksi tullut esille mitään erityistä syytä. Eri syitä oli useita. Esimerkiksi täyttökoneen korkituspäässä esiintyi häiriöitä, jotka saattoivat johtua myös materiaaliviasta. Selkeät laiteviat korjattiin välittömästi, mutta esimerkiksi edellä mainittu korkituspään häiriö esiintyi niin satunnaisesti, että mitään yksittäistä syytä ei kyseiseen häiriöön löytynyt. Myös eri pulloprofiilit, etikettien vaihdot ja laitteiden säätöjen muutokset tuotantojen vaihtuessa aiheuttavat vaihtelua.



Kuva 19. Normaalijakauman kuvaajat konesarja 450 suorituskyvystä. Kuvaajista voidaan nähdä tuotantolinjan suorituskyvyn epätasaisuus. Korjausliikkeitä pitäisi tehdä, jotta kuvaajan palkit saataisiin siirtymään enemmän vasemmalle, ja niitä olisi huomattavasti vähemmän.

Kun sama tarkastelu tehdään konesarjan 470 prosessille (Kuva 20), niin voidaan huomata vaihtelun olevan lukumäärällisesti todella suurta. I Chart-kuvaajissa nähdään myös yksi rajojen ulkopuolelle osunut poikkeama. Poikkama on tuotannossa syntynyt huomattavan korkea hävikki, joka ei osu seurantaan asetettujen raja-arvojen väliselle alueelle, ja jonka syytä ei varmuudella tiedetä. Kuvaajassa esiintyvä poikkeama johtuu suurella todennäköisyydellä inhimillisestä operaattorin kirjausvirheestä. Normaalijakauman kuvaajaa tarkastellessa nähdään, että prosessin suorituskyky on jakautunut huomattavasti tasaisemmin kuin konesarjalla 450. Tähän yksi syy on se, että tuotevaihtojen yhteydessä ei välttämättä tule suuriakaan muutoksia laitteiden säätöihin, koska valtaosa tuotteista pakataan 1,5 litran pakkauksiin. 1,25 litran olutajo aiheuttaa huomattavasti enemmän hankaluuksia konesarjalla 470 kuin 1,5 litran virvoitusjuomat. Pullonkaulan muoto on haastava etikettikoneelle, mutta etenkin täyttökoneella ongelmia syntyy pullon asettumisesta täyttöventtiilille. Väärin täyttöventtiilille asettunut pullo joko putoaa täyttökoneen sisään tai ei täyty kunnolla. Väärin täyttynyt pullo päätyy hylkyyn täyttökoneen jälkeisellä Heuft-tarkastajalla. Etikettikoneella olutpullot putoavat huomattavasti muita tuotteita useammin pois paikoiltaan, ja tämä taas aiheuttaa hävikkiä ja häiriöitä etikettikoneella.





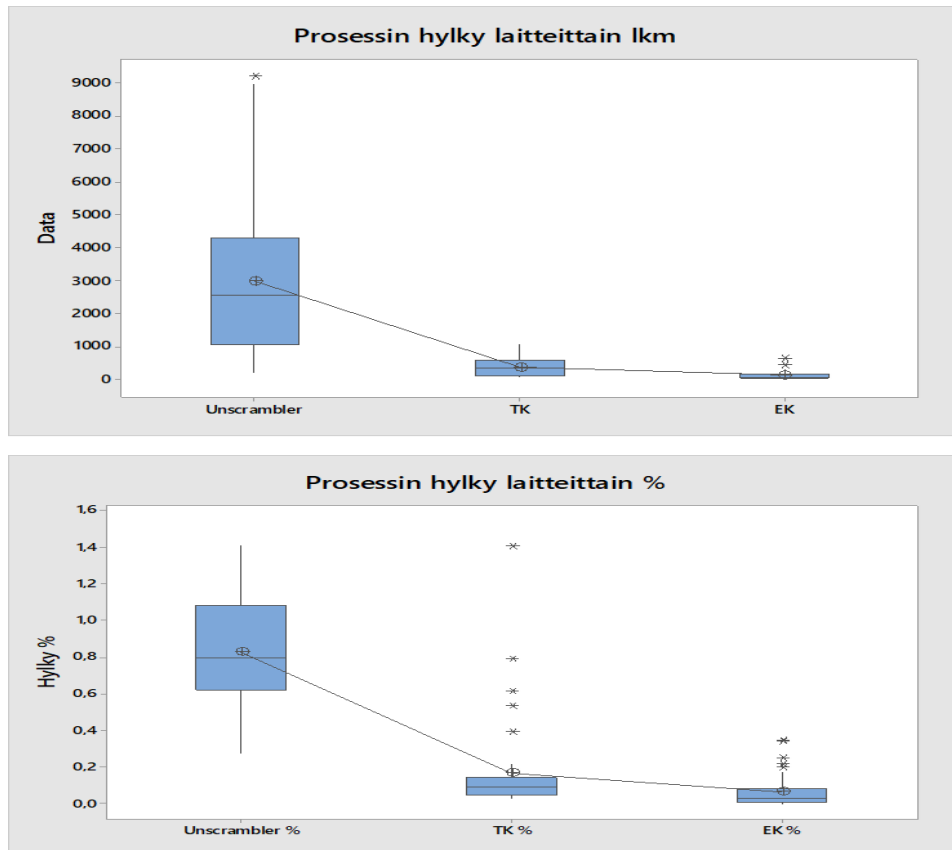
Kuva 20. Kokonaishylyn ja prosessin suorituskyvyn kuvaajat konesarjalla 470. Kuvaajasta nähdään seurannan aikana ajettujen pulloprofiilien määrä (observation), keskiarvot

kappalemäärällisesti sekä prosentuaalisesti. Jokainen piste kuvaajassa ei ole kuitenkaan yksittäinen tuoteajo, vaan yhteen pisteeseen saattaa sisältyä useampi tuote samalla pulloprofiililla. Normaalijakauman kuvaajista voidaan nähdä, että tuotanto on jakautunut huomattavasti tasaisemmin kuin konesarjalla 450.

Kuvasta 21 nähdään, että lukumääräisesti varianssi-analyysin (ANOVA) perusteella, prosessin laitekohtaiset tarkastelut konesarjalla 450 osoittavat Unscramblerin olevan tuotantolinjan eniten vaihtelua ja hukkaa aiheuttava laite. On ollut tiedossa, että Unscrambler ei toimi halutulla tavalla, ja laitteessa on esiintynyt jonkun verran muun muassa laakerivikoja. Laitteeseen kohdistuvat rasisukset, sen ollessa käynnissä, ovat mahdollisesti yksi syy, että kone ei toimi niin kuin sen pitäisi. Koneen kunnollinen huolto taas vaatii useamman päivän, joten se ei tuotannollisista syistä ole aina mahdollista kun sitä tarvittaisiin koneen vakaan toiminnan ylläpitämiseksi. Myös mahdolliset kirjausvirheet vuororaporteissa puhalluskoneella ja täyttökoneella aiheuttavat ”piikkejä” hävikissä.

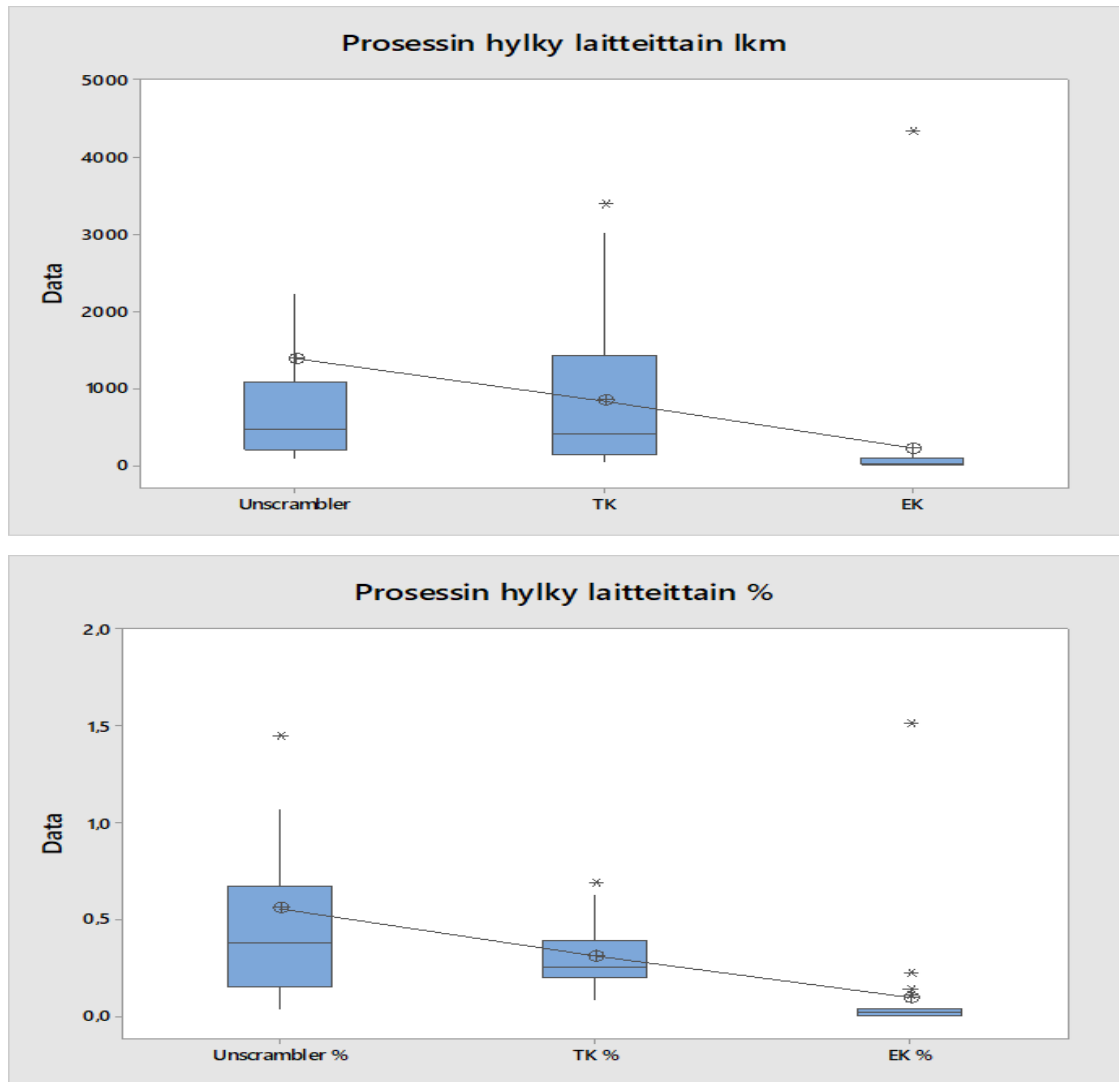
Täyttökone sekä etikettikone toimivat huomattavasti varmemmin lukuun ottamatta kuvaajissa esiintyviä rajojen ulkopuolelle osuneita tuloksia (\*). Tämän mahdollistaa se, että täyttökoneita ja etikettikoneita pystytään säätämään ja huoltamaan huomattavasti enemmän tuotannon aikana, jotta hävikkiä ei syntyisi. Unscramblerissa ei ole kuin tietyt säädöt eri pulloprofiileille, eikä myöskään voida olla täysin varmoja ruttautuuko pullo matkalla puhalluksesta Unscrambleriin vai vasta laitteessa. Kun tarkastellaan hylkyprosenttia, nähdään Unscramblerin olevan yhä tuotantolinjan epävakain laite. Vaikka täyttökoneen ja etikettikoneen toimivuus on vakaampaa kuin Unscramblerin, on kuvaajissa näkyviä poikkeamia tarkasteltava tulevaisuudessa tarkemmin (Kuva 21).





Kuva 21. Konesarjan 450 prosessin hylky varianssi-analyysin perusteella tarkasteltuna. Suurin vaihtelua aiheuttanut laite on Unscrambler, joka voidaan nähdä sinisen laatikon koosta. Laatikoiden päissä olevat ”viikset” kuvaavat mitattuja ylä- ja ala-arvoja. Viiva laatikossa ilmaisee mediaania, ja ympyrä ilmaisee tulosten keskiarvon. Tähdet laatikoiden ulkopuolella ovat mittausalueen ulkopuolelle osuneita poikkeamia. Täyttökoneen (TK) ja etikettikoneen (EK) laatikot ovat huomattavasti pienempiä, mutta näiden laitteiden tuloksissa esiintyy myös poikkeamia, joita tulisi tarkastella tarkemmin.

Konesarjalla 470 lukumäärällisesti eniten hylkyä syntyi täyttökoneelta etikettikoneen toimiessa varmimmin. Prosentuaalisesti tarkasteltuna voidaan todeta Unscramblerin olevan kuitenkin tuotantolinjan epävakain laite. Seurannan aikana olutajossa hylkyä syntyi puhalluskoneen ja täyttökoneen välillä paljon. Haasteena oli etenkin olutpullon profiili. Täyttökoneen hylky on kuitenkin myös prosentuaalisesti erittäin suuri (Kuva 22). Hylkyä syntyi paljon vajaatäyttöisistä pulloista sekä väärin kiertyneistä korkeista. Kunnossapito tarkasti korkituslaitteen kunnan tuotannoissa, joissa hylkyä syntyi poikkeuksellisen paljon, mutta mitään erityistä vikaa ei löytynyt. Materiaalivikaa pidettiin myös mahdollisena.



Kuva 22. Konesarjan 470 prosessin hylky varianssi-analyysin perusteella tarkasteltuna. Tarkastelussa Unscrambler, täyttökone (tk) ja etikettikone (ek).

## 6.2 Havainnot konesarjan 450 hävikistä

Työssä tehtyjen mittausten tuloksista voidaan huomata prosessien olevan hyvinkin alttiita vaihteluille. Liitteessä 1 on konesarjojen 450 ja 470 laitteiden yksityiskohtaiset kuvaajat.

Konesarjalla 450 Unscrambler aiheuttaa suurta hylkyä kappalemäärällisesti ja prosentuaalisesti. Tarkastelujakson aikana Unscrambler ”hävitti” tuotannosta 2 982 pulloa, mikä vastaa 0,83 % tuotantojen kokonaishylyistä. Kun tuloksista luotiin ANOVALLA kuvaajat,

pystyttiin tuomaan esille suurien tuotantoerien aiheuttama vaihtelu (Liite1. Konesarja 450, Unscrambler).

Myös täyttökoneen hylkyä lukumäärällisesti tarkasteltuna voidaan huomata vaihtelevuuden olevan todella suurta. Tarkastelujakson aikana hylättyjen pullojen keskiarvo on ollut 183 (0,144 %) pulloa. Lukumäärällisesti keskiarvohävikki ei ole suurta, mutta kuvaajista voidaan nähdä vaihtelun laajuus tuotannossa. Prosentuaalisesti tilannetta katsottuna, täyttökone näytti toimivan kuitenkin vakaammin, lukuun ottamatta kuutta rajojen ulkopuolelle osunutta tuotantoerää. Lukumäärällisesti eniten vaihtelua tapahtui jälleen suurien tuotantoerien kohdalla. Kuitenkin kuvaajista (Liite1. Konesarja 450, täyttökone) löytyy kolme pientä tuotantoerää, jotka ovat aiheuttaneet vaikeuksia tuotannossa, ja täten ovat aiheuttaneet eniten hukkaa prosentuaalisesti.

Etikettikoneen tuloksista luoduista kuvaajista nähdään laitteen olevan tarkastelujaksolla tuotantolinjan toimivin laite (Liite 1. Konesarja 450, etikettikone). Vaikka lukumäärällisesti tilannetta katsottuna vaihtelua esiintyy jonkin verran, prosentuaalinen kuvaaja näyttää vaihtelun olevan vähäistä. Tarkastelujakson aikana keskimääräinen hylkylukema on ollut 67 pulloa (0,0489 %) tuotantoerää kohden. Kappalemääräisesti eniten vaihtelua tapahtui jälleen suurissa tuotantoerissä. Kuitenkin vaihtelua esiintyi myös pienissä ja toisaalta haastavissa ajoissa. Prosentuaalisesti suurissa tuotantoerissä hylky jää pieneksi. Pienet ja haastavat tuotantoerät nostavat taas hävikkiprosenttia korkeammaksi. Haastavia ovat tietyt pulloprofiilit tai etikettien kuvioinnit ja väritys. Tiettyjen etikettien läpinäkyvyys aiheuttaa haasteita, koska etikettikoneen tarkastajan on pystyttävä huomaamaan puuttuuko pullostä etiketti. Mikäli etiketti puuttuu, pullo päätyy hylkyyn. Tässä etiketit, joissa on paljon läpinäkyviä kohtia, aiheuttavat haasteen.

### 6.3 Havainnot konesarjan 470 hävikistä

Konesarjalla 470 Unscrambler ei ole tuotettujen pullojen lukumäärän perusteella tuotantolinjan heikoin lenkki, vaan täyttökone. Tämä on suhteutettu tuotettujen pullojen määrään. Tarkastelujakson aikana erään tuotteen kohdalle oli osunut ilmeisesti kirjausvirhe, jonka mukaan puhalluksen ja täyttökoneen välillä olisi syntynyt hylkyä noin 19 000 pulloa. Kun tämä raja-arvojen ulkopuolelle osunut tilasto poistettiin, saatiin Unscramblerin

keskiarvoksi 682 (0,428 %) hävikkiin mennyttä pulloa tarkastelujakson ajalta. ANOVAN boxplot-kuvaajasta voidaan havaita jälleen sama tapahtuma kuin konesarjalla 450. Suuret tuotantoerät aiheuttavat lukumäärällisesti suurimman hylkytilaston, mutta kun tilannetta katsotaan prosentuaalisesti, nämä tuotantoerät eivät enää erotukaan joukosta. Olutpullo on myös profiililtaan haastava Unscramblerille, ja tämä erottuu myös ANOVAN kuvaajasta (Liite 1. Konesarja 470, Unscrambler).

Täyttökoneella hävikin aiheuttamat tappiot näkyvät myös juoman tappiona, koska tässä vaiheessa hylkyyn päätyvät pullo on täytetty juomalla. Tämä on konesarjalla 470 alue, jonka toimivuuteen pitää kiinnittää huomiota. Tarkastelujakson aikana keskimääräinen hävikki oli 435 (0,362 %). Kun täyttökoneen tilannetta tarkastellaan ANOVALLA, niin voidaan jälleen huomata pienten tuotantoerien aiheuttavan prosentuaalisesti suurimman hävikin (Liite 1. Konesarja 470, täyttökone). Tämä osoittaa myös vaihtelun olevan pienillä tuotantoerillä suurempaa.

Etikettikone on konesarjan 470 vakain laite. Kun hylätään raja-arvojen ulkopuolelle osunut olut-tuotanto, joka on Unscramblerin sekä täyttökoneen lisäksi haastava tuotantoerä myös etikettikoneelle pulloprofiilinsa takia, niin saatiin tarkastelujakson keskiarvoksi 28 (0,0382 %) pulloa. Pienten tuotantoerien aiheuttamat prosentuaalisesti suuret hävikit syntyvät etikettikoneella tuotantovaihtojen aiheuttamista koneen säätöjen muutoksista. Kun pulloprofiili ja etiketti muuttuvat, nämä aiheuttavat väistämättä useamman pullon hävikin tuotannon aloituksessa. Myös ANOVALLA tarkasteltuna etikettikoneen toimivuus on oluttuotantoa lukuun ottamatta tuotantolinjan vakain (Liite 1. Konesarja 470, etikettikone).

#### 6.4 Konesarjojen hävikkien vertailua

Insinööriyön määrittelyvaiheessa oli tiedossa, että etenkin konesarjan 450 Unscrambler toimii epävakaasti aiheuttaen suurta hukkaa tuotannossa. Laitteen epävakaas johtui mahdollisesti koneen vaihdelaatikon huonosta kunnosta. Uusi vaihdelaatikko oli jo insinööriyön käytännönvaiheen aikana tilattu. Myös kahden suppilon rikkoutuminen aiheutti ongelmia pullojen oikein asettumisessa suppiloon, jolloin Unscrambler ruttasi pulloja ja suurta hävikkiä syntyi, kun usein ruttuun mennyt pullo jäi kiinni ilmakuljettimen alkupäähän. Insinööriyön loppuvaiheessa ulostuloon on asennettu eräänlainen ”tolppa”, jonka

pitäisi tönäistä ruttaantunut tai väärin päin ulostulon imutähdelle asettunut pullo pois ennen kuin se jäisi tukkeeksi ilmakuljettimelle. Tällä toimenpiteellä pyritään vähentämään hyvien pullojen päätymistä hylkyyn. Konesarjalla 470 Unscrambler toimi hieman paremmin. Ongelmia syntyi laitteen jälkeisellä ilmakuljettimella (Kuva 13). Kuljettimen 90 asteen mutkan oletetaan olevan syy pullojen putoamiseen.

Täyttökoneen toimivuus on konesarjalla 450 huomattavasti vakaampaa kuin konesarjalla 470. Tuotannossa on kuitenkin tuotteita, jotka ovat hankalia ajettavia. Nämä vaihtelut johtuvat usein pienistä tuotantoeristä sekä tuotteiden vaatimista erityisistä ajoasetuksista. Insinööriyön aikana huomattiin konesarjan 470 täyttökoneen hukan olevan todella suurta. Kun mukaan lasketaan muovihävikin lisäksi virvoitusjuoman tappiot, koneen toimivuuteen on kiinnitettävä huomiota.

Etikettikoneiden toimivuus molemmilla tuotantolinjoilla on lähtökohtaisesti vakaata eikä hukkaa tuotantomäärään nähden synny kriittisiä määriä lukuun ottamatta eräitä tuotteita, joita pitää jatkossa tarkkailla tarkemmin.

## **7 Päätelmät**

Jo ennen insinööriyön aloittamista oli tiedossa, että tuotantoprosessissa tapahtuva muovihävikki ei ole ollut seurannassa [40]. Muovihävikille ei myöskään ole saatavilla minikäänlaista automaattista seurantaa. Tiettyjen pisteiden, kuten Unscramblereiden ja konesarja 470 täyttökoneen, tiedettiin aiheuttavan tutkimisen arvoista hukkaa tuotantoprosessissa, mutta näiden laitteiden hylkylukemista ei ole kerätty aiemmin mitään konkreettista tietoa talteen. Koska hylkyprosentit ovat kokonaisuudessaan melko korkeat kummallakin tuotantolinjalla, onkin syytä harkita uutta tarkastelujaksoa kummankin linjan kriittisimpiin pisteisiin, etenkin konesarjan 470 täyttökoneen kohdalla. Täyttökoneesta syntyvä pullohävikki ei koske pelkästään tyhjiä muovipulloja, vaan mukaan tulee myös virvoitusjuomatappiot. Yrityksen on mahdollista hyödyntää seurantaa tuottavuuden parantamiseksi ja hukan pienentämiseksi.

Myöskään pullojen hävikille ei ole asetettu mitään tiettyjä ylä- tai alarajoja. Mikäli yritys aikoo jatkaa hukan kannalta relevanttia seurantaa, tulee tällöin asettaa LCL (Lower Control Limits) ja UCL (Upper Control Limits) -rajat, jotta yrityksellä on raja-arvot joiden sisällä

tuotannossa syntyvän pullohävikin on pyrittävä pysymään. Näiden rajojen avulla saadaan seurannasta tehtyä yritykselle hyödyllinen työkalu, ja pystytään puuttumaan tuotannossa esiintyviin ”hukkapiikkeihin” tehokkaammin.

Insinööri työ toi esiin yrityksessä useamman kohteen joihin tulisi puuttua hukan vähentämiseksi tuotantolinjoilla. Puhalluksen toisen preformikaukalon kaadon ajastusta tulee säätää, jotta kaukalo pysyy yläasennossa pidempään. Tällöin preformit putoavat kaukaloon tehokkaammin, eikä niitä putoile pois. Toisessa preformin kaatimessa tämä on jo käytössä. Konesarjan 450 Unscramblerin toimintakuntoon tulee syventyä tarkemmin. Unscramblerin aiheuttama hukka tuo materiaalista aiheutuvia kuluja. Myös laitteen epävakaa toiminta aiheuttaa aikataulujen venymistä tuotannossa ja täten syntyy hukkaa.

Konesarjan 470 ilmakuljettimen toimintaan tulee tehdä parannus, jotta kuljettimelta putoavien pullojen määrä saadaan minimoitua. Samoin täyttökoneen hylkyprosenttiin tulee keskittyä, ja etsiä ratkaisu hukan vähentämiseksi.

Lukumäärällisesti eniten hävikiä syntyi suurissa tuotantoerissä. Prosentuaalisesti hukkaa syntyi eritoten pienissä tuotantoerissä. On siis selvää, että lukumäärällisesti olevat hävikit tulee priorisoida ensimmäiseksi kustannusmielessä.

Yrityksen vastuulle jää parannusprojektin organisointi hukan vähentämiseksi konesarjoilla 450 ja 470.

Kuten huomataan, kaikki työ on prosessia. Prosessit vaihtelevat sen sisältämistä muuttujista, jotka aiheuttavat vaihtelua. Työssä esiintyy paljon keskiarvoon viittavia tuloksia. Keskiarvoon perustuvat tulokset yleensä antavat väärän kuvan, kun sitä verrataan oikeaan prosessin suorituskykyyn. Keskiarvon ei tulisi koskaan olla ohjaava indikaattori prosessin parantamiselle. Tämän vuoksi eritoten lean six sigmassa tutkitaan prosessia vaihtelun pohjalta. Prosessista tulee löytää syyt niihin tapahtumiin, jotka suurentavat vaihtelua. Kun analysointi on suoritettu, meidän tulee lisätä tietoisuutta siitä mikä vaihtelua aiheuttaa. Tällöin on kaksi vaihtoehtoa parantaa prosessia ohjauksella tai muuttaa prosessia (etsiä suurimmat syyt vaihtelulle). Tämä tuo lopputulemana prosessin vaihtelun pienemisen joka parantaa prosessin suorituskykyä. [41.]



## Lähteet

- 1 Kestävästi Keravalta 3/2019. Verkkoaineisto. Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy. <<https://sinebrychoff.fi/vastuu/kestavasti-keravalta/kestavasti-keravalta-3-2019/>>. Julkaistu 10.12.2019. Luettu 3.1.2020.
- 2 Rytönen, Silja-Maria. 2019. Pakkausmateriaalihävikin vähentäminen alumiinifölkien ja PET-pullojen täyttölinjoilla. Opinnäytetyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Lean. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/>>. Luettu 18.11.2019.
- 4 Maailman ensimmäinen täysin kierrätettävä ja osittain kasvipohjaisesta materiaalista valmistettu PET-pullo. Verkkoaineisto. 2018. The Coca-Cola Company. <<https://www.coca-cola.fi/stories/maailman-ensimmainen-taysin-kierrattav-ja-osittain-kasvipohjaisesta-materiaalista-valmistettu-pet-pullo>>. Luettu 8.12.2019.
- 5 Kestävän kehityksen raportti 2018: Sinebrychoff ja Coca-Cola työskentelevät sokeri- ja muovijalanjäljen pienentämiseksi. Verkkoaineisto. 2019. The Coca-Cola Company. <<https://www.coca-cola.fi/stories/vastuullisuusraportti-2018-muovi-ja-sokeri>>. Julkaistu 9.4.2019. Luettu 8.12.2019.
- 6 Pantilliset. Verkkoaineisto. Suomen Palautuspakkaus Oy. <<http://pantilliset.fi/pe-rustietoa/>>. Luettu 9.12.2019.
- 7 Elbjørn, Kasper. 2019. Carlsberg issues latest Green Fibre Bottle update. Verkkoaineisto. Carlsberg Breweries A/S. <<https://www.carlsberggroup.com/newsroom/carlsberg-issues-latest-green-fibre-bottle-update/>>. Julkaistu 11.10.2019. Luettu 8.12.2019.



- 8 Coca-Cola unveils first marine plastics sample bottle. 2019. Verkkoaineisto. Packaging Europe Ltd. <<https://packagingeurope.com/coca-cola-unveils-first-marine-plastics-sample-bottle/>>. Annettu 3.10.2019 luettu 15.11.2019.
- 9 Coca-Colan innovatiivinen pullo hyödyntää merimuovia materiaalina. 2019. Verkkoaineisto. Coca-Cola Company. <<https://www.coca-cola.fi/stories/coca-cola-pullo--jossa-kaeytetty-merimuovia-materiaalina>>. Julkaistu 3.10.2019. Luettu 15.11.2019.
- 10 Wiik, Camilla. Ratkaisuja muovin kierrätykseen. Verkkoaineisto. Jätehuoltoyhdistys ry. <<http://www.jateplus.fi/jateplus-22014/ratkaisuja-muovin-kierratykseen/>>. Luettu 18.11.2019.
- 11 Sinebrychoff, kestävä kehitys. 2018. Verkkoaineisto. Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy. <[https://sinebrychoff.fi/media/30008/sinebrychoff\\_kestävän\\_kehityksen\\_raportti\\_2018.pdf](https://sinebrychoff.fi/media/30008/sinebrychoff_kestävän_kehityksen_raportti_2018.pdf)>. Luettu 11.11.2019.
- 12 2017 Survey on European PET Recycle Industry – 58,2 % of PET Bottles Collected. 2018. Verkkoaineisto. Petcore Europe. <<https://www.petcore-europe.org/news-events/202-2017-survey-on-european-pet-recycle-industry-58-2-of-pet-bottles-collected.html>>. Julkaistu 14.12.2018. Luettu 13.11.2019.
- 13 Pantillinen järjestelmä. Verkkoaineisto. Verkkoaineisto. Suomen Palautuspakkaus Oy. <<https://www.palpa.fi/juomapakkausten-kierratys/pantillinen-jarjestelma/>>. Luettu 9.12.2019.
- 14 Sinebrychoff ja ympäristö 2019. Verkkoaineisto. Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy. <<https://sinebrychoff.fi/vastuu/tavoitteemme/sinebrychoff-ja-ymparisto-2019/>>. Luettu 13.11.2019.

- 15 NOLLA hiilijalanjälki. Verkkoaineisto. Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy. <<https://sinebrychoff.fi/vastuu/tavoitteemme/nolla-hiilijalanjalki/>>. Luettu 29.11.2019.
- 16 Oluen hiilidioksidi uusien juomien kupliksi. Verkkoaineisto. Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy. <<https://sinebrychoff.fi/vastuu/tekojamme/hiilidioksidin-kierratys/>>. Luettu 29.11.2019.
- 17 Kylmä olut lämmittää panimon. Verkkoaineisto. Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy. <<https://sinebrychoff.fi/vastuu/tekojamme/lammonkeuruu/>>. Luettu 29.11.2019.
- 18 Mikkola, Timo. 2018. DraughtMaster – hanaoluen uusi sukupolvi. Verkkoaineisto. Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy. <<https://sinebrychoff-asiakas.fi/draughtmaster-hanaoluen-uusi-sukupolvi/>>. Julkaistu 23.4.2018. Luettu 3.12.2019.
- 19 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/904. § 5. Annettu 5.6.2019. Luettu. 19.10.2019.
- 20 Parlamentti sinetöi kertakäyttömuovin kiellon vuoteen 2021 mennessä. 2019. Verkkoaineisto. Euroopan parlamentti. <<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/press-room/20190321IPR32111/parlamentti-sinetoi-kertakaytto-muovin-kiellon-vuoteen-2021-menessa>>. Julkaistu 27-03-2019. Luettu 6.1.2020.
- 21 Lumme, Marika. 2019. EU:n uusi "korkki kiinni" -muovidirektiivi voi tuoda kymmenien miljoonien laskun ja lisätä muovin käyttöä satoja tonneja – "Muutokset maksaa lopulta kuluttaja". Verkkoartikkeli. Helsingin uutiset. <<https://www.helsingin uutiset.fi/artikkeli/817188-eun-uusi-korkki-kiinni-muovidirektiivi-voi-tuoda-kymmenien-miljoonien-laskun-ja>>. Julkaistu 11.11.2019. Luettu 30.10.2019.

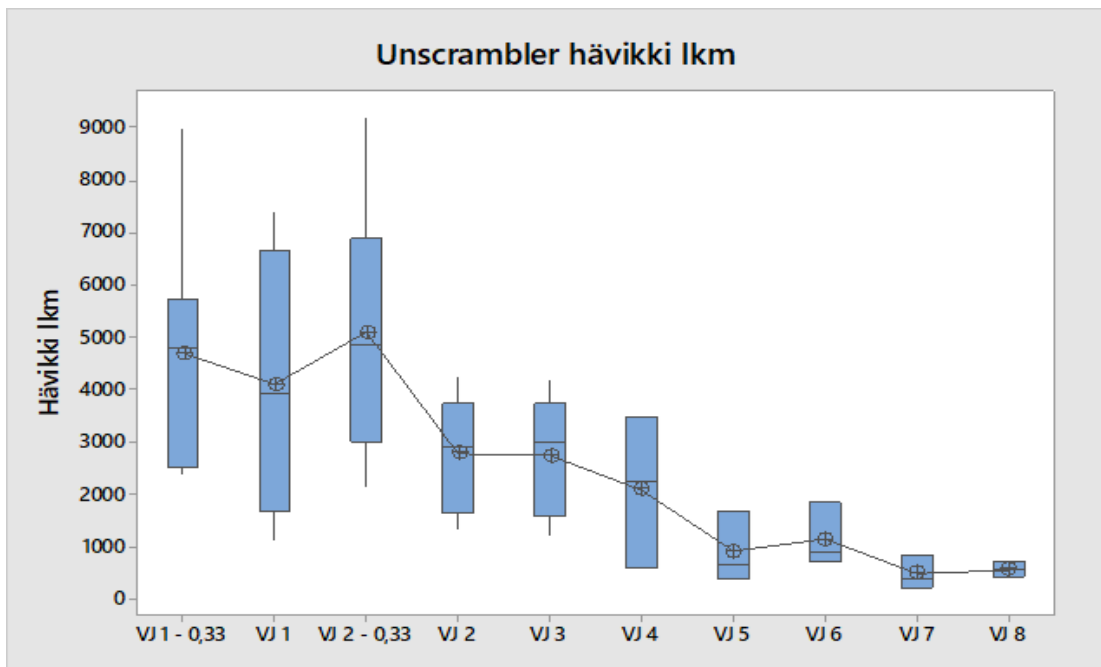
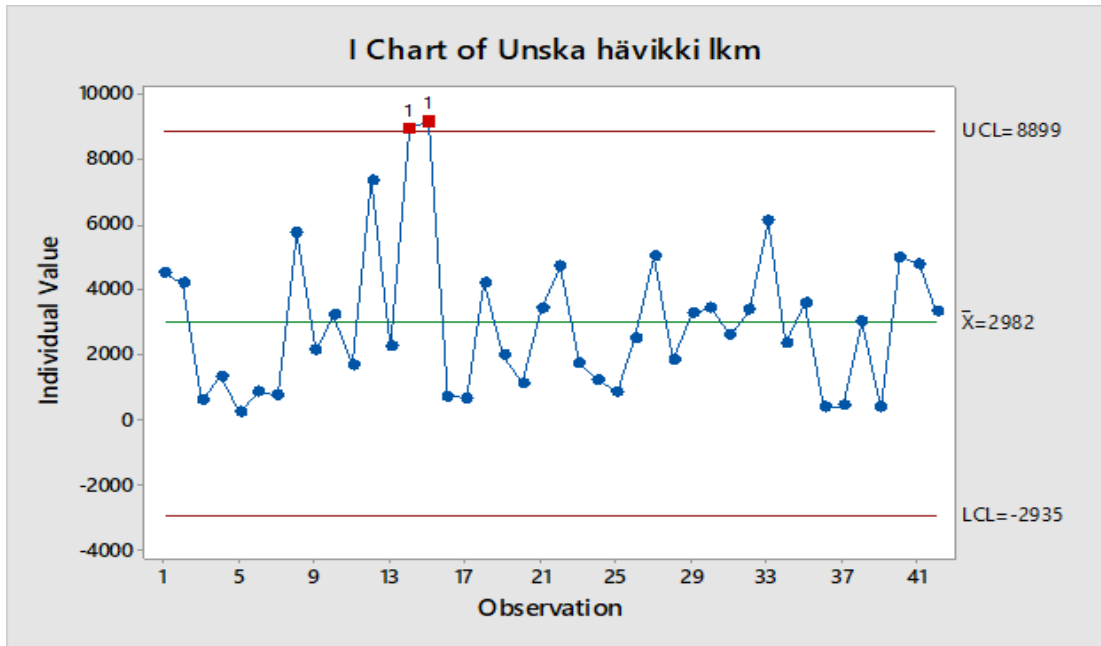
- 22 Leanin lyhyt historia, osa 1/2. Verkkoaineisto. Arter Oy. <<https://www.arter.fi/leanin-lyhyt-historia-osa-1-2/>>. Julkaistu 14.6.2018. Luettu 21.3.2020.
- 23 Leanin lyhyt historia, osa 2/2. Verkkoaineisto. Arter Oy. <<https://www.arter.fi/leanin-lyhyt-historia-osa-2-2/>>. Julkaistu 19.6.2020. Luettu 21.3.2020.
- 24 Modig, Niklas & Åhlström, Pär. 2013. Tätä on lean. Tukholma: Bulls graphics Ab
- 25 Bicheno, John. 2004. The New Lean Toolbox: Towards Fast Flexible Flow. Buckingham, England: Moreton Press.
- 26 Gay, Christina. 2016. 8 Wastes of Lean Manufacturing. Verkkoaineisto. MachineMetrics, Inc. <<https://www.machinemetrics.com/blog/8-wastes-of-lean-manufacturing>>. Julkaistu 25.1.2016. Päivitetty 6/2019. Luettu 12.1.2020.
- 27 Kriik, Greete. 2018. Lopeta multitaskaaminen! Harppaa 3 askeleella kohti leaninpaa työskentelytapaa. Verkkoaineisto. Arter Oy. <<https://www.arter.fi/lo-peta-multitaskaaminen-harppaa-3-askeleella-kohti-leaninpaa-tyoskentelytapaa/>>. Julkaistu 10.09.2018. Luettu 21.12.2019.
- 28 Littlen laki. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/fi/lean/littlen-laki/>>. Luettu 17.11..2019.
- 29 Esteiden teoria (TOC). Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/lean/esteiden-teoria-toc/>>. Luettu 17.11.2019.
- 30 Vaitti, Riku. 2017. Leanin soveltaminen maalaitteiden kunnossapitoon. Opinnäytetyö. Tampereen Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta. Luettu 20.11.2019.

- 31 Koesuunnittelu (Design of Experiments, DOE). Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/kokemuksia-lean-six-sigma/koesuunnittelu-design-of-experiments-doe/>>. Luettu 20.11.2019.
- 32 Six Sigma. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/index.php/fi/six-sigma/>>. Luettu 19.10.2019.
- 33 Lean Six Sigma DMAIC. Verkkoaineisto. Quality Knowhow Karjalainen Oy. <<http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/dmaic/>>. Luettu 19.10.2019.
- 34 5 Things You Need to Know About the Process Control Industry. 2017. Verkkoaineisto. ACI Controls. <<https://www.aci-controls.com/blog/5-things-you-need-to-know-about-the-process-control-industry/>>. Julkaistu 22.6.2017. Luettu 28.12.2019.
- 35 Mitä on OEE / KNL? 2016. Verkkoaineisto. ARROW Engineering Oy. <<https://blogi.arroweng.fi/mit%C3%A4-on-oee-/-knl>>. Julkaistu 17.5.2016. Luettu 15.1.2020.
- 36 Koponen, Mari. 2014. PET-pullojen puhaltaminen ja laaduntestaus. Opinnäyte-työ. Lahden Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta
- 37 Luhtamäki, Lasse. 2019. Operaattori, Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy, Kerava. Suullinen tiedonanto 7.10.2019.
- 38 Prosessikartta. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy.

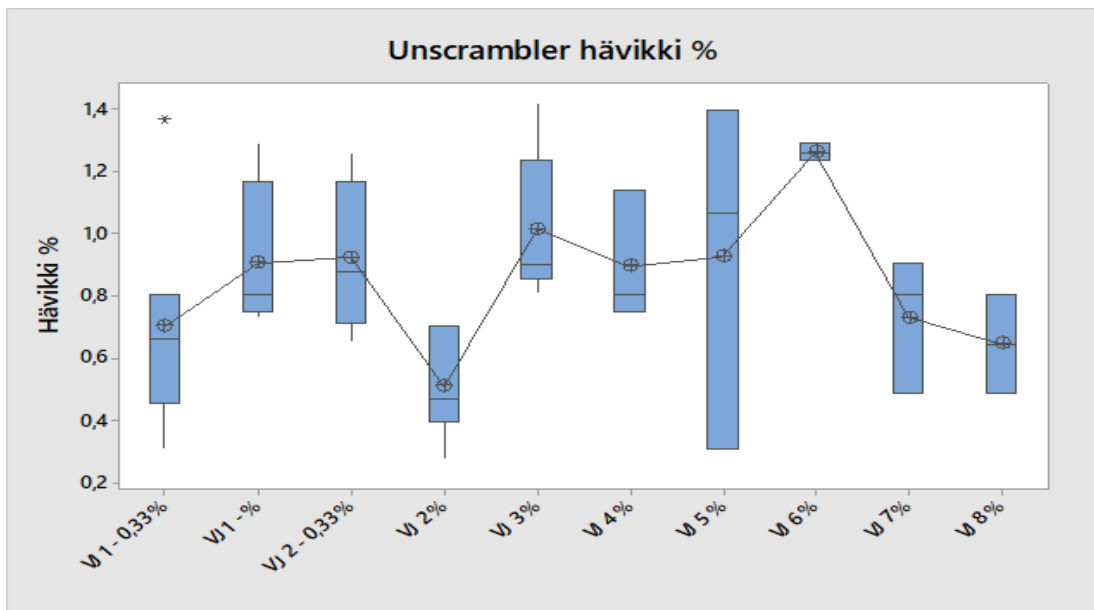
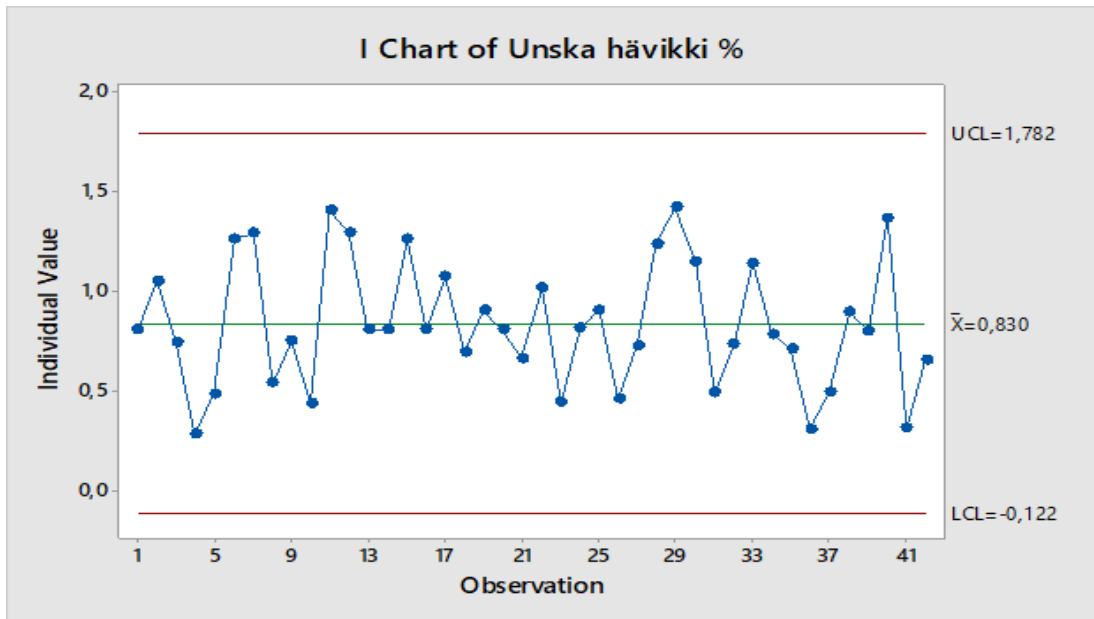
- 39 Brook, Quentin. 2014. Lean Six Sigma and Minitab: The Complete Toolbox Guide for Business Improvement. 4. painos. Winchester: OPEX Resources Ltd.
  
- 40 Sistonen, Hannu. 2019. Kehityspäällikkö, Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy, Kerava. Suullinen tiedonanto 15.11.2019.
  
- 41 Sistonen, Hannu. 2019. Kehityspäällikkö, Oy Sinebrychoff Ab & Sinebrychoff Supply Company Oy, Kerava. Suullinen tiedonanto 18.3.2020.

### Konesarja 450

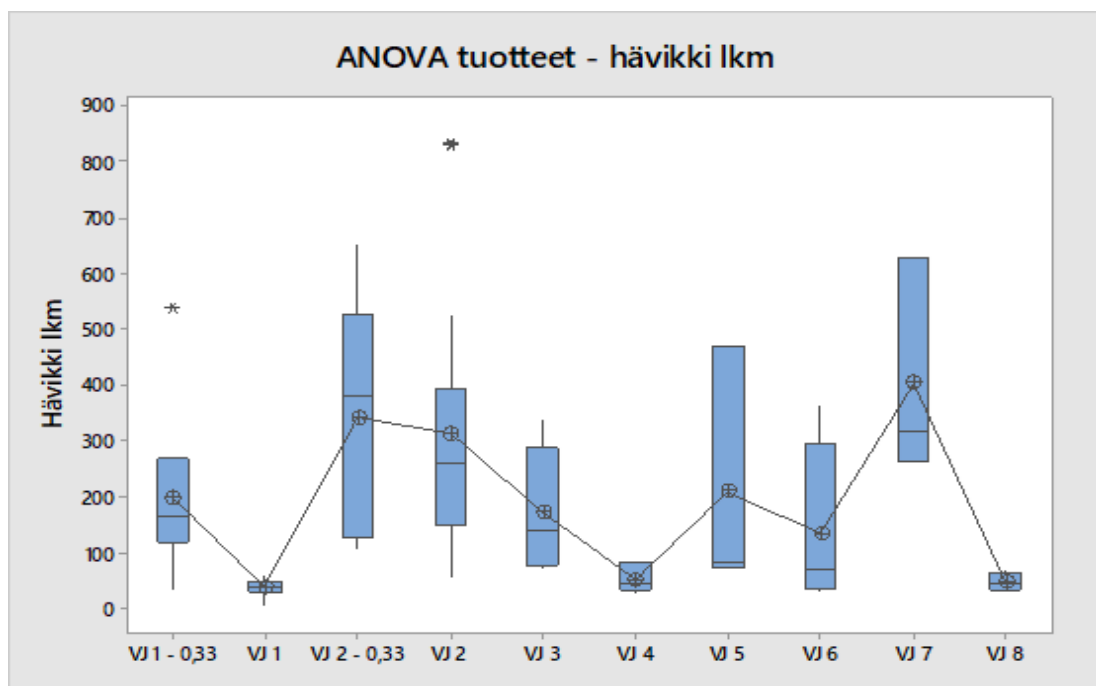
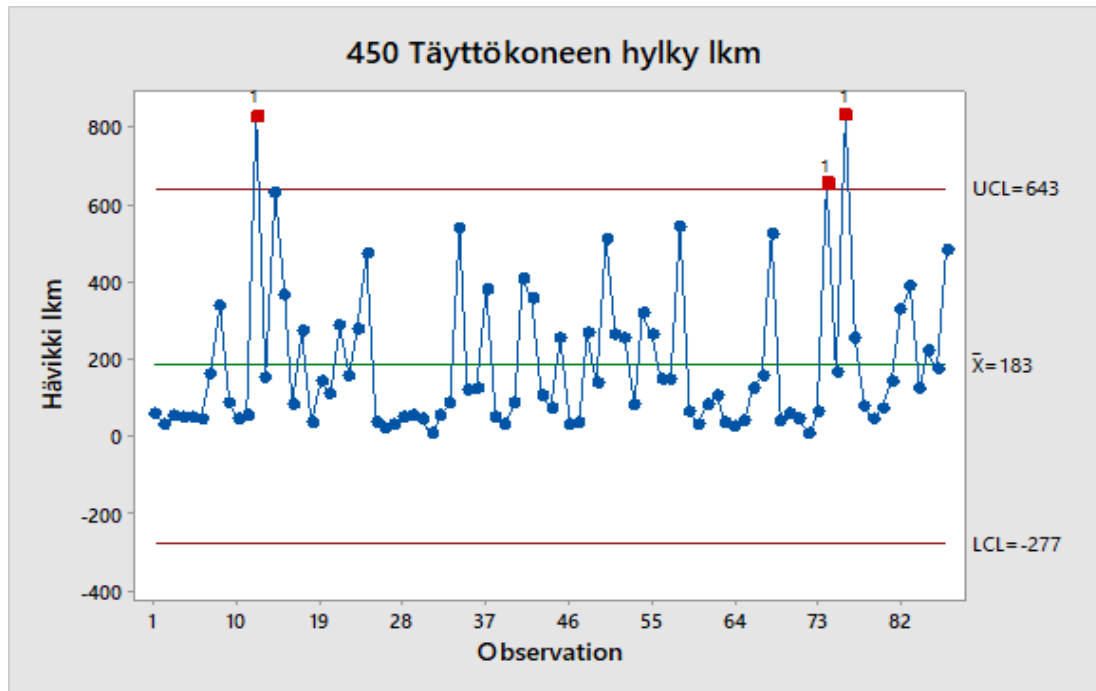
Unscrambler



Unscrambler

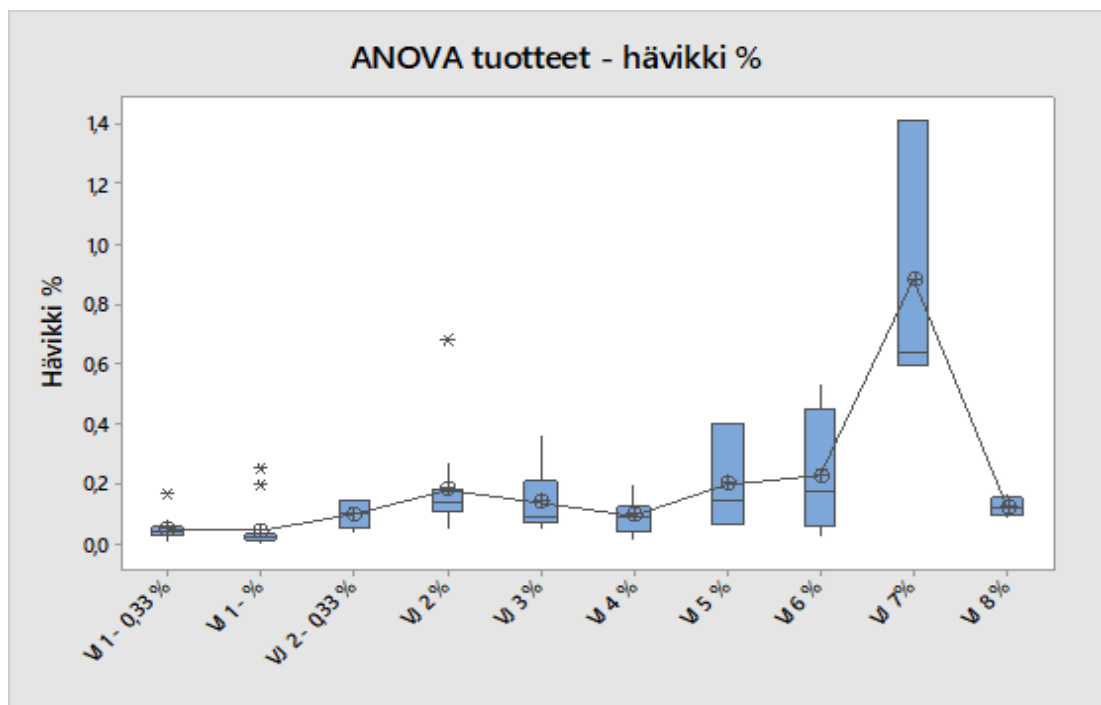
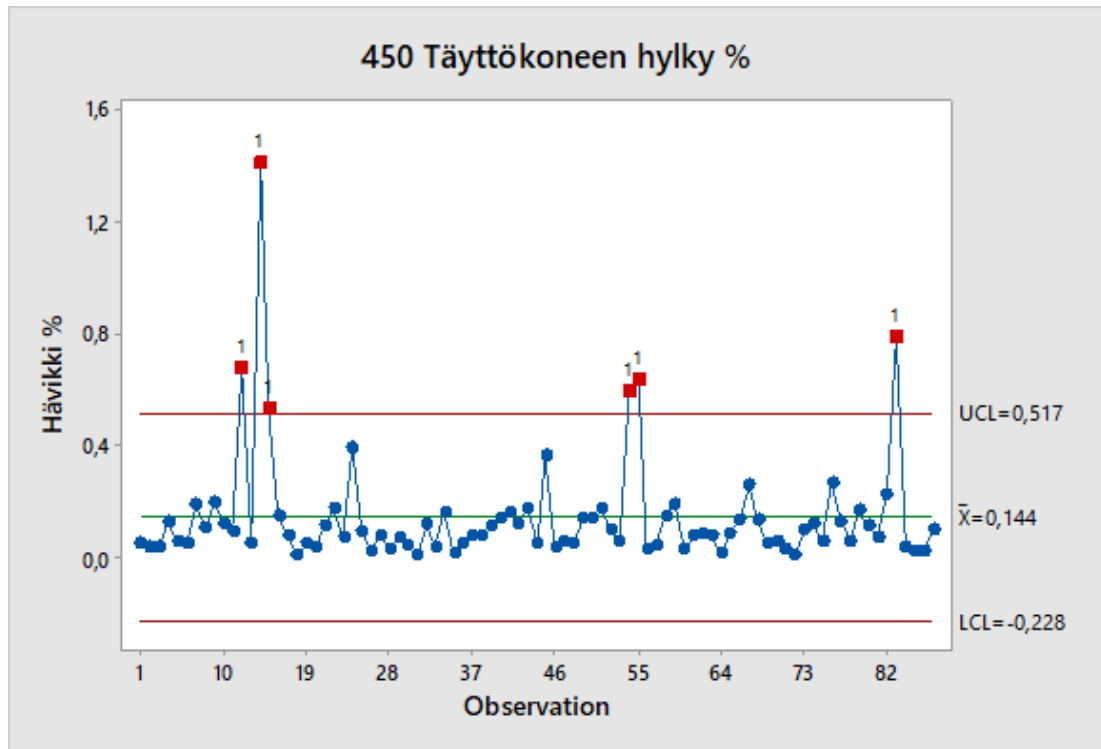


Täyttökone

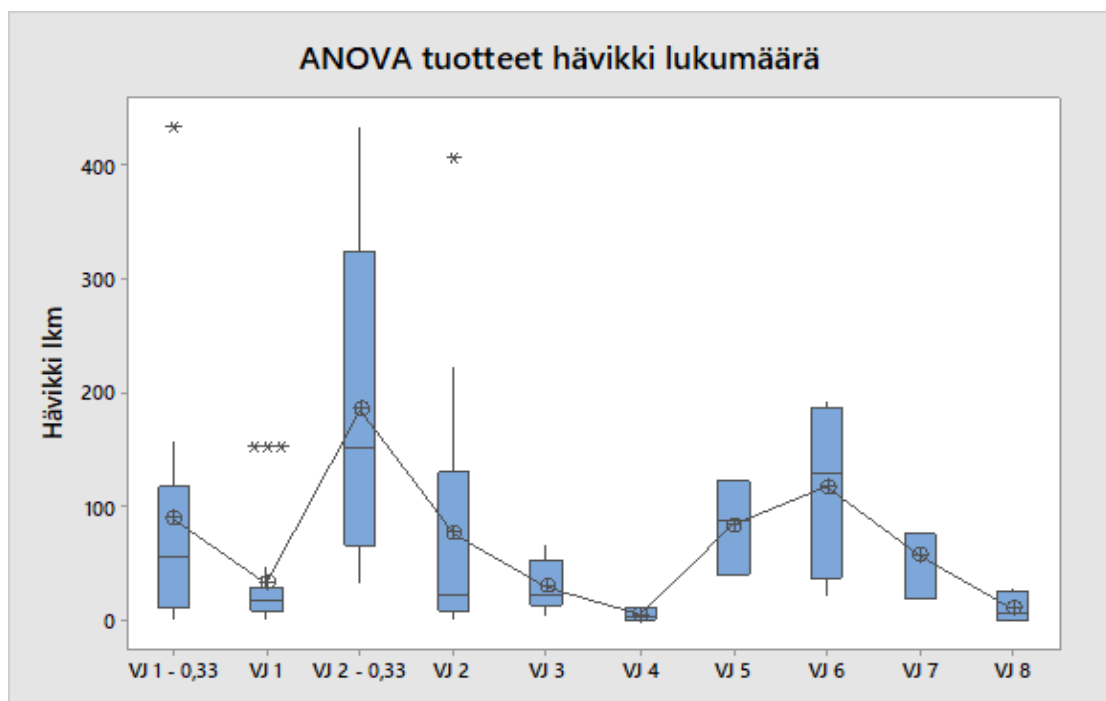
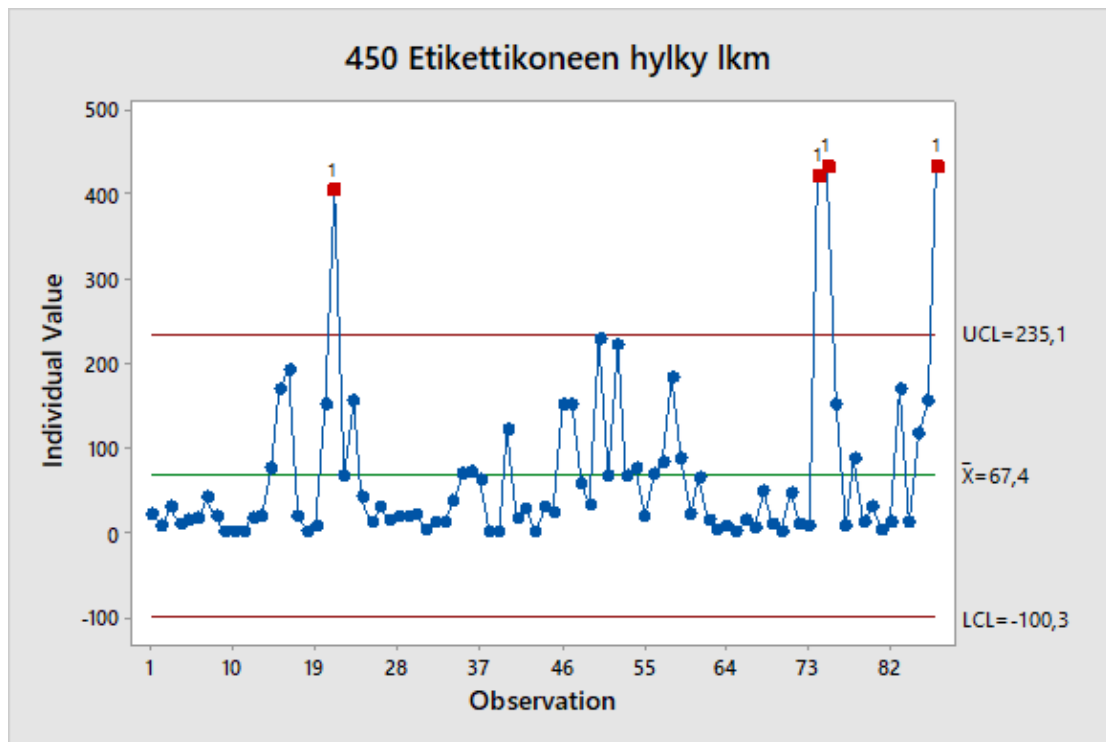




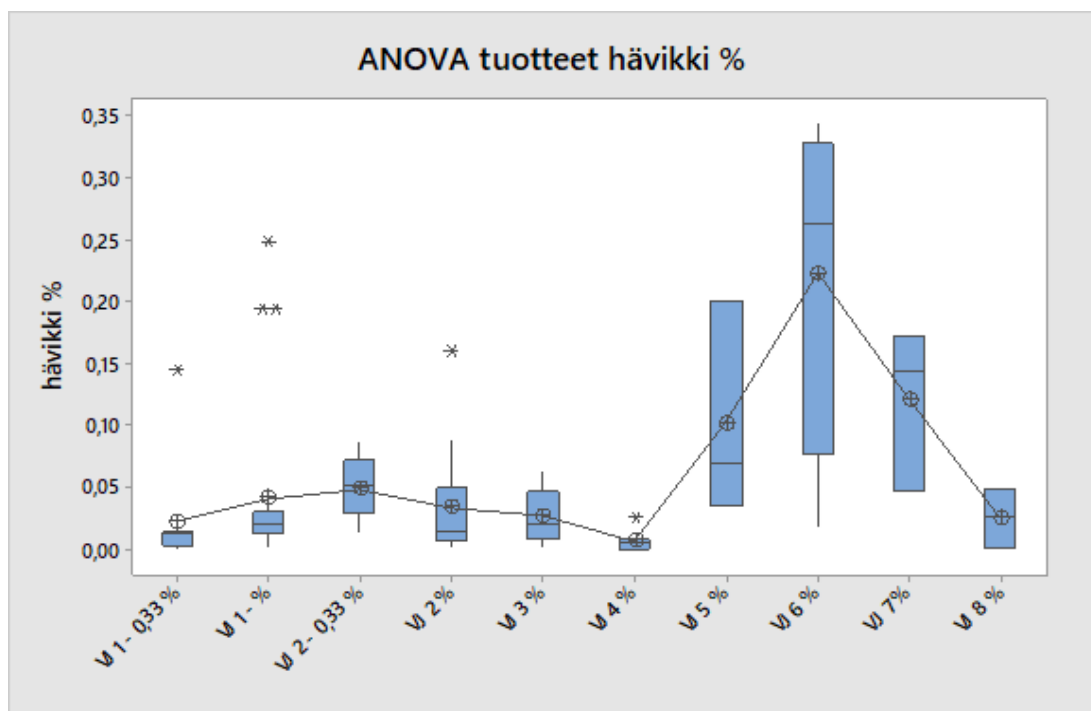
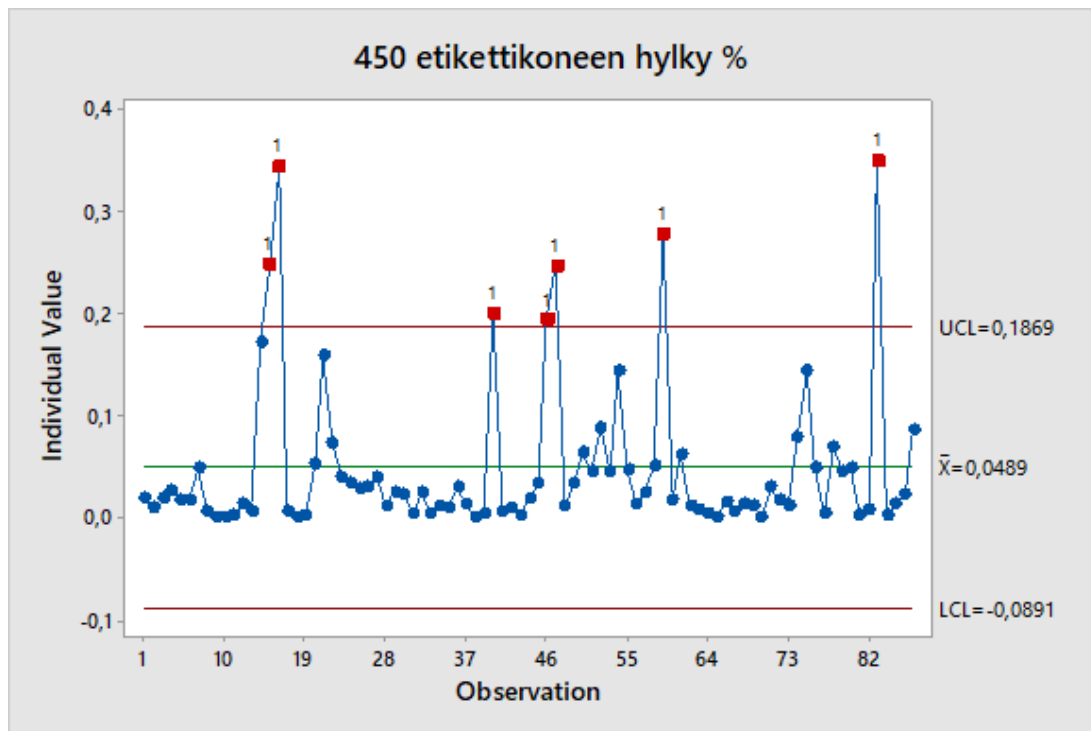
Täyttökone



Etikettikone

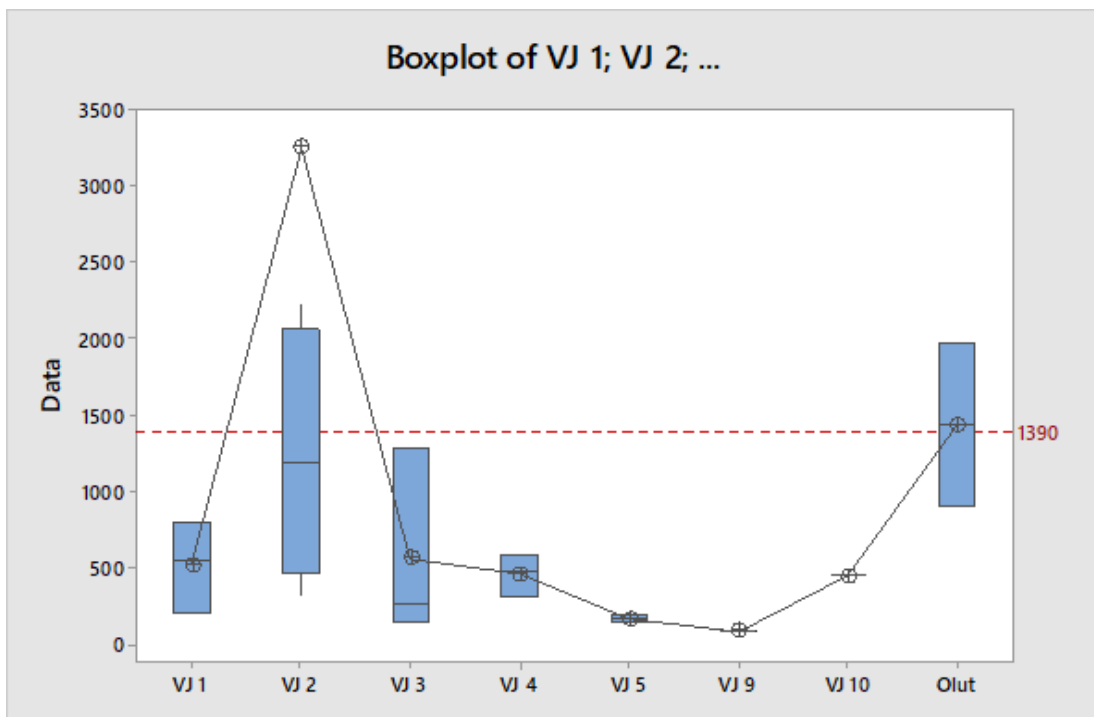
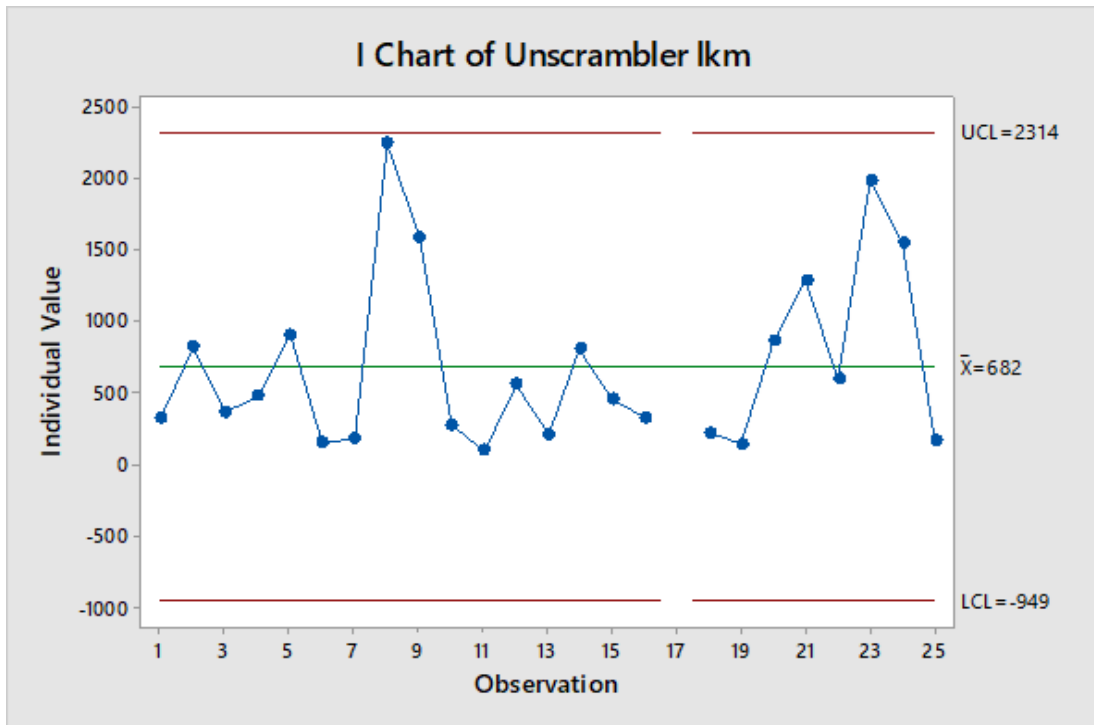


Etikettikone

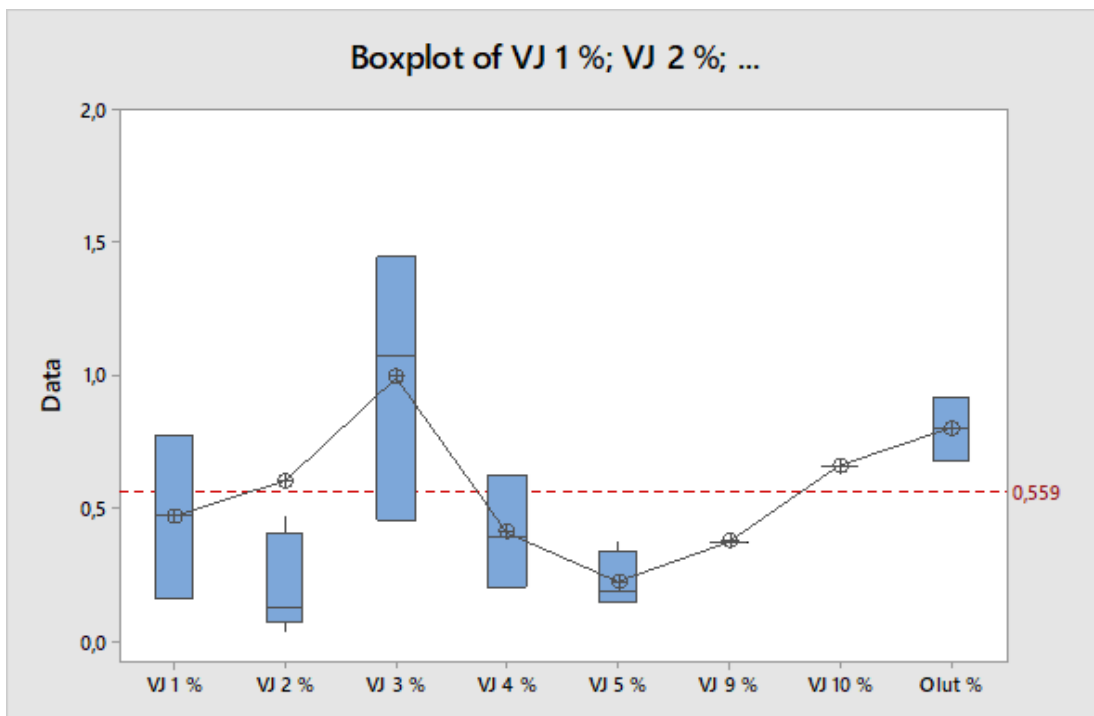
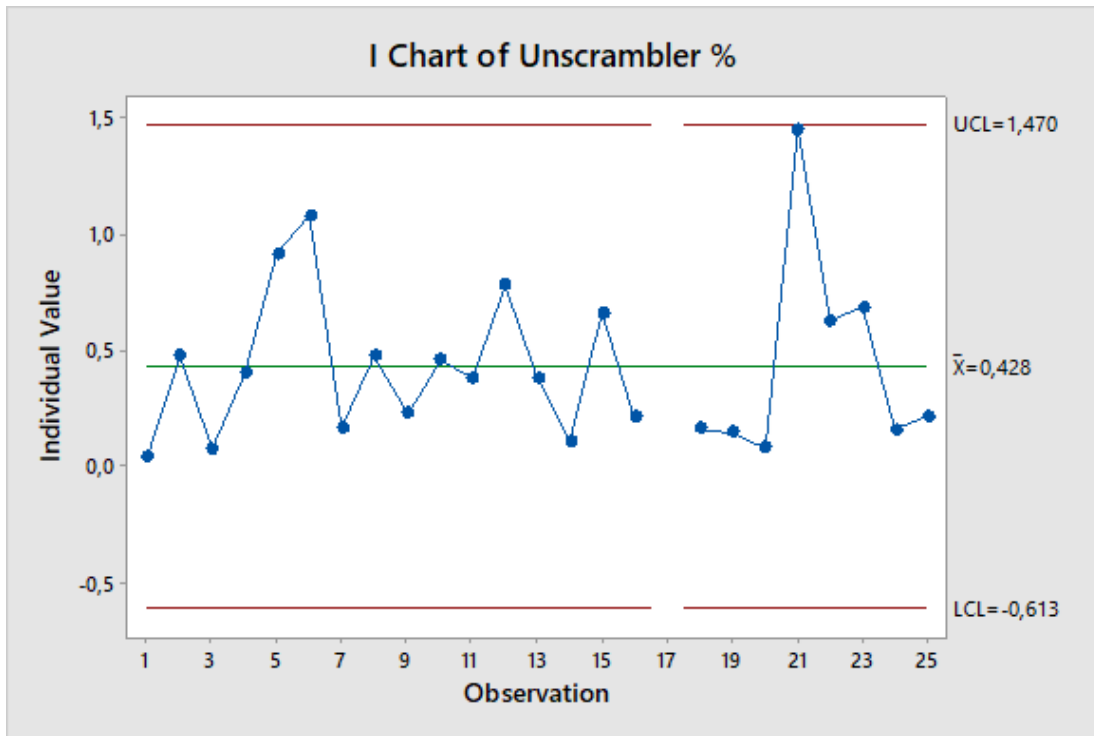


### Konesarja 470

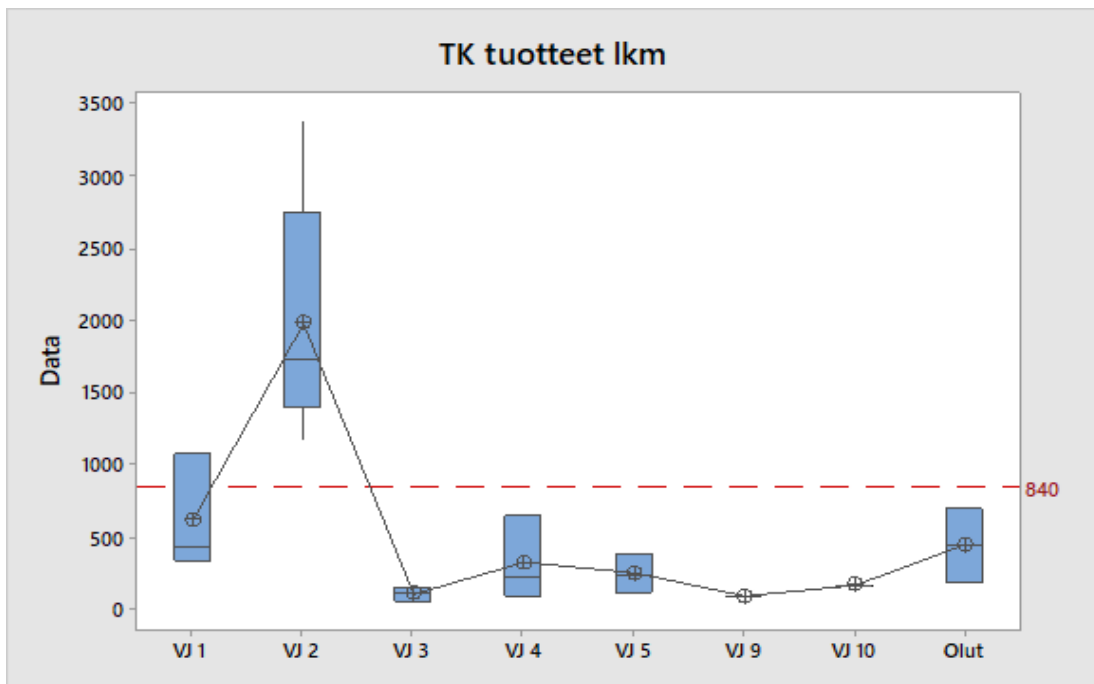
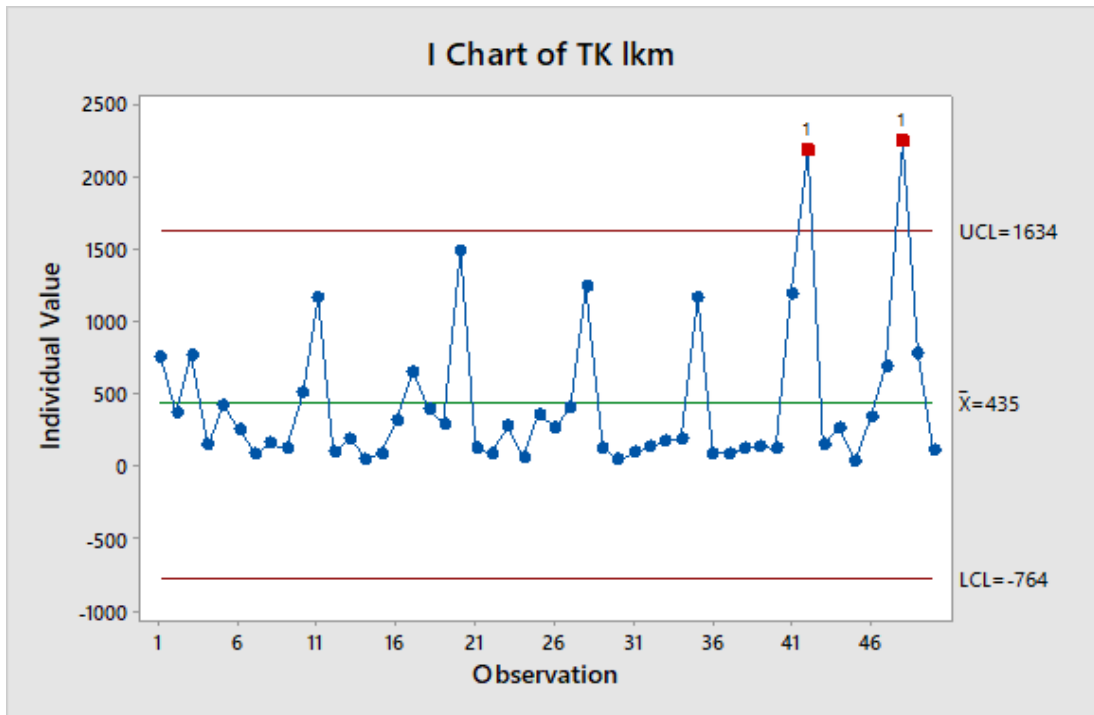
Unscrambler



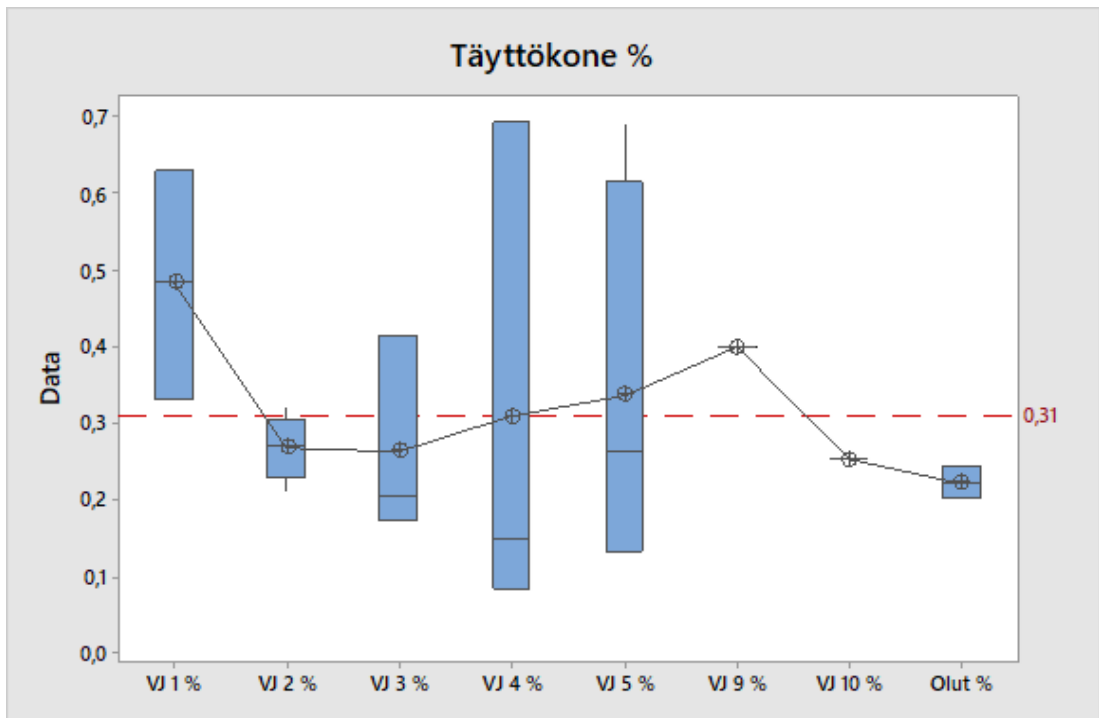
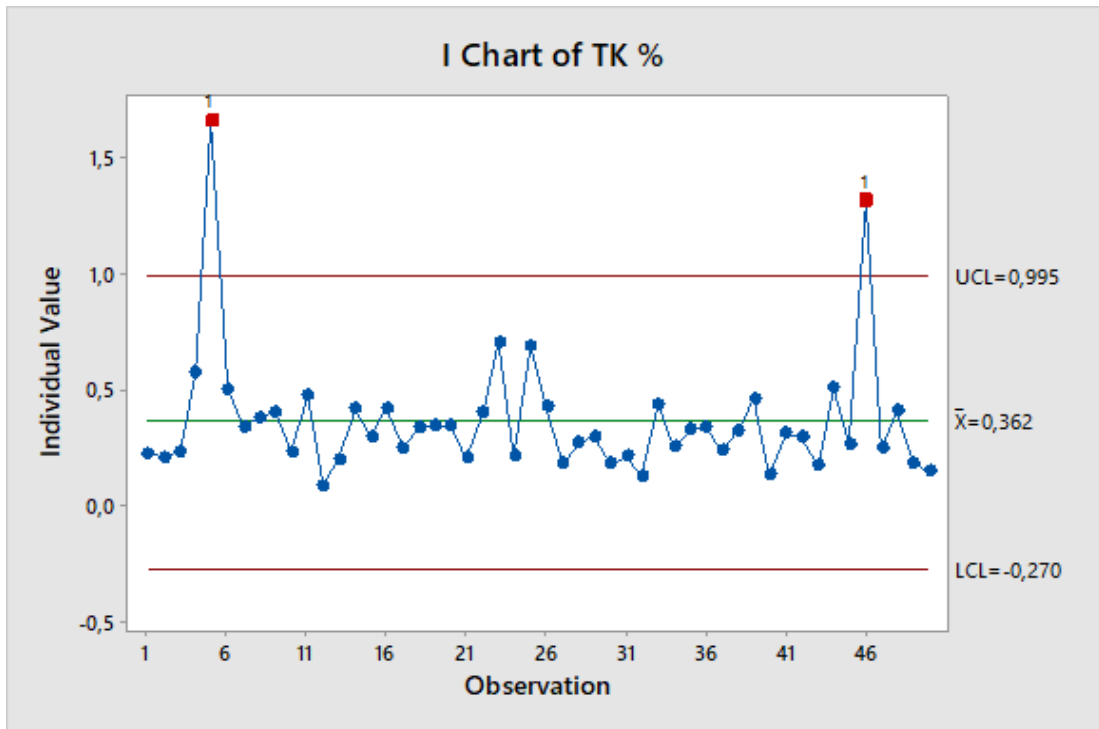
Unscrambler



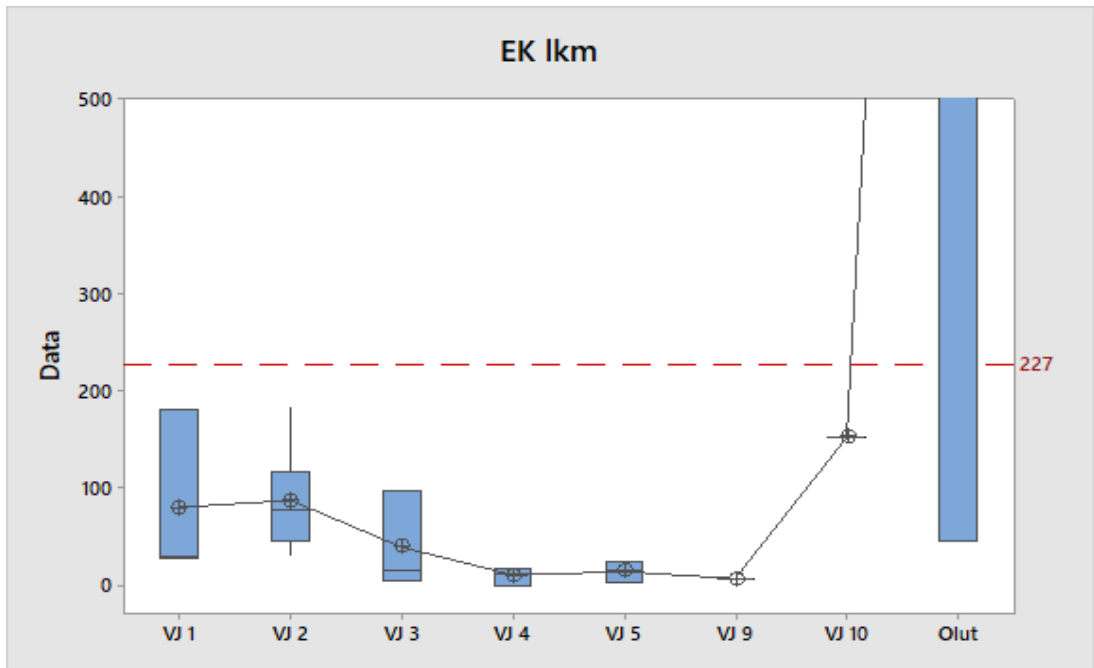
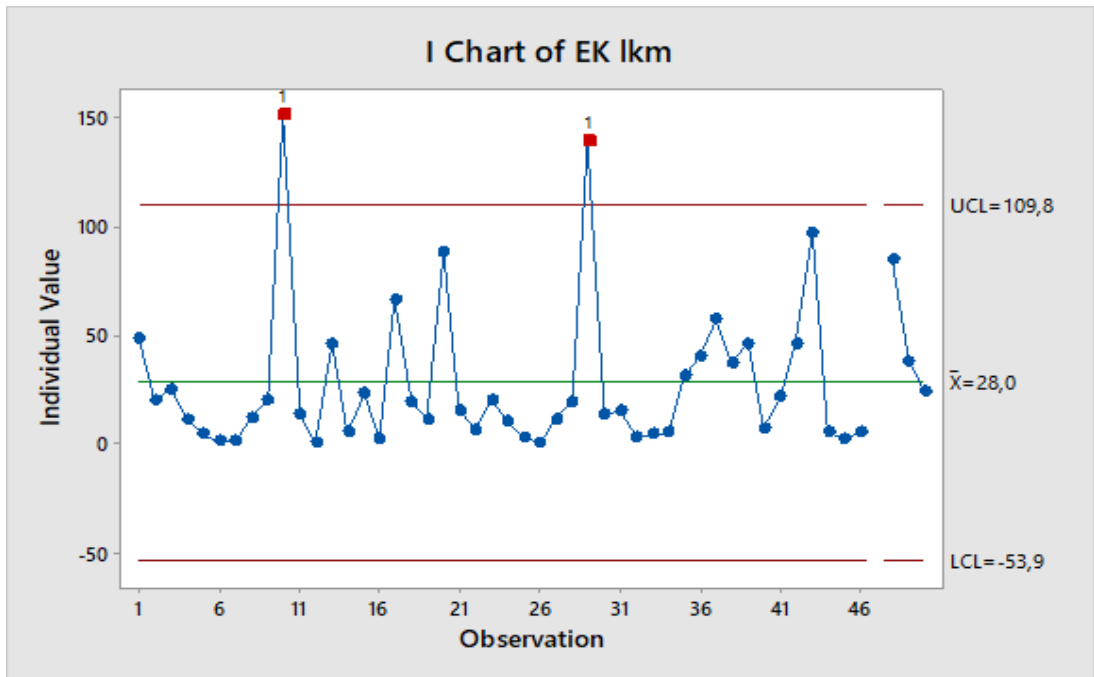
Täyttökone



Täyttökone



Etikettikone





Etikettikone

